

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
№ 4 (76) 2024 ГОД

ВЕСТНИК

Казанского государственного аграрного университета



DOI 10.12737/issn.2073-0462 ISSN 2073-0462

ISSN 2073-0462
DOI 10.12737/2073-0462-2024-19-4

ВЕСТНИК
КАЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

VESTNIK
OF KAZAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY

QUARTERLY SCIENTIFIC JOURNAL

№ 4 (76)

Казань, 2024

Научный журнал
Вестник Казанского ГАУ, 2024, № 4 (76), декабрь
Учрежден Казанским государственным аграрным университетом (Казанским институтом сельского хозяйства и лесоводства) в 1925 г.

Адрес издателя и редакции:
420015, г. Казань
ул. К. Маркса, 65
тел. (843) 598 - 40 –52

www.vestnik-kazgau.ru
e-mail: vestnik@kazgau.com

Подписной индекс в каталоге «Объединенный каталог. Пресса России. Газеты и журналы» на II полугодие 2024 года: **40977**

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Росскомнадзор) - свидетельство о регистрации: ПИ № ФС-77-48189 от 19 января 2012 г.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

По решению ВАК России «Вестник Казанского государственного аграрного университета» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых могут быть опубликованы основные научные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата и доктора наук по направлениям:

4.1.2 «Селекция, семеноводство и биотехнология»
4.1.3 «Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений»
4.3.1 «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса»
5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика»
5.2.6 «Менеджмент»

Журнал «Вестник Казанского государственного аграрного университета» включен в базу Russian Science Citation Index (RSCI)

За достоверность информации в опубликованных материалах ответственность несут авторы публикаций

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
Председатель редакционной коллегии, главный научный редактор
Файзрахманов Д.И. – доктор экономических наук, профессор, академик АН РТ
Заместители главного редактора:
Валиев А.Р. – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. АН РТ
Зиганшин Б.Г. – доктор технических наук, профессор, профессор РАН
Члены редакционной коллегии:
Мазитов Н.К. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, чл.-корр. РАН
Сафин Р.И. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, чл.-корр. АН РТ
Кадырова Ф.З. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, чл.-корр. АН РТ
Сержанов И.М. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Амиров М.Ф. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Сафиоллин Ф.Н. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Низамов Р.М. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Исайчев В.А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Васин А.В. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Замалиева Ф.Ф. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Пономарева М.Л. – доктор биологических наук, профессор
Лобачевский Я. П. – доктор технических наук, академик РАН
Иванов Ю. А. – доктор технических наук, профессор, академик РАН
Цой Ю.А. – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. РАН
Хафизов К.А. – доктор технических наук, профессор
Адигамов Н.Р. – доктор технических наук, профессор
Курдюмов В.И. – доктор технических наук, профессор
Калимуллин М.Н. – доктор технических наук, доцент
Клычова Г.С. – доктор экономических наук, профессор
Мухаметгалиев Ф.Н. – доктор экономических наук, профессор
Газетдинов М.Х. – доктор экономических наук, профессор
Закирова А.Р. – доктор экономических наук, доцент
Члены международной редакционной коллегии:
Бухарбаева А.Ж. – доктор, Кызылординский университет имени Коркыт Ата
Панков Д.А. – доктор экономических наук, профессор, Белорусский государственный экономический университет
Сембиева Л. М. – доктор экономических наук, профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева
EDITORIAL BORD:
Editor-in-Chief
Fayzrakhmanov D.I. – Doctor of Economics, professor, corresponding member of the Academy of Sciences of Tatarstan
Deputy Editors:
Valiev A.R. – Doctor of Engineering, professor, corresponding member of the Academy of Sciences of Tatarstan
Ziganshin B.G. – Doctor of Engineering, professor, professor of the Russian Academy of Sciences
Members of the Editorial Board:
Mazitov N.K. – Doctor of Agriculture, professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences
Safin R.I. – Doctor of Agriculture, professor, corresponding member of the Academy of Sciences of Tatarstan
Kadyrova F.Z. – Doctor of Agriculture, professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences
Serzhanov I.M.– Doctor of Agricultural Sciences, associate professor
Amirov M.F. – Doctor of Agriculture, professor
Safiollin F.N. – Doctor of Agriculture, professor
Nizamov R.M. – Doctor of Agriculture, professor
Isaychev V.A. – Doctor of Agriculture, professor
Vasin A.V. – Doctor of Agriculture, professor
Zamalieva F.F. – Doctor of Agricultural Sciences, associate professor
Ponomareva M.L. –Doctor of Biological Sciences, professor
Lobachevskiy Ya. P. – Doctor of Agriculture, member of the Russian Agricultural Academy of Sciences
Ivanov Yu. A. – Doctor of Agriculture, professor, member of the Russian Agricultural Academy of Sciences
Tsoj Ju.A. – Doctor of Engineering, professor, corresponding member of the Russian Agricultural Academy of Sciences
Khafizov K.A. – Doctor of Engineering, professor
Adigamov N.R. – Doctor of Engineering, professor
Kurdyumov V.I. – Doctor of Engineering, professor
Kalimullin M.N. – Doctor of Technical Sciences, associate professor
Klychova G.S. – Doctor of Economics, professor
Mukhametgaliev F.N. – Doctor of Economics, professor
Gazetdinov M.Kh. – Doctor of Economics, professor
Zakirova A.R.– Doctor of Economics, associate professor
Members of the International Editorial Board:
Bukharbaeva A.Zh.— Doctor, Kyzylorda University named after Korkyt Ata
Pankov D.A.— Doctor of Economics, professor, Belarusian State Economic University
Sembieva L.M.— Doctor of Economics, professor, Eurasian National University. L.N. Gumilyov

©Вестник Казанского ГАУ, 2024
©Научно-издательский центр ИНФРА-М, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ стр.

Аухадеев Т. Р., Мустафина А. Б., Лукманов А. А. Особенности режима метеорологических факторов на лесном участке карбонового полигона «Карбон-Поволжье»……..…….....5
Валидов Ш. З., Комиссаров Э. Н. Бактериальный консорциум на основе ризосферных бактерий ярового ячменя……...……...…….....12
Газизов Р. Р., Сафина Р. Р., Каримова Л. З., Гарафутдинова К. Р. Агрохимические свойства серой лесной почвы и структура урожая зерновых культур под действием кремнийсодержащего органоминерального удобрения……..…….....18
Данилова Н. В., Камалова А. Р., Курынцева П. А., Сафин Р. И., Селивановская С. Ю. Оценка углеродного следа сидерального пара и различных способов его обработки ……...……...……...26
Дегтярева И. А., Кириллова Н. И. Сравнительная оценка действия различных биоудобрений в комплексе с цеолитом на продуктивность и микробиоценоз гречихи…….....34
Исламов Б. Р., Шульга Е. Ю. Получения перспективных штаммов из дикорастущих растений для применения в сельском хозяйстве…….....41
Маракаева Т. В. Оценка образцов тарелочной чечевицы по хозяйственно-биологическим показателям …….....49
Михайлова М. Ю., Шарафиева И. З., Низамов Р. М., Миникаев Р. В., Фасхутдинов Ф. Ш. Изучение агроценозов кукурузы в смешанных посевах на серых лесных почвах Предкамья Республики Татарстан……...…….....56
Прищепенко Е. А., Хисматуллин М. М., Рахманова Г. Ф. Влияние цеолита и металлоцена на урожайность и качество картофеля ….……...…….....64
Петровцева Н. А., Пасынкова Е. Н. Содержание общего белка в зерне и валовой сбор белка с урожаем зерна при разных схемах внесения удобрений под рожь озимую (*secale cereale l.)*..…….....70

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Зиганшин Б. Г., Сабиров Б. М., Нафиков И. Р., Кашапов И. И. Экспериментальное исследование установки для дробления зерновых кормов…….....75
Максимов И. И., Валиев А. Р., Алексеев Е. П., Максимов Н. В., Лукина И. В. Некоторые вопросы о теплообеспеченности в системе «почва - растение – воздух» …….……..81
Шогенов Ю.Х., Дударов З.И., Занилов А.Х. Оценка вклада корневого углеродного питания в формирование растительной биомассы в модельном эксперименте…….....88

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ветрова И. Ф., Мельник М. В., Методический инструментарий контрольно-аналитического сопровождения мер государственной поддержки организаций рыбохозяйственного комплекса…….....95
Дозорова Т. А., Тарасова Е. А., Севастьянова В. М., Богапова М. Р. Ресурсный потенциал сельскохозяйственных организаций как конкурентное преимущество эффективного развития сельского хозяйства……...……...…….103
Минаков А. В., Сафиуллин И. Н., Михайлова Л. В., Захарова Г. П., Асадуллин Н. М. Тенденции развития цифровых технологий в сельском хозяйстве……...…..……....111
Сафиуллин М. Р., Бурганов Р. Т., Мингулов А. М. Устойчивость развития аграрных регионов в условиях внешнеэкономической турбулентности……..……..…….....119
Толстова М. Л., Корнилова А. Е. Состояние и перспективы развития хмелеводства в Чувашской Республике…….…….....128
Тополева Т. Н. Моделирование цифровой платформы инновационной производственной экосистемы региона……..……...……...135
Чистякова О. А. Методический инструментарий оценки социально-экономической устойчивости потребительской кооперации на сельском сегменте потребительского рынка…….……...…..……....144
Чурилова Э. Ю. Производство подсолнечника и подсолнечного масла в РФ: тенденции и прогнозы…..……...……...……...…....153

CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES **Pages**

Aukhadeev T. R., Mustafina A. B., Lukmanov A. A. Features of meteorological factors regime in the forest area of "Carbon-Povolzhye" carbon polygon ……..……..…….5
Validov Sh. Z., Komissarov E. N. Bacterial consortium based on rhizosphere bacteria of spring barley…….....12
Gazizov R. R., Safina R. R., Karimova L. Z., Garafutdinova K. R. Agrochemical properties of gray forest soil and the structure of grain crops yield under the influence of silicon-containing organomineral fertilizer……..……...18
Danilova N. V., Kamalova A. R., Kuryntseva P. A., Safin R. I., Selivanovskaya S. Yu. Estimating the carbon footprint of cover crops and various methods of its processing…….....26
Degtyareva I. A., Kirillova N. I. Comparative evaluation of the effect of various biofertilizers in complex with zeolite on productivity and microbiocenosis of buckwheat……..…….....34
Islamov B. R., Shulga E. Yu. Obtaining promising strains from wild plants for agricultural use…….....41
Marakaeva T. V. Assessment of plate lentil samples by economic and biological indicators……..……49
Mikhaylova M. Yu., Sharafieva I. Z., Nizamov R. M., Minikaev R. V., Faskhutdinov F. S. Study of corn agrocenoses in mixed crops on gray forest soils of Kama region of the Republic of Tatarstan..……..…56
Prischepenko E. A., Khismatullin M. M., Rakhmanova G. F. Influence of zeolite and metallocene on productivity and quality of potatoes**……**……..……64
Petrovtseva N. A., Pasynkova E. N. Total protein content in grain and gross protein yield with grain crop under different fertilizer application schemes for winter rye (*secale cereale l.*)**…..……..……**70

TECHNICAL SCIENCES

Ziganshin B. G., Sabirov B. M., Nafikov I. R., Kashapov I. I. Experimental study of a grain feed crushing plant……..…….75
Maksimov I. I., Valiev A. R., Alekseev E. P., Maksimov N. V., Lukina I. V. Some questions about heat supply in the soil-plant–air system…….……...81
Shogenov Yu. Kh., Dudarov Z. I., Zanilov A. Kh. Assessment of the contribution of root carbon nutrition to the formation of plant biomass in a model experiment…….88

ECONOMIC SCIENCES

Vetrova I. F., Melnik M. V. Methodological tools for control and analytical support of state support measures for fishery organisations…...……..……..95
Dozorova T. A., Tarasova E. A., Sevastyanova V. M., Bogapova M. R. Resource potential of agricultural organizations as a competitive advantage of effective agricultural development…….…….103
Minakov A. V., Safiullin I. N., Mikhaylova L. V., Zakharova G. P., Asadullin N. M. Digital technology development trends in agriculture…….……..…111
Safiullin M. R., Burganov R. T., Mingulov A. M. Sustainability of agrarian regions development in the conditions of foreign economic turbulence……...…..…….……...……...119
Tolstova M. L., Kornilova A. E. State and prospects for development of hop growing in the Chuvash Republic……...……..…..…….……...……...128
Topoleva T. N. Modeling of a digital platform of an innovative production ecosystem of the region……..…..…….……...…...…...135
Chistyakova O. A. Methodological approach to ensuring the sustainable development of the organization of consumer cooperation in the rural services market…….……...…...……144
Churilova E. Yu. Sunflower and sunflower oil production in the Russian Federation: trends and forecasts……..…153

DOI 10.12737/2073-0462-2024-5-11
УДК 551.588

ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЛЕСНОМ УЧАСТКЕ КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА «КАРБОН-ПОВОЛЖЬЕ»

Т. Р. Аухадеев, А. Б. Мустафина, А. А. Лукманов

Реферат. Обеспеченность теплом и влагой выступают ключевыми факторами функционирования лесных экосистем. Цель исследования состоит в анализе изменения основных метеорологических параметров в различных местных условиях и выявлении закономерностей в их временном ходе. Сравнивали данные наблюдений метеорологической станции Росгидромета, которая расположена в северной части города Казани, и автоматической станции на лесном участке карбонового полигона «Карбон-Поволжье» в Зеленодольском районе Республики Татарстан в период с 01.12.2022 года по 31.01.2024 год Выбранные метеостанции расположены в различных условиях, особенности местности находят свое отражение в изменении метеопараметров. В рассматриваемый период отмечено влияние близости города на температурные различия – среднегодовая температура воздуха на полигоне на 1,05°С ниже, чем на метеостанции в Казани. В мае и июне разница температур достигала 1,9°С, различия в зимний период менее существенны (в среднем на 0,5°С). Исследование различий между режимами метеопараметров в лесных экосистемах приобретает особую актуальность в условиях меняющегося климата и роста рисков пожаров в лесах. Условия лесной опушки характеризуются высокой степенью закрытости горизонта, ветровой тенью. В годовом цикле на карбоновом полигоне выделены дни (16 дней) с максимальной скоростью ветра > 10 м/с, абсолютное большинство из них приходится на осенне-зимний период. Значимых различий между метеостанциями по величине облачности не выявило. В рассматриваемый период не отмечено случаев сильных осадков, превышающих 15 мм за 12 ч. Оценка степени засушливости вегетационного периода с использованием гидротермического коэффициента Селянинова показала, что в 2023 году он был более засушливым в условиях Казани.

Ключевые слова: метеорологические наблюдения, городской остров тепла, ветровой режим, барьерная роль леса.

Введение. Метеорологические наблюдения на регулярной непрерывной основе проводятся на сети станций Росгидромета в установленные Всемирной метеорологической организацией сроки (8 раз в сутки). Данные измерений метеопараметров с сети станций используются для расчета тепло- и влагообеспеченности периода вегетации, а также ряда прикладных показателей, к числу которых относится индекс пожарной опасности (индекс горимости) Нестерова, и различных моделей [1, 2, 3]. Во время происходящих климатических изменений в Приволжском федеральном округе отмечаются значимые тренды как в рядах температуры и количества осадков [4, 5, 6], так и в количестве очагов лесных пожаров [7]. В последние годы использование автоматических метеорологических станций позволяет получать данные метеорологических наблюдений с произвольным временным разрешением, такие высокочастотные данные помогают в оценке метеорологических процессов мезо- и микромасштаба применительно к району исследования.

Цель исследования состояла в анализе изменения основных метеорологических параметров в различных местных условиях, выявлении закономерностей в их временном ходе для прогноза пожаров.

Условия, материалы и методы. Автоматическая метеорологическая станция (Vaisala AWS310) была установлена на опушке леса на территории астрономической обсерватории им. В. П. Энгельгардта, окружена широколиственным лесом (липняк волосисто-осоковый с елью и дубом на дерново-подзолистых почвах, расположенных на аллювиально-делювиальных четвертичных отложениях третьей террасы Волги) [8]. Для достижения репрезентативности измерений при установке мачты метеорологической станции выдерживали расстояние не менее 50 м до ближайших препятствий (деревья, здания, заасфальтированные дорожки).

В качестве фоновой метеорологической станции выбрана «Казань-опорная», расположенная в черте города Казани на ул. Дубравная и находящаяся под влиянием антропогенной нагрузки мегаполиса. Выбор в качестве фоновой именно этой метеостанции объясняется ее наибольшей близостью, горизонтальное удаление от AWS310 составляет около 25 км, что в условиях редкой наблюдательной сети Росгидромета безальтернативно.

Район исследования относится к зоне умеренного увлажнения – годовое количество осадков составляет 554 мм. Больше всего их выпадает в июле (67 мм), меньше всего в марте (32,5 мм). Годовая и месячная обеспеченность влагой в отдельные годы могут значительно отклоняться от средних значений в зависимости от доминирующих условий циркуляции. Количество осадков, выпадающих в жидком виде (дожди), составляет около 70%, в твердом (снег) – 20%, смешанные осадки – 10%.

Годовая суммарная солнечная радиации составляет 3921 МДж/м^2, радиационный баланс – 1311 МДж/м^2, с ноября по февраль он отрицательный. Продолжительность

солнечного сияния за год в среднем находится на уровне 1917,7 ч. Наиболее солнечным выделяется период с апреля по август.

Монтаж и ввод в эксплуатацию автоматической станции карбонового полигона был проведен осенью 2022 года, с тех пор она осуществляет непрерывные регулярные метеорологический наблюдения (с временным разрешением 1 минута) с фиксацией следующих метеорологических параметров: температура (T) и относительная влажность воздуха (RH), атмосферное давление (P), направление и скорость ветра (V), количество и интенсивность атмосферных осадков (Pr), суммарная солнечная радиация). Проведен статистический критический контроль рядов измерений на наличие неправдоподобных значений, сформирован банк данных наблюдений, который представляет собой набор структурированных таблиц, с 01.12.2022 года по 31.01.2024 год.

Измерение ветра проводили ультразвуковым 2D анемометром, установленным на мачте высотой 10 м (соответствует требованиям ВМО).

Создание банка исходных данных, постобработка и критический контроль выполнены с использованием языка программирования Python, библиотек numpy и pandas.

Результаты и обсуждение. Физико-географические особенности места установки метеорологической станции проявляются в различиях между термическими режимами пунктов наблюдения. Среднегодовая температура воздуха на полигоне на 1,05°С, ниже чем на метеостанции в Казани. В годовом ходе отмечен максимумом такого контраста (1,9°С) в мае и июне, что связано с различиями в характере подстилающей поверхности, близости Куйбышевского водохранилища к карбоновому пологону. Зимние различия менее существенные (в среднем 0,5°С), что обусловлено отсутствием влияния городского острова тепла на участке полигона.

Использование подробных рядов метеорологических наблюдений позволяет определить время наступления явления или экстремума метеорологического параметра с точностью, равной выбранной временной дискретизацией измерений (в нашем случае 1 минута). В период наблюдений абсолютный минимум температуры воздуха отмечен 09.12.2023 в 06:33, когда она составила -29,4°С, максимум 34,1°С – 29.07.2023 в 13:47.

Режим ветра в условиях опушки леса также имеет свои особенности. Удаленность датчика измерения скорости и направления ветра от препятствий (насаждений и зданий) более чем на 50 м создает высокую, хотя и несимметричную по сторонам света, открытость горизонта. Микроклиматические особенности и барьерная функция лесных насаждений проявляются в сокращении скоростей ветра от «фоновых» в среднем на 0,3 м/с (табл. 1).

Таблица 1 – Режим скорости ветра на исследуемых измерительных площадках

Показатель	Год/месяц													
	2022	2023												2024
	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
V, м/с, Полигон	1,4	1,5	1,8	1,9	1,7	1,3	1,3	1,3	1,1	1	1,7	1,7	1,7	1,7
V, м/с, Казань-опорная	1,7	1,8	2	2,2	1,8	1,7	1,6	1,7	1,6	1,3	2,1	1,9	2,1	2,1
ΔV, м/с	0,3	0,3	0,2	0,3	0,1	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4

Упомянутая особенность места установки метеорологической станции – несимметричность степени открытости горизонта относительно сторон света, выражается в большей закрытости горизонта с запада, что находит свое отражение в повторяемости направлений ветра западной четверти горизонта и невысоких средних скоростях ветра этих румбов (табл. 2, рис. 1). В среднегодовых выводах выраженный максимум скоростей ветра приходится на румбы южной четверти.

Важным фактором риска в условиях меняющегося климата для лесного хозяйства выступает опасность ветровалов и ветроломов [9, 10], обусловленная ростом повторяемости случаев с опасными скоростями ветра (шквалов). Барьерная функция леса проявляется также в малой повторяемости шквалистых усилений ветра (табл. 3). Максимальная скорость ветра за период наблюдений составила 14,5 м/с, румб – ЮВ, отмечена 29.07.2023 в 16:19 и была связана с высокой конвективной неустойчивостью, выразившейся в шквалистых усилениях ветра. Для выявления годового хода в повторяемости опасных скоростей ветра, авторами составлена выборка дней с максимальной скоростью >10 м/с: 27.02.2023, 10.03.2023, 12.03.2023, 01.04.2023, 13.04.2023,14.04.2023, 29.07.2023, 08.10.2023, 12.10.2023, 17.10.2023, 10.11.2023, 04.12.2023, 12.12.2023, 16.01.2024, 17.01.2024, 19.01.2024.

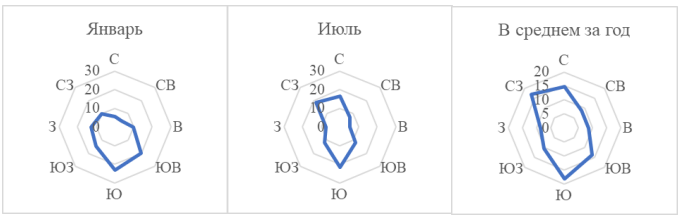


Рис. 1 – Повторяемость направлений ветра по данным станции на Карбоновом полигоне, %

Таблица 2 – Повторяемость направлений ветра по данным станции на карбоновом полигоне, %

Месяц	Направление							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
I	5,5	4,7	9,7	19,7	23,1	14,4	12,6	10,2
II	13,2	11,7	11,7	14,9	20,6	11,1	6,1	10,7
III	5,3	8,2	12,5	22,9	29,6	12,5	4,6	4,4
IV	22,7	12,8	8,9	11,7	14,3	7,7	6,0	16,0
V	23,0	11,1	7,3	10,7	9,9	6,1	7,8	24,1
VI	22,5	6,3	3,7	7,0	11,0	7,8	10,2	31,3
VII	16,4	7,3	5,2	11,7	21,8	11,8	7,4	18,3
VIII	26,0	6,4	3,3	5,3	7,9	7,8	11,5	31,8
IX	20,7	5,6	3,7	8,5	14,5	9,2	9,6	28,2
X	7,2	7,1	6,8	15,2	28,8	15,2	10,2	9,6
XI	7,4	12,0	16,5	19,6	16,2	9,8	9,4	9,1
XII	8,3	11,5	14,8	18,8	20,0	11,8	7,0	7,8
Год	14,8	8,7	8,7	13,8	18,1	10,4	8,6	16,8

Из выявленных 16 дней с высокими скоростями ветра абсолютное большинство приходится на осенне-зимний период, что объясняется преобладанием летом 2023 года погоды антициклонического характера, которая подтверждается режимом облачности (табл. 4).

Таблица 3 – Повторяемость скоростей ветра по градациям, %

Месяц	Скорость ветра, м/с										
	0…1	1…2	2...3	3…4	4…5	5…6	6…7	7…8	8…9	9…10	>10
I	35,7	32,9	18,2	7,8	3,2	1,3	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0
II	29,6	35,5	21,0	9,1	3,3	1,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0
III	27,7	35,1	21,0	9,8	4,1	1,6	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0
IV	43,0	25,6	15,8	8,4	4,0	1,7	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1
V	55,2	26,4	11,4	4,6	1,7	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
VI	55,7	26,1	11,4	4,7	1,6	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
VII	52,9	27,8	12,7	4,6	1,4	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
VIII	60,7	24,6	9,8	3,6	1,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
IX	65,2	23,1	7,9	2,6	0,8	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
X	38,8	30,3	16,7	8,1	3,5	1,4	0,6	0,3	0,1	0,1	0,1
XI	37,0	31,8	18,0	8,3	3,3	1,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0
XII	35,6	32,1	18,3	8,6	3,5	1,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0

Рассмотрение облачности в рамках нашего исследования обусловлено необходимостью характеристики режима инсоляции [11], что особенно важно в летний период, когда прямая солнечная радиация достигает максимальных в годовом ходе значений и служит фактором, определяющим характеристики состояния лесного горючего материала и может стать причиной возникновения пожароопасной обстановки. Кроме того, облачность как предиктор характера погоды позволяет с достаточной долей надежности судить о циклоническом или антициклоническом характере погоды в тот или иной месяц.

Таблица 4 – Повторяемость количества общей облачности, %

Облачность	Год/месяц													
	2022	2023												2024
	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
Безоблачно	21,0	23,0	10,8	11,3	39,7	19,4	23,1	12,5	27,5	28,8	5,7	11,2	8,5	5,2
1 балл	0,4	0,4	0,0	0,4	1,7	1,6	2,5	0,0	0,4	0,4	0,4	0,0	0,4	0,0
2…3 балла	2,0	6,9	2,2	5,2	9,2	11,7	16,0	14,1	19,4	14,6	3,6	2,2	1,6	4,4
4 балла	1,2	2,0	3,6	2,4	2,1	4,0	6,3	6,0	4,9	6,7	5,3	1,8	1,6	2,4
5 баллов	2,0	1,6	1,8	1,6	3,8	4,8	1,7	9,3	6,5	6,3	1,6	1,8	0,8	0,8
6 баллов	4,0	4,0	2,2	4,4	7,1	10,5	10,5	7,7	7,3	5,4	4,5	2,7	3,2	3,6
7…8 баллов	5,6	8,1	9,4	11,7	13,0	20,6	18,9	21,4	17,4	16,3	14,2	8,0	11,7	14,1
9 баллов	2,8	2,0	2,2	6,0	4,6	4,0	4,2	6,9	4,5	7,5	8,5	3,1	3,2	3,2
10 баллов	60,5	52,0	67,7	56,0	18,8	23,4	16,8	22,2	12,1	14,2	56,3	66,5	68,8	64,1
Туман	0,4	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	2,0

Летом 2023 года преобладала малооблачная погода (см. табл. 4). С апреля по сентябрь суммарная повторяемость общей облачности не превышала 5 баллов 52% сроков. С октября по январь преобладали пасмурные дни, средняя повторяемость общего количества облаков, превышающее 5 баллов, с октября 2023 года по январь 2024 года составила 84%. При сравнении данных AWS 310 по облачности с наблюдениями на метеорологической станции «Казань-опорная» не выявлено значимых различий, что обусловлено близостью

(в сравнении с синоптическим масштабом) точек наблюдения. Режим облачности в рассматриваемый период хорошо согласуется с выявленными аномалиями в ходе количества атмосферных осадков.

С точки зрения увлажнения (режима атмосферных осадков) период исследования выдался аномальным. Для удобства сравнения с нормой и ввиду короткого ряда наблюдений на полигоне, не позволяющем выявить нормы (норму в климатологии принято приводить для 30-летнего периода) для точки наблюдений, для характеристики аномальности режима осадков сравнение проводили с нормами ближайшей метеорологической станции «Казань-опорная» [12, 13] (табл. 5). Выявлена хорошая согласованность сумм атмосферных осадков в холодный период года и значительные различия (17 мм в мае, 18 мм в сентябре) в теплый период года, что обусловлено главенствующей ролью местных факторов в летний период, преобладанием локальных ливневых осадков.

Для оценки степени засушливости вегетационного периода приведены значения гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) [12]:

$$ГТК = 10R/\sum T,$$

где R – сумма осадков за период с температурами выше +10°С, ΣТ – сумма активных температур.

Вегетационный период 2023 года характеризовался засушливыми условиями.

Таблица 5 – Характеристика режима атмосферных осадков

Показатель	Год/месяц													
	2022	2023												2024
	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
Осадки. Полигон (AWS 310), мм	73,1	26,1	52,4	43,5	5,8	55,8	6,9	44,3	20,3	27,6	62,5	60,8	55,9	71
Казань-опорная	80,1	19	29,7	46,4	2	38,7	9	57,2	21,3	9,6	78,5	83,8	63,4	74,5
Δ, мм	-7	7,1	22,7	-2,9	3,8	17,1	-2,1	-12,9	-1	18	-16	-23	-7,5	-3,5
Климатическая норма осадков (мм), Казань	48,6	45,7	35,3	37,8	33,3	36,4	56,7	62,6	54,1	49,8	53,9	45,2	48,6	45,7
Отклонение от нормы осадков (мм), Казань	31,5	-26,7	-5,6	8,6	-31,3	2,3	-47,7	-5,4	-32,8	-40,2	24,6	38,6	14,8	28,8
Сумма активных температур, °С					237,3	477,5	499,4	676,5	637,2	456,2				
ГТК Селянинова					0,08	0,81	0,18	0,85	0,33	0,21				
Условия увлажнения периода					сухой	засушливый	сухой	засушливый	сухой	сухой				

Современные климатические изменения проявляются не только в изменении сумм атмосферных осадков, но также и в их «кластеризации», которая выражается в росте повторяемости случаев с осадками высокой интенсивности (ливни) и сокращении умеренных и слабых явлений [14, 15]. В рассматриваемый период не отмечено случаев сильных ливневых осадков превышающих 15мм/12 часов, преобладали периоды с слабыми и без осадков (табл. 6). Продолжительное отсутствие существенных осадков ведет к иссушению лесного горючего материала, что может привести к возникновению пожаров. В исследуемый период отмечали и затяжные засушливые периоды: с 01.04.2023 по 25.04.2023 (25 дней), с 16.05.2023 по 29.05.2023 (14 дней), с 2.07.2023 по 11.07.2023 (10 дней), с 30.07.2023 по 16.08.2023 (17 дней).

Таблица 6 – Количество случаев с осадками различной интенсивности

Интенсивность осадков, мм/12 ч	Год/месяц													
	2022	2023												2024
	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
Без осадков	39	44	12	27	54	44	47	40	49	48	29	28	22	21
Слабые осадки (0…3), но не без осадков	13	8	27	22	1	7	8	10	5	7	20	17	18	25
Умеренные осадки (4…14)	10	1	1	4	0	2	1	5	1	1	9	6	8	6
Сильные осадки (15…49)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Влияние крупных городов сказывается на поведении основных климатообразующих факторов [16, 17, 18]. Для Казани городской остров тепла находит свое отражение в ходе среднемесячной температуры воздуха. Отмечена сезонная зависимость различий между точками наблюдений (табл. 7), сказывается влияние крупного города, которое максимально в теплый период, когда разница в среднемесячной температуре составляет 2°С (сентябрь) и минимально зимой – 0,4°С (ноябрь, декабрь, март).

Таблица 7 – Основные метеорологические параметры на лесном участке карбонового полигона и ближайшей метеорологической станции Росгидромета «Казань-опорная»

Показатель	Год/месяц													
	2022	2023												2024
	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I
Автоматическая станция на лесном участке карбонового полигона														
T, ºC	-7,7	-11,0	-8,2	1,1	9,0	14,4	14,8	20,1	18,2	13,5	5,0	-0,2	-9,2	-13,2
V, м/с	1,4	1,5	1,8	1,9	1,7	1,3	1,3	1,3	1,1	1,0	1,7	1,7	1,7	1,7
RH, %	87,6	80,3	83,7	77,0	52,3	65,4	65,7	73,5	73,1	76,7	82,6	86,8	83,9	81,8
Pr, мм	73,1	26,1	52,4	43,5	5,8	55,8	6,9	44,3	20,3	27,6	62,5	60,8	55,9	71,0
Станция сети Росгидромета «Казань-опорная»														
T, ºC	-8,1	-11,6	-7,7	1,5	10,4	16,1	16,7	21,8	20,6	15,5	5,7	0,2	-8,6	-12,8
V, м/с	1,7	1,8	2,0	2,2	1,8	1,7	1,6	1,7	1,6	1,3	2,1	1,9	2,1	2,1
RH, %	86,5	79,5	83,4	76,5	46,1	53,6	53,5	63,4	58,7	64,5	79,4	85,1	82,8	82,8
Pr, мм	80,1	19,0	29,7	46,4	2,0	38,7	9,0	57,2	21,3	9,6	78,5	83,8	63,4	74,5

Различия во временном ходе среднемесячных значений относительной влажности имеют сезонные особенности, с выраженным максимумом в летнее время, когда на метеостанции «Казань-опорная» относительная влажность на 10…15 % ниже, чем на участке Полигона, что связано с особенностями подстилающей поверхности в условиях города (большая площадь асфальта) и большой площади листовой поверхности и, как следствие активной эвапотранспирации в районе Полигона. В зимнее время в силу отсутствия различий в характере подстилающей поверхности влажность воздуха главным образом определяется господствующей воздушной массой, существенных различий между фоновой станций и Полигоном не отмечается.

Выводы. Выявлена барьерная роль лесных насаждений, которая способствует снижению среднемесячных скоростей ветра (на 0,1-0,6 м/с) и повторяемости опасных шквалистых усилений ветра (не более 0,1%).

Отепляющая роль крупного города вызывает различия в температуре воздуха в среднем за год 0,5°С с максимумом в теплое время года (2°С) и минимумом в зимнее (0,4°С)

Различий в ходе изменения облачности не выявлено, что обусловлено близостью (в сравнении с синоптическим масштабом) точек наблюдения. Режим облачности в рассматриваемый период хорошо согласуется с выявленными аномалиями в динамике количества атмосферных осадков.

Анализ сумм атмосферных осадков выявил хорошую согласованность между метеостанциями в холодный период года (≈7 мм в декабре и январе) и значительные различия в теплый период (≈12 мм в июле), что обусловлено главенствующей ролью местных факторов в летний период и преобладанием локальных ливневых осадков.

Литература

1. Шерстюков Б. Г. Лесные пожары // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. М.: ФГБУ НИЦ Планета, 2012. С. 266–300.

2. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования; введ. 2000-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. 8 с.

3. Савин И.Ю. О влиянии современных изменений климата на рост урожайности зерновых культур в России // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 2. С. 58-62.

4. Немцев С.Н., Шарипова Р.Б. Агроклиматические ресурсы, их изменение и экологические ограничения вегетационного периода Ульяновской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35.№3.С.10-14.

5. Никитин С. Н., Шарипова Р. Б. Оценка изменения агроклиматического потенциала Ульяновской области на производство продукции растениеводства // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(59). С. 36-42. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-3-36-42.

6. Маслова Г. Я., Абдряев М. Р., Шарапов И. И. Зависимость урожайности и качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы от различных метеоусловий в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2(50). С. 42-46. – DOI 10.18286/1816-4501-2020-2-42-46.

7. Мониторинг лесных пожаров на территории Приволжского федерального округа в последние десятилетия / Ю. П. Переведенцев, А. В. Гусаров, Т. Р. Аухадеев и др. // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2022. Т. 32. № 2. С. 149–157. doi: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-149-157.

8. Климатические условия функционирования карбонового полигона в Приказанском регионе / Ю. П. Переведенцев, К. М. Шанталинский, Н. А. Мирсаева и др. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2023. № 2. С. 72–85. doi: 10.17308/geo/1609-0683/2023/2/72-85.

9. Ветровалы в лесной зоне России и условия их возникновения / А. Н. Шихов, А. В. Чернокульский, Н. А. Калинин и др. // Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2023. 284 с. ISBN 978-5-7944-4009-6.

10. Климатология сухих и влажных волн тепла и холода различной интенсивности / С. В. Морозова, В. Н. Абанников, Е. А. Полянская и др. // Географический вестник. 2022. № 4 (63). С. 80–89. doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-80-89.

11. Мустафина А. Б. Агроклиматические условия Республики Татарстан // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2018. Т. 28. № 3. С. 298–307.

12. Климатические изменения на территории Приволжского федерального округа в XX-XXI веках и их последствия для агросферы / Ю. П. Переведенцев, К. М. Шанталинский, Н. А. Мирсаева и др. // Метеорология и гидрология. 2023. № 9. С. 86–99. doi: 10.52002/0130-2906-2023-9-86-99.

13. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Наукоемкие технологии. 2022. 124 с.

14. IPCC, 2019: Summary for Policymakers /In: Climate Change and Land: an IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems / P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, et al. / eds. J. Malley. 2019. 41 p. URL: https://www.ipcc.ch/srccl-report-download-page/ (дата обращения: 04.08.2024).

15. Summer Thermal Comfort in Russian Big Cities (1966–2015) / P. Konstantinov, D. Tattimbetova, M. Varentsov, et al. // Geographica Pannonica. 2021. Vol. 25. No. 1. P. 35–41. doi: 10.5937/gp25-29440.

16. Shartova N., Konstantinov P. Climate change adaptation for Russian cities: A case study of the thermal comfort assessment // University Initiatives in Climate Change Mitigation and Adaptation. 2018. P. 265–276. doi: 10.1007/978-3-319-89590-1_15.

17. Горбаренко, Е. В. Световой климат Москвы / Е. В. Горбаренко, Н. А. Бунина // Метеорология и гидрология. 2024. № 5. С. 42–53. doi: 10.52002/0130-2906-2024-5-42-53.

18. Загрязнение Московского мегаполиса: мониторинг химического состава микрочастиц в системе «атмосфера – снег – дорожная пыль – почвы – поверхностные воды» / Н. С. Касимов, Н. Е. Кошелева, О. Б. Поповичева и др. // Метеорология и гидрология. 2023. № 5. С. 5–19. doi: 10.52002/0130-2906-2023-5-5-19.

Сведения об авторах:

Аухадеев Тимур Ринатович – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Института экологии и природопользования, e-mail: tauhadeev@yandex.ru

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Мустафина Айсылу Билаловна – кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры землеустройства и кадастров Института агробиотехнологий и землепользования, e-mail: ayslu_mustafina@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

Лукманов Анас Ахтямович – доктор сельскохозяйственных наук, директор, e-mail: agrohim_16_1@mail.ru

Центр агрохимической службы «Татарский», Казань, Россия

FEATURES OF METEOROLOGICAL FACTORS REGIME IN THE FOREST AREA OF "CARBON-POVOLZHYE" CARBON POLYGON

T. R. Aukhadeev, A. B. Mustafina, A. A. Lukmanov

Abstract. The provision of heat and moisture are key factors in the issues of vegetation of forest ecosystems. The purpose of the study is to analyze the behavior of the main meteorological parameters in various local conditions, to identify patterns in their temporal course. The data of observations at the meteorological station of Roshydromet, located in the northern part of the city of Kazan, and the automatic station at the forest site of the carbon polygon "Carbon-Povolzhye" in Zelenodolsk district of the Republic of Tatarstan in the period from 01.12.2022 to 31.01.2024 were compared. The selected meteorological stations are located in different conditions, and the terrain features are reflected in the change of meteorological parameters. During the period under review, the influence of the city proximity on temperature differences was noted - the average annual air temperature at the testing site is 1.05°C lower than at the meteorological station in Kazan. In May and June the temperature difference reached 1.9°C, the differences in winter are less significant (on average 0.5°C). The study of differences between the regimes of meteorological parameters in forest ecosystems is becoming especially relevant in the context of a changing climate and an increasing risk of forest fires. The forest edge conditions are characterized by a high degree of horizon closure-wind shadow. In the annual cycle at the carbon polygon, days (16 days) with a maximum wind speed of > 10 m/s were identified, the vast majority of them occur in the autumn-winter period. No significant differences in cloudiness were revealed between the meteorological stations. During the period under review, there were no cases of heavy precipitation exceeding 15 mm/12 hours. An assessment of the degree of aridity of the vegetation using the Selyaninov hydrothermal coefficient showed that the growing season of 2023 was characterized by arid conditions.

Key words: meteorological observations, urban heat island, wind regime, forest barrier role.

References

1. Sherstyukov BG. Lesnye pozhary. Metody otsenki posledstviy izmeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem. [Forest fires. Methods for assessing the consequences of climate change for physical and biological systems]. Moscow: FGBU NITs Planeta. 2012; 266–300 p.

2. [Forest fire monitoring and forecasting]. Obshchie trebovaniya; vved. 2000-01-01. Moscow: IPK Izdatelstvo standartov. 1999; 8 p.

3. Savin IYu. [On the impact of modern climate change on the growth of grain crop productivity in Russia]. Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2023; 2. 58-62 p.

4. Nemtsev SN, Sharipova RB. [Agroclimatic resources, their change and environmental limitations of the growing season in Ulyanovsk region]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021; Vol.35. 3. 10-14 p.

5. Nikitin SN, Sharipova RB. [Assessment of change of agroclimatic potential of Ulyanovsk region for plant production]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selyskokhozyaystvennoy akademii. 2022; 3(59). 36-42 p. – doi: 10.18286/1816-4501-2022-3-36-42.

6. Maslova GYa, Abdryaev MR, Sharapov II. [Dependence of yield and grain quality of winter soft wheat varieties on various weather conditions in the middle Volga Forest steppe]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selyskokhozyaystvennoy akademii. 2020; 2(50). 42-46 p. – doi: 10.18286/1816-4501-2020-2-42-46.

7. Perevedentsev YuP, Gusarov AV, Aukhadeev TR. [Monitoring of forest fires in Volga Federal District in recent decades]. Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. 2022; Vol.32. 2. 149-157 p. doi: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-149-157.

8. Perevedentsev YuP, Shantalinskiy KM, Mirsaeva NA. [Climatic conditions for the functioning of the carbon polygon in Kazan region]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya. 2023; 2. 72-85 p. doi: 10.17308/geo/1609-0683/2023/2/72-85.

9. Shikhov AN, Chernokulskiy AV, Kalinin NA. [Windfalls in the forest zone of Russia and the conditions for their occurrence]. Perm: Permskiy gosudarstvennuy natsionalnuy issledovatelskiy universitet. 2023; 284 p. ISBN 978-5-7944-4009-6.

10. Morozova SV, Abannikov VN, Polyanskaya EA. [Climatology of dry and wet heat and cold waves of varying intensity]. Geograficheskiy vestnik. 2022; 4 (63). 80-89 p. doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-80-89.

11. Mustafina AB. [Agroclimatic conditions of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. 2018; Vol.28. 3. 298-307 p.

12. Perevedentsev YuP, Shantalinskiy KM, Mirsaeva NA. Climate changes in Volga Federal District in the XX-XXI centuries and their consequences for the agricultural sphere]. Meteorologiya i gidrologiya. 2023; 9. 86-99 p. doi: 10.52002/0130-2906-2023-9-86-99.

13. Tretiy otsenochnuy doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoy Federatsii. Obshchee rezyume. Third assessment report on climate change and its impacts on the territory of the Russian Federation. [General summary]. Saint-Petersburg: Naukoemkie tekhnologii. 2022; 124 p.

14. Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, Malley J. IPCC, 2019: Summary for policymakers. [Internet]. Climate change and land: IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. 2019; 41 p. [cited 2024, August 04]. Available from: https://www.ipcc.ch/srccl-report-download-page/.

15. Konstantinov P, Tattimbetova D, Varentsov M. Summer thermal comfort in Russian big cities (1966–2015). Geographica Pannonica. 2021; Vol.25. 1. 35-41 p. doi: 10.5937/gp25-29440.

16. Shartova N, Konstantinov P. Climate change adaptation for Russian cities: A case study of the thermal comfort assessment. University Initiatives in Climate Change Mitigation and Adaptation. 2018; 265-276 p. doi: 10.1007/978-3-319-89590-1_15.

17. Gorbarenko EV, Bunina NA. [Light climate of Moscow]. Meteorologiya i gidrologiya. 2024; 5. 42-53 p. doi: 10.52002/0130-2906-2024-5-42-53.

18. Kasimov NS, Kosheleva NE, Popovicheva OB. [Pollution of the Moscow megalopolis: monitoring the chemical composition of microparticles in the system “atmosphere - snow - road dust - soils - surface waters”]. Meteorologiya i gidrologiya. 2023; 5. 5-19 p. doi: 10.52002/0130-2906-2023-5-5-19.

Authors:

Aukhadeev Timur Rinatovich – Ph.D. in Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Meteorology, Climatology and Atmospheric Ecology of Institute of Ecology and Nature Management, e-mail: tauhadeev@yandex.ru
Kazan (Volga) Federal University, Kazan, Russia

Mustafina Aysylu Bilalovna – Ph.D. in Geographical Sciences, Senior Lecturer of Land Management and Cadastre Department of Institute of Agrobiotechnology and Land Use, e-mail: ayslu_mustafina@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Lukmanov Anas Akhtyamovich – Doctor of Agricultural Sciences, Director, e-mail: agrohim_16_1@mail.ru
Center of Agrochemical Service “Tatarskiy”, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-12-17
УДК 631.46:632.9

БАКТЕРИАЛЬНЫЙ КОНСОРЦИУМ НА ОСНОВЕ РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Ш. З. Валидов, Э. Н. Комиссаров

Реферат. Исследования проводили с целью определения защитного эффекта, который демонстрирует консорциум бактерий, выделенных из ризосферы ячменя, против корневых гнилей. Работу выполняли на модельной системе в лаборатории и на растениях ячменя в полевых условиях. В лабораторных условиях консорциум был проверен на отсутствие фитотоксичности в отношении растений ярового ячменя и на способность сдерживать развитие корневых гнилей на модельной системе томат-*Fusarium oxysporum*, где было продемонстрировано снижение развития заболевания на 31%, по сравнению с контролем. Полевые испытания выполняли в 2023–2024 года в Республике Татарстан. Почва – серая лесная тяжелосуглинистая. Для полевых испытаний консорциума семена ячменя сорта Камашевский обрабатывали в день посева в норме 4 л/т суспензией спор гриба в концентрации 10^4 КОЕ/мл. Корневые гнили отмечали как в контроле, так и в опытном варианте – развитие заболевания в 2023 году достигало 17,1% и 9% соответственно, в 2024 году – 12,6% и 7%. Несмотря на влияние на корневые гнили, различия между величинами биометрических показателей были статистически незначимыми. Урожайность в 2023 году в контрольном варианте составляла 41,5 ц/га, в опытном она была достоверно выше на 7,9 ц/га ($НСР_{05}$ – 6,3 ц/га). В 2024 году существенных различий между опытным и контрольным вариантами не наблюдали, урожайность составляла 43,0…44,5 ц/га с меньшей величиной этого показателя в контроле. Таким образом, консорциум бактерий из ризосферы ярового ячменя способен сдерживать развитие корневых гнилей, не оказывая токсического влияния на растения.

Ключевые слова: ячмень, корневые гнили, фитотоксичность, консорциум микроорганизмов, защита растений.

Введение. Альтернативу химической обработки для культурных растений, основной запас фитопатогенной микрофлоры которых находится на семенах и в почве, давно пытаются реализовать с помощью бактериальных штаммов, активно колонизирующих растительные ткани или их поверхности и способных ограничивать развитие в этой нише фитопатогенов, в частности корневых гнилей и возбудителей пятнистостей ячменя [1, 2]. При этом такие штаммы не должны оказывать фитотоксическое влияние при инокуляции семян сельскохозяйственных культур [3]. Следует отметить, что совместное применение группы штаммов, в отличии от единичных их видов, будет формировать более устойчивое сообщество микроорганизмов, способное укрепиться в ризосфере, удерживая доминантное положение, оказывая большее влияние при защите культурных растений [4, 5].

Одна из проблем использования биологических препаратов, как на основе консорциума бактерий, так и с единственным биологическим агентом, связана с необходимостью создания условий для хранения препаратов и поиском способов их применения в полевых условиях, которые способствовали бы поддержанию эффективности на уровне, наблюдаемом в лабораторных условиях [6, 7, 8].

В исследованиях по испытанию консорциумов фосфатмобилизующих и диазотрофных бактерий в полевых условиях на пшенице, в рамках которых рассматривали защитный эффект от листовых пятнистостей, вызванных септориозом, и влияние на прорастание семян, был показан синергетический эффект их штаммов [9, 10].

Цель исследования – установить влияние консорциума бактерий, выделенных из ризосферы ячменя, на корневые гнили на модельной системе в лаборатории и на растениях в полевых условиях.

Условия, материалы и методы. Отбор образцов ярового ячменя сорта Камашевский проводили на опытных полях Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр РАН», расположенных в Лаишевском районе Республики Татарстан летом 2022 года. После сбора ризосферной почвы с корнями ячменя в 50 мл пробирки их заливали фосфатным буфером (PBS) для получения клеточной суспензии. После серии ее разведений образцы высевали на питательную среду Кинга В (пептон – 10 г/л, глицерин – 10 г/л, K_2HPO_4 – 1,5 г/л, $MgSO_4$ – 1,5 г/л, агар микробиологический – 20 г/л) в чашки Петри, которые далее инкубировали при 30ºС в течение 36 ч. Отобранные 150 чистых культур бактерий закладывали на хранение в глицериновый раствор (25%) при температуре -80°С для дальнейшего анализа.

Способность бактерий к подвижности определяли по диаметру распространения штамма от места внесения клеточной суспензии в полужидкий агар Luria-Bertani (LB) (триптон – 10 г/л, NaCl– 10 г/л, дрожжевой экстракт – 5 г/л, $MgSO_4$ – 1,5 г/л, агар микробиологический – 4 г/л).

Антагонистическую активность выделенных бактерий проверяли по отношению к *Fusarium oxysporum.* Для этого на среду potato dextrose agar (PDA) (картофельный отвар – 1 л, декстроза – 20 г/л, агар – 20 г/л) вносили 3 мкл суспензии выделенных штаммов и 3 мкл суспензии спор *F. oxysporum*. Чашки Петри со средой инкубировали при 30°С в течение

5 дней. Антагонистическую активность оценивали по величине зоны подавления роста гриба.

Штаммы, проявляющие необходимые свойства в тестах на подвижность и антагонизм, проверяли на способность расти совместно, не подавляя взаимное развитие для составления консорциума. Тест проводили путём нанесения испытуемых штаммов перпендикулярно один другому на средах KingB, PDA, LB. Несовместимость исследуемых штаммов определяли по зонам подавления в местах их соприкосновения. С использованием этого теста был составлен консорциум из 4-х совместимых штаммов.

ДНК из штаммов бактерий, составляющих консорциум, выделяли по стандартному протоколу фенол-хлороформной экстракцией [11]. Реакционная смесь ПЦР объёмом 50 мкл содержала 5 мкл 10× PCR Taqbuffer, 1 мкл смесь dNTP, по 0,5 мкл праймеров 27F (5'-gagtttgatcctggctcag-3') и 1492R (5'-taccttgttacgactt-3'), 1 мкл ДНК матрицы (100 нг), 0,5 мкл Taq ДНК полимеразы, остаток – свободная от нуклеаз вода. Амплификацию проводили в T100 thermocycler (Bio-Rad, Hercules, CA, USA) при следующих параметрах: денатурация при 95°C 2 мин; 34 цикла при 95°C по 30 с и 58°C по 30 с; и 72°C в течение 1 мин 30 с. Последний цикл проводили при 72°C в течение 5 мин. Фрагменты ДНК детектировали в 1,5%-ном электрофорезном агарозном геле и визуализировали на Gel Doc EZ Imager with Image Lab 6.0 software (Bio-Rad, Hercules, CA, USA). Для очистки фрагментов ДНК из геля использовали коммерческий набор Cleanup Standard (Евроген). Очищенные фрагменты 16S ДНК секвенировали методом Сэнгера (Евроген) для видовой идентификации штаммов.

Биоконтроль проводили на модельной системе томат – *F. oxysporum*. Суспензию спор гриба разводили раствором plant nutrient solution до концентрации 10^4 КОЕ/мл и пропитывали минеральную вату, которую использовали в качестве субстрата. Семена томатов сорта Белый налив замачивали в суспензии клеток, входящих в консорциум (АЯ53, АЯ146, КЯ2, КЯ9), в соотношении 1:1:1:1. Растения размещали в климатокамере (ООО «Фитотрон») на 14 суток при дневной температуре 25°C, ночной – 21°C и влажности воздуха 70%. После этого оценивали индекс развития корневых гнилей (Disease Index, DI) по шкале, где 0 – здоровые растения; 1 – бурые штрихи на основании стебля или его подземной части, отдельные участки бурого цвета (зоны некроза) на первичных и вторичных корнях, 2 – слегка бурое основание стебля, бурые отдельные корни или значительные их участки, отмирание кончиков корней; 3 – темное с перехватом основание стебля или его подземной части, большая часть корней поражена или отмерла; 4 – стебель перегнивает и переламывается, начало отмирания растений.

Для выявления фитотоксичности семена ячменя сорта Камашевский инокулировали консорциумом, как и в опыте с биоконтролем, семена высушивали, высевали в грунт и помещали в климатокамеру (Фитотрон) при дневной температуре 25°C, ночной – 21°C, влажности воздуха 70%. Через 14 суток определяли всхожесть, длину корней и надземной части растений.

Полевые испытания проводили на базе Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Почва – серая лесная, по гранулометрическому составу тяжелосуглинистая со следующими агрохимическими характеристиками: содержание гумуса – 3,83%, $N_г$ – 93,3 мг/кг (по Тюрину), P_2O_5 и K_2O (по Мачигину) – соответственно 330 мг/кг и 211,7 мг/кг, $pH_{сол}$ – 6,1.

Отклонения температур от средних многолетних значений за вегетационные периоды 2023–2024 года не превышали 3°C. По количеству осадков 2024 год оказался более увлажнённым, как по отношению к средним многолетним значениям, так и к 2023 году, который был более засушливым и характеризовался очень сухим июнем (рис. 1).

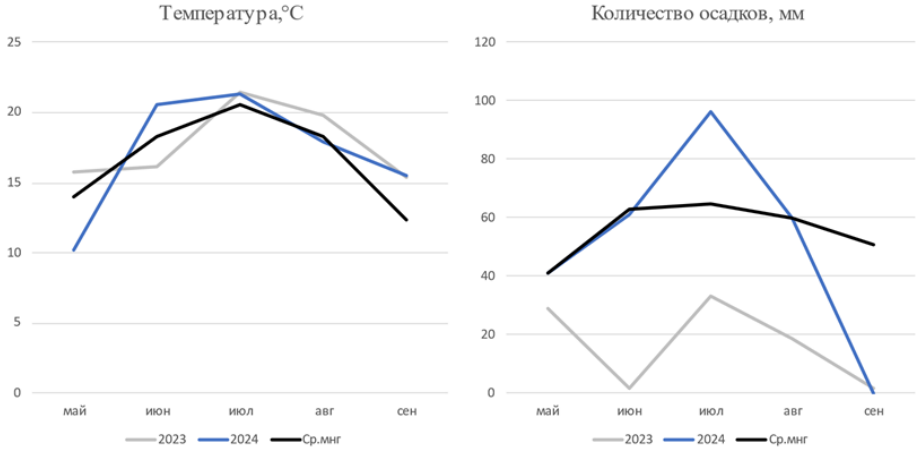


Рис. 1 - Температурный режим и количество осадков в период вегетации ячменя

Для полевых испытаний изучаемого консорциума микроорганизмов семена ячменя сорта Камашевский обрабатывали в день посева в норме 4 л/т суспензией спор гриба в концентрации 10^4 КОЕ/мл. Контрольный вариант обрабатывали водой с такой же нормой расхода. Во время уборки отбирали снопы с 1 м^2 в 3 повторностях.

Учёт поражения ячменя корневыми гнилями проводили однократно в двух повторностях в межфазный период полные всходы – начало кущения культуры. Для этого в 5 точках отбирали по 10 растений подряд. Всего 100 растений в каждом варианте. Полученные показатели сравнивали с контролем.

Развитие корневых гнилей определяли по 4-х балльной шкале[12], где: 0 – отсутствие признаков болезни; 1 балл – слабое побурение колеоптиле, гипокотиля и корней; 2 балла – сильное побурение гипокотиля с точечными некрозами, переходящие на узел кущения и основание стебля, угнетение развития продуктивных стеблей; 3 балла – сильное побурение гипокотиля с обширными некрозами (трухлявость), побурение узла кущения и основания стебля, резкое снижение продуктивности; 4 балла – гибель или пустоколосость растений. Развитие болезни выражали в процентах, его расчет проводили по формуле:

$$R = \frac{(\sum a \times b) \times 100}{N \times K},$$

где R – развитие болезни, %; N – общее количество больных и здоровых растений (стеблей, листьев, плодов) в пробе, шт.; ∑ a × b – сумма произведений числа больных растений (a) на соответствующий им балл поражения (b), штук × балл; K – высший балл учетной шкалы (K= 4).

В ходе полевой оценки учитывали высоту стебле, длину корневой системы одного растения, коэффициент кущения, масса стеблей, масса колосьев, масса зёрен, масса 1000 семян.

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием пакета статистических программ OriginLab pro SR1 b9.5.1.195. Достоверную разницу между группами анализировали с использованием одностороннего ANOVA и апостериорного теста Тьюки при p <0,05.

Результаты и обсуждение. Из 150 выделенных штаммов бактерий подвижность (рис. 2А) проявляли 4 изолята (КЯ1, КЯ2, КЯ9, КЯ10), а антагонизм по отношению к *F. oxysporum* (рис. 2Б) – 6 штаммов (АЯ53, АЯ73, АЯ74, АЯ114, АЯ130, АЯ146), которые были отобраны в качестве кандидатов на составление консорциума. Поскольку штаммы, обладавшие антагонистической активностью, не проявляли подвижности на чашечных тестах, а штаммы бактерий, обладающие подвижностью, не проявляли антагонизма к *F. oxysporum* консорциум составляли из двух подвижных штаммов и двух штаммов, проявляющих антагонизм.

Тест на совместимость (рис. 2В) проводили для всех штаммов, проявляющих свойства подвижности и антагонизма к *F. oxysporum*. Единственная комбинация, в которой не наблюдали взаимного подавления, состояла из штаммов АЯ53, АЯ146, КЯ2, КЯ9, которые вошли в испытуемый консорциум.

По результатам секвенирования 16S ДНК изолят АЯ53 отнесен к виду *Paenibacillus pabuli,* АЯ146 – *Bacillus pumilus,* КЯ2 – *Pseudomonas koreensis,* КЯ9 – *Pseudomonas frederiksbergensis.*

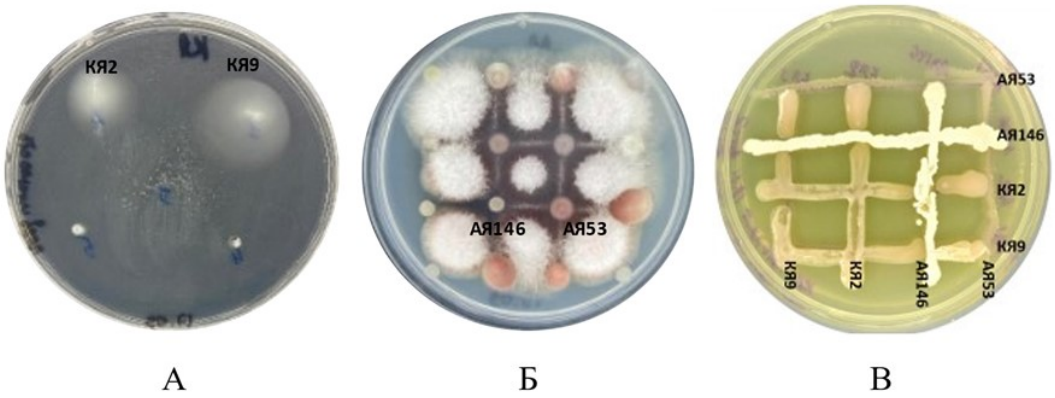
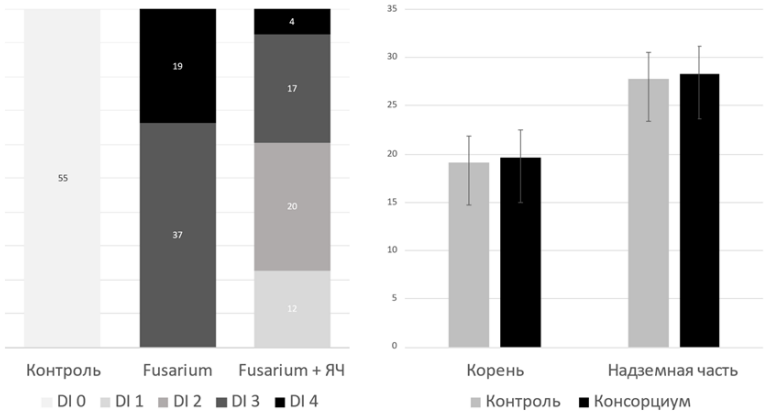


Рис. 2 – Тесты штаммов консорциума на подвижность (А), антагонизм (Б), совместимость (В)

При испытании консорциума на способность сдерживать развитие корневой гнили томатов в контрольном варианте без патогена и изучаемых микроорганизмов все растения на момент учёта были здоровы (рис. 3а). В варианте со спорами *F. oxysporum* все растения к этому времени были поражены, в том числе 19 из них погибли (DI4), а остальные проявляли признаки, предшествующие гибели растений (DI3). При внесении вместе со спорами *F. oxysporum* консорциума микроорганизма, несмотря на отсутствие полностью здоровых побегов, только у 4 растений отмечен индексом развития

корневых гнилей DI4, у 32 растений наблюдали только начальные симптомы заболевания (DI1, DI2). Развитие заболевания на инфекционном фоне составляло 85%, а в варианте с консорциумом микроорганизмов оно было на 31% меньше.



а *б*

Рис. 3 – Индекс развития корневых гнилей (DI) на томатах (а, цифрами указано число растений с соответствующим индексом развития) и длина корневой системы и надземной частей ячменя (б, см)

Изучаемый консорциум микроорганизмов не оказывал влияния на рост надземной и подземной частей ячменя (рис. 3б), то есть фитотоксический эффекта отсутствовал. В полевых условиях корневые гнили были отмечены в обоих вариантах (рис. 4). При этом развитие заболевания в фазе начала кущения в 2023 году в контроле было выше, чем в экспериментальном варианте, на 8,1% ($НСР_{05}$ 2,3%) в 2024 году– на 5,6% ($НСР_{05}$ – 5%).

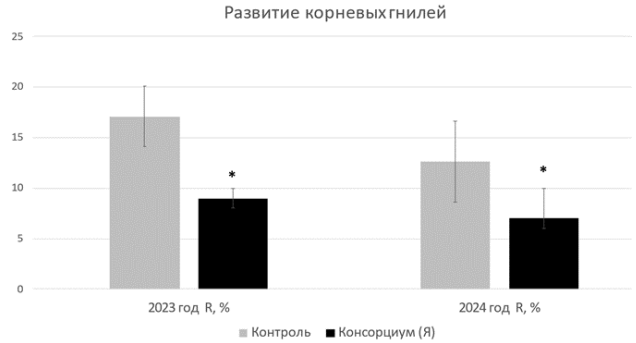


Рис. 4 – Развитие корневых гнилей на яровом ячмене

**различия с контролем достоверны при p <0,05), %*

Несмотря на влияние на корневые гнили, при уборке различий между контрольным и опытным вариантами по числу растений, стеблей и колосьев с 1 м^2, а также по параметры длины колосьев и стеблей были статистически незначимы (см. табл.). Существенные различия отмечали только по массе стеблей и урожайности в 2023 году В контроле величины этих показателей были равны соответственно 300 г/м^2 и 41,5 ц/га, а в опытном варианте – выше на 85,8 г/м^2 ($НСР_{05}$ – 82 г/м^2) и 7,9 ц/га ($НСР_{05}$ – 6,3 ц/га).

Таблица – Биометрические показатели ярового ячменя при обработке консорциумом бактерий

Признак	Контроль		Консорциум	
	2023 год	2024 год	2023 год	2024 год
Число растений, шт./м^2	500	520	489	505
Число стеблей, шт./м^2	661	680	733	700
Число колосьев, шт./м^2	641	630	705	652
Длина колоса, см	4,9	5,0	5,3	5,1
Длина стебля, см	52	53	55	53
Масса стеблей, г/м^2	300	340	385*	345
Урожайность, ц/га	41,5	43	49,4*	44,5

**различия с контролем достоверные при p <0,05*

Результаты исследований демонстрируют неоднозначное поведение изученного консорциума микроорганизмов в полевых опытах. Он способен подавлять развитие корневых гнилей, однако согласно результатам анализа других биометрических показателей не подтверждено влияние этого эффекта на развитие растений ячменя на естественном инфекционном фоне. Можно предположить, что эффект, оказываемый бактериальным консорциумом, был непродолжительным. Корневая зона могла быть замещена прежней микрофлорой, которая подавила развитие внесённых бактерий на более поздних стадиях развития ячменя. Кроме того, по всей видимости, корневые гнили развивались недостаточно интенсивно, чтобы удалось увидеть эффект от снижения развития заболевания в оба года.

Выводы. Консорциум бактерий, выделенных из ризосферы ячменя, способен достоверно сдерживать развитие корневых гнилей как в лабораторных условиях у томатов (на 31%), так и в полевых условиях у ячменя (на 5,6…8,1%). При этом он не оказывает фитотоксического влияния на растения ячменя.

В 2023 году урожайность в варианте с обработкой семян ячменя сконструированным консорциумом превышала контроль на 7,9 ц/га при $НСР_{05}$ – 6,3 ц/га. 2024 году значимых изменений биометрических показателях развития растений не регистрировали. Таким образом, поведение рассматриваемого консорциума микроорганизмов в полевых условиях не было однозначным. Хотя он может замедлять развитие корневых гнилей, однако этот эффект не оказывает влияние на развития самих растений ячменя в условиях естественного инфекционного фона.

Сведение об источнике финансирования. Работа выполнена в рамках Государственного задания №124050300050-4.

Литература

1. Baturo A. Effect of thermotherapy, grain treatment and leaf spraying with biological control agents on spring barley (Hordeum vulgare) health in organic system // Phytopathol. Pol. 2006. Vol. 41. P. 15–26.

2. Рябцева Н. А. Отзывчивость ячменя на биопрепараты // Аграрная наука. 2021. Т. 344. №. 5. С. 51–55. doi: 10.32634/0869-8155-2021-349-5-51-55.

3. Влияние лабораторных образцов биопрепаратов на основе перспективных штаммов антагонистов фитопатогенов на проростки сои / Л. В. Маслиенко, Д. А. Курилова, Е. Ю. Шипиевская и др. // Масличные культуры. 2010. №. 1 (142-143). С. 104–108.

4. Evaluation of the effectiveness of a consortium of three plant-growth promoting rhizobacteria for biocontrol of cotton Verticillium wilt / W. Yang, L. Zheng, H. X. Liu, et al. // Biocontrol science and technology. 2014. Vol. 24. No. 5. P. 489–502. doi: 10.1080/09583157.2013.873389.

5. Исследование потенциала естественной микробиоты яровой мягкой пшеницы в повышении урожайности / Л.К. Асякина, G. Mudgal, С.Л. Тихонов и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 11. С. 12-17

6. Microbial consortium of biological products: do they have a future? / P. S. Nunes, G. V. L. Junior, G. M. Mascarin, et al // Biological Control. 2024. Article 105439. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S104996442400001X (дата обращения: 15.08.2024). doi: 10.1016/j.biocontrol.2024.105439.

7. Lactic acid bacteria as potential biocontrol agents for Fusarium head blight disease of spring barley / M. B. Byrne, G. Thapa, F. M. Doohan, et al. // Frontiers in Microbiology. 2022. Vol. 13. Article 912632. URL: https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2022.912632/full. (дата обращения: 05.09.2024). doi: 10.3389/fmicb.2022.912632

8. Подбор прилипателей для совместного применения с лабораторным образцом биопрепарата в сельском хозяйстве / А.И. Хомяк, Н.А. Жевнова, В.В. Аллахвердян и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 8. С. 53-58.

9. Кошпаева Т. В., Миникаев Д. Т., Дегтярева И. А. Эффективность действия штаммов бактерий, аборигенных для почв татарстана, и биопрепарата азолен при биотестировании на яровой пшенице // Агрохимический вестник. 2021. № 6. С. 73–77.

10. Бактерии рода Bacillus в регуляции устойчивости пшеницы к Septoria nodorum Berk / Г. Ф. Бурханова, С. В. Веселова, А. В. Сорокань и др. // Прикладная биохимия и микробиология.2017.Т.53.№ 3.С.308–315.

11. Green M. R., Sambrook J. Isolation of high-molecular-weight DNA using organic solvents // Cold Spring Harbor Protocols. 2017. No. 4. P. 356–359. doi: 10.1101/pdb.prot093450.

12. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур (болезни растений): рекомендации / С. С. Санин, В. И. Черкашин, Л. Н. Назарова и др. М.: ФГНУ «Росинформагротех. 2002. С. 133–156.

Сведения об авторах:

Валидов Шамиль Завдатович – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией молекулярно-генетических и микробиологических методов, e-mail: sh.validov@knc.ru

Комиссаров Эрнест Наилевич – младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических и микробиологических методов, e-mail: e.komissarov@knc.ru

Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр РАН», Казань, Россия

BACTERIAL CONSORTIUM BASED ON RHIZOSPHERE BACTERIA OF SPRING BARLEY

Sh. Z. Validov, E. N. Komissarov

Abstract. The studies were conducted to determine the protective effect demonstrated by a consortium of bacteria, isolated from barley rhizosphere, against root rot. The work was carried out on a model system in the laboratory and on barley plants in the field. Under laboratory conditions, the consortium was tested for the absence of phytotoxicity towards spring barley plants and for the ability to inhibit the development of root rot on a tomato-Fusarium oxysporum model system, where 31% decrease in disease development was demonstrated, compared to the control. Field experiments were conducted in 2023-2024 in the Republic of Tatarstan. The soil is gray forest heavy loam. For field experiments of the con-

sortium, Kamashevskiy barley seeds were treated with a fungal spore suspension at a concentration of 104 CFU/ml at a rate of 4 l/t on the day of sowing. Root rot was observed both in the control and in the experimental variant - the development of disease in 2023 reached 17.1% and 9%, respectively, in 2024 - 12.6% and 7%. Despite the effect on root rot, the differences between the values of biometric indicators were statistically insignificant. The productivity in 2023 in the control variant was 41.5 c/ha, in the experimental it was significantly higher by 7.9 c/ha (HSR005 - 6.3 c/ha). In 2024 there were no significant differences between experimental and control variants, the yield was 43.0...44.5 c/ha with a lower value of this indicator in the control. Thus, the consortium of bacteria from the rhizosphere of spring barley is able to restrain the development of root rot without having a toxic effect on plants.

Key words: barley, root rot, phytotoxicity, consortium of microorganisms, plant protection.

References

1. Baturo A. Effect of thermotherapy, grain treatment and leaf spraying with biological control agents on spring barley (Hordeum vulgare) health in organic system. Phytopathol. Pol. 2006; Vol.41. 15-26 p.

2. Ryabtseva NA. [Barley responsiveness to biopreparations]. Agrarnaya nauka. 2021; Vol.344. 5. 51-55 p. doi: 10.32634/0869-8155-2021-349-5-51-55.

3. Maslienko LV, Kurilova DA, Shipievskaya EYu. [Effect of laboratory samples of biopreparations based on promising strains of phytopathogen antagonists on soybean seedlings]. Maslichnue kultury. 2010; 1 (142-143). 104-108 p.

4. Yang W, Zheng L, Liu HX. Evaluation of the effectiveness of a consortium of three plant-growth promoting rhizobacteria for biocontrol of cotton Verticillium wilt. Biocontrol science and technology. 2014; Vol.24. 5. 489-502 p. doi: 10.1080/09583157.2013.873389.

5. Asyakina LK, Mudgal G, Tikhonov SL. [Study of the potential of natural microbiota of spring soft wheat in increasing crop yields]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023; Vol.37. 11. 12-17 p.

6. Nunes PS, Junior GVL, Mascarin GM. Microbial consortium of biological products: do they have a future? [Internet]. Biological Control. 2024; Article 105439. [cited 2024, August 15]. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S104996442400001X. doi: 10.1016/j.biocontrol.2024.105439.

7. Byrne MB, Thapa G, Doohan FM. Lactic acid bacteria as potential biocontrol agents for Fusarium head blight disease of spring barley. [Internet]. Frontiers in Microbiology. 2022; Vol.13. Article 912632. [cited 2024, September 05]. Available from: https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2022.912632/full. doi: 10.3389/fmicb.2022.912632

8. Khomyak AI, Zhevnova NA, Allakhverdyan VV. [Selection of adhesives for joint use with a laboratory sample of a biological product in agriculture]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023; Vol.37. 8. 53-58 p.

9. Koshpaeva TV, Minikaev DT, Degtyareva IA. [Efficiency of bacterial strains native to Tatarstan soils and Azolen biopreparation in biotesting on spring wheat]. Agrokhimicheskiy vestnik. 2021; 6. 73-77 p.

10. Burkhanova GF, Veselova SV, Sorokan AV. [Bacillus bacteria in the regulation of wheat resistance to Septoria nodorum Berk]. Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 2017; Vol.53. 3. 308-315 p.

11. Green MR, Sambrook J. Isolation of high-molecular-weight DNA using organic solvents. Cold Spring Harbor Protocols. 2017; 4. 356-359 p. doi: 10.1101/pdb.prot093450.

12. Sanin SS, Cherkashin VI, Nazarova LN. Fitosanitarnaya ekspertiza zernovykh kultur (bolezni rasteniy): rekomendatsii. [Phytosanitary examination of grain crops (plant diseases): recommendations]. Moscow: FGNU "Rosinformagrotekh". 2002; 133-156 p.

Authors:

Validov Shamil Zavdatovich – Ph.D. in Biology, Head of the Laboratory of Molecular-Genetic and Microbiological Methods, e-mail: sh.validov@knc.ru

Komissarov Ernest Nailevich – junior researcher, Laboratory of Molecular-Genetic and Microbiological Methods, e-mail: e.komissarov@knc.ru

Federal Research Center "Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-18-25
УДК 631.895: 633.1:631.41

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ И СТРУКТУРА УРОЖАЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПОД ДЕЙСТВИЕМ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩЕГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ

Р. Р. Газизов, Р. Р. Сафина, Л. З. Каримова, К. Р. Гарафутдинова

Реферат. Исследования проводили с целью изучения влияния кремнийсодержащего органоминерального удобрения (ОМУ) на количественные и качественные характеристики яровой пшеницы сорта Йолдыз, гречихи сорта Никольская и основные агрохимические показатели серой лесной почвы. Работу выполняли в условиях вегетационного опыта, схема которого предполагала изучение следующих вариантов: без удобрений (контроль); $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон; ОМУ 2 т/га; ОМУ 3 т/га; фон + ОМУ 2 т/га; фон + ОМУ 3 т/га. ОМУ получено путем смешивания термически обработанного органического (куриный помет) при 60…70˚С и минерального (цеолит Татарско-Шатрашанского месторождения Республики Татарстан) компонентов в соотношении 1:1. Образцы почв и растений анализировали по общепринятым методикам. Перед закладкой опыта содержание органического вещества в серой лесной среднесуглинистой почве составляло 2,9%, pH_{KCl} – 5,86 ед., гидролитическая кислотность – 2,16, сумма поглощенных оснований – 20,2 мг-экв./100 г, щелочно-гидролизуемого азота – 77,0, подвижного фосфора и калия – соответственно 238,0 и 180 мг/кг. Под действием ОМУ агрохимические свойства почвы под посевами пшеницы и гречихи улучшались: обменная и гидролитическая кислотность снижались на 0,03…0,20 мг-экв./100г, сумма поглощенных оснований возрастала до 22,0…22,6 мг-экв./100 г, повышалось содержание макроэлементов. Внесение ОМУ в дозах 2 и 3 т/га как отдельно, так и в комплексе с минеральными удобрениями способствовало улучшению структуры урожая и повышению урожайности и качества зерна пшеницы: высота растений увеличивалась, по сравнению с контролем, на 5,7…15,8 см, длина колоса – на 0,8…2,6 см, биомасса – на 5,5…9,5 г, урожайность зерна – на 0,9…3,5 г/сосуд, содержание белка – на 7,03…8,38%. Высота растений гречихи увеличивалась относительно величины этого показателя в контроле на 1,1…14,8 см, биомасса – на 1,0…11,3 г, урожайность – на 0,3…2,5 г/сосуд, содержание белка в зерне – на 0,21…1,18%.

Ключевые слова: яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.), гречиха (*Fagopyrum esculentum* Moench), органоминеральное удобрение, агрохимическая характеристика, структура урожая.

Введение. Зерновые культуры и продукты их переработки служат основой питания человека, рациона сельскохозяйственных животных, а также важным сырьем для технологической переработки во многих отраслях промышленности. Наибольшее продовольственное значение имеют пшеница и гречиха [1].

Пшеница (*Triticum aestivum* L.) – одна из важнейших продовольственных культур, которая характеризуется высокими питательными и вкусовыми качествами. Согласно статистической службе ФАО, в 2022 году посевные площади пшеницы в мире составляли 219 млн га, валовой сбор превышал 800 млн т [2]. Россия – один из крупнейших производителей и озимой, и яровой пшеницы. Посевные площади яровой пшеницы в 2022 году, по данным Росстата, составляли 12790 тыс. га или 15,5% от всех посевных площадей. Валовой сбор культуры достигал 30,2 млн т зерна при средней урожайности 2,38 т/га [3]. Наибольшие посевные площади яровой пшеницы сосредоточены в Алтайском крае, Омской, Оренбургской, Новосибирской, Челябинской, Курганской областях, Республике Башкортостан, Красноярском крае, Республике Татарстан (РТ) [4, 5]. Согласно данным Росстата, площадь возделывания яровой пшеницы в РТ в 2022 году составляла 440,2 тыс. га, валовой сбор – 1516,2 тыс. т, урожайность – 3,45 т/га [6].

Гречиха (*Fagopyrum esculentum* Moench) – важная крупяная культура, легкоусвояемая, имеющая высокие питательные и вкусовые качества [7]. Лидером по производству гречихи выступает РФ, ежегодный объем производства культуры в стране составляет около половины от мирового. Крупнейшие площади посева в стране сосредоточены на юге страны, на Алтае, в Республике Башкортостан и Черноземье. В 2023 году по предварительным данным Росстата посевные площади гречихи в РФ составляли 1286,3 тыс. га [3]. Согласно этим данным, площадь возделывания гречихи в РТ в 2022 году составляла 15,3 тыс. га, валовой сбор – 20,8 тыс. т, урожайность – 1,37 т/га [6].

Одним из направлений увеличения урожайности яровой пшеницы и гречихи выступает применение новых комплексных органоминеральных удобрений (ОМУ), которые имеют ряд достоинств, способствующих повышению количественных и улучшению качественных показателей сельскохозяйственных культур [8, 9, 10]. Кроме того, они способствуют улучшению структурности почвы, усилению активности почвенной микробиоты, обладают пролонгированным действием [12, 13]. Ежегодно количество ОМУ на рынке растет. В связи с этим актуальной задачей становится определение эффективности ОМУ в системе земледелия.

Цель исследования – оценить влияние ОМУ на агрохимические свойства серой лесной почвы, величину и качество урожая

яровой пшеницы и гречихи.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли в 2023 году на базе вегетационного домика ФИЦ КазНЦ РАН в течение одного вегетационного периода (90 сут).

Схема вегетационного опыта предполагала изучение следующих вариантов: без удобрений (контроль); $N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон; ОМУ 2 т/га; ОМУ 3 т/га; фон + ОМУ 2 т/га; фон + ОМУ 3 т/га. В качестве минеральных удобрений (фон) использовали азофоску марки $N_{16}P_{16}K_{16}$. Повторность трехкратная.

Почва – серая лесная среднесуглинистая с массовой долей органического вещества – 2,9%, pH_{KCl} – 5,86 ед., гидролитической кислотностью ($H_г$) – 2,16 мг-экв./100 г, суммой поглощенных оснований ($S_{ПО}$) – 20,2 мг-экв./100 г, содержанием щелочно-гидролизуемого азота ($N_{щел.}$) – 77,0 мг/кг, подвижного фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) – 238,0 и 180 мг/кг соответственно.

Изучаемые культуры – пшеница яровая сорт Йолдыз и гречиха сорт Никольская. Закладку опыта проводили в сосудах Вагнера площадью 0,018 м^2 и массой почвы 5 кг. В каждый сосуд высаживали по 15 семян, в фазе полных всходов проводили прореживание посевов до 10 растений на сосуд.

ОМУ получено путем смешивания кремнийсодержащего минерального компонента с куриным пометом, прошедшим термическую обработку при 60…70°С, в соотношении 1:1. В качестве минерального компонента использовали цеолит Татарско-Шатрашанского месторождения РТ. В состав цеолита входили клиноптилолит – до 30,0%, монтмориллонит – до 30,0, опал-кристобалит – до 36,7, кальцит – до 21,0, кварц – до 11,3%. Его общий химический состав включали следующие элементы (%): SiO_2 – 65,8; CaO – 17,16; Al_2O_3 – 6,19; Fe_2O_3 общ. – 2,65; MgO – 1,45; K_2O – 1,43; TiO_2 – 0,35; Na_2O – 0,16; P_2O_5 – 0,13; MnO < 0,01, прочие примеси – 4,6 [14].

Анализ структуры урожая проводили по З. И. Журбицкому (1968), учет надземной и корневой биомассы сельскохозяйственных культур – путем взвешивания на аналитических весах. Содержание белка в зерне определяли по Барнштейну, азота – по ГОСТ 13496.4-2019, фосфора – по ГОСТ 26657-97, калия – по ГОСТ 30504-97. Содержание органического вещества в почве выполняли по ГОСТ 26213-2021; pH_{KCl} – по ГОСТ 26483-85; $H_г$ – по ГОСТ 26212-2021; $S_{ПО}$ – по ГОСТ 27821-2020; $N_{щел.}$ – по методу Корнфилда; подвижных соединений P_2O_5 и K_2O – по ГОСТ Р 54650-2011.

Статистическую обработку результатов экспериментов выполняли по Б. А. Доспехову (2014) методом дисперсионного анализа в программе Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение. Агрохимический анализ почвы отражает степень ее обеспеченности основными элементами питания, кислотность и уровень плодородия, на которых базируются качественные и количественные показатели будущего урожая (табл. 1).

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы в зависимости от применения удобрений (после уборки урожая пшеницы)

Вариант	Массовая доля органического вещества, %	pH_{KCl}, ед.	$H_г$	$S_{ПО}$
			мг-экв./100 г	
Контроль	2,64	5,68	2,35	20,6
$N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон	2,57	5,60	2,57	21,2
ОМУ 2 т/га	2,70	5,77	2,35	22,4
ОМУ 3 т/га	2,74	5,80	2,31	22,0
Фон + ОМУ 2 т/га	2,71	5,63	2,68	22,2
Фон + ОМУ 3 т/га	2,86	5,67	2,68	22,4
$НСР_{05}$	0,10	0,12	0,09	1,2

Внесение ОМУ во всех вариантах опыта способствует повышению содержания органического вещества: до 2,70…2,74% – при применении только ОМУ в исследуемых дозах, до 2,71…2,86% – при использовании ОМУ по фону минеральных удобрений.

Реакция среды почвенного раствора в контрольном варианте составляет 5,68 ед., при внесении NPK наблюдается сдвиг pH на 0,08 ед. в сторону подкисления. В вариантах только с применением ОМУ сдвиг реакции среды в сторону нейтральной при дозе 2 т/га составляет 0,09 и 0,17 ед., при дозе 3 т/га – 0,12 и 0,20 ед. по отношению к контролю и фону соответственно. Внесение ОМУ в дозе 2 т/га вместе с минеральными удобрениями сдвигает реакцию почвенного раствора в сторону нейтрализации на 0,03 ед., при 3 т/га – на 0,07 ед., по сравнению с фоном.

Гидролитическая кислотность почвенной среды при внесении ОМУ в дозе 2 т/га не изменяется, при 3 т/га снижется на 0,04 мг-экв./100 г, по отношению к контролю. При внесении ОМУ совместно с минеральными удобрениями отмечено повышение исследуемого показателя на 0,11 мг-экв./100 г отношению к фону.

Сумма поглощенных оснований увеличивается во всех вариантах с 20,6 до 22,4 мг-экв./100 г по отношению к контролю. Внесение ОМУ в дозах 2 и 3 т/га повышает показатель на 1,4…1,8 мг-экв./100 г,

совместное применение органоминеральных и минеральных удобрений в исследуемых дозах – на 1,6…1,8 мг-экв./100 г.

С использованием удобрений повышается содержание подвижных форм основных элементов питания в почве: щелочно-гидролизуемого азота – на 7,0…18,0 мг/кг, подвижного фосфора – на 22,0…65,0 мг/кг, калия – на 3,0…19,0 мг/кг, по сравнению с почвой в контрольном варианте (рис. 1).

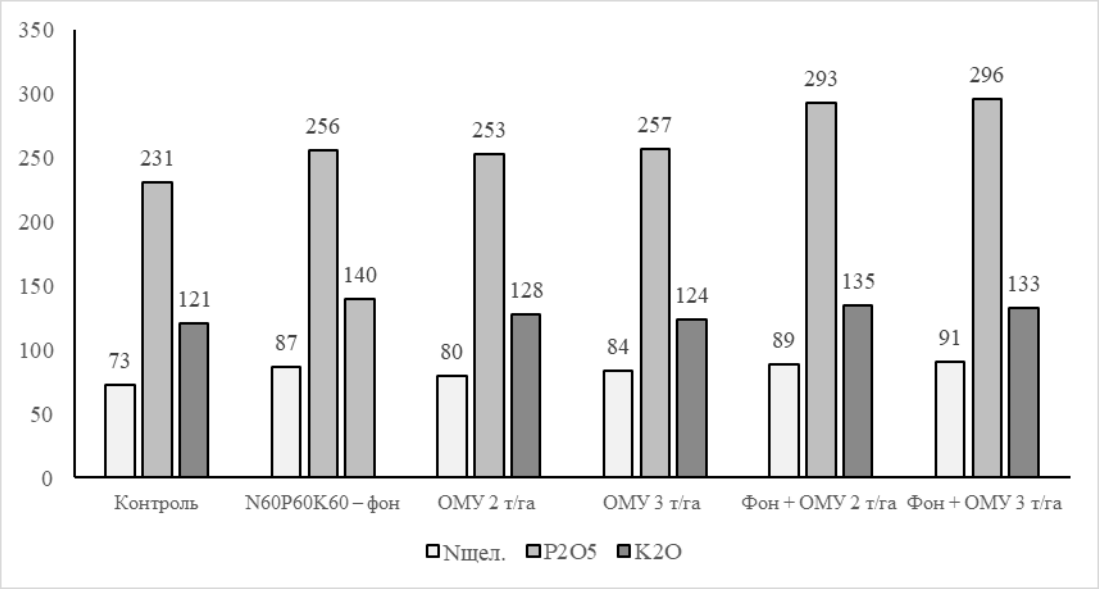


Рис. 1 – Содержание подвижных форм элементов питания в почве под посевами пшеницы ($НСР_{05}$ для $N_{щел.}$ – 10,5; P_2O_5 – 8,9; K_2O – 6,4), мг/кг

Анализ почвенных образцов под посевами гречихи, отобранных после сбора урожая, показывает увеличение содержания массовой доли органического вещества во всех вариантах с применением ОМУ (табл. 2).

Таблица 2 – Агрохимическая характеристика почвы в зависимости от применения удобрений (после уборки урожая гречихи)

Вариант	Массовая доля органического вещества, %	pH_{KCl}, ед.	$H_г$	$S_{ПО}$
			мг-экв./100 г	
Контроль	2,60	5,64	2,52	20,4
$N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон	2,59	5,57	2,86	22,8
ОМУ 2 т/га	2,72	5,69	2,41	22,4
ОМУ 3 т/га	2,80	5,72	2,31	22,2
Фон + ОМУ 2 т/га	2,77	5,45	2,83	22,6
Фон + ОМУ 3 т/га	2,82	5,56	2,80	22,2
$НСР_{05}$	0,16	0,11	0,14	1,2

При внесении ОМУ в дозах 2 и 3 т/га установлено повышение массовой доли органического вещества до 2,72…2,80%. В вариантах с ОМУ совместно с минеральными удобрениями массовая доля органического вещества увеличилась до 2,77…2,82%.

Отмечено изменение реакции почвенной среды. В контрольном варианте реакция близка к нейтральной и составляет 5,64 ед. Внесение в почву ОМУ в дозе 2 т/га смещает pH солевой вытяжки в сторону нейтрализации на 0,05 ед., в дозе ОМУ 3,0 т/га – на 0,08 ед., по отношению к контролю. Внесение минеральных удобрений сопровождается подкислением почвы на 0,07 ед. В вариантах с применением ОМУ в дозах 2 и 3 т/га на фоне минеральных удобрений кислотность по сравнению с фоном повышается на 0,19 и 0,08 ед. соответственно.

Гидролитическая кислотность почвенной среды в контрольном варианте составляет 2,52 мг-экв./100 г. При внесении в почву ОМУ в дозах 2 и 3 т/га отмечено снижение исследуемого показателя на 0,11…0,21 мг-экв./100 г, по сравнению с контролем. Гидролитическая кислотность возрастает на 0,34 мг-экв./100 г при внесении минеральных удобрений, на 0,31 мг-экв./100 г – при использовании органоминеральных (2 т/га) и минеральных удобрений совместно, на 0,28 мг-экв./100 г – при ОМУ в дозе 3 т/га.

Сумма поглощенных оснований повышается во всех вариантах опыта: на 1,8…2,0 мг-экв./100 г при использовании только ОМУ и 1,8…2,4 мг-экв./100 г при применении ОМУ на фоне минеральных удобрений. Содержание щелочно-гидролизуемого азота возрастает на 10,0…21,0 мг/кг, подвижного фосфора – на 20,0…82,0 мг/кг, калия – на 12,0…28,0 мг/кг, по сравнению с контролем (рис. 2).

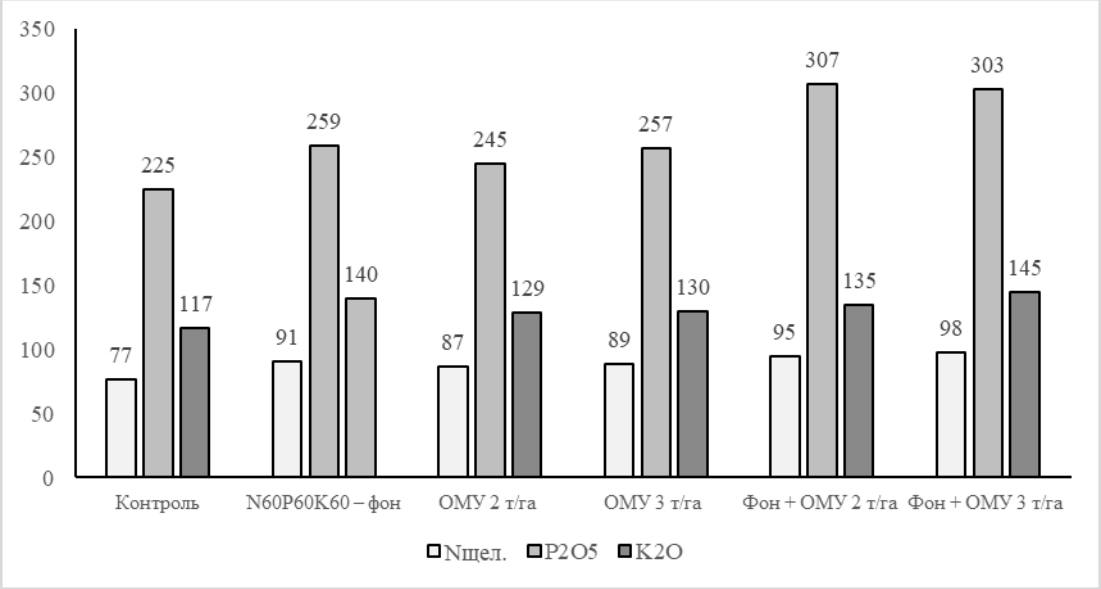


Рис. 2 – Содержание подвижных форм элементов питания в почве под посевами гречихи ($НСР_{05}$ для $N_{щел.}$ – 6,8; P_2O_5 – 9,2; K_2O – 7,4), мг/кг

Применение ОМУ увеличивало высоту растений на 5,7…6,5 см (12,0…13,7%), по сравнению с контролем. Во всех вариантах с использованием минеральных удобрений величина этого показателя возрастала на 14,4…15,8 см (30,3…33,3%), по отношению к контролю. Максимальная в опыте высота растений отмечена при применении ОМУ в дозе 3 т/га совместно с NPK – 63,3 см (табл. 3).

Таблица 3 – Структура урожая пшеницы в зависимости от применения удобрений

Вариант	Высота растений, см	Длина колоса, см	Биомасса растений, г	Масса корней, г	Число в колосе, шт.		Масса зерен, г	
					колос-ков	зерен	с колоса	с сосуда
Контроль	47,5	3,8	7,0	1,3	8,0	8,0	0,19	2,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон	61,9	5,9	13,7	3,3	12,0	17,0	0,40	4,8
ОМУ 2 т/га	53,2	4,6	12,5	2,4	9,0	15,0	0,26	3,0
ОМУ 3 т/га	54,0	4,7	13,1	2,0	9,0	14,0	0,32	3,2
Фон + ОМУ 2 т/га	63,0	6,4	15,3	2,9	13,0	17,0	0,42	5,0
Фон + ОМУ 3 т/га	63,3	6,2	16,5	3,0	12,0	18,0	0,45	5,6
$НСР_{05}$	1,2	0,5	1,4	0,5	3,0	3,0	0,05	0,4

Длина колоса увеличивается во всех вариантах с внесением удобрений: при внесении ОМУ в исследуемых дозах без минеральных удобрений – на 0,8…0,9 см (21,1…23,7%), при внесении только NPK – на 2,1 см (55,3%), по отношению к контролю. В вариантах совместного внесения NPK с ОМУ длина колоса составляет 6,4 см (ОМУ 2 т/га) и 6,2 см (ОМУ 3 т/га), что выше фона на 5,1…8,5%. Наибольшая длина колоса отмечена в варианте при сочетании NPK с ОМУ в дозе 2 т/га.

Общая биомасса пшеницы в контрольном варианте составляет 7,0 г. При применении исследуемых удобрений биомасса была в 1,8…2,4 раза выше, чем в контроле. Прирост биомассы от использования только ОМУ составляет 5,5…6,1 г, при внесении только NPK – 6,7 г, при добавлении NPK в сочетании с ОМУ – 8,3…9,5 г. Максимальное формирование биомассы растениями пшеницы отмечено в варианте с применением ОМУ в дозе 3 т/га по фону минеральных удобрений.

В вариантах с внесением удобрений масса корней была выше в 1,6…2,3 раза, по сравнению с контролем. При внесении ОМУ без минеральных удобрений она увеличивается на 0,7…1,1 г, по отношению к контрольному варианту, на 2,0 г – в случае применения только NPK, на 1,6…1,7 г – при сочетании NPK и ОМУ.

Число колосков в колосе по вариантам опыта составляет 8,0…13,0 шт. С внесением удобрений возрастают озерненность и масса зерна. Число зерен с одного растения по

вариантам опыта варьирует в пределах 8,0…18,0 шт. В варианте внесения в почву NPK совместно с ОМУ в дозе 3 т/га отмечено наибольшее количество зерен в колосе – 18,0 шт. (на 10 шт. выше контрольного варианта).

Масса зерна с колоса колеблется в опыте от 0,19 г в контрольном варианте и до 0,45 г в вариантах с применением исследуемых удобрений. В зависимости от удобрений и их дозы урожайность зерна пшеницы увеличивается на 0,9…3,5 г. При внесении минеральных удобрений общая масса зерна повышается до 4,8 г, при использовании только ОМУ – до 3,2 г, а при их комплексном внесении – до 5,6 г.

Применение ОМУ увеличивало среднюю высоту растений, по сравнению с контролем, на 2,5…6,2%, минеральных удобрений – на 18,7…34,1%. Максимальная в опыте высота растений отмечена при использовании ОМУ в дозе 2 т/га совместно с NPK – 58,2 см. Количество семян на одном растении по вариантам опыта составляло от 6,0 до 12,0 шт. с наибольшей величиной этого показателя при внесении ОМУ 2 т/га на фоне минеральных удобрений (табл. 4).

Таблица 4 – Структура урожая гречихи в зависимости от применения удобрений

Вариант	Высота растений, см	Количество семян на одном растении, шт.	Биомасса растений, г	Масса корней, г	Масса зерен, г/сосуд
Контроль	43,4	6,0	20,7	2,9	2,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон	53,5	9,0	28,6	3,0	4,3
ОМУ 2 т/га	44,5	7,0	21,7	2,5	3,5
ОМУ 3 т/га	46,1	8,0	22,0	2,2	3,2
Фон + ОМУ 2 т/га	58,2	12,0	32,0	3,8	5,4
Фон + ОМУ 3 т/га	51,5	11,0	28,0	2,7	4,9
$НСР_{05}$	1,6	3,0	0,7	0,5	0,6

Прирост биомассы при использовании только ОМУ составляет 4,8…6,3%. В вариантах с использованием минеральных удобрений происходит более интенсивное накопление биомассы, чем в других вариантах. При применении только NPK биомасса повысилась до 28,6 г. При совместном применении NPK с ОМУ – до 32,0 и 28,0 г при дозах ОМУ 2 и 3 т/га соответственно.

Масса корней растений гречихи по вариантам опыта изменяется в пределах от 2,2 до 3,8 г. Наибольшая масса корней сформирована в варианте ОМУ (2 т/га) на фоне минеральных удобрений.

Применение минеральных и органоминеральных удобрений способствует увеличению урожайности гречихи. В вариантах с исследуемыми дозами ОМУ без минеральных удобрений урожайность повышается на 10,3… 20,7%, по отношению к контролю. В варианте только с минеральными удобрениями урожайность, по сравнению с контролем, повышается на 48,3% и составляет 4,3 г/сосуд. При совместном применении органоминеральных и минеральных удобрений лучшим оказался вариант с ОМУ в дозе 2 т/га, где урожайность повышается на 25,6%, по сравнению с фоном.

Наряду с получением высоких урожаев сельскохозяйственных культур не менее важной задачей остается качество растениеводческой продукции (химический состав, содержание белка в зерне и др.).

Содержание общего азота в зерне пшеницы по вариантам опыта варьирует в пределах 2,19…3,67%, фосфора – 0,56…0,68%, калия – 0,99…1,18% и белка – 12,24…20,62%.

Внесение ОМУ в почву как отдельно, так и в сочетании с минеральными удобрениями способствует улучшению биохимических показателей зерна пшеницы. Применение ОМУ в дозах 2 и 3 т/га увеличивает, по сравнению с контролем, содержание азота – на 1,33 и 1,48%, белка – на 7,62 и 8,38%; по сравнению с фоном содержание азота – на 0,17 и 0,32%, белка – на 0,88 и 1,64% соответственно (табл. 5).

Таблица 5 – Химические показатели зерна пшеницы в зависимости от применения удобрений

Вариант	Содержание азота (N) общего, %	Содержание белка, %
Контроль	2,19	12,24
$N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон	3,35	18,98
ОМУ 2 т/га	3,52	19,86
ОМУ 3 т/га	3,67	20,62
Фон + ОМУ 2 т/га	3,46	19,27
Фон + ОМУ 3 т/га	3,61	20,44
$НСР_{05}$	0,06	0,06

В варианте с ОМУ в дозе 2 т/га совместно с минеральными удобрениями содержание азота в зерне увеличивается на 1,27%, белка – на 7,03%, по сравнению с контролем.

По сравнению с фоном содержание азота и белка возрастает на 0,11 и 0,29% соответственно. Повышение дозы ОМУ до 3 т/га на фоне минеральных удобрений увеличивает содер-

жание азота на 0,26…1,42%, белка – на 1,46…8,2%, по сравнению с контрольным и фоновым вариантами.

Содержание азота в зерне гречихи по вариантам опыта варьирует в пределах 1,59…1,83%, фосфора – 0,42…0,49% и калия – 0,82…1,01%. Содержание азота, по отношению к контролю, повышается на 0,05 и 0,11% при внесении в почву отдельно ОМУ в дозах 2 и 3 т/га, на 0,24 и 0,20% при совместном внесении органоминеральных (в дозах 2 и 3 т/га) и минеральных удобрений соответственно (табл. 6). Применение ОМУ вместе с минеральными удобрениями повышает, в сравнении с фоном, содержание азота на 0,12% – при дозе 2 т/га, на 0,08% – при дозе 3 т/га и незначительно увеличивает содержания фосфора и калия в зерне.

Таблица 6 – Биохимические показатели зерна гречихи в зависимости от применения удобрений

Вариант	Содержание азота (N) общего, %	Содержание белка, %
Контроль	1,59	9,41
$N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон	1,71	10,10
ОМУ 2 т/га	1,64	9,62
ОМУ 3 т/га	1,70	10,09
Фон + ОМУ 2 т/га	1,83	10,51
Фон + ОМУ 3 т/га	1,79	10,59
$НСР_{05}$	0,16	0,12

Содержание белка в зерне гречихи по вариантам опыта варьирует в пределах 9,41…10,59%. Максимальное содержание белка отмечено при применении ОМУ и минеральных удобрений совместно: при дозе 2 т/га содержание белка составляет 10,51%, что выше контроля на 1,1%, фона – на 0,41%. В случае использования дозы 3 т/га содержание белка составляет 10,59%, что выше контрольного варианта на 1,18%, фона – на 0,49%.

Положительное влияние применения ОМУ на физические, химические и биологические свойств почвы, а также на рост и развитие различных растений представлено в исследованиях [15, 16, 17]. С внесением ОМУ происходит увеличение емкости поглощения почвой ионов, улучшение структурного состояния почвы, повышение подвижности катионов и анионов, а также их поступление в растения [18, 19, 20].

Выводы. Внесение ОМУ улучшает агрохимические свойства почвы под посевами яровой пшеницы и гречихи: содержание органического вещества увеличивается до 2,70…2,86%, обменная и гидролитическая кислотности снижаются на 0,03…0,20 мг-экв./100 г, сумма поглощенных оснований повышается до 22,0…22,4 мг-экв./100 г, возрастает содержание азота, фосфора и калия.

Положительный эффект на яровой пшенице выявлен в вариантах с применением ОМУ в сочетании с минеральными удобрениями: по сравнению с фоном, высота растений увеличивается – на 1,8…2,3%, длина колоса – на 5,1…8,5%, биомасса – на 11,7…20,4%, урожайность зерна – на 4,2…16,7%; по сравнению с контролем, высота растений повышается– 32,6…33,3%, длина колоса – на 63,2…68,4%, биомасса – в 2,2…2,4 раза, урожайность зерна – в 2,4…2,7 раза. Максимальный в опыте выход зерна отмечен при внесении ОМУ (3 т/га) в комплексе с минеральными удобрениями. В случае применения ОМУ в дозе 3 т/га общее содержание азота и белка повышается до 3,67% и 20,62% соответственно. При применении 2 т/га ОМУ на фоне минеральных удобрений высота растений увеличивается на 8,8%, количества семян на одном растении – на 3,0 шт., биомасса – на 11,9%, масса корней – на 26,7%, урожайность зерна – на 25,6%, содержание азота в зерне повышается до 1,83%, белка – до 10,51% (на фоне минеральных удобрений без ОМУ – 1,71% и 10,10% соответственно).

Органоминеральное удобрение на основе куриного помета и цеолита можно рекомендовать в качестве источника элементов минерального питания пшеницы и гречихи, а также для сохранения потенциального плодородия почвы.

Сведения об источнике финансирования. Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования № 124050300050-4.

Литература

1. Коломейченко В. В. Растениеводство. М.: Агробизнесцентр, 2007. 600 с.

2. ФАОСТАТ: Продукты животноводства и сельскохозяйственных культур / URL: https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL/visualize (дата обращения: 05.02.2024).

3. Сельское хозяйство в России. 2023: Стат. сб. М.: Росстат, 2023. 103 с.

4. Ленточкин А. М. Оценка состояния посевных площадей зерновых культур // Пермский аграрный вестник. 2019. № 1 (25). С. 55–62.

5. Скороходов В. Ю. Продуктивность яровой мягкой пшеницы в сопряжении с содержанием макроэлементов и биоактивностью почвы на черноземах южных степной зоны Южного Урала // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2 (54). С. 46–53. doi: 10.18286/1816-4501-

2021-2-46-53.

6. Статистический сборник «Республика Татарстан» 2022: Стат. сб. М.: Росстат, 2023. 294 с.

7. Якименко А. Ф. Гречиха. М.: Колос, 1982. 196 с.

8. Семенюк О.В. Эффективность применения жидких комплексных органоминеральных удобрений для предпосевной обработки семян озимой пшеницы // Земледелие. 2023. № 7. С. 25-27.

9. Полухин А.А., Зубарева К.Ю., Катальникова М.А. Перспективы использования органо-минеральных микроудобрений при выращивании кормовых бобов // Земледелие. 2022. № 2. С. 32-37.

10. Перченко Н.А., Сергеева О.Н. Эффективность препарата Турмакс при возделывании картофеля в условиях Томской области // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 5. С. 34-37.

11. Влияние нового органоминерального удобрения на агрохимическое состояние дерново-подзолистой глееватой почвы / П.А. Котяк, Е.В. Чебыкина, М.Ю. Иванова и др. // Земледелие. 2022. № 3. С. 28-31.

12. Органоминеральные удобрения в земледелии и растениеводстве. Обзор / Г. Ф. Рахманова, К. Р. Гарафутдинова, Н. И. Кириллова и др. // Рисоводство. 2023. № 4 (61). С. 68–77. doi: 10.33775/1684-2464-2023-61-4-68-77.

13. Карпухин М. Ю., Байкин Ю. Л., Батыршина Э. Р. Агрономическая эффективность органоминерального удобрения на черноземных почвах Среднего Урала // Аграрный вестник Урала. 2023. № 4 (233). С. 2–14. doi: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-2-14.

14. Цеолиты Поволжья. URL: https://zeol.ru/applying/selskoe-hozyaystvo (дата обращения: 06.02.2024).

15. Advances in the use of organic and organomineral fertilizers in sustainable agricultural production / M. I. Abdulraheem, J. Hu, S. Ahmed, et al. // Organic fertilizers Organic Fertilizers – New Advances and Applications 1 (Agricultural Sciences), 2023. 358 p. URL: https://www.intechopen.com/chapters/1131638 (дата обращения: 06.02.2024). doi: 10.5772/intechopen.1001465.

16. Effect of organomineral fertilizers and growth promoters in potato seedlings in the foothills of the Republic of Artsakh / V. Aleksanyan, M. Mirzoyan, S. Galstyan, et al. // The scientific heritage. 2023. № 107. P. 4–8. doi: 10.5281/zenodo.7672838.

17. Smith W. B., Wilson M., Pagliari P. Organomineral fertilizers and their application to field crops // Animal manure: production, characteristics, environmental concerns, and management. 2020. P. 229–243. doi: 10.18619/2072-9146-2022-3-90-93.

18. Изменение агрохимических показателей серой лесной почвы при использовании кремнийсодержащей агроруды и органоминерального удобрения / Р. Р. Газизов, Г. Ф. Рахманова, И. А. Дегтярева и др. // Агрохимический вестник. 2023. № 5. С. 73–76. doi: 10.24412/1029-2551-2023-5-013.

19. Нуров Реджепнур Р., Аманов К. Я. Влияние экологически чистого органоминерального удобрения на плодородие почвы // Плодородие. 2021. № 6 (123). С. 29–33. doi: 10.25680/S19948603.2021.123.08.

20. Савич В. И., Мерзлая Г. Е., Седых В. А. Процессы, протекающие в почве при внесении органоминеральных удобрений // Плодородие. 2017. № 4. С. 29–32.

Сведения об авторах:

Газизов Расим Рашидович – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических и микробиологических методов, e-mail: rasim_0410@mail.ru

Сафина Руфина Ринатовна – младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических и микробиологических методов, e-mail: rufina.masnavieva.63@gmail.com

Каримова Лилия Зяудатовна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических и микробиологических методов, e-mail: Karimova-lcd@mail.ru

Гарафутдинова Камила Рустемовна – научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических и микробиологических методов, e-mail: amiliamilka24@gmail.com

Федеральный исследовательский центр Казанский научный центр АН, Казань, Россия

AGROCHEMICAL PROPERTIES OF GRAY FOREST SOIL AND THE STRUCTURE OF GRAIN CROPS YIELD UNDER THE INFLUENCE OF SILICON-CONTAINING ORGANOMINERAL FERTILIZER

R. R. Gazizov, R. R. Safina, L. Z. Karimova, K. R. Garafutdinova,

Abstract. The aim of the research was to study the effect of silicon-containing organomineral fertilizer (OMF) on the quantitative and qualitative characteristics of spring wheat of the Yoldyz variety and buckwheat of the Nikolskaya variety, and the main agrochemical indicators of gray forest soil. The work was carried out under the conditions of a pot experiment, the scheme of which assumed the study of the following options: without fertilizers (control); $N_{60}P_{60}K_{60}$ - background; OMF 2 t/ha; OMF 3 t/ha; background + OMF 2 t/ha; background + OMF 3 t/ha. OMF was obtained by mixing heat-treated organic (chicken manure) at 60...70 ˚C and mineral (zeolite from Tatar-Shatrashan deposit of the Republic of Tatarstan) components in a ratio of 1:1. Soil and plant samples were analyzed using generally accepted methods. Agrochemical characteristics of the soil before the experiment: gray forest medium loamy soil with an organic matter content of 2.9%, pH_{KCl} of 5.86 units, hydrolytic acidity of 2.16 mg-eq./100 g, the sum of absorbed bases of 20.2 mg-eq./100 g, the content of alkaline-hydrolyzable nitrogen of 77.0 mg/kg, mobile phosphorus and potassium of 238.0 and 180 mg/kg, respectively. Under the influence of OMF, the agrochemical properties of the soil under wheat and buckwheat crops improve: the exchange and hydrolytic acidity indicators decrease by 0.03...0.20 mg-eq./100 g, the sum of absorbed bases increases to 22.0...22.6 mg-eq./100 g, and the content of macroelements increases. Application of OMF in doses of 2 and 3 t/ha both separately and in combination with mineral fertilizers improves the crop structure and increases the yield and quality of wheat grain: plant height increases by 5.7...15.8 cm, ear length - by 0.8...2.6 cm, biomass - by 5.5...9.5 g, grain yield - by 0.9...3.5 g/vessel, compared to the control. Protein content increases by 7.03...8.38%. Improvement of buckwheat parameters under the influence of OMF and mineral fertilizers relative to the control values was established - plant height increases by 1.1...14.8 cm, biomass - by 1.0...11.3 g, yield - by 0.3...2.5 g/vessel. Protein content in buckwheat grain increases by 0.21...1.18%.

Key words: spring wheat (*Triticum aestivum* L.), buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), organomineral fertilizer, agrochemical characteristics, crop structure.

References

1. Kolomeychenko VV. Rastenievodstvo. [Plant growing]. Moscow: Agrobiznestsentr. 2007; 600 p.

2. [FAOSTAT: Livestock and agricultural products]. [cited 2024, February 05]. Available from: https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL/visualize.

3. Selskoe khozyaystvo v Rossii. 2023: Stat. sb. [Agriculture in Russia. 2023: statistical collection]. Moscow: Rosstat. 2023; 103 p.

4. Lentochkin AM. [Assessment of the state of sown areas of grain crops]. Permskiy agrarnuy vestnik. 2019; 1 (25). 55 -62 p.

5. Skorokhodov VYu. [Productivity of spring soft wheat in conjunction with the content of macroelements and soil bioactivity on southern chernozems of the steppe zone of the Southern Urals]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selyskokhozyaystvennoy akademii. 2021; 2 (54). 46-53 p. doi: 10.18286/1816-4501-2021-2-46-53.

6. Statisticheskiy sbornik "Respublika Tatarstan" 2022: Stat. sb. [Statistical digest "Republic of Tatarstan" 2022: statistical collection]. Moscow: Rosstat. 2023; 294 p.

7. Yakimenko AF. Grechikha. [Buckwheat]. Moscow: Kolos. 1982; 196 p.

8. Semenyuk OV. [Efficiency of using of liquid complex organomineral fertilizers for pre-sowing treatment of winter wheat seeds]. Zemledelie. 2023; 7. 25-27 p.

9. Polukhin AA, Zubareva KYu, Katalnikova MA. [Prospects for the use of organo-mineral microfertilizers in growing fodder beans]. Zemledelie. 2022; 2. 32-37 p.

10. Perchenko NA, Sergeeva ON. [Efficiency of Turmaks drug in potato cultivation of Tomsk region]. Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2020; 5. 34-37 p.

11. Kotyak PA, Chebykina EV, Ivanova MYu. [The impact of a new organomineral fertilizer on the agrochemical state of sod-podzolic gleyic soil]. Zemledelie. 2022; 3. 28-31 p.

12. Rakhmanova GF, Garafutdinova KR, Kirillova NI. [Organomineral fertilizers in agriculture and crop production. Review]. Risovodstvo. 2023; 4 (61). 68-77 p. doi: 10.33775/1684-2464-2023-61-4-68-77.

13. Karpukhin MYu, Baykin YuL, Batyrshina ER. [Agronomic efficiency of organomineral fertilizer on chernozem soils of the Middle Urals]. Agrarnuy vestnik Urala. 2023; 4 (233). 2-14 p. doi: 10.32417/1997-4868-2023-233-04-2-14.

14. [Zeolites of the Volga Region]. [cited 2024, February 06]. Available from: https://zeol.ru/applying/selskoe-hozyaystvo.

15. Abdulraheem MI, Hu J, Ahmed S. Advances in the use of organic and organomineral fertilizers in sustainable agricultural production. [Internet]. Organic fertilizers Organic Fertilizers – New Advances and Applications 1 (Agricultural Sciences), 2023; 358 p. [cited 2024, February 06]. Available from: https://www.intechopen.com/chapters/1131638. doi: 10.5772/intechopen.1001465.

16. Aleksanyan V, Mirzoyan M, Galstyan S. Effect of organomineral fertilizers and growth promoters in potato seedlings in the foothills of the Republic of Artsakh. The scientific heritage. 2023; 107. 4-8 p. doi: 10.5281/zenodo.7672838.

17. Smith WB, Wilson M, Pagliari P. Organomineral fertilizers and their application to field crops. Animal manure: production, characteristics, environmental concerns, and management. 2020; 229–243. doi: 10.18619/2072-9146-2022-3-90-93.

18. Gazizov RR, Rakhmanova GF, Degtyareva IA. [Changes in agrochemical parameters of gray forest soil using silicon-containing agronomic ores and organomineral fertilizer]. Agrokhimicheskiy vestnik. 2023; 5. 73-76 p. doi: 10.24412/1029-2551-2023-5-013.

19. Nurov Redzhepnur R, Amanov KYa. [Effect of environmentally friendly organomineral fertilizer on soil fertility]. Plodorodie. 2021; 6 (123). 29-33 p. doi: 10.25680/S19948603.2021.123.08.

20. Savich VI, Merzlaya GE, Sedykh VA. [Processes occurring in the soil when applying organomineral fertilizers]. Plodorodie. 2017; 4. 29-32 p.

Authors:

Gazizov Rasim Rashidovich – Ph.D. in Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Molecular-Genetic and Microbiological Methods, e-mail: rasim_0410@mail.ru

Safina Rufina Rinatovna – Junior Researcher of the Laboratory of Molecular-Genetic and Microbiological Methods, e-mail: rufina.masnavieva.63@gmail.com

Karimova Liliya Zyaudatovna - Ph.D. of Biological sciences, senior researcher of the laboratory of Molecular-genetic and microbiological methods, e-mail: Karimova-lcd@mail.ru

Garafutdinova Kamila Rustemovna – Researcher of the Laboratory of Molecular-Genetic and Microbiological Methods, e-mail: amiliamilka24@gmail.com

Federal Research Center Kazan Scientific Center of the Academy of Sciences, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-26-33
УДК 631.417.1:631.417.2 (470.41)

ОЦЕНКА УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА СИДЕРАЛЬНОГО ПАРА И РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ЕГО ОБРАБОТКИ

Н. В. Данилова, А. Р. Камалова, П. А. Курынцева, Р. И. Сафин, С. Ю. Селивановская

Реферат. Исследования проводили с целью оценки влияния сидеральных культур на эмиссию CO_2 в атмосферу, путем расчета углеродного следа при выращивании горчицы белой (*Sinapis alba* L.) и редьки масличной (*Raphanus sativus* var. *oleiferus*) с последующей заделкой биомассы в почву или скашиванием и оставлением ее на поверхности. Работу выполняли в 2023 году в Республике Татарстан. Почва опытного участка – серая лесная, супесчаная. Полевой эксперимент включал выращивание сидератов с последующей заделкой биомассы в почву при отвальной вспашке или дисковании, а также скашивании и оставлении ее на поверхности. Суммарная эмиссия CO_2 от почвенной респираторной активности на участках с горчицей белой за вегетационный период при скашивании составила 361 кг CO_2/га, при дисковании – 469 кг CO_2/га, при вспашке – 674 кг CO_2/га, тогда как с редькой масличной при тех же приемах – 368, 501 и 684 кг CO_2/га соответственно. Суммарная эмиссия CO_2 от агротехнических мероприятий составляла 93…130 кг/га в зависимости от технологической операции основной обработки почвы. Количество CO_2, зафиксированное в биомассе растений, существенно отличалось в зависимости от вида культуры: для горчицы белой оно находилось на уровне 18605 кг CO_2/га, для редьки масличной – 10560 CO_2 кг/га. Баланс CO_2 при скашивании горчицы белой составлял -18145 кг/га, при дисковании – -18004 кг/га, при вспашке – -17791 кг/га, для редьки масличной – соответственно -10107, -9991 и -9756 кг/га. Выращивание горчицы белой более эффективный способ улавливания углерода из атмосферного воздуха. На углеродный баланс больше всего влияют количество углерода, зафиксированное в растительной биомассе, и применяемые агротехнические мероприятия.

Ключевые слова: сидеральные культуры, эмиссия CO_2, углеродный след, респираторная активность, агротехнические мероприятия

Введение. Эмиссия CO_2 в атмосферу выступает основным путем потери почвенного углерода и служит одним из индикаторов биологического здоровья почвы [1]. Образование CO_2 – результат гетеротрофного (микроорганизмы, почвенная фауна) и автотрофного (корни растений) дыхания почвы [2, 3]. Факторы, определяющие эмиссию CO_2 из почвы, имеют абиотическую (температура, влажность почвы), биотическую (вид растительного покрова, состав и функционирование почвенного микробиома), а также антропогенную природу (обработка почв, внесение удобрений) [4, 5, 6]. При этом факторы часто взаимосвязаны между собой, так повышение температуры и влажности почвы обычно увеличивает микробную активность почвы и высвобождение питательных веществ, тем самым увеличивая эмиссию CO_2 в атмосферу. Агротехнические мероприятия, которые повышают эффективность сохранения осадков в почве, снижают температуру почвы, благодаря растительному покрову, потенциально могут повысить биологическую активность почвы без увеличения эмиссии CO_2, что приведет к увеличению секвестрации органического вещества почвы [7].

За последние несколько десятилетий сидеральные культуры выращивали во всем мире с целью увеличения плодородия и агрегирования почвы, борьбы с сорняками, снижения выщелачивания питательных веществ и эрозии почвы, а также повышения секвестрации углерода [8, 9, 10]. Однако мало что известно о влиянии видов сидеральных культур, качества и количества их биомассы, а также способов заделки биомассы в поле, на эмиссию парниковых газов. Растительные остатки, запаханные в почву, разлагаются быстрее, чем те, что находятся на поверхности, из-за повышенного контакта с почвенными микроорганизмами [11, 12, 13]. Сидеральные культуры могут увеличить выбросы CO_2, по сравнению с чистым паром, вследствие активизации почвенного микробного сообщества корневыми выделениями и поступления в почву их биомассы.

Горчица белая (*Sinapis alba* L.) и редька масличная (*Raphanus sativus* var. *oleiferus*) из семейства крестоцветных часто используются в качестве сидеральных культур, потому что их посевы способствуют предотвращению эрозии почвы и вымыванию азота в поверхностные воды, улучшают питательный состав почвы, подавляют почвенных вредителей и патогены, включая растительноядные нематоды [14, 15, 16]. Также исследователи отмечают такие преимущества сидеральных культур, как быстрый рост, формирование большого количества биомассы и низкая стоимость семян для посева [17].

Сельское хозяйство выступает третьей отраслью после энергетики и промышленности по выбросам парниковых газов в России [18]. Максимальный вклад в эти выбросы вносит животноводство и системы обращения с навозом. Однако наибольший вклад в эмиссию парниковых газов, который зачастую не учитывается, вносят агротехнические мероприятия на полях, повышающие респираторную

активность почвенного микробного сообщества. В атмосферу выделяется углерод, содержащийся в почвенном органическом веществе, тем самым снижая ее плодородие.

Цель исследования – изучить влияние сидератов на эмиссию CO_2 в атмосферу, путем расчета углеродного следа от выращивания горчицы белой (*Sinapis alba* L.) и редьки масличной (*Raphanus sativus* var. *oleiferus*) с последующей заделкой биомассы в почву при отвальной вспашке, дисковании или скашивании (без обработки почвы) с оставлением ее на поверхности для совершенствования методов управления плодородием почв.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли в стационарном полевом опыте по биологизации земледелия ФГБОУ ВО Казанский ГАУ. Опытный участок находится на научной площадке агробиотехнопарка Казанского ГАУ у с. Нармонка Лаишевского района, г. Казань (55.502299°, 49.297227°). В 2022 году на участке выращивали яровой ячмень. Эксперимент проводили с мая по сентябрь 2023 года.

Метеорологические условия 2023 года в период вегетации растений были следующими: среднемесячная температура мая составила 15,6˚С (на 0,7˚С выше среднемноголетней за период 2013–2023 годах), июня – 16,2˚С (на 0,5˚С ниже среднемноголетней), июля – 21,3˚С (на 0,7˚С выше среднемноголетней), августа – 19,6˚С (на 0,2˚С ниже среднемноголетней), сентября – 14,7 ˚С (на 2,2˚С выше среднемноголетней). Влажность в мае составила 54,2% (на 3,8% ниже среднемноголетней), в июне – 52,7% (на 12,3% ниже среднемноголетней), в июле – 64% (на 4% ниже среднемноголетней), в августе – 62,3% (на 7,7% ниже среднемноголетней), в сентябре – 65,5% (на 9,5% ниже среднемноголетней). В целом, агроклиматические параметры вегетационного периода отличались периодически засушливыми явлениями, что отразилось на формировании урожая биомассы сидеральных культур.

Почва опытного участка – серая лесная, характеризовалась как супесь по Качинскому и пылеватый суглинок по Ферре. Гранулометрический состав определяли методом лазерной дифракции на приборе Microtrac Bluewave, в соответствии с ISO 13320:2020, на основании относительного содержания фракций песка, пыли и глины по Аттербергу. Агрохимические характеристики следующие: содержание гумуса по Тюрину 3,0%, подвижного фосфора высокое (250 мг/кг), калия – повышенное (145 мг/кг по Кирсанову), содержание общего углерода (2,8%) и азота (0,184%) по методу Дюма определяли на приборе VarioMaxCube согласно ISO 10694:2024 и ISO 13878:1998, реакция почвенного раствора была близка к нейтральной (pH 6,6).

На опытных участках были посеяны редька масличная (*Raphanus sativus* var. *oleiferus*) сорта Альфа (норма высева 15 кг/га) и горчица белая (*Sinapis alba*) сорта Рапсодия (норма высева 20 кг/га). Общая площадь каждого участка 1,5 га.

Для подготовки почвы под посев озимой пшеницы использовали три способа основной обработки почвы – отвальная (вспашка плугом), безотвальная (дискование тяжелой бороной), нулевая (No Till). В вариантах со вспашкой и дискованием сидераты заделывали в оптимальные сроки, путем двукратной обработки дискатором в разных направлениях. В последующем, выполняли основную обработку почвы под озимую пшеницу. В варианте с No Till осуществляли скашивание сидератов ротационной косилкой без обработки почвы.

Мониторинг эмиссии CO_2 проводили каждые 4 недели с использованием портативного инфракрасного газоанализатора Wohler CD 210 (Бохум, Германия). Оценку почвенных потоков диоксида углерода осуществляли «камерным методом» [19] по изменению концентрации CO_2 в непрозрачных цилиндрических ПВХ-камерах объемом 1,5 л и диаметром 110 мм, вкопанных в почву на глубину 4 см. Во время измерений камеры герметично накрывали крышкой (объединенной с инфракрасным газоанализатором с разрешением 1 ppm) и встроенным вентилятором для перемешивания воздуха в камере. Общее время экспозиции для каждой камеры составляло 4 мин., первая из которых требовалась для обеспечения равномерности изменения концентрации CO_2, остальные 3 мин. – на регистрацию прироста концентрации. Перед каждым измерением газоанализатор калибровали. Для расчета изменения массы углерода (в форме углекислого газа) в камере за время экспозиции использовали формулу на основе уравнения Менделеева-Клапейрона [19]. Параллельно прибором Checktemp-1 (Hanna, Германия) измеряли температуру приземного слоя воздуха и почвы на глубине 5 и 10 см с точностью до 0,1°С.

Отбор почвенных образцов осуществляли каждые 4 недели в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019. Углерод микробной биомассы почвы оценивали согласно ISO 16072:2002 с использованием газового хроматографа Nexis GC-2030 и программного обеспечения Lab Solution (Shimadzu, Япония). Навеску почвы массой 1 г и 10 мг D-глюкозы в качестве легкодоступного питательного субстрата помещали в хроматографическую виалу и инкубировали в течение 24 часов при температуре 20˚С. Измерение проводили на капиллярной колонке Rt-Q-BOND 30 m с диаметром 0.53 мм и толщиной слоя нанесённой фазы 20 мкм. Скорость потока составляла 10 мл/мин, объём впрыска – 10 мкл, общее время измерения составляло 5 минут на образец. Влажность почвы определяли по ГОСТ 28268-89.

Баланс углекислого газа (ΔCO_2) учитывает эмиссию углерода из почвы, которая включает респираторную активность, выбросы от агротехники и выбросы от внесения азотных

удобрений, а также количество углерода, накопившееся в почве в виде биомассы растений и органических удобрений [20]. Для расчета баланса углерода за вегетационный период редьки масличной и горчицы белой была использована следующая формула:

$$\Delta CO_2 = CO_2 агротехника + PA - сбиомасса$$

где ΔCO_2 – баланс углерода,

CO_2 агротехника – выбросы углерода от сжигания топлива при использовании сельскохозяйственных маин с соответствующими орудиями,

РА – респираторная активность почвы,

Сбиомасса – углерод растительной биомассы.

Расчет углерода растительной биомассы проводили на основании данных по урожайности культуры и его содержания в сухой биомассе.

Еще одним процессом, который приводит к увеличению эмиссии парниковых газов, выступает сжигание топлива при выполнении агротехнических мероприятий. Для каждого вида обработки было рассчитано количество топлива, согласно нормам его расхода, а также эмиссия CO_2 от сжигания горючего в передвижных источниках согласно методике расчета выбросов углекислого газа, разработанная с учетом национальных условий Узбекистана и ее особенности [21].

Все измерения проводили не менее чем в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили с использованием Microsoft Office Excel 2021 (США). Все графические данные содержат средние значения и стандартные ошибки. Для оценки значимости различий использовали критерий Фишера при $\alpha = 0{,}05$.

Результаты и обсуждение. На первом этапе оценили изменение температуры и влажности почвы для каждой культуры при трех способах обработки (рис. 1). Весной в начале сезона приемы обработки почвы на опытных участках с редькой масличной и горчицей белой не отличались, поэтому температура почвы имела одинаковые значения. В июне температура почвы снизилась, при этом под горчицей белой она была больше, чем под редькой масличной. Такие различия, вероятно, связаны с тем, что редька масличная отличается размером листьев и большей площадью проективного покрытия. Способ обработки внес вклад в конце июля – были установлены одинаковые закономерности для обеих культур.

В конце мая влажность почвы опытных участков обеих культур была одинаковой. В июне отмечали влияние на увлажнение почвы самих культур – 11,7% под редькой масличной и 12,04% под горчицей белой. При этом влажность находилась в обратной связи с температурой почвы (рис. 1). Значительное влияние оказала обработка почвы в конце июля: максимальная в опыте влажность (13,9% и 13,2%) была зафиксирована при нулевой обработке (скашивании), а минимальная (9,4% и 9,3%) при наибольшей интенсивности обработки (вспашка), которая привела к потере почвенной влаги.

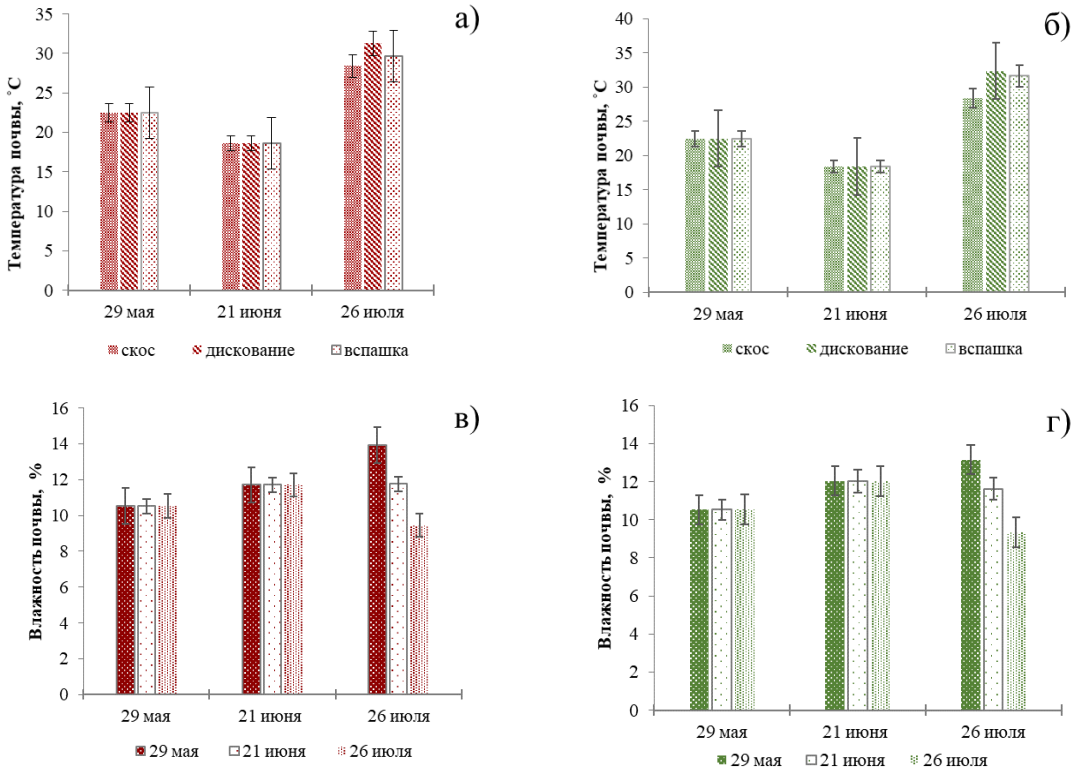


Рис. 1 – Изменение температуры и влажности почвы под редькой масличной (*Raphanus sativus var. oleiferus*) (а, в) и горчицей белой (*Sinapis alba*) (б, г) в зависимости от способа обработки

В мае до и после посева сидератов все участки обрабатывали одинаково, а в конце июля (до достижения сидератами стадии созревания семян) – по-разному: вспашка, дискование и скашивание. В связи с этим, с мая по июнь, РА всех участков достоверно не отличалась по вариантам ($p<0,05$). В мае, в первый день отбора почвы, величины РА были выше во всех вариантах в среднем в 2,5 раза, по сравнению с отбором в июне (рис. 2). Вероятно, это связано с незначительным понижением температуры с 17 до 15˚С. Значительный рост РА отмечен в июле на всех исследуемых участках, то есть по мере увеличения температуры воздуха с 15 до 27 ˚С. Она заметно возросла в вариантах, где сидерат был скошен (с 0,018 до 0,051 г С/м^2*ч), почва задискована (с 0,017 до 0,089 г С/м^2*ч) и вспахана (с 0,019 до 0,161 г С/м^2*ч). Активизация микробиологических процессов происходила в более теплых условиях.

Скашивание оказало наименьшее влияние на РА, тогда как дискование и вспашка, наоборот, приводили к увеличению РА в 1,7 и 3,2 раза соответственно. Более интенсивная обработка почвы (вспашка), в частности, привела к значительному увеличению респираторной активности (0,161 г С/м^2*ч) к концу вегетационного периода, что связано с интенсивным перемешиванием почвы и увеличением ее аэрации.

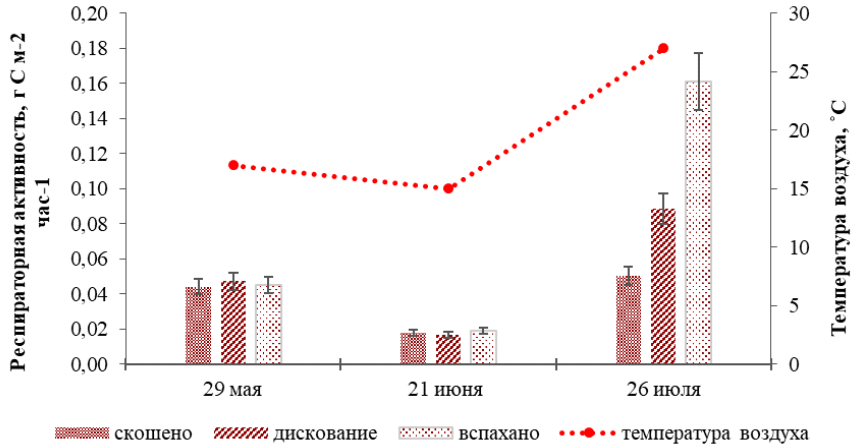


Рис. 2 – Изменение респираторной активности и влажности почвы с редькой масличной (*Raphanus sativus* var. *oleiferus*) в зависимости от способа обработки и температуры воздуха

Аналогичные параметры оценивали для участков, на которых росла горчица белая (рис. 3). Установлены схожие закономерности в изменении РА почвы. В мае и июне достоверных различий между участками с посевами изучаемых культур по РА не наблюдали ($p<0,05$), увеличение влажности и снижение температуры почвы в июне привело к уменьшению РА в 1,4 раза. При этом на РА почвы оказал влияние вид растения: в июне, когда корневая система растений была сформирована, РА почвы под горчицей белой была в 1,7…2,1 раз выше, чем под редькой масличной. В конце вегетационного сезона отмечена обратная закономерность: РА почвы под горчицей белой была в 1,2…2,3 раза ниже, чем под редькой масличной. В целом, повышение температуры воздуха в июле, как и в случае с редькой масличной, вызвало увеличение РА, которое было наиболее выражено на вспаханном поле (до 0,139 г С/м^2*ч).

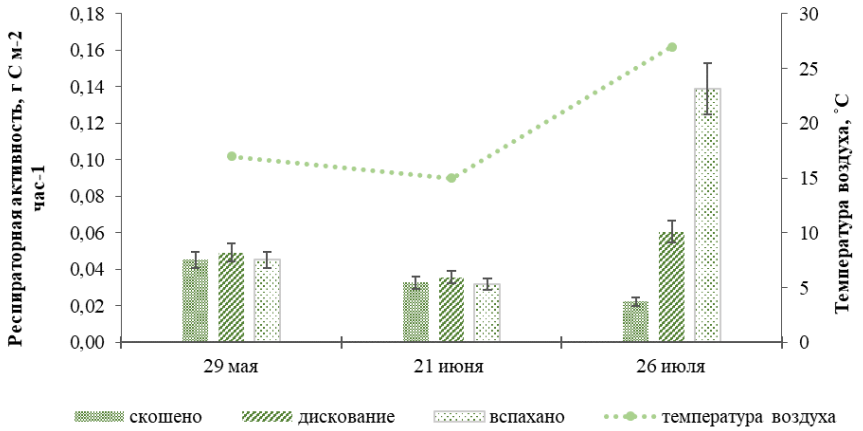


Рис. 3 – Изменение респираторной активности и влажности почвы с горчицей белой (*Sinapis alba*) в зависимости от способа обработки и температуры воздуха

Далее была определена кумулятивная респираторная активность почвы при разных способах обработки за весь вегетационный период (58 суток) (табл. 1). Несмотря на то, что различия в обработке почвы были только в конце вегетационного сезона, суммарная эмиссия CO_2 для разных вариантов заделки сидерата отличалась в 1,3 раза в варианте с дискованием и в 1,9 раза в варианте со вспашкой, по сравнению со скашиванием без обработки почвы. Суммарная эмиссия CO_2 из почвы под горчицей белой при скашивании была выше, чем в варианте с редькой масличной, на 1,9 %, при дисковании – на 6,9% и при вспашке – на 1,4%.

Таблица 1 – Кумулятивная респираторная активность микробного сообщества почвы при разных способах обработки

Культура	Кумулятивная РА, кг С на 1 га/58 суток		
	скашивание	дискование	вспашка
Редька масличная	360,82	468,66	674,41
Горчица белая	367,62	501,09	683,75

Существует два основных процесса, связанных с углеродом: эмиссия в виде выделения CO_2 в атмосферу и поглощение, при котором углерод усваивают автотрофные организмы-продуценты. В качестве поглощения углерода рассматривали его фиксацию в фитомассе растений. Так как урожайность горчицы белой и содержание углерода в ее фитомассе были выше, чем в вариантах с редькой масличной, на 60% и 6,3% соответственно, количество углерода, зафиксированное в ее растительной биомассе, было также больше (табл. 2).

Таблица 2 – Количество углерода, которое аккумулировалось в биомассе растений за вегетационный период

Культура	Урожайность по сухой биомассе, т/га	Содержание С в фитомассе, %	Углерод, зафиксированный растительной биомассой, кг/га
Редька масличная	8,25	32 [22]	2640
Горчица белая	13,68	34 [23]	4651

Поскольку технологические операции отличались только на последнем этапе, то разница между эмиссией CO_2 при скашивании, дисковании и вспашке была не велика – до 25 % (табл. 3). Нулевая обработка почвы (скашивание) ожидаемо сопровождалась минимальными выбросами CO_2 (0,092 кг CO_2/га), а вспашка – максимальными (0,13 кг CO_2/га).

Таблица 3 – Расчет выбросов CO_2 от различных видов агротехнических мероприятий

Показатель	Прием обработки почвы и заделки биомассы		
	скашивание	дискование	вспашка
Расход топлива на агротехнические мероприятия, л/га:			
в том числе весенняя вспашка + боронование	22	22	22
посев	6	6	6
осенняя обработка	6	9	20
Суммарный расход топлива на агротехнические мероприятия за вегетационный сезон, л/га	34	37	48
Суммарный расход топлива на агротехнические мероприятия за вегетационный сезон, т/га	0,03	0,03	0,04
Суммарные выбросы CO_2 от сжигания топлива при проведении агротехнических мероприятий за вегетационный сезон, кг CO_2/га	92	100	130

Во всех вариантах ΔCO_2 был отрицательным, то есть процесс улавливания углерода в фитомассе преобладал над эмиссией CO_2 (табл. 4). В случае вспашки ΔCO_2 был наименьшим на участке и с редькой масличной, и с горчицей белой. Величина этого показателя составила -9756 кг/га и -17791 кг/га соответственно. Максимальные ΔCO_2 для обеих культур отмечали в случае скашивания сидератов без обработки почвы (-10107 кг/га и -18145 кг/га), при этом в вариантах с горчицей белой величина показателя была выше в 1,8 раза вследствие ее большей фитомассы.

Таблица 4 – Баланс CO_2 в пахотном слое почвы, засеянной редькой масличной и горчицей белой, в течение вегетационного периода

Вид растения	Способ обработки	Выбросы CO_2 от агротехники, CO_2 кг/га за 58 сут	Кумулятивная РА, кг CO_2/1 га/58 суток	CO_2 зафиксированный в биомассе CO_2 кг/га за 58 сут	ΔCO_2 кг/га за 58 сут
Редька масличная	скашивание	92	361	10560	-10107
	дискование	100	469	10560	-9991
	вспашка	130	674	10560	-9756
Горчица белая	скашивание	92	368	18605	-18145
	дискование	100	501	18605	-18004
	вспашка	130	684	18605	-17791

Выводы. Почва под горчицей белой характеризовалась более высокой влажностью и большей респираторной активностью в середине вегетации, что обусловлено более интенсивным развитием как корневой, так и наземной фитомассы горчицы белой. Выращивание горчицы белой обеспечивает в 1,8 раза большее улавливание углерода из атмосферного воздуха, чем выращивание редьки масличной. Рассчитанный с учетом эмиссии CO_2 от выбросов при работе сельскохозяйственной техники, внесения азотных удобрений и респираторной активности почвы баланс углерода в вариантах со скашиванием биомассы редьки масличной и горчицы белой без обработки почвы был наиболее высоким – -10107 и -18145 кг/га против -99991 и -18004 кг/га при дисковании и -9756 и -17791 кг/га при вспашке соответственно. При этом наибольший вклад в снижение углеродного следа обеспечила горчица белая, благодаря формированию большей фитомассы.

Сведения об источнике финансирования. Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № FZSM-2024-0004.

Литература

1. Effects of agricultural practices on carbon emission and soil health / M. Galic, D. Bilandzija, A. Percin, et. al. // Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems. 2019. Vol. 7. No. 3. P. 539–552.

2. Seasonal dynamics of soil respiration and its autotrophic and heterotrophic components in subtropical camphor forests / P. He, W. Yan, Y. Peng, et al. // Forests. 2023. Vol. 14. No. 12. URL: https://www.mdpi.com/1999-4907/14/12/2397 (дата обращения: 18.10.2024).

3. Cover crop effects on soil carbon dioxide emissions in a semiarid cropping system / A. Nilahyane, R. Ghimire, V. R. Thapa, et al. // Agrosystems, Geosciences and Environment. 2020. Vol. 3. No. 1. URL: https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/agg2.20012 (дата обращения: 18.10.2024).

4. Лопес де Гереню В.О., Курганова И.Н., Хорошаев Д.А. Влияние контрастных режимов увлажнения на эмиссию CO2 из серой лесной почвы под сеяным лугом и чистым паром // Почвоведение. 2018. № 10. С. 1244–1258.

5. Warming reduces soil CO2 emissions but enhances soil N2O emissions: A long-term soil transplantation experiment / X. Zhu, L. Chang, Y. Hu, et al. // European Journal of Soil Biology. 2024. Vol. 121. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1164556324000207 (дата обращения: 18.10.2024).

6. Greenhouse gases emission from agricultural soil: A review / G. Chataut, B. Bhatta, D. Joshi et al. // Journal of Agriculture and Food Research. 2023. Vol. 11. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154323000406 (дата обращения: 18.10.2024).

7. Differential responses of soil respiration to soil warming and experimental throughfall reduction in a transitional oak forest in central China / Y. Liu, S. Liu, S. Wan, et al. // Agricultural and Forest Meteorology. 2016. Vol. 226–227. P. 186–198.

8. Regulation of soil CO2 and N2O emissions by cover crops: A meta-analysis / I. Muhammad, U. M. Sainju, F. Zhao, et al. // Soil and Tillage Research. 2019. Vol. 192. P. 103–112.

9. Эседуллаев С.Т., Касаткин С.А. Использование сидеральных культур и их смесей при выращивании картофеля в Верхневолжье // Земледелие. 2021. № 6. С. 16-20.

10. Khan A., Ali N., Haider S.I. Maize productivity and soil carbon storage as influenced by wheat residue management // Journal of Plant Nutrition. 2018. Vol. 41. No. 14. P. 1868–1878.

11. Ladoni M., Kravchenko A.N., Phillip Robertson G. Topography mediates the influence of cover crops on soil nitrate levels in row crop agricultural systems // PLoS ONE. 2015. Vol. 10. No. 11. URL: https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0143358&tpe=printable (дата обращения: 18.10.2024).

12. Decomposition, nitrogen and carbon mineralization from food and cover crop residues in the central plateau of Haiti / M. J. Lynch, M. J. Mulvaney, S. C. Hodges, et al. // SpringerPlus. 2016. Vol. 5. No. 1. URL: https://link.springer.com/article/10.1186/s40064-016-2651-1 (дата обращения: 18.10.2024).

13. Wickings K., Grandy A.S., Kravchenko A.N. Going with the flow: Landscape position drives differences in microbial biomass and activity in conventional, low input, and organic agricultural systems in the Midwestern U.S. // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2016. Vol. 218. P. 1–10. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880915301407 (дата обращения: 18.10.2024).

14. Green Manure for Restoring and Improving the Soil Nutrients Quality / S. Chimouriya, J. Lamichhane, D. Gauchan, et al. // International Journal of Research. 2018. Vol. 5. No. 20. P. 1064–1074.

15. The role of cover crops in improving soil fertility and plant nutritional status in temperate climates. A review /

A. Scavo, S. Fontanazza, A. Restuccia, et al. // Agronomy for Sustainable Development. 2022. Vol. 42. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-022-00825-0 (дата обращения: 18.10.2024).

16. Гамзиков Г.П., Сулейменов С.З. Влияние биомассы растений на азотный режим серой лесной почвы и продуктивность полевых культур // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 4. С. 32-36.

17. Effect of different N nutrient contents on biomass of green manure as second crop, under unfavorable climate conditions in Hungary / P. Mikó, G. P. Kovács, A. Percze, et al. // Applied Ecology and Environmental Research. 2016. Vol. 14. No. 3. P. 309–324.

18. Ахметшина Л. Г., Порвадов М. Г., Шангутов А. О. Оценка выбросов парниковых газов при возделывании сельскохозяйственных земель в концепте государственной экологической политики // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 6 (396). С. 566–571.

19. Карелин Д. В., Замолодчиков Д. Г., Краев Г. Н. Методическое руководство по анализу эмиссий углерода из почв поселений в тундре: монография. М.: Изд-во ЦЭПЛ РАН, 2015. 64 с.

20. Modeling biogeochemical impacts of alternative management practices for a row-crop field in Iowa / N. Farahbakhshazad, D. L. Dinnes, C. Li, et al. // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2008. Vol. 123. No. 1-3. P. 30–48.

21. Программа развития ООН. Пилотная методика расчета выбросов углекислого газа, разработанная с учетом национальных условий Узбекистана и ее особенности. 2022. 36 с. URL: https://esg-library.mgimo.ru/publications/pilotnaya-metodika-rascheta-vybrosov-uglekislogo-gaza-razrabotannaya-s-uchetom-natsionalnykh usloviy/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (дата обращения: 09.10.2024).

22. Павлова Ю.Л., Пронович Н.А., Курынцева П.А. Баланс углерода при выращивании растений-сидератов в разных температурных режимах // Почвы – опора России: тезисы докладов IX съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Москва – Казань. 2024. С. 651–653.

23. Изменение содержания органического углерода в почве и продуктивности озимой пшеницы под действием сидератов, навоза и их сочетаний с биодеструктором / А. В. Сафонов, Е. Н. Кузин, А. Н. Арефьев и др. // Сурский вестник. 2019. Т. 4. № 8. С. 34–39.

Сведения об авторах:

Данилова Наталья Викторовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник учебно-научной лаборатории Центра агро- и экобиотехнологий Института экологии и природопользования, e-mail: natasha-danilova91@mail.ru

Камалова Алина Ринатовна – младший научный сотрудник учебно-научной лаборатории Центра агро- и экобиотехнологий Института экологии и природопользования, e-mail:akhtjamovaalina07@gmail.com

Курынцева Полина Александровна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «GreenAgro» Института экологии и природопользования, e-mail: po-linazwerewa@yandex.ru

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Сафин Радик Ильясович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: radiksaf2@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

Селивановская Светлана Юрьевна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник учебно-научной лаборатории Центра агро- и экобиотехнологий Института экологии и природопользования, e-mail: svet-lana.selivanovskaya@kpfu.ru

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

ESTIMATING THE CARBON FOOTPRINT OF COVER CROPS AND VARIOUS METHODS OF ITS PROCESSING

N. V. Danilova, A. R. Kamalova, P. A. Kuryntseva, R. I. Safin, S. Yu. Selivanovskaya

Abstract. The aim of the research is to evaluate the impact of cover crops on CO_2 emissions into the atmosphere by calculating the carbon footprint during the cultivation of white mustard (*Sinapis alba L.*) and oilseed radish (*Raphanus sativus var. oleiferus*), followed by incorporating the biomass into the soil. The study was conducted at the experimental field of the Agrobiotechnology park of Kazan State Agrarian University in the village of Narmonka, Laishevsky District, Kazan, from May to September 2023. The soil at the experimental site is gray forest soil, sandy loam in texture. The field experiment included growing cover crops followed by incorporating the biomass into the soil using three methods: traditional plowing, disking, and mowing without soil treatment. The total CO_2 emissions from soil respiratory activity in plots with white mustard during mowing, disking, and plowing over the growing season amounted to 361, 469, and 674 kg CO_2/ha, respectively; while for oilseed radish under the same treatments, emissions were 368, 501, and 684 kg CO_2/ha. The total CO_2 emissions from agricultural practices ranged from 93 to 130 kg CO_2/ha depending on the last treatment method used. The CO_2 captured in plant biomass significantly differed depending on the crop type: for white mustard, it was 18.605 kg CO_2/ha; for oilseed radish, it was 10.560 kg CO_2/ha. The calculated carbon balance showed that the difference in carbon dioxide emissions (ΔCO_2) when mowing white mustard was -18.145 kg/ha; for disking -18.004 kg/ha; and for plowing -17.791 kg/ha. For oilseed radish, lower values were established: -10.107 kg/ha; -9.991 kg/ha; and -9.756 kg/ha, respectively. Growing white mustard is an effective method for capturing carbon from atmospheric air. The carbon balance is most influenced by the amount of carbon captured in plant biomass and the agricultural practices applied.

Key words: cover crops, CO_2 emission, carbon footprint, respiratory activity, agricultural practices.

References

1. Galic M, Bilandzija D, Percin A. Effects of agricultural practices on carbon emission and soil health. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems. 2019; Vol.7. 3. 539-552 p.

2. He P, Yan W, Peng Y. Seasonal dynamics of soil respiration and its autotrophic and heterotrophic components in subtropical camphor forests. [Internet]. Forests. 2023; Vol.14. 12. [cited 2024, October 18]. Available from: https://www.mdpi.com/1999-4907/14/12/2397.

3. Nilahyane A, Ghimire R, Thapa VR. Cover crop effects on soil carbon dioxide emissions in a semiarid cropping system. [Internet]. Agrosystems, Geosciences and Environment. 2020; Vol.3. 1. [cited 2024, October 18]. Available from: https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/agg2.20012.

4. Lopes de Gerenyu VO, Kurganova IN, Khoroshaev DA. [The influence of contrasting moisture regimes on CO2 emission from gray forest soil under a sown meadow and pure fallow]. Pochvovedenie. 2018; 10. 1244-1258 p.

5. Zhu X, Chang L, Hu Y. Warming reduces soil CO2 emissions but enhances soil N2O emissions: A long-term soil transplantation experiment. [Internet]. European Journal of Soil Biology. 2024. Vol. 121. [cited 2024, October 18]. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1164556324000207.

6. Chataut G, Bhatta B, Joshi D. Greenhouse gases emission from agricultural soil: A review. [Internet]. Journal of Agriculture and Food Research. 2023; Vol.11. [cited 2024, October 18]. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154323000406.

7. Liu Y, Liu S, Wan S. Differential responses of soil respiration to soil warming and experimental throughfall reduction in a transitional oak forest in central China. Agricultural and Forest Meteorology. 2016; Vol.226-227. 186-198 p.

8. Muhammad I, Sainju UM, Zhao F. Regulation of soil CO2 and N2O emissions by cover crops: A meta-analysis. Soil and tillage research. 2019; Vol.192. 103-112 p.

9. Esedullaev ST, Kasatkin SA. [Use of cover crops and their mixtures in growing potatoes in the upper Volga region]. Zemledelie. 2021; 6. 16-20 p.

10. Khan A, Ali N, Haider SI. Maize productivity and soil carbon storage as influenced by wheat residue management. Journal of Plant Nutrition. 2018; Vol.41. 14. 1868-1878 p.

11. Ladoni M, Kravchenko AN, Phillip Robertson G. Topography mediates the influence of cover crops on soil nitrate levels in row crop agricultural systems. [Internet]. PLoS ONE. 2015; Vol.10. 11. [cited 2024, October 18]. Available from: https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0143358&tpe=printable.

12. Lynch MJ, Mulvaney MJ, Hodges SC. Decomposition, nitrogen and carbon mineralization from food and cover crop residues in the central plateau of Haiti. [Internet]. SpringerPlus. 2016; Vol.5. 1. [cited 2024, October 18]. Available from: https://link.springer.com/article/10.1186/s40064-016-2651-1.

13. Wickings K, Grandy AS, Kravchenko AN. Going with the flow: Landscape position drives differences in microbial biomass and activity in conventional, low input, and organic agricultural systems in the Midwestern U.S. [Internet]. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2016; Vol.218. 1-10 p. [cited 2024, October 18]. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880915301407.

14. Chimouriya S, Lamichhane J, Gauchan D. Green manure for restoring and improving the soil nutrients quality. International Journal of Research. 2018; Vol.5. 20. 1064-1074 p.

15. Scavo A, Fontanazza S, Restuccia A. The role of cover crops in improving soil fertility and plant nutritional status in temperate climates. A review. [Internet]. Agronomy for Sustainable Development. 2022; Vol.42. [cited 2024, October 18]. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-022-00825-0.

16. Gamzikov GP, Suleymenov SZ. [Effect of plant biomass on the nitrogen regime of gray forest soil and productivity of field crops]. Rossiiskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2020; 4. 32-36 p.

17. Miko P, Kovacs GP, Percze A. Effect of different N nutrient contents on biomass of green manure as second crop, under unfavorable climate conditions in Hungary. Applied Ecology and Environmental Research. 2016; Vol.14. 3. 309-324 p.

18. Akhmetshina LG, Porvadov MG, Shangutov AO. [Assessment of greenhouse gas emissions from the cultivation of agricultural land in the concept of state environmental policy]. Mezhdunarodnuy selskokhozyaystvennuy zhurnal. 2023; 6 (396). 566-571 p.

19. Karelin DV, Zamolodchikov DG, Kraev GN. Metodicheskoe rukovodstvo po analizu emissii ugleroda iz pochv poselenii v tundre: monografiya. [Methodological guidelines for the analysis of carbon emissions from soils of settlements in the tundra: monograph]. Moscow: Izd-vo TsEPL RAN. 2015; 64 p.

20. Farahbakhshazad N, Dinnes DL, Li C. Modeling biogeochemical impacts of alternative management practices for a row-crop field in Iowa. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2008; Vol.123. 1 3. 30-48 p.

21. United Nations Development Program. Pilot methodology for calculating carbon dioxide emissions, developed taking into account the national conditions of Uzbekistan and its features. 2022; 36 p. [cited 2024, October 09]. Available from: https://esg-library.mgimo.ru/publications/pilotnaya-metodika-rascheta-vybrosov-uglekislogo-gaza-razrabotannaya-s-uchetom-natsionalnykh usloviy/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com.

22. Pavlova YuL, Pronovich NA, Kuryntseva PA. Balans ugleroda pri vyrashchivanii rasteniy-sideratov v raznykh temperaturnykh rezhimakh. Pochvy – opora Rossii: tezisy dokladov IX sezda Obshchestva pochvovedov im.V.V. Dokuchaeva. [Carbon balance when growing green manure plants under different temperature conditions. Soils are the support of Russia: abstracts of reports of the IX Congress of V.V.Dokuchaev Soil Science Society]. Moscow – Kazan. 2024; 651-653 p.

23. Safonov AV, Kuzin EN, Arefev AN. [Changes in the content of organic carbon in the soil and the productivity of winter wheat under the influence of green manure, manure and their combinations with a biodestructor]. Surskiy vestnik. 2019; Vol.4. 8. 34-39 p.

Authors:

Danilova Natalya Viktorovna – Ph.D. of Biological Sciences, Senior Researcher of Educational and Scientific Laboratory of Agro- and Ecobiotechnology Center of Institute of Ecology and Environmental Management, e-mail: natasha-danilova91@mail.ru

Kamalova Alina Rinatovna – Junior Researcher, Educational and Scientific Laboratory of Agro- and Ecobiotechnology Center of Institute of Ecology and Environmental Management, e-mail: akhtjamovaalina07@gmail.com

Kuryntseva Polina Aleksandrovna – Ph.D. of Biological Sciences, Senior Researcher of “GreenAgro” Research Laboratory of Institute of Ecology and Environmental Management, e-mail: polinazwerewa@yandex.ru

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Safin Radik Ilyasovich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of General agriculture, plant protection and breeding Department, e-mail: radiksaf2@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Selivanovskaya Svetlana Yurievna– Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of Educational and Scientific Laboratory of Agro- and Ecobiotechnology Center of Institute of Ecology and Environmental Management, e-mail: svetlana.selivanovskaya@kpfu.ru

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

DOI 10.12737/2073-0462-2024-34-40
УДК 631.46: 631.461.5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ БИОУДОБРЕНИЙ В КОМПЛЕКСЕ С ЦЕОЛИТОМ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И МИКРОБИОЦЕНОЗ ГРЕЧИХИ

И. А. Дегтярева, **Н. И. Кириллова**

Реферат. Исследования проводили с целью оценки влияния биоудобрений на продуктивность и микробиоценоз гречихи. Работу выполняли в 2023 году в вегетационном домике в условиях Республики Татарстан на гречихе сорта Никольская. Схема опыта включала следующие варианты: без растений (контроль 1); без удобрений (контроль 2); $N_{60}P_{60}K_{60}$; цеолит Татарско-Шатрашанского месторождения (размер частиц 0,04 мм) 1 т/га; замачивание семян в суспензии консорциума микроорганизмов (КМ) из расчета по препарату 1 л/т; замачивание семян в суспензии биопрепарата Азолен (*Azotobacter vinelandii* ИБ-4) из расчета по препарату 1 л/т; КМ + цеолит; Азолен + цеолит. В состав КМ входили выделенные из почв Татарстана, идентифицированные и депонированные штаммы азотфиксирующих (*Azotobacter chroococcum* и *Pseudomonas brassicacearum*) и фосфатмобилизующих (*Sphingobacterium multivorum* и *Achromobacter xylosoxidans*) ризобактерий в соотношении 1:1 по массе суспензий (плотность бактериальной суспензии до $8{,}0 \cdot 10^9$ КОЕ/см^3). Урожайность гречихи в вариантах с цеолитом и минеральным удобрением была выше, чем в контроле, в 1,3 и 1,8 раза соответственно. Максимальная в опыте масса плодов отмечена в вариантах с консорциумом микроорганизмов в чистом виде и совместно с цеолитом – в 2,5 и 2,9 раза выше, чем в контроле. Биоудобрения, NPK и цеолит по эффективности действия можно расположить в следующий ряд: КМ > КМ + цеолит > NPK > цеолит. Применение Азолена не привело к повышению урожайности гречихи, по сравнению контролем. Во время вегетации растений в вариантах с консорциумом микроорганизмов отмечена не только лучшая представленность агрономически значимых микроорганизмов (аммонификаторов, диазотрофов, фосфатмобилизаторов, актинобактерий), но и высокая респираторная активность почвенной микробиоты. Консорциум на основе автохтонных азотфиксирующих и фосфатмобилизующих бактерий может послужить основой комплексного биоудобрения для широкого спектра сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: автохтонные бактерии, цеолит, комплексные удобрения, гречиха (*Fagopyrum esculentum*), урожайность, микробный ценоз.

Введение. Гречиха для многих стран мира служит стратегически важным крупяным сельскохозяйственным растением [1, 2]. Будучи стойкой к сорнякам и вредителям, для повышения урожайности гречиха, как и многие другие культуры, нуждается в качественной обработке семян. Много интересных и перспективных данных представлено в научной литературе по повышению продуктивности гречихи. Значимость применения биопрепаратов представлена в статье З. М. Алещенковой с соавторами (2015), в которой авторы считают перспективными азотфиксирующий *Raoultella oxytoca* 15MS и фосфатмобилизующий *Serratia plymuthica* 35MS штаммы в качестве основы комплексного биоудобрения [3]. Разработаны регуляторы роста нового поколения, способствующие уменьшению кратности обработки посевов фунгицидами в период вегетации и снижающие норму их расхода на 25…50 %. Повышая продуктивность культуры, регуляторы роста усиливают устойчивость растительного организма к абиотическим и биотическим факторам внешней среды [4]. Использование в качестве компонента комплексных удобрений цеолита может стать доступным и дешевым способом восстановления плодородия почв [5].

Для любой почвенной экосистемы важно знать особенности структуры и функций ее микробного сообщества, влияющего на урожайность и состояние компонентов трофической цепи почва – микроорганизмы – растения. Именно микроорганизмы дают обширную информацию для решения проблемы, связанной с производством экологически безопасных продуктов [6, 7, 8]. В связи с тем, что микрофлора почвы и ризосферы не стабильна, а ее численность меняется в зависимости от фазы онтогенеза растения, необходим учет агрономически значимых групп в ризосфере гречихи [9].

Цель исследований – оценка влияния биоудобрений на продуктивность и микробиоценоз гречихи для повышения почвенного плодородия.

Условия, материалы и методы. Опыт был заложен в 2023 году в вегетационном домике, расположенном на территории лаборатории молекулярно-генетических и микробиологических методов ФИЦ КазНЦ РАН, Республика Татарстан (РТ), г. Казань. Период вегетации 2023 года характеризовался жаркой погодой с минимумом осадков (табл. 1).

Схема вегетационного опыта включала следующие варианты: без растений (контроль 1); без удобрений (контроль 2); $N_{60}P_{60}K_{60}$; цеолит в дозе 1 т/га; замачивание семян в суспензии консорциума микроорганизмов (КМ); замачивание семян в суспензии препарата Азолен; замачивание семян в суспензии КМ + цеолит; замачивание семян в суспензии препарата Азолен + цеолит. Опыт был заложен на серой лесной среднесуглинистой почве со

следующей характеристикой: гумус – 3,11 %, pH $_{сол.}$ – 5,5; S $_{по}$ – 20,2 мг-экв./100 г; N $_{щел.}$ – 77 мг/кг; подвижные P_2O_5 – 238 мг/кг и K_2O – 180 мг/кг (по Кирсанову, ГОСТ Р 54650-2011).

Таблица 1 – Погодные условия периода вегетации 2023 год

Месяц	Среднемесячная температура, ˚С	Отклонение от нормы, ˚С	Осадки, мм	% от нормы
Май	16,3	+2,3	39	103
Июнь	16,6	-1,7	9	16
Июль	21,8	+1,3	57	92
Август	20,5	+2,3	21	39
Сентябрь	15,5	+3,2	10	19

Использовали следующие микробиологические средства: консорциум, выделенных из почв Татарстана, идентифицированных и депонированных штаммов азотфиксирующих (*Azotobacter chroococcum* и *Pseudomonas brassicacearum*), и фосфатмобилизующих (*Sphingobacterium multivorum* и *Achromobacter xylosoxidans*) ризобактерий в соотношении 1:1 по массе суспензии (плотность бактериальной суспензии – до $8{,}0 \cdot 10^9$ КОЕ/см^3); жидкий биопрепарат Азолен, Ж (на основе *Azotobacter vinelandii* ИБ-4) производства Россельхозцентра Республики Татарстан (РТ). В варианте с цеолитом применяли минерал Татарско-Шатрашанского месторождения РТ с размером частиц 0,04 мм.

Растительный объект – гречиха сорта Никольская.

Минеральное удобрение азофоску вносили при набивке сосудов Вагнера (объем 5 л). Почвенные образцы из ризосферы растений отбирали в фазы бутонизации и созревания гречихи, в которые определяли количество ризосферной микрофлоры (аммонифицирующих, азотфиксирующих, фосфатмобилизующих и кислотоустойчивых бактерий, актинобактерий, микромицетов) и респираторную активность почвы [10]. Для количественной характеристики ризосферного эффекта использовали соотношение R/S, где R – количество микроорганизмов в ризосфере, а S – во внеризосферной почве [11]. Урожайность гречихи (массу плодов на сосуд) учитывали в фазе созревания.

Статистическую обработка результатов осуществляли с использованием электронных таблиц Excel и программы Origin 4.1. Достоверность различий полученных результатов между вариантами оценивали с использованием коэффициента Стьюдента ($p<0{,}05$).

Результаты и обсуждение. Урожайность плодов гречихи практически во всех вариантах опыта значительно превосходила контрольный (табл. 2). Так, при использовании цеолита и минеральных удобрений она была выше в 1,28 и 1,82 раз соответственно.

Биоудобрения, NPK и цеолит по эффективности действия можно расположить в следующий ряд: КМ > КМ + цеолит > NPK > цеолит. Только применение Азолена не привело к повышению урожайности, по сравнению с вариантом без удобрений, в то время как при использовании комбинации Азолен + цеолит она была выше, чем в контроле, на 3,5%.

Следует выделить два варианта – КМ + цеолит и КМ, в которых масса урожая выше контроля в 2,5 и 2,9 раза соответственно.

Таблица 2 – Урожайность гречихи в фазе созревания в зависимости от использования удобрений, биопрепаратов и цеолита

Вариант	Урожайность плодов, г/сосуд	Прибавка к контролю, %
Без удобрений (контроль)	8,11	-
NPK	14,80	+82,49
Цеолит	10,40	+28,24
КМ	23,44	+189,02
Азолен, Ж	8,01	-1,23
КМ + цеолит	20,14	+148,34
Азолен, Ж + цеолит	8,39	+3,5
$НСР_{0,95}$	0,21	

Для любой почвенной экосистемы важно знать особенности структуры и функций ее микробного сообщества, влияющего на урожайность, и состояние компонентов трофической цепи почва – микроорганизмы – растения. Именно они дают обширную информацию для решения проблемы, связанной с производством экологически безопасных продуктов.

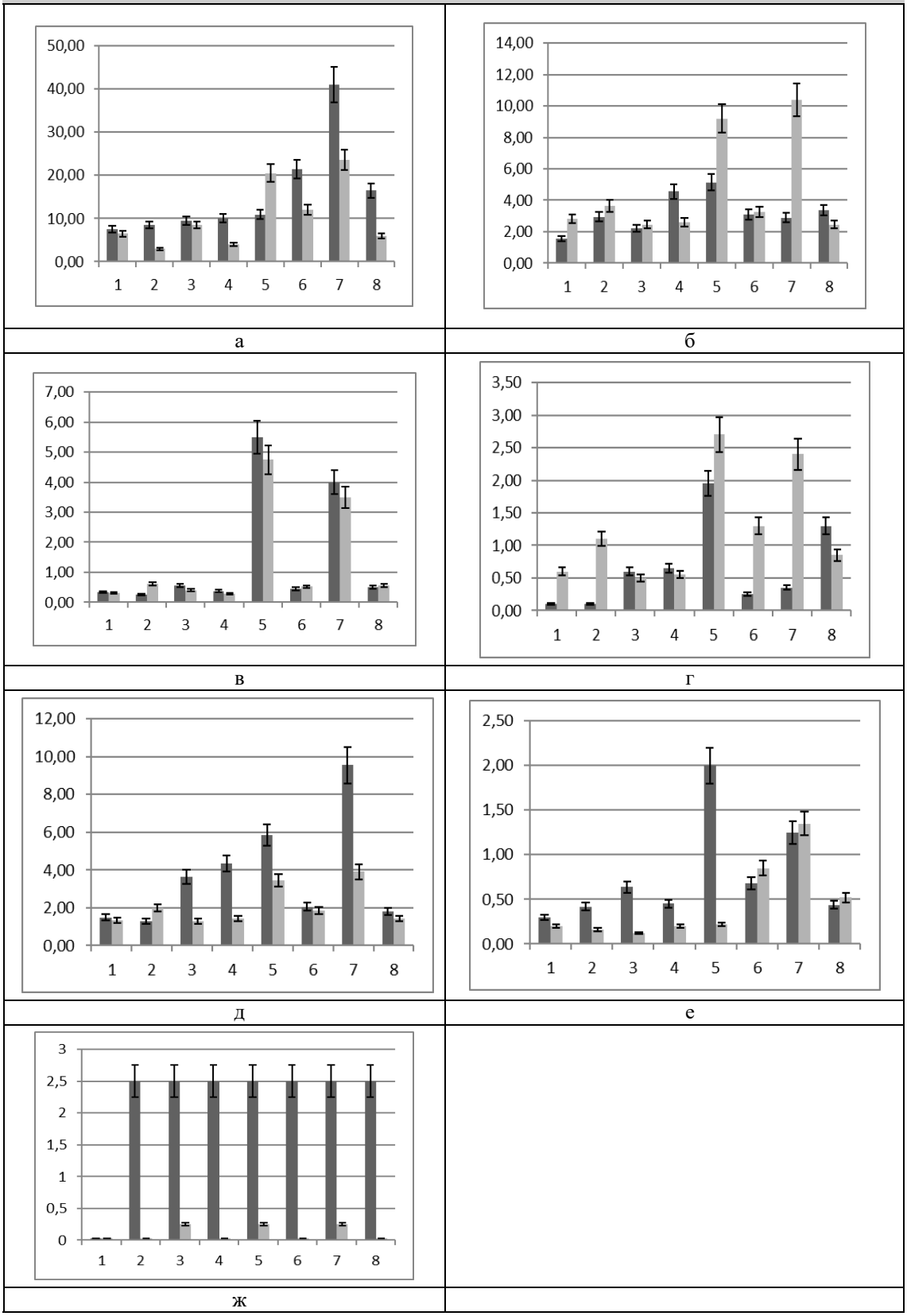


Рис. 1 – Численность ризобактерий гречихи в зависимости от использованных удобрений (10^6 КОЕ/г): 1 – контроль 1; 2 – контроль 2; 3 – NPK; 4 – цеолит; 5 – КМ; 6 – Азолен; 7 – цеолит + КМ; 8 – цеолит + Азолен;
а – аммонификаторы, б – диазотрофы, в – фосфатмобилизующие, г – актинобактерии д – бактерии – минерализаторы, е – кислотоустойчивые бактерии, ж – денитрификаторы; черный столбик – фаза бутонизации, серый столбик – фаза созревания гречихи

Количество аммонифицирующих микроорганизмов в большинстве вариантов выше в фазе бутонизации. Только при использовании консорциума их численность возрастает к периоду созревания гречихи, что косвенно подтверждает способность автохтонных бактерий, составляющих основу консорциума, выдерживать засуху. Подтверждением этому служат и ранее проведенные исследования [12, 13].

В контрольных вариантах отмечено ожидаемо низкое количество аммонифицирующих микроорганизмов в обе фазы. В варианте КМ + цеолит отмечена самая высокая представленность аммонификаторов во время бутонизации и достаточно хорошая – в фазе созревания исследуемой культуры.

Практически во всех вариантах азотфиксаторов больше во время созревания. Исключение составляют два варианта – цеолит и Азолен + цеолит. Минимальное в опыте количество диазотрофов в фазе бутонизации отмечено в контроле без растений и с NPK, а максимальное – с цеолитом и консорциумом микроорганизмов.

Во время созревания лидером по присутствию азотфиксаторов становится вариант КМ + цеолит. В варианте с одним консорциумом микроорганизмов численность их высока, но несколько ниже, чем в варианте КМ + цеолит. Низкое присутствие диазотрофов во время всей вегетации отмечено в пяти вариантах: в обоих контрольных, а также в вариантах с NPK, Азоленом, Азоленом с цеолитом. Разброс значений ризосферного эффекта R/S (изменение состава сообщества микроорганизмов под действием корневой экссудации растений) у азотфиксаторов в обе фазы онтогенеза составляет от 0,2 до 3,7.

Следовательно, во время вегетации гречихи в вариантах с консорциумом микроорганизмов отмечена лучшая представленность агрономически важной группы бактерий – диазотрофов. Эти микроорганизмы не только способны фиксировать молекулярный азот, но и обогащать им почву.

Очень важно для почвенного плодородия и хорошего роста сельскохозяйственных культур присутствие фосфатмобилизующих микроорганизмов. Минимальное в опыте их количество отмечено в большинстве вариантов, кроме двух, где использован консорциум микроорганизмов (КМ и КМ + цеолит). Только в них численность фосфатмобилизаторов существенно превышает таковую в остальных вариантах. Например, по сравнению с контролем без удобрений, количество этих микроорганизмов в фазе бутонизации выше в 16,2 раза, в конце вегетации – в 15,3 раза. Объяснением такого их высокого присутствия только в двух вариантах выступает, по-видимому, хорошая адаптация составляющих основу консорциума бактерий *Sphingobacterium multivorum* и *Achromobacter xylosoxidans* с высокой способностью утилизирорвать фосфаты в новой для них экологической нише.

В онтогенезе гречихи четко прослеживается тенденция увеличения актинобактерий в вариантах с консорциумом микроорганизмов. Достаточно много представителей этой группы микроорганизмов и в варианте Азолен + цеолит. Обычно актинобактерии в большем количестве представлены в конце сезона. Полученные нами данные подтверждают это. Максимальное в опыте соотношение R/S у актинобактерий отмечено в фазе цветения – 19,5, в конце вегетации оно было равно 4,5. И по присутствию этих микроорганизмов в ризосфере гречихи лидируют варианты с консорциумом микроорганизмов.

Для более полной информации о состоянии почвы необходимо знать численность бактерий, использующих минеральные формы азота. Во всех вариантах кроме контроля без удобрений их больше в фазе бутонизации. При этом самое высокое количество в этот период отмечено в варианте КМ + цеолит, затем идут варианты с использованием КМ, цеолита и NPK. В конце вегетации их больше в двух вариантах – КМ и КМ + цеолит. Самый высокий в опыте ризосферный эффект у минерализаторов был отмечен в начале вегетации 6,4, а к концу сезона снижался до 2,9.

Кислотоустойчивые бактерии, которые считают одним из маркеров способности почвенной микрофлоры выдерживать стресс, максимально присутствуют в вариантах с КМ, Азоленом, КМ + цеолит. Только в трех вариантах (Азолен, КМ + цеолит и Азолен + цеолит) этих бактерий был больше в конце вегетации. Максимальное соотношение R/S у них сопоставимо – 6,7 (фаза бутонизации) и 6,8 (фаза созревания). В пользу присутствия этой группы именно в вариантах с консорциумом микроорганизмов свидетельствует то, что бактерии, составляющие его основу, могут развиваться в широком диапазоне pH.

Присутствие денитрификаторов во всех вариантах (исключение – контроль 1) существенно выше в фазе бутонизации. Из-за высокой температуры воздуха в июле и августе численность этих микроорганизмов резко уменьшается к концу вегетации гречихи, что выступает положительным фактом.

Почвенные микромицеты представляют группу микроорганизмов, универсальную по своему значению для формирования плодородия почвы. Количество почвенных грибов варьирует в фазе бутонизации от 10000 до 120000, а во время созревания – от 60000 до 130000 (рис. 2). В первой изучаемой фазе их практически нет только в варианте КМ + цеолит, численность микромицетов минимальна в контроле без растений и при использовании КМ. Ризосферный эффект у микромицетов в начале вегетации достигает 3,0, в конце сезона – 1,6.

Во время созревания количество микромицетов заметно увеличивается. Исключением выступает вариант с цеолитом, в котором в первой фазе выявлена максимальная в опыте величина этого показателя, и она остается практически такой же до конца вегетации.

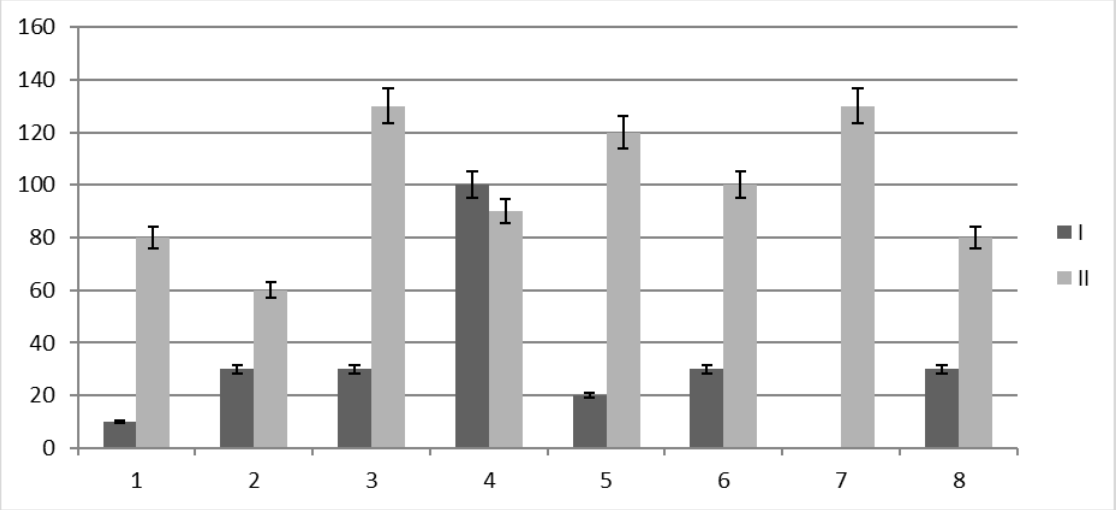


Рис. 2 – Количество микромицетов в ризосфере гречихи в зависимости от использованных удобрений (10^3 КОЕ/г): 1 – контроль 1; 2 – контроль 2; 3 – NPK; 4 – цеолит; 5 – КМ; 6 – Азолен; 7 – цеолит + КМ; 8 – цеолит + Азолен; фаза онтогенеза: I – бутонизация, II – созревание

Насколько активно протекают окислительно-восстановительные процессы и полноценно функционируют микроорганизмы позволяет оценить показатель, называемый «дыханием» почвы (рис. 3).

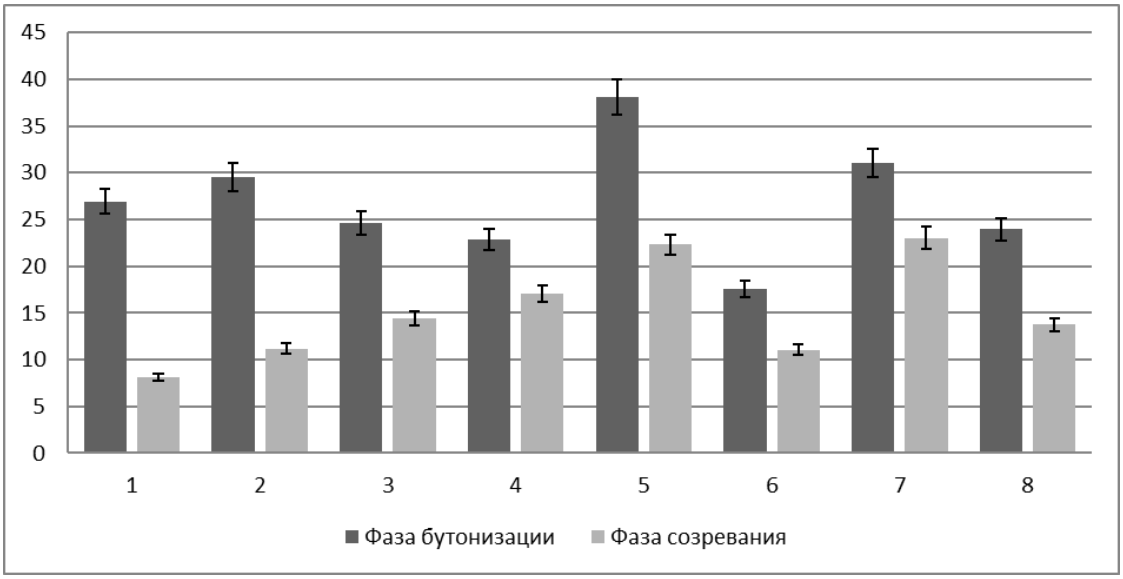


Рис. 3 – Респираторная активность почвенной микрофлоры (мг CO_2/100 г×24 ч) при выращивании гречихи: 1 – контроль 1; 2 – контроль 2; 3 – NPK; 4 – цеолит; 5 – КМ; 6 – Азолен; 7 – цеолит + КМ; 8 – цеолит + Азолен

Максимальное количество CO_2 выделяется из почвы в фазе бутонизации – в период интенсивного роста гречихи. Наибольшая респираторная активность отмечена в двух вариантах – КМ и КМ + цеолит. Во время созревания интенсивность «дыхания» снижается, по-видимому, из-за жаркого лета. Однако в вышеперечисленных вариантах даже в этой фазе биологическая активность остается самой высокой.

Выводы. Максимальная в опыте масса (урожайность) плодов гречихи отмечена в двух вариантах с консорциумом микроорганизмов. При его использовании в чистом виде урожайность была выше, чем в контроле, в 2,5 раза, а в сочетании с цеолитом – в 2,9 раза. Биоудобрения, NPK и цеолит по эффективности действия можно расположить в следующий ряд: КМ > КМ+цеолит > NPK > цеолит. Во время вегетации гречихи в вариантах с консорциумом микроорганизмов отмечена не только лучшая представленность таких агрономически значимых микроорганизмов, как аммонификаторы, диазотрофы, фосфатмобилизаторы, актинобактерии, но и самая высокая в опыте респираторная активность почвенной микробиоты. Консорциум на основе автохтонных азотфиксирующих и фосфатмобилизующих бактерий перспективен

в качестве основы комплексного биоудобрения для широкого спектра сельскохозяйственных культур.

Сведения об источнике финансирования: Работа выполнена в рамках Государственного задания №124050300050-4.

Литература

1. Эффективность возделывания гречихи при различных системах земледелия / Т. М. Серая, Ю. А. Белявская, Е. Н. Богатырева и др. // Почвоведение и агрохимия. 2017. № 2 (59). С. 151–160.

2. Перспективы повышения производства гречихи путем оптимизации минерального питания с учетом морфотипа растений / Т. А. Анохина, А. Р. Цыганов, И. В. Полховская и др. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3. С. 135–138.

3. Азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии для стимуляции роста сельскохозяйственных культур / З. М. Алещенкова, Г. В. Сафронова, Н. В. Мельников и др. // Вестник Башкирского университета. 2015. № 20 (1). С. 82–86.

4. Мишина О. С., Белопухов С. Л., Ющенко Ю. А. Применение биорегуляторов в интенсивных агротехнологиях выращивания гречихи // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. Т. 6. № 3(18). С. 72–80.

5. Оценка действия удобрений нового поколения на микробный ценоз ярового рапса / И.А. Дегтярева, Е.А. Прищепенко, Г.Ф. Рахманова и др. // Агрохимический вестник. 2022. № 5. С. 65–69

6. Тимофеева А. М., Галямова М. Р., Седых С. Е. Биологическая активность почвенных бактерий, стимулирующих рост растений: фиксация азота, солюбилизация фосфата, синтез сидерофоров. Перспективы разработки микробных консорциумов // Агрохимия. 2024. №5. С.85–95.

7. Перспективные штаммы фосфатмобилизирующих ризобактерий, устойчивых к глифосату и никелю / Л. Р. Хакимова, О. В. Чубукова, Е. С. Акимова, З. Р. Вершинина // Агрохимия. 2024. №12. С. 81–88.

8. Оценка ферментативной и микробиологической активности почвы ризосферы Solanum tuberosum L. Под влиянием обработки клубней эндофитными бактериями Bacillus subtilis в условиях Предуралья / С. Р. Гарипова, Л. И. Пусенкова, Л. В. Сидорова и др. // Агрохимия. 2024. № 12. С. 54–63.

9. The interplay between microbial communities and soil properties / L. Philippot, C. Chenu, A. Kappler et al. // Nat Rev Microbiol. 2024. V.22. P. 226–239.

10. Microbiological methods for assessing soil quality / ed. By J. Dloem, D.W. Hopkins, A. Benedetti // CABI Publishing, 2006. 307 p.

11. Микроорганизмы в ризосфере и поглощение питательных веществ в почве / С. А. Барбер // М.: Агропромиздат, 1988. 145 С.

12. Влияние влажности почв на жизнеспособность микроорганизмов, входящих в состав комплексного биоудобрения / И. А. Дегтярева, Т. Ю. Мотина, А. Я. Давлетшина и др. // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 12. С. 201–203.

13. Уткин А. А., Нода И. Б. Плодородие и экотоксикологическое состояние светло- серых лесных почв Ивановской области // Агрохимия. 2024. № 5. С. 71–78.

Сведения об авторах:

Дегтярева Ирина Александровна – доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических и микробиологических методов, e-mail: peace-1963@mail.ru

Кириллова Надежда Игоревна – младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических и микробиологических методов, e-mail: Nadyakirillova13@gmail.com

Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия

COMPARATIVE EVALUATION OF THE EFFECT OF VARIOUS BIOFERTILIZERS IN COMPLEX WITH ZEOLITE ON PRODUCTIVITY AND MICROBIOCENOSIS OF BUCKWHEAT

I. A. Degtyareva, N. I. Kirillova

Abstract. The studies were conducted to assess the effect of biofertilizers on productivity and microbiocenosis of buckwheat. The experiment was carried out in 2023 in a vegetation house in the Republic of Tatarstan on buckwheat of the Nikolskaya variety. The experimental scheme included the following options: without plants (control 1); without fertilizers (control 2); $N_{60}P_{60}K_{60}$; zeolite from Tatar-Shatrashan deposit (particle size 0.04 mm) 1 t/ha; soaking seeds in a suspension of consortium of microorganisms at the rate of 1 l/t for the preparation; soaking seeds in a suspension of Azolen (*Azotobacter vinelandii* IB-4) biopreparation at the rate of 1 l/t of the preparation; consortium of microorganisms + zeolite; Azolen + zeolite. The consortium of microorganisms included strains of nitrogen-fixing (*Azotobacter chroococcum* and *Pseudomonas brassicacearum*) and phosphate-mobilizing (*Sphingobacterium multivorum* and *Achromobacter xylosoxidans*) rhizobacteria isolated from soil of Tatarstan, identified and deposited in a 1:1 ratio by suspension weight (bacterial suspension density up to 8.0 10^9 CFU/cm^3). The buckwheat yield in the variants with zeolite and mineral fertilizer was higher than in the control by 1.3 and 1.8 times, respectively. The maximum fruit weight in the experiment was noted in the variants with a consortium of microorganisms in pure form and together with zeolite - 2.5 and 2.9 times higher than in the control. Biofertilizers, NPK and zeolite can be arranged in the following row by their effectiveness: consortium of microorganisms > consortium of microorganisms + zeolite > NPK > zeolite. The use of Azolen did not lead to an increase in buckwheat yield, compared to the control. During the vegetation of plants in the variants with a consortium of microorganisms, not only the best representation of agronomically significant microorganisms (ammonifiers, diazotrophs, phosphate mobilizers, actinobacteria) was noted, but also high respiratory activity of the soil microbiota. A consortium based on autochthonous nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing bacteria can serve as the basis for a complex biofertilizer for a wide range of agricultural crops.

Key words: autochthonous bacteria, zeolite, complex fertilizers, buckwheat (Fagopyrum esculentum), yield, microbial cenosis.

References

1. Seraya TM, Belyavskaya YuA, Bogatureva EN. [Efficiency of buckwheat cultivation under various farming systems]. Pochvovedenie i agrokhimiya. 2017; 2 (59). 151-160 p.

2. Anokhina TA, Tsuganov AR, Polkhovskaya IV. [Prospects for increasing buckwheat production by optimizing

mineral nutrition, taking into account the plant morphotype]. Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2020; 3. 135-138 p.

3. Aleshchenkova ZM, Safronova GV, Melnikov NV. [Nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing bacteria for stimulating of agricultural crops growth]. Vestnik Bashkirskogo universiteta. 2015; 20 (1). 82-86 p.

4. Mishina OS, Belopukhov SL, Yushchenko YuA. [Application of bioregulators in intensive agricultural technologies for growing buckwheat]. Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya. 2016; Vol.6. 3(18). 72-80 p.

5. Degtyareva IA, Prishchepenko EA, Rakhmanova GF. [Evaluation of new generation fertilizers effect on the microbial cenosis of spring rape]. Agrokhimicheskiy vestnik. 2022; 5. 65-69 p.

6. Timofeeva AM, Galyamova MR, Sedykh SE. [Biological activity of soil bacteria that stimulate plant growth: nitrogen fixation, phosphate solubilization, siderophores synthesis. Prospects for the development of microbial consortia]. Agrokhimiya. 2024; 5. 85-95 p.

7. Khakimova LR, Chubukova OV, Akimova ES, Vershinina ZR. [Promising strains of phosphate-mobilizing rhizobacteria resistant to glyphosate and nickel]. Agrokhimiya. 2024; 12. 81-88 p.

8. Garipova SR, Pusenkova LI, Sidorova LV. [Evaluation of enzymatic and microbiological activity of soil of the rhizosphere of Solanum tuberosum L. under the influence of tuber treatment with endophytic bacteria Bacillus subtilis in the conditions of the Urals]. Agrokhimiya. 2024; 12. 54-63 p.

9. Philippot L, Chenu C, Kappler A. The interplay between microbial communities and soil properties. Nat Rev Microbiol. 2024; Vol.22. 226-239 p.

10. Dloem J, Hopkins DW, Benedetti A. Microbiological methods for assessing soil quality. CABI Publishing. 2006; 307 p.

11. Barber SA. [Microorganisms in rhizosphere and absorption of nutrients in the soil]. Moscow: Agropromizdat. 1988; 145 p.

12. Degtyareva IA, Motina TYu, Davletshina AYa. [The effect of soil moisture on the viability of microorganisms included in the complex biofertilizer]. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015; Vol.18. 12. 201-203 p.

13. Utkin AA, Noda IB. [Fertility and ecotoxicological state of light gray forest soils of Ivanovo region]. Agrokhimiya. 2024; 5. 71-78 p.

Authors:

Degtyareva Irina Aleksandrovna – Doctor of Biological sciences, Associate Professor, chief researcher of Laboratory of Molecular-genetic and microbiological methods, e-mail: peace-1963@mail.ru

Kirillova Nadezhda Igorevna – junior researcher of Laboratory of Molecular-genetic and microbiological methods, e-mail: Nadyakirillova13@gmail.com

Federal Research Center “Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-41-48
УДК 631.46

ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ШТАММОВ ИЗ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Б. Р. Исламов, Е. Ю. Шульга

Реферат. Исследования проводили с целью создания новых консорциумов из микроорганизмов, полученных из дикорастущих видов растений (зверобой, душица, подорожник и камыш) и проверки способности их поддержания в почве и ризосфере. У выделенных 216 бактериальных изолятов определяли свойства, имеющие значение для защиты и стимуляции роста растений, как в лабораторных, так и в полевых условиях, а именно ферментативную активность, в том числе фитазную, протеазную, липазную, нитрогеназную, целлюлазную и амилазную. Кроме того, была проверена антагонистическая активность изолятов к фитопатогенному грибу *Fusarium oxysporum*. Затем изоляты идентифицировали путем сравнения последовательностей гена 16S рРНК. После чего отсеивали патогенные бактерии и на основании проявляемых ферментативных активностей отбирали наиболее перспективные бактериальные изоляты, из которых собирали консорциум для проверки возможности его поддержания в почве и ризосфере растений пшеницы сорта Универсиада. Для этого семена обрабатывали консорциумом в дозе 1×10^7 КОЕ/мл в 1%-ном растворе карбоксиметилцеллюлозы и через 14 суток делали смывы почвы и корней контрольных и испытуемых растений. Наличие или отсутствие исследуемых штаммов определяли методом ПЦР-фингерпринтинга. Консорциум микроорганизмов лучше сохранялся в почве, чем на корнях растений. Его использование увеличивало длину побегов подопытных растений, относительно контрольных, на 38,6% (с 10,6 см до 14,7 см), длину корневой системы – на 22,1% (с 12,2 см до 14,9 см) и всхожесть семян – на 3,0% (с 87% до 90%). Полученные данные могут быть использованы для дальнейших экспериментов и практического применения в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: консорциум микроорганизмов, ферментативные активности, дикорастущие растения, стимуляция роста, антагонизм.

Введение. В современных условиях сельского хозяйства происходит увеличение использования различных микроорганизмов в качестве основы биологических удобрений и средств биологической защиты растений от фитопатогенных микроорганизмов [1, 2, 3]. Кроме того, такие биопрепараты стимулируют рост культурных растений и обеспечивают увеличение стрессоустойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам [4]. Новыми источниками для формирования биопрепаратов могут послужить микроорганизмы (эндофиты, эпифиты), полученные из дикорастущих растений [5]. Бактерии, обитающие в неокультуренных (диких) растениях (эндофиты и эпифиты), играют важную роль в их экосистеме. Некоторые из них способствуют фиксации азота [6]. Кроме того, из-за сильной конкуренции в дикой среде, эндофитные бактерии растений могут противостоять фитопатогенным грибам и бактериям [7, 8]. Благодаря сложившимся микробиоценозам, дикорастущие виды меньше подвержены болезням. В то же время, наряду с полезными бактериями в диких растениях существуют и фитопатогенные микроорганизмы, вызывающие такие заболевания, как мокрые гнили, ожоги, пятнистости и др. [9]. В целом, бактерии, диких растений, как эндофитные, так и эпифитные, играют важную роль в поддержании экологического баланса, который сложился благодаря многовековой естественной селекции, и могут быть использованы в таких областях, как очистка сточных вод, биоремедиация и сельское хозяйство.

Таким образом, бактерии, ассоциированные с дикорастущими растениями, представляют большой интерес для понимания микробно-растительных взаимодействий и практического применения в сельском хозяйстве.

Цель исследования – создать новые консорциумы из микроорганизмов, полученных из дикорастущих видов растений и проверить возможность их поддержания в почве и ризосфере.

Условия, материалы и методы. В качестве новых источников бактериальных изолятов были использованы растения зверобоя (*Hypericum perforatum*), душицы (*Origanum vulgare*), подорожника (*Plantago major*) и камыша (*Scirpus sylvaticus*). Образцы почв и растений, использованные для эксперимента, были отобраны в период с марта по июнь 2023 года садово-дачное товарищество Волга, Казань, Республика Татарстан 55.822079 широты, 48.839731 долготы. Каждая проба была отобрана в трех проворностях.

Все образцы почвы и дикорастущих растений (корни и надземные части), собирали в стерильные пробирки на 50 мл и доставляли в лабораторию. Бактериальные изоляты получали из проб растений и почвы методом смыва (к испытуемому образцу приливали фосфатно-солевой буфер (ФСБ) в соотношении 1:9, перемешивали с помощью вортекса в течение 1 минуты). Полученные смывы через серию разведений поверхностно высевали на неселективную среду King B (пептон – 10 г/л, глицерин – 10 г/л, агар микробиологический – 18 г/л, сульфат магния – 12,5 мМ, фосфат калия двузамещенный – 8,6 мМ) с антигрибковым препаратом нистатином в концентрации 32 мкг/мл. Засеянные чашки Петри инкубировали при температуре +30°С в течении суток.

Затем из чашек с бактериями отбирали все отдельные колонии для понимания видового соотношения микробиома исследуемого образца. После получения необходимой биомассы бактерий, бактериальные колонии ресуспендировали в ФСБ, добавляли глицерин в соотношении 0,7:0,3=образец:глицерин и убирали на криохранение. Далее определяли ферментативные активности полученных изолятов.

Для определения протеолитической активности, бактериальные штаммы высевали на чашку Петри с базовой средой (ВМ) с добавлением молочного белка казеина, содержащей на 1 л: 5,8 г фосфата калия двузамещенного, 3 г фосфата калия однозамещенного, 1 г сульфата аммония, 1,5 г сульфата магния семиводного, 10 г сухого обезжиренного молока, 15 г агара и культивировали в суховоздушном термостате ТС-1/20 СПУ (Амедис Инжиниринг, РФ). Вокруг колоний бактериальных изолятов, обладающих протеолитической активностью, наблюдали зоны просветления, образуемые в результате гидролиза казеина в среде [10].

При определения фитазной активности, штаммы высевали на чашку Петри со средой PSM (phytase screening medium), содержащий на 1 л 20 г глюкозы; 5 г фитата натрия; 5 г нитрата аммония; 0,5 г сульфата магния семиводного; 0,5 г хлорида калия; 0,01 г сульфата железа семиводный; 1 г сульфата марганца четырехводного; 18 г бактериологического агара (размер частиц, сито 60,% не менее 95); 2 г хлорида кальция; pH 7. Штаммы культивировали в суховоздушном термостате ТС-1/20 СПУ (Амедис Инжиниринг, РФ). Штаммы, проявляющие активность, образовывали зону просветления вокруг колоний [11].

Для определения целлюлолитической активности, штаммы высаживали на модифцированную среду ВМ, содержащий на 1 л 5,8 г фосфата калия двузамещенного; 3 г фосфата калия однозамещенного, 1 г сульфата аммония; 1,5 г сульфата магния семиводного; 1 г триптона; 10 г карбоксиметилцеллюлозы; 18 г агара. Штаммы культивировали в суховоздушном термостате ТС-1/20 СПУ (Амедис Инжиниринг, РФ). Целлюлолитическую активность идентифицировали методом детекции зон просветления (желтого цвета) вокруг колонии после окрашивания конго красным, образующихся в связи с разрушением целлюлозы и, тем самым ее комплексов с красителем [12].

Для определения амилазной активности использованили среду следующего состава на 1 л дистиллированной воды: 0,5 г пептона; 0,1 г хлорида калия; 0,5 г сульфата магния семиводного; 0,1 г сульфата аммония; 20 г крахмала; 16 г агар. Штаммы культивировали в суховоздушном термостате ТС-1/20 СПУ (Амедис Инжиниринг, РФ). Гидролиз крахмала в среде детектировали по образованию зон просветления при окраске среды раствором Люголя [13].

Для определения наличия внеклеточных липаз полученные штаммы высевали на среду с добавлением Tween 80, содержащий на 1 л 10 г пептона; 5 г хлорида натрия; 1 г хлорида кальция двуводного; 20 г агара; 10 г Twin 80. Штаммы культивировали в суховоздушном термостате ТС-1/20 СПУ (Амедис Инжиниринг, РФ). Наличие у бактерий внеклеточной липазной активности детектировали по наличию вокруг колоний непрозрачной зоны кальциевых солей жирных кислот, освобожденных из Tween 80 [14].

Для идентификации изолятов бактерий, способных к фиксации азота в аэробных условиях, штаммы высевали в чашки Петри на среду Йенсена (сахароза – 20 г/л, фосфат калия двузамещенный – 1 г/л, сульфат магния – 0,5 г/л, хлорид натрия – 0,5 г/л, сульфат железа – 0,1 г/л, молибдат натрия – 0,005 г/л, карбонат кальция – 2 г/л, агар – 15 г/л) и инкубировали в течение 2-5 суток при 30°С [15].

Изоляты, полученные из дикорастущих растений, идентификации на основании сравнения последовательностей гена 16S рРНК. Для этого геномную ДНК бактерий выделяли стандартным методом. Далее проводили амплификацию фрагмента гена 16S рРНК с использованием стандартных праймеров 27F (5’-gagtttgatcctggctcag-3’) и 1492R (5’-taccttgttacgactt-3’). Полученные ПЦР продукты очищали из агарозного геля с использованием коммерческого набора Gel Extraction Kit (Thermo Scientific) и проводили секвенирование по Сэнгеру (секвенирование проводили в компании «Евроген») [16].

Антагонистическую активность выделенных штаммов определяли против фитопатогенного гриба *F. oxysporum.* В чашку Петри со средой PDA (картофельный бульон – 1 л, декстроза – 20 г/л, агар – 20 г/л) в равноудаленном расстоянии друг от друга вносили 3 мкл суспензии штаммов бактерий и 2 мкл суспензии фитопатогенного гриба в шахматном порядке и выдерживали в течение 5 суток при температуре 30°С. Антагонистическую активность оценивали по зонам подавления роста фитопатогена [17].

Выбранные штаммы оценивали на биосовместимость с использованием анализа с поперечными полосами на питательных агаровых средах King B (KB), Лурия- Бертани (LB; триптон – 10 г/л, хлорид натрия – 10 г/л, дрожжевой экстракт – 10 г/л, агар микробиологический – 18 г/л, сульфат магния – 12,5 мМ, pH= 7,5) и PDA, линиями перпендикулярно друг другу, чашки Петри инкубировали при 30°С в течении 48 ч. О совместимости штаммов оценивали по отсутствию зоны подавления роста в местах пересечения линий посевов [18].

Для поддержания консорциума в почве и ризосфере каждый штамм выращивали отдельно в питательной среде LB при 30°С в течении суток в шейкере-инкубаторе ZQZY-78A (Shanghai Zhichu Instrument Co., Ltd., Китай). Далее культуру доводили до 1×10^7 КОЕ/мл 1% раствором карбоксиметилцеллюлозы и смешивали в равных пропорциях. Семена пшеницы инкубировали в смеси бактерий

в течение 15 минут, высушивали при комнатной температуре в течение 20 минут и сажали в грунт. После 14 суток роста растений пшеницы, делали смывы почвы и корней контрольных (семена растений, необработанные бактериальными консорциумами) и испытуемых (семена растений, обработанные бактериальными консорциумами) растений. Смывы высевали на чашку Петри со средой КБ с содержанием нистатина 50 мкг/мл. Далее для каждого образца (корней и почвы контрольных и опытных растений). Далее подготавливали смывы физраствором (0,5% раствор хлорида натрия) с корней растений и почвы как контрольных, так и опытных образцов. Через серию разведений смывы высаживали на чашку Петри с питательной средой Кинг Б (КБ) и получали по 36 рандомных изолятов из образцов корней и почвы контрольных и испытуемых растений. Колонии высаживались на чашку Петри с КВ для дальнейшего на наличие и/или отсутствие искомых штаммов. Для проведения ПЦР-типирования выделенных изолятов использовали праймеры к BOX (BOXA1R 5'-CTACGGCAAGGCGACGCTGACG-3') и праймеры к неинвертированным участкам последовательности ERIC анализа методом ПЦР-фингерпринтинга (ERIC1R 5'-ATGTAAGCTCCTGGGGATTCAC-3', ERIC2 5'-AAGTAAGTGACTGGGGTGAGCG-3'). Программа проведения BOX-ПЦР и ERIC-ПЦР типирования: 95 °С – 3 мин, (95 °С – 20 сек, 53 °С – 1 мин, 65 °С – 8 мин, 34 цикла), 65 °С – 18 мин, хранение – при 12 °С.

Далее проводили электрофоретический анализ полученных продуктов амплификации в агарозном геле и биоинформационную обработку полученных графических данных с помощью программы Bionumerix (Франция). В качестве маркера молекулярных масс использовался DNA Ladder 1 kb (Евроген, номер по каталогу NL001) (полосы с увеличенной яркостью имеют размер 1 т.п.н. и 3 т.п.н.). Кроме того, снимали биометрические показатели растений (сухая масса, длина корней и побегов) и подсчитывали количество растений. Эксперименты проводили в 10 биологических и 3 аналитических повторностях.

Статистический анализ проводили с использованием пакета статистических программ OriginLab pro SR1 b9.5.1.195. Достоверная разница между группами проанализирована с использованием одностороннего ANOVA и апостериорного теста Тьюки на достоверно значимую разницу при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Из листьев, почвы и ризосферы дикорастущих растений получено 216 изолятов. Была проведена идентификация на основании сравнения последовательностей гена 16S рРНК. В идентифицированных образцах доминировали штаммы, относящиеся к родам *Pseudomonas, Bacillus, Arthrobacter*, а также встречались бактерии относящийся к родам *Microbacterium, Stenotrophomonas, Leifsonia, Luteimonas* и *Enterobacter*. Из 216 полученных изолятов 32,3% проявили амилазную активность; 41,7% липазную активность; 50% изолятов нитрогеназную активность; 37,6% протеазную активность; 45,8% фитазную активность и 32,9% изолятов продемонстрировали целлюлазную активность. 30% из полученных изолятов являлись фитопатогенами. Среди них встречались микроорганизмы, относящиеся к роду *Pseudomonas, Xanthomonas* и *Pectobacterium.* Из непатогенных штаммов только 31,5% проявили антагонизм в фитопатогенному грибу *F. oxysporum.*

После получения всех данных (ферментативная активность, антагонистическая активность) и исключения патогенных бактерий согласно классификации немецкой коллекции микроорганизмов и клеточных культур Лейбницкого института (*https://www.bacdive.dsmz.de/*), был сформирован консорциум из непатогенных и перспективных штаммов, включающая в себя штаммы КМ 24, АНМ79, АНМ 107 и АНМ 109. Штаммы консорциума КМ 24, АНМ79 и АНМ 109 благодаря фитазной и нитрогеназной активности усиливают минеральное питание растений благодаря мобилизации труднодоступных форм фосфора почв и минерализации атмосферного азота. Внеклеточные протеазы, выделяемые штаммами КМ 24 и АНМ79, могут служить одним из фактором антагонистической активности бактерий, позволяя им конкурировать с другими микроорганизмами, в частности фитопатогенами. Наличие амилазной (штамм АНМ 107), липазной (штаммы КМ 24, АНМ 107 и АНМ 109) и целлюлазной активности (штамм АНМ 107) у бактерий способствует разложению растительных остатков в почве и тем самым обогащают её (табл. 1).

Таблица 1 – Ферментативная бактерий, входящих в консорциум, и антагонизм к фитопатогенному грибу *F. oxysporum*

Штамм (источник штамма)	Название бактерий по идентичности на базе данных NCBI	Ферментативная активность						Антагонизм к *F. oxysporum*
		фитазная	протеазная	липазная	нитрогеназная	целлюлазная	амилазная	
АНМ 79 (ризосфера подорожника)	*Stenotrophomonas rhizophila*	+	+	-	-	-	-	-
АНМ 107 (ризосфера полыни)	*Pseudomonas synxantha*	-	-	+	-	-	+	+
АНМ 109 (ризосфера полыни)	*Stenotrophomonas rhizophila*	-	-	+	+	-	-	+
КМ 24 (филоплан камыша)	*Bacillus pumilus*	+	+	+	+	+	-	+

Штаммы КМ 24, АНМ 107 и АНМ 109 показали антагонистическую активность к фиопатогенному грибу *F. oxysporum,* так как отмечали зоны подавления роста фитопатогена (рис. 1).



Рис. 1 – Проверка отобранных штаммов на антагонизм к фитопатогенному грибу *F.oxysporum*

Штаммы, отобранные по совокупности ферментативных активностей и антагонизму проверяли на биосовместимость. По результатам теста внутри консорциума не было обнаружено конкурентных взаимодействий и подавления роста между штаммами на всех использованных питательных средах – отсутствовали зоны лизиса, не происходила остановка роста культур (рис. 2).

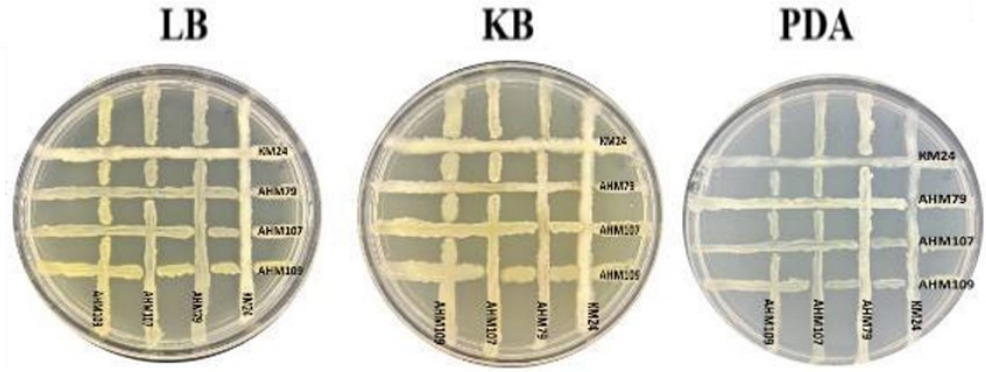


Рис. 2 – Совместимость бактериальных штаммов консорциумов на разных питательных средах (LB, KB, PDA)

В результате проверки поддержания консорциума в почве и ризосфере растений проводили сравнение профилей изолятов с помощью метода ПЦР-фингерпринтинга. Ни один из внесенных штаммов не обнаруживали в контрольном образце (рис. 3 А, В). В образцах почвы и корней пшеницы, обработанной консорциумом штаммов (опытные образцы), встречались изоляты с профилями ПЦР-фингерпринтинга совпадающими с таковыми у внесенных штаммов. Так, в опытных образцах, полученных из смыва корней растений, были обнаружены совпадения между штаммом АНМ109, который использовали в консорциуме, и 6 изолятами (под номерами 9, 13, 23, 27, 28, 34) из 36 изолятов, полученных из корней растений пшеницы, обработанных исследуемым консорциумом (рис. 3 Б).

Также было обнаружено совпадение между штаммом АНМ107, который использовали в консорциуме, и изолятом под номером 33 (рис. 3 Б). Это свидетельствует о том, что после 14 суток роста растений пшеницы, семена которых обработаны консорциумом, только штаммы АНМ 107 и АНМ 109 сохраняются в корнях испытуемых растений. В опытных образцах, полученных из смыва почвы, были обнаружены совпадения между штаммом АНМ109 и 7 выделенными изолятами (под номерами 14, 15, 18, 22, 26, 28, 33) из 36 изолятов, полученных из смыва почвы в которой выращивали обработанные консорциумом исследуемые растения (рис. 3 Г).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что после 14 суток роста пшеницы, семена которой были обработаны созданным консорциумом штаммов бактерий, штаммы АНМ 79, АНМ 107 и АНМ 109 в большем количестве присутствуют в почве, при этом только штаммы АНМ 107 и АНМ 109 обнаруживались на корнях растений.

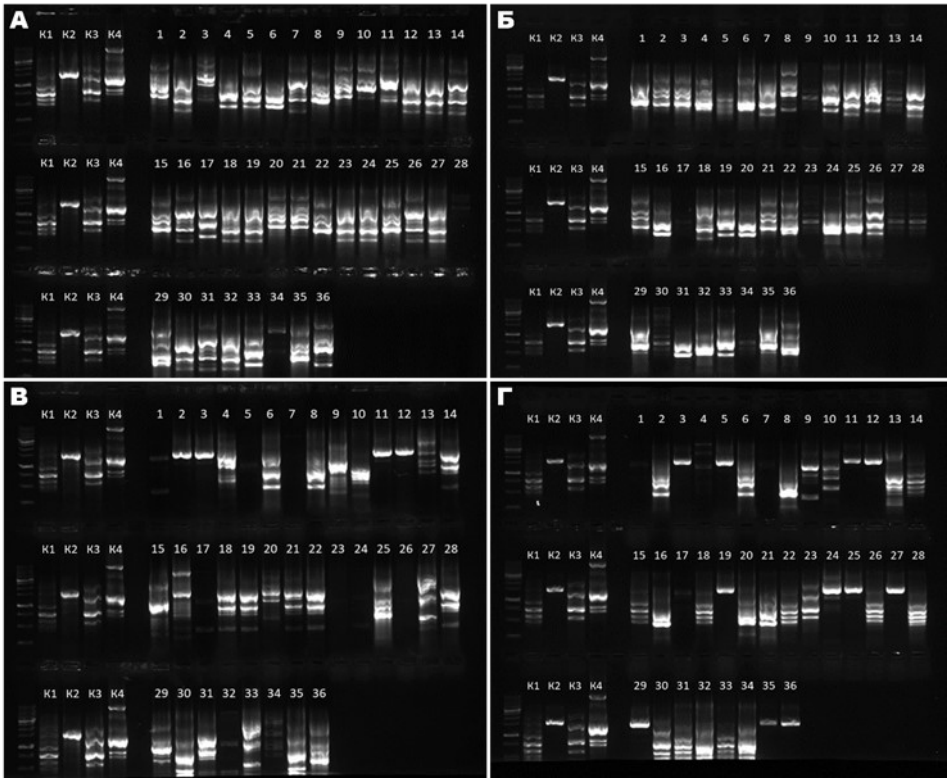


Рис. 3 – Электрофореграмма ПЦР-фингерпринтинга изолятов, выделенных из смыва: А – корня контрольных растений, Б – корня опытных растений, В – почвы контрольных растений, Г – почвы опытных растений: К1 – АНМ109, К2 – АНМ79, К3 – АНМ107, К4 – КМ24, 1…36 – выделенные штаммы. В качестве маркера молекулярных масс использовалась маркер длин ДНК DNA Ladder 1 kb

Биометрические показатели растений озимой пшеницы, обработанные консорциумом микроорганизмов, были выше, чем у контрольных растений. Длина побегов опытных растений превышала контрольные образцы на 38,6% (от 10,6 см в контроле до 14,7 см в опыте), длина корневой системы – на 22,1% (от 12,2 см в контроле до 14,9 см в опыте) и всхожести семян на 3,0% (от 87% в контроле до 90% в образце) (табл. 2).

Таблица 2 – Данные ростостимулирующих свойств на растений пшеницы созданного консорциума микроорганизмов

Признак	Контроль	Опыт
Всхожесть, %	87±0,45*	90 ± 0,53*
Масса побегов, г	0,103±0,013*	0,11±0,013*
Масса корней, г	0,02±0,004*	0,04±0,01*
Длина побега, см	10,6±1,07*	14,7±1,3*
Длина корней, см	12,2±1,2*	14,9±1,0*

** – достоверно отличается от контроля на уровне значимости p≤0,05*

Выводы. Таким образом, с использованием бактерий из диких растений камыша, подорожника и полыни сформирован консорциум микроорганизмов, включающие в себя *Bacillus pumilus* (КМ24), *Bacillus altitudinis* (АНМ79), *Pseudomonas synxantha* (АНМ107), *Arthrobacter nicotinovorans* (АНМ109).

Фитазная и протеазная активность выявлена у штамма АНМ 79, выделенного из ризосферы подорожника, и КМ 24 из филоплана камыша. Липазной активностью обладали три штамма из четырех – АНМ 107 и АНМ 109, выделенных из ризосферы полыни, и КМ 24 из филоплана камыша. Нитрогеназная активность была характерная для изолятов АНМ 109 и КМ 24. Целлюлазную активность определили только у штамма КМ 24, как и амилазную – у АНМ 107. У всех штаммов, составляющих консорциум, кроме АНМ 79, выявлен антагонизм к *F. oxysporum.*

В контрольных образцах (семена растений, необработанные бактериальными консорциумами) почвы и корней пшеницы изучаемые штаммы из диких растений не обнаружены. Консорциум после обработки лучше сохраняется в почве, чем в корнях испытуемых растений.

Обработка семян пшеницы созданным консорциумом способствовала увеличению длины побегов опытных растений, относительно

контрольных, на 38,6% (с 10,6 см до 14,7 см), длины корневой системы – на 22,1% (с 12,2 см до 14,9 см) и всхожести семян – на 3,0% (с 87% до 90%).

Таким образом, микроорганизмы, ассоциированные с дикорастущими растениями благодаря способности бактерий к мобилизации основных неорганических элементов (азота и фосфора), разложению сложных органических соединений (целлюлозы, крахмала, липидов) и биоконтролю фитопатогенных бактерий, можно использовать при создании биопрепаратов для фитостимуляции культурных растений.

Сведение об источнике финансирования. Работа выполнена в рамках Государственного задания номер №124050300050-4.

Литература

1. Role of organic farming for achieving sustainability in agriculture / A. Gamage, R. Gangahagedara, J. Gamage, et al. // Farming System. 2023. Vol. 1. No. 1. Article 100005. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949911923000059?via%3Dihub (дата обращения:1.10.2024).doi:10.1016/j.farsys.2023.100005.

2. Organic farming in India: a vision towards a healthy nation / S. Das, A. Chatterjee, T. K. Pal // Food Quality and Safety. 2020. Vol. 4. No. 2. P. 69–76. Article 100005.URL:https://academic.oup.com/fqs/article-abstract/4/2/69/5861338 (дата обращения: 1.10.2024). doi: 10.1093/fqsafe/fyaa018.

3. Эффективность лабораторного образца биопрепарата на основе Bacillus velezensis 336g при различных способах его применения для защиты от болезней озимых колосовых / А. М. Асатурова, Н. М. Сидоров, Н. С. Томашевич и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 5. С. 28-33.

4. The use of microbial inoculants for biological control, plant growth promotion, and sustainable agriculture: A review / A. S. M. Elnahal, M. T. El-Saadony, A. M. Saad, et al. // European Journal of Plant Pathology. 2022. Vol. 162. No. 4. P. 759–792. doi: 10.1007/s10658-022-02472-3.

5. Zooming-in on floral nectar: a first exploration of nectar-associated bacteria in wild plant communities / S. Alvarez-Perez, C.M. Herrera, C. Vega // FEMS Microbiology Ecology. 2012. Vol. 80. No. 3. P. 591–602. doi: 10.1111/j.1574-6941.2012.01329.x.

6. First report on Rahnella sp. strain EU-A3SNfb, a plant growth promoting endophytic bacterium from wild wheat relative Aegilops kotschyi / R. Negi, T. Kaur, R. Devi, et al. // National Academy Science Letters. 2022. Vol. 45. No. 5. P. 393–396. doi: 10.1007/s40009-022-01139-1.

7. Etesami H., Alikhani H. A. Evaluation of gram-positive rhizosphere and endophytic bacteria for biological control of fungal rice (Oryzia sativa L.) pathogens // European Journal of Plant Pathology. 2017. Vol. 147. P. 7–14. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-016-0981-z (дата обращения: 1.10.2024). doi: 10.1111/j.1574-6941.2012.01329.x.

8. Physiological response, microbial diversity characterization, and endophytic bacteria isolation of duckweed under cadmium stress / X. Yang, T. Ai-Juan, Z. Meng-Meng, et al. // Science of The Total Environment. 2023. Vol. 902. Article 166056. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723046818?via%3Dihub. (дата обращения: 1.10.2024). doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166056.

9. Chathalingath N., Gunasekar A. Elucidating the physiological and molecular characteristics of bacterial blight incitant Xanthomonas auxonopodis pv. punicae; a life threatening phytopathogen of pomegranate (Punica granatum L.) and assessment of H2O2 accumulation during host-pathogen interaction // Microbial Pathogenesis. 2023. Vol. 182. Article 106277. URL: https://colab.ws/articles/10.1016%2Fj.micpath.2023.106277 (дата обращения: 1.10.2024). doi: 10.1016/j.micpath.2023.106277.

10. Isolation and screening of extracellular protease enzyme from bacterial and fungal isolates of soil / A. K. Sharma, V. Sharma, J. Saxena, et al. // Int J Sci Res Environ Sci. 2015. Vol. 3. No. 9. P. 334–340. doi: 10.12983/ijsres-2015-p0334-0340.

11. Singh N. K., Joshi D. K., Gupta R. K. Isolation of phytase producing bacteria and optimization of phytase production parameters // Jundishapur Journal of Microbiology. 2013. Vol. 6. No. 5. Article 6419. URL: https://brieflands.com/articles/jjm-72602 (дата обращения: 1.10.2024). doi: 10.5812/jjm.6419.

12. Screening, purification and characterization of cellulase from cellulase producing bacteria in molasses / F. Islam, N. Roy // BMC research notes. 2018. Vol. 11. No. 1. P. 1–6. URL: https://www.researchgate.net/publication/327545458 Screening purification and characterization of cellulase from cellulase producing bacteria in molasses (дата обращения: 1.10.2024). doi: 10.1186/s13104-018-3558-4.

13. Nimisha P., Moksha S., Gangawane A. K. Amylase activity of starch degrading bacteria isolated from soil // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2019. Vol. 8. No. 4. P. 659–671. doi: 10.20546/ijcmas.2019.804.071.

14. Genetic characteristics and enzymatic activities of Bacillus velezensis KS04AU as a stable biocontrol agent against phytopathogens / R. G. C. Diabankana, E. U. Shulga, S. Z. Validov, et al. // International Journal of Plant Biology. 2022. Vol. 13. No. 3. P. 201–222. doi: 10.3390/ijpb13030018.

15. Zebua A. C., Guchi H., Sembiring M. Isolation of non-symbiotic Nitrogen-fixing bacteria on andisol land affected by Sinabung eruption / // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Medan-Indonesia: IOP Publishing, 2020. Vol. 454. No.1. Article 012167. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/454/1/012167/meta (дата обращения: 1.10.2024). doi: 10.1088/1755-1315/454/1/012167.

16. Genomic Insights into the Microbial Agent Streptomyces albidoflavus MGMM6 for Various Biotechnology Applications / R. G. C. Diabankana, M. Frolov, S. Keremli, et al. // Microorganisms. 2023. Vol. 11. No. 12. Article 2872. https://www.mdpi.com/2076-2607/11/12/2872 (дата обращения: 01.10.2024). doi: 10.3390/microorganisms11122872.

17. Antifungal properties, abiotic stress resistance, and biocontrol ability of Bacillus mojavensis PS17 / R. G. C. Diabankana, D. M. Afordoanyi, R. I. Safin, et al. // Current Microbiology. 2021. Vol. 78. No. 8. P. 3124–3132. https://link.springer.com/article/10.1007/s00284-021-02578-7 (дата обращения: 1.10.2024). doi: 10.1007/s00284-021-02578-7.

18. Combined use of biocontrol agents to manage plant diseases in theory and practice / X. M. Xu, P. Jeffries, M. Pautasso, et. al. // Phytopathology. 2011. Vol. 101. No. 9. P. 1024–1031. doi: 10.1094/PHYTO-08-10-0216.

Сведения об авторах:
Исламов Бахтияр Рамилевич – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории Молекулярно-генетических и микробиологических методов, e-mail: b.islamov@knc.ru
Шульга Елена Юрьевна – младший научный сотрудник лаборатории Молекулярно-генетических и микробиологических методов, e-mail: e.shulga@knc.ru
Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр РАН», Казань, Россия

OBTAINING PROMISING STRAINS FROM WILD PLANTS FOR AGRICULTURAL USE

B. R. Islamov, E. Yu. Shulga

Abstract. The studies were conducted to create new consortia of microorganisms obtained from wild plant species (hypericum, oregano, plantain and reed) and to test their ability to be maintained in the soil and rhizosphere. The properties of 216 bacterial isolates that are important for protecting and stimulating plant growth, both in laboratory and field conditions, were determined, namely, enzymatic activity, including phytase, protease, lipase, nitrogenase, cellulase and amylase. In addition, the antagonistic activity of the isolates to the phytopathogenic fungus *Fusarium oxysporum* was tested. Then isolates were identified by comparing the 16S rRNA gene sequences. Pathogenic bacteria were then screened out and the most promising bacterial isolates were selected based on their enzymatic activities, from which a consortium was assembled to test the possibility of its maintenance in the soil and rhizosphere of Universiade wheat plants. For this purpose, the seeds were treated with the consortium at a dose of $\times 10^7$ CFU/ml in a 1% carboxymethylcellulose solution and the soil and roots of the control and test plants were washed after 14 days. The presence or absence of the strains under study was determined by polymerase chain reaction fingerprinting. The consortium of microorganisms was better preserved in the soil than on the roots of plants. Its use increased the shoot length of experimental plants, relative to the control, by 38.6% (from 10.6 cm to 14.7 cm), the length of the root system by 22.1% (from 12.2 cm to 14.9 cm) and seed germination by 3.0% (from 87% to 90%). The obtained data can be used for further experiments and practical application in agriculture.

Key words: consortium of microorganisms, enzymatic activities, wild plants, growth stimulation, antagonism.

References

1. Gamage A, Gangahagedara R, Gamage J. Role of organic farming for achieving sustainability in agriculture. [Internet]. Farming System. 2023; Vol.1. 1. Article 100005. [cited 2024, October 1]. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949911923000059?via%3Dihub. doi: 10.1016/j.farsys.2023.100005.

2. Das S, Chatterjee A, Pal TK. Organic farming in India: a vision towards a healthy nation. [Internet]. Food Quality and Safety. 2020; Vol.4. 2. 69-76 p. Article 100005. [cited 2024, October 1]. Available from: https://academic.oup.com/fqs/article-abstract/4/2/69/5861338. doi: 10.1093/fqsafe/fyaa018.

3. Asaturova AM, Sidorov NM, Tomashevich NS. 3. [Laboratory sample efficiency of biopreparation based on Bacillus velezensis 336g in various ways of its application for protection against diseases of winter crops]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023; Vol.37. 5. 28-33 p.

4. Elnahal ASM, El-Saadony MT, Saad AM. The use of microbial inoculants for biological control, plant growth promotion, and sustainable agriculture: a review. European Journal of Plant Pathology. 2022; Vol.162. 4. 759-792 p. doi: 10.1007/s10658-022-02472-3.

5. Alvarez-Perez S, Herrera CM, Vega C. Zooming-in on floral nectar: a first exploration of nectar-associated bacteria in wild plant communities. FEMS Microbiology Ecology. 2012; Vol.80. 3. 591-602 p. doi: 10.1111/j.1574-6941.2012.01329.x.

6. Negi R, Kaur T, Devi R. First report on Rahnella sp. strain EU-A3SNfb, a plant growth promoting endophytic bacterium from wild wheat relative Aegilops kotschyi. National Academy Science Letters. 2022; Vol.45. 5. 393-396 p. doi: 10.1007/s40009-022-01139-1.

7. Etesami H, Alikhani HA. Evaluation of gram-positive rhizosphere and endophytic bacteria for biological control of fungal rice (Oryzia sativa L.) pathogens. [Internet]. European Journal of Plant Pathology. 2017; Vol.147. 7-14 p. [cited 2024, October 1]. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-016-0981-z. doi: 10.1111/j.1574-6941.2012.01329.x.

8. Yang X, Ai-Juan T, Meng-Meng Z. Physiological response, microbial diversity characterization, and endophytic bacteria isolation of duckweed under cadmium stress. [Internet]. Science of The Total Environment. 2023; Vol.902. Article 166056. [cited 2024, October 1]. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723046818?via%3Dihub. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166056.

9. Chathalingath N, Gunasekar A. Elucidating the physiological and molecular characteristics of bacterial blight incitant Xanthomonas auxonopodis pv. punicae; a life threatening phytopathogen of pomegranate (Punica granatum L.) and assessment of H2O2 accumulation during host-pathogen interaction. [Internet]. Microbial Pathogenesis. 2023; Vol.182. Article 106277. [cited 2024, October 1]. Available from: https://colab.ws/articles/10.1016%2Fj.micpath.2023.106277. doi: 10.1016/j.micpath.2023.106277.

10. Sharma AK, Sharma V, Saxena J. Isolation and screening of extracellular protease enzyme from bacterial and fungal isolates of soil. Int J Sci Res Environ Sci. 2015; Vol.3. 9. 334-340 p. doi: 10.12983/ijsres-2015-p0334-0340.

11. Singh NK, Joshi DK, Gupta RK. Isolation of phytase producing bacteria and optimization of phytase production parameters. [Internet]. Jundishapur Journal of Microbiology. 2013; Vol.6. 5. Article 6419. [cited 2024, October 1]. Available from: https://brieflands.com/articles/jjm-72602. doi: 10.5812/jjm.6419.

12. Islam F, Roy N. Screening, purification and characterization of cellulase from cellulase producing bacteria in molasses. [Internet]. BMC research notes. 2018; Vol.11. 1. 1-6 p. [cited 2024, October 1]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/327545458 Screening purification and characterization of cellulase from cellulase producing bacteria in molasses. doi: 10.1186/s13104-018-3558-4.

13. Nimisha P, Moksha S, Gangawane AK. Amylase activity of starch degrading bacteria isolated from soil. International Journal of current microbiology and applied sciences. 2019; Vol.8. 4. 659-671 p. doi: 10.20546/ijcmas.2019.804.071.

14. Diabankana RGC, Shulga EU, Validov SZ. Genetic characteristics and enzymatic activities of Bacillus velezensis KS04AU as a stable biocontrol agent against phytopathogens. International Journal of Plant Biology. 2022; Vol.13. 3. 201-222 p. doi: 10.3390/ijpb13030018.

15. Zebua AC, Guchi H, Sembiring M. Isolation of non-symbiotic Nitrogen-fixing bacteria on andisol land affected by Sinabung eruption. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Medan-Indonesia: IOP Publishing. 2020; Vol.454. 1. Article 012167. [cited 2024, October 1]. Available from: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/454/1/012167/meta. doi: 10.1088/1755-1315/454/1/012167.

16. Diabankana RGC, Frolov M, Keremli S. Genomic Insights into the Microbial Agent Streptomyces albidoflavus MGMM6 for Various Biotechnology Applications. Microorganisms. 2023; Vol.11. 12. Article 2872. [cited 2024, October 1]. Available from https://www.mdpi.com/2076-2607/11/12/2872. doi: 10.3390/microorganisms11122872.

17. Diabankana RGC, Afordoanyi DM, Safin RI. Antifungal properties, abiotic stress resistance, and biocontrol ability of Bacillus mojavensis PS17. Current Microbiology. 2021; Vol.78. 8. 3124-3132 p. [cited 2024, October 1]. Available from https://link.springer.com/article/10.1007/s00284-021-02578-7. doi: 10.1007/s00284-021-02578-7.

18. Xu XM, Jeffries P, Pautasso M. Combined use of biocontrol agents to manage plant diseases in theory and practice. Phytopathology. 2011; Vol.101. 9. 1024-1031 p. doi: 10.1094/PHYTO-08-10-0216.

Authors:

Islamov Bakhtiyar Ramilevich – Ph.D. in Biology, researcher of Laboratory of Molecular-genetic and microbiological methods, e-mail: b.islamov@knc.ru

Shulga Elena Yurevna – junior researcher of Laboratory of Molecular-genetic and microbiological methods, e-mail: e.shulga@knc.ru

Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-49-55
УДК 631.527.12

ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ ТАРЕЛОЧНОЙ ЧЕЧЕВИЦЫ ПО ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Т. В. Маракаева

Реферат. Исследования проводили в 2021–2023 года в Омской области с целью оценки образцов тарелочной чечевицы отечественной и иностранной селекции и выявления источников хозяйственно ценных показателей. Материалом для исследования служили 32 образца крупносемянной чечевицы, стандарт – среднеранний сорт Аида. Почва участка – лугово-черноземная среднемощная малогумусная среднесуглинистая с близкой к нейтральной реакцией среды (pH 6,5). В 2022 году отмечены слабо засушливые климатические условия (ГТК=1,02), в 2021 и 2023 годах – очень засушливые (ГТК=0,68 и ГТК=0,75 соответственно). Предшествующая культура – пшеница яровая. В условиях значительного влияния (66,2…74,6%) погодных условий выявлены лучшие по комплексу хозяйственно-биологических признаков образцы: к–2692 (Россия, Пензенская обл.), Розовосемянная (Россия, Пензенская обл.), Sovereing (Канада), Шырайлы (Казахстан), Анфия (Россия, Пензенская обл.), Glamis (Канада), Пензенская 14 (Россия, Пензенская обл.), к–2980 (Россия, Ленинградская обл.). Выделившиеся генотипы отличались меньшей, в сравнении со стандартом, продолжительностью вегетационного периода на 5…9 суток. Они сформировали достоверно ($p \leq 0,05$) большее, по сравнению со стандартом, количество бобов с растения (на 9...16 шт.), массу семян с растения (на 203,8...228,8%), массу 1000 семян (на 11,31…13,14 г). К тому же у них отмечено значительное превосходство над стандартом по содержанию протеина – 1,60...1,82%, жира – 0,35...0,37%, золы – 0,59...0,66%, клетчатки – 0,25...0,3% и БЭВ – 0,89... 0,98%. Длина боба находилась на уровне стандарта (17 мм), диаметр семени в среднем составил 7 мм, окраска кожуры была преимущественно зеленой, разваримость семян хорошей (40…60 минут). Эти образцы целесообразно использовать в регионе в качестве источников ценных признаков при выведении высокоурожайных сортов чечевицы.

Ключевые слова: тарелочная чечевица (*Lens culinaris*), коллекционный образец, вегетационный период, продуктивность, разваримость, биохимический анализ.

Введение. Невзирая на значительную волатильность производственно - экономических показателей в определенные периоды, в России за несколько последних лет отмечена положительная тенденция увеличения посевных площадей, валовых сборов и урожайности чечевицы [1]. Эта культура стала настолько популярна, что в 2023 году ее площади посева (354,1 тыс. га) и уровень сбора валовой продукции (345,0 тыс. т) достигли исторически высоких значений [2]. Все это обусловливает стабильно устойчивый спрос рынка не только внутреннего уровня, но и мирового, так как объем экспорта чечевицы в России в 2023 году увеличился в 2,4 раза, по сравнению с 2022 году, и составил 297 тыс. т. [2].Основные импортеры этой культуры – Турция, Индия и Иран [3].

Среди производителей сельскохозяйственной продукции Омской области чечевица очень популярная зернобобовая культура. В 2023 году ее посевные площади в регионе составили более 25 тыс. га. В основном возделывают крупносемянные (тарелочные) сорта с зеленой окраской [4].

По валовому сбору зерна чечевицы среди регионов страны Омская область занимает третье место (28,2 тыс. т), уступая лишь Алтайскому краю (99,1 тыс. т) и Саратовкой области (96,9 тыс. т). Доля региона в общем объеме валовых сборов чечевицы в России в 2023 году составила 8,2% (рис. 1) [4].

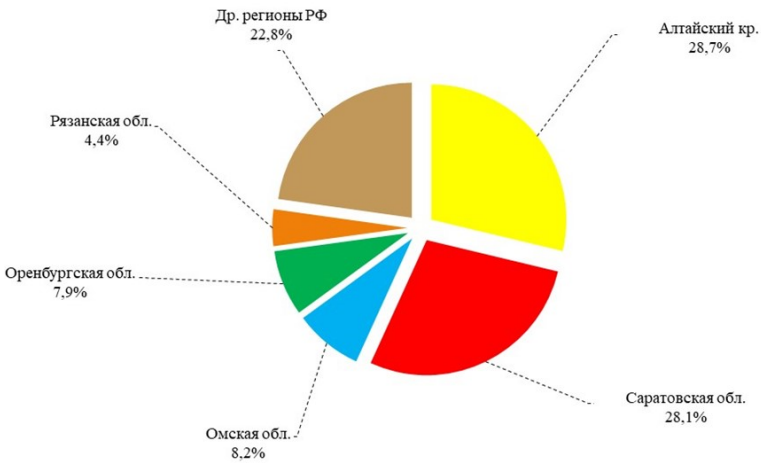


Рис. 1 - Доля ТОП-5 регионов в общем объеме валовых сборов чечевицы в России (2023 год), %

По данным Росстата, в 2023 году урожайность чечевицы в среднем по региону снизилась на 1,1 ц/га (13,5% к предыдущему году) и составила 6,9 ц/га. Если по размеру посевных площадей чечевицы Омская область входит в ТОП-5 среди регионов РФ, то по уровню урожайности значительно уступает всем регионам из числа лидеров производителей чечевичного зерна (рис. 2) [4].

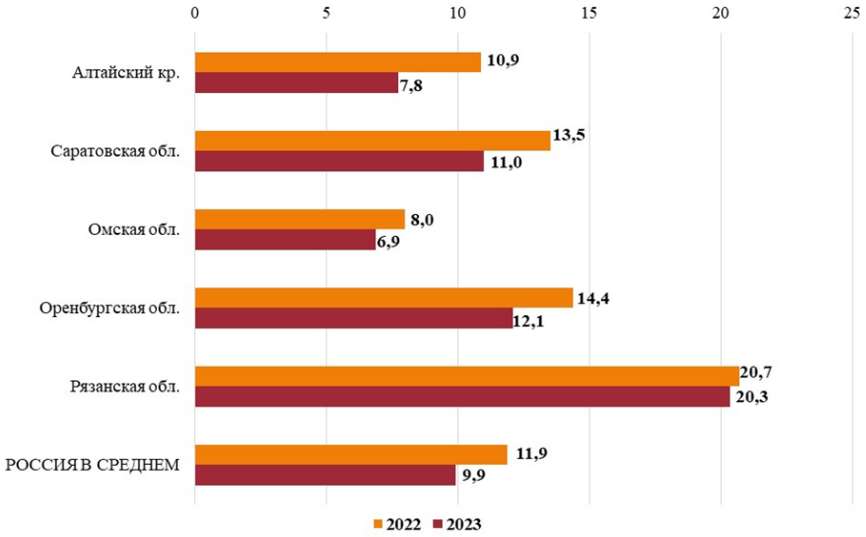


Рис. 2 – Урожайность чечевицы в ТОП–5 регионах производителях (2022–2023 года), ц/га.

Такая тенденция связана с отсутствием в регионе адаптивных сортов местной селекции. В связи с этим производители вынуждены возделывать сорта иностранной и отечественной селекции, созданных в абсолютно других почвенно-климатических условиях [5]. В результате они из-за плохой акклиматизации к изменчивым агроэкологическим условиям области, показывают более низкую урожайность и качество зерна, в сравнении с биологическим потенциалом [6]. В конечном итоге происходит замедление темпов роста производства [7]. К тому же при экспорте большим спросом и, соответственно, высокой ценой отличается продукция крупносемянных сортов (более 5 мм диаметр семян), а каждый импортер предъявляет ряд собственных требований к качественным показателям [8]. В связи с этим при селекции культуры в определенном регионе необходимо делать акцент не только на скороспелости и продуктивности, но и таких органолептических показателях, как крупносемянность, окраска, разваримость и биохимический состав семян [9].

Цель исследований – оценить образцы тарелочной чечевицы отечественной и иностранной селекции и отобрать источники хозяйственно ценных признаков с высокими качественными показателями семян.

Условия, материал и методы. В 2021–2023 годах в коллекционном питомнике ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» (ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омская обл.) изучали 32 образца тарелочной (крупносемянной) чечевицы отечественной и зарубежной селекции. В качестве стандарта взят допущенный к использованию во всех регионах РФ среднеранний сорт Аида (оригинатор – ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» (ФГБНУ ВНИИЗБК, г. Орел). Сортообразцы в коллекционном питомнике высевали 12 мая. Повторность – четырехкратная. Делянки в опыте размещали систематически. Учетная площадь – 1 м^2. Площадь питания одного растения – 10×25 см.

Опытной участок расположен на лугово-черноземной среднемощной малогумусовой среднесуглинистой почве. По результатам агрохимического анализа она характеризуется следующими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) составляет 3,95%, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – соответственно 154 мг/кг и 236 мг/кг, кислотность почвы близка к нейтральной ($pH_{сол.}$ 6,5), сумма обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} (по ГОСТ 26423-85) – соответственно 15,8 ммоль/100 г и 5,7 ммоль/100 г.

Омская область отличается изменчивостью погодных условий. За последние годы в регионе отмечают значительное повышение температуры воздуха. Все чаще наступает жаркое лето и достаточно теплая, малоснежная зима [10]. В 2023 году температура воздуха достигала уровня 38…40ºС. Во время проведенных исследований погодные условия периода вегетации чечевицы значительно отличались. За вегетационный период чечевицы сумма среднесуточных температур выше 10ºС в 2021 году составила 2238ºС, 2022 году – 2488ºС, 2023 году – 2483ºС, при среднемноголетней норме 2173ºС. В 2021 году выпало 75,4% от нормы (166,0 мм) осадков, в 2022 году – 130,72% от

нормы (287,6 мм), в 2023 году – 91,5% от нормы (187,2 мм). Гидротермический коэффициент указывает на слабо засушливые условия в 2022 году (ГТК=1,02), очень засушливые в 2021 году (ГТК=0,68) и 2023 год (ГТК=0,75).

При проведении лабораторно-полевых исследований коллекционных образцов чечевицы применяли методику государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [11] и методические указания ВИР по изучению зернобобовых культур [12]. Оценку качества семян проводили на инфракрасном анализаторе «ИнфраЛЮМ ФТ-12».

При анализе полученных результатов использовали рекомендации статистической обработки, изложенные в учебном пособии Б.А. Доспехова [13] , а также пакет прикладных программ Microsoft Excel и SPSS версии PASW Statistics 20.0. Полученные в ходе исследования данные были статистически обработаны методом двухфакторного дисперсионного анализа и описательной статистики.

Результаты и обсуждение. В Омской области часто отмечают значительные колебания температуры воздуха, которая в определенные периоды онтогенеза растений может превышать 35ºС, и неравномерность выпадения осадков [14]. В связи с этим из коллекции чечевицы необходимо отобрать образцы, характеризующиеся стабильностью продолжительности вегетационного периода по годам.

Равномерные осадки в 2021 году благоприятно повлияли на рост и развитие растений чечевицы. Продолжительность вегетационного периода в этом году составила 64…80 суток, при величине этого показателя у стандарта 74 суток (табл. 1). В 2022 году, наоборот, продолжительные ливневые дожди (до 103,2 мм в месяц) выпавшие во второй части лета (начиная с июля), привели к увеличению продолжительности периода с начала цветения чечевицы до уборки. У образцов коллекционного питомника чечевицы период вегетации в этом году составил 70…92 суток. Продолжительность вегетации стандарта составила 81 сутки. Благодаря обильным осадкам во второй половине мая 2023 года отмечали дружные всходы. Но недостаточное количество осадков в последующие фазы вегетации чечевицы (начиная с июня) привели к сокращению межфазных периодов развития растений, ускорив тем самым созревание. В этой связи продолжительность периода вегетации коллекционных образцов в этот год варьировала от 58 до 74 суток, у стандарта – 65 суток. В среднем за три года продолжительность вегетации стандарта достигала 73 суток. В сравнении со стандартом Аида самыми скороспелыми оказались образцы: к–2692 (на 9 сут.), Розовосемянная (на 7 сут.), Чернушереаса (на 5 сут.).

Таблица 1 – Продолжительность периода вегетации лучших коллекционных образцов тарелочной чечевицы, сут.

Образец	Всходы–цветение			Цветение–созревание			Всходы–созревание		
	2021 год	2022 год	2023 год	2021 год	2022 год	2023 год	2021 год	2022 год	2023 год
Аида, стандарт	41	49	43	33	32	22	74	81	65
Шырайлы	39	43	38	37	34	23	76	77	61
Пензенская 14	39	42	40	35	38	28	74	80	68
Розовосемянная	39	42	39	26	29	22	65	71	61
Анфия	38	43	39	33	38	28	71	81	67
к–2692	37	40	36	27	30	22	64	70	58
к–2980	38	45	39	38	38	32	76	83	71
Чернушереаса	39	44	38	29	30	24	68	74	62
Glamis	39	46	41	34	38	28	73	84	69
Sovereing	37	44	38	35	36	26	72	80	64
$НСР_{05}$	2	2	2	1	2	1	1	1	1
Доля фактора генотип, %	29,9			39,5			32,3		
Доля фактора год, %	58,9			50,7			59,8		
Доля взаимодействия генотип×среда, %	8,1			7,2			4,8		
Случайное отклонение, %	3,1			2,7			3,1		

Согласно результатам дисперсионного анализа, что основное влияние на изменчивость продолжительности вегетационного периода (всходы – созревание) оказывают погодные условия (59,8%), доля генотипа и взаимодействия факторов – 32,3 и 4,8% соответственно.

Продуктивность – основной показатель ценности сорта, которая также подвержена воздействию внешний факторов среды [15]. В исследованиях первостепенное внимание было уделено изучению структурных показателей продуктивности. Переменчивость оцениваемых элементов продуктивности (число бобов с растения, масса семян с растения, масса семян с 1 м^2) вызвана преимущественно метеорологическими условиями периода вегетации – 69,2…74,6%. Чечевица – засухоустойчивая культура и наиболее требовательна к влаге в период набухания и прорастания семян. В последующие фазы развития она лучше переносит засуху, чем остальные представители зернобобовых культур [16]. Этим объясняют большое количество бобов, массы семян с растения и 1 м^2 в 2023 году. В связи с высоким запасом продуктивной влаги после зимнего периода 2022-2023 года и высокой засухоустойчивостью культуры продуктивность в 2023 году оказалась выше, чем в другие годы исследований. К тому же, из-за погодных условий культура созрела значительно быстрее, до ливневых дождей, которые наблюдали в сентябре–октябре.

В 2021 году значительная достоверная ($p \leq 0,05$) прибавка по числу бобов на растении, в сравнении со стандартом (43 шт.), отмечена у образца Sovereing – на 15 шт.; Розовосемянная – на 16 шт. В 2022 году наибольшее значение показателя отмечено у образца Розовосемянная – 50 шт., что в 1,7 раз выше, чем у стандарта (30 шт.). В 2023 году у трех образцов количество бобов с растения превышало величину этого показателя у стандарта (46 шт.): Glamis (Канада) – на 9 шт., Sovereing (Канада) и Розовосемянная (РФ, Пензенская обл.) – на 11 шт. (табл. 2).

В 2021 году по массе семян с растения все выделенные образцы достоверно ($p \leq 0,05$) превзошли стандарт, у которого величина этого показателя составляла 1,32 г. Значительная прибавка (210,6…228,8%) отмечена у образцов – Анфия, Sovereing, Розовосемянная. Стоит отметить, что в 2023 году именно эти образцы также превзошли стандарт по продуктивности одного растения на 203,6…215,9%. Метеоусловия 2022 года негативно отразились на продуктивности чечевицы, но некоторые образцы все же показали достоверную прибавку ($p \leq 0,05$) над стандартом (1,29 г) – Sovereing и Пензенская 14 – на 0,67 г, к–2692 – на 0,68 г.

В итоге отобраны образцы коллекции чечевицы, которые в среднем за трехлетний период изучения значительно превзошли стандарт по числу бобов с растения – Розовосемянная (55,3 шт.); массе семян с растения – Sovereing (2,53 г), Розовосемянная (2,55 г); массе семян с 1 м^2 – Sovereing (288,88 г).

Таблица 2 – Компоненты продуктивности лучших коллекционных образцов тарелочной чечевицы

Образец	Число бобов с растения, шт.			Масса семян с растения, г			Масса семян с 1м^2, г		
	2021 год	2022 год	2023 год	2021 год	2022 год	2023 год	2021 год	2022 год	2023 год
Аида, стандарт	43	30	46	1,32	1,29	1,38	150,48	147,06	157,32
Шырайлы	51	35	59	2,51	1,82	2,56	286,14	207,48	291,84
Пензенская 14	48	30	52	2,54	1,96	2,61	289,56	223,44	297,54
Розовосемянная	59	50	57	3,02	1,47	2,98	344,28	167,58	339,72
Анфия	53	36	52	2,78	1,71	2,81	316,92	194,94	320,34
к–2692	47	32	50	2,62	1,97	2,60	298,68	224,58	296,41
к–2980	52	40	50	2,56	1,28	2,61	291,84	145,92	297,54
Чернушереаса	51	43	53	2,51	1,58	2,59	286,14	180,12	295,26
Glamis	54	38	55	2,61	1,72	2,56	297,54	196,08	291,84
Sovereing	58	36	57	2,83	1,96	2,81	322,62	223,44	320,34
$НСР_{05}$	3,51	1,91	3,21	1,15	0,15	1,16	115,66	119,52	116,32
Доля фактора генотип, %	69,2			74,6			72,4		
Доля фактора год, %	9,7			6,8			10,1		
Доля взаимодействия генотип×среда, %	18,3			16,3			15,4		
Случайное отклонение, %	2,8			2,3			2,1		

Превзошедшие по продуктивности стандарт коллекционные образцы были изучены по хозяйственно-биологическим параметрам – длина боба, диаметр семени, его окраска, масса 1000 семян и развариость. Длина боба у лучших образцов варьировала в пределах 12…16 мм (табл. 3). У основной части образцов длина боба была средней и составляла

13–15 мм. Образцы Шырайлы (Казахстан), к–2692 (Россия) и Чернушереаса (Молдова) характеризуются длинным бобом (16…18 мм). Почти у всех выделенных образцов зафиксировано достаточно большой диаметр семени – 7 мм. Окраска преимущественно зеленая, встречаются оттенки зеленого спектра.

Масса 1000 семян у лучших образцов в среднем за три года изучения составляла 47,18…73,21 г. Величину этого показателя у стандарта превысили образцы Анфия (на 11,21 г) и Шырайлы (на 13,14 г). Согласно классификатору СЭВ, лучшие образцы относятся к средней и крупной чечевице (масса 1000 семян от 41 до 80 г) с хорошей разваримостью семян (40…60 минут).

Таблица 3 – Хозяйственно-биологическая характеристика лучших коллекционных образцов тарелочной чечевицы (среднее за 2021–2023 года)

Образец	Длина боба, мм	Характеристики семени			
		диаметр, мм	окраска	масса 1000 семян, г	разваримость
Аида, стандарт	14	7	зелено–желтая	60,07	отличная
Шырайлы	16	5	желто–зеленая	73,21	хорошая
Пензенская 14	15	7	светло–зеленая	61,12	хорошая
Розовосемянная	14	5	зеленая	47,18	хорошая
Анфия	12	7	зеленая	71,34	отличная
к–2692	16	7	желто–зеленая	58,41	отличная
к–2980	14	7	зеленая	52,53	отличная
Чернушереаса	16	7	зеленая	58,16	хорошая
Glamis	14	7	желтая	58,62	хорошая
Sovereing	14	7	зеленая	55,25	хорошая
Среднее значение	14,39	6,6	–	55,81	–
$X_{min}…X_{мах}$	12…16	5…8	–	47,18…71,34	–
$НСР_{05}$	0,98	1,53	–	1,86	–

При оценке технологических показателей семян чечевицы у стандарта содержание жира было на уровне 0,15%, клетчатки – 2,82%, золы – 2,74%, протеина – 26,82%. Определены образцы, значительно превосходившие стандарт по содержанию протеина – Анфия (на 1,82%) и Glamis (на 1,6%), жира – Пензенская 14 (на 0,37%) и к–2980 (на 0,35%), золы – Анфия (на 0,59%) и Чернушереаса (на 0,66%), клетчатки – к–2980 (на 0,3 %) и БЭВ – Шырайлы (на 0,98%) (табл. 4).

Таблица 4 – Биохимический состав семян лучших коллекционных образцов тарелочной чечевицы (среднее за 2021–2023 года)

Образец	Содержание, %				
	жира	клетчатки	золы	протеина	БЭВ
Аида, стандарт	0,15	2,82	2,74	26,82	67,47
Шырайлы	0,45	2,18	2,75	26,17	68,45
Пензенская 14	0,52	3,00	2,62	28,14	65,72
Розовосемянная	0,08	3,03	2,77	26,87	67,25
Анфия	0,17	2,84	3,33	28,63	65,03
к–2692	0,42	2,93	3,14	27,10	66,41
к–2980	0,50	3,12	3,25	28,05	65,08
Чернушереаса	0,12	3,05	3,40	27,18	66,25
Glamis	0,18	2,99	3,00	28,42	65,41
Sovereing	0,38	3,05	3,06	26,52	66,99
Среднее значение	0,31	2,91	3,01	27,39	66,41
$X_{min}…X_{мах}$	0,08…0,52	2,18…3,05	2,74…3,40	26,17…28,63	65,03…68,45
$НСР_{05}$	0,07	0,61	0,01	0,05	0,15

Выводы. Наименьшая продолжительность вегетационного периода отмечена у коллекционных образцов к-2692 (Россия, 64 сут.), Розовосемянная (Россия, 66 сут.)

и Чернушерееаса (Молдова, 68 сут.).

По числу бобов с растения значительно превзошли стандарт и остальные образцы в коллекции Розовосемянная (РФ, Пензенская обл.) – 55,3 шт.; массе семян с растения Sovereing (Канада) – 2,53 г, Розовосемянная (РФ, Пензенская обл.) – 2,55 г; массе семян с $1м^2$ – Sovereing (Канада) – 288,88 г.

В результате хозяйственно-биологической оценки выявлены образцы Шырайлы (Казахстан), к-2692 (Россия) и Чернушерееаса (Молдова), отличающиеся высокой массой 1000 семян (58,16…73,21 г), длиной боба 16…18 мм, диаметром семени 7 мм, хорошей разваримостью (40…60 минут) и преимущественно зеленой окраской семян (редко встречаются оттенки зеленого спектра).

По результатам проведенного биохимического анализа выявлены коллекционные образцы чечевицы с высоким содержанием протеина – Анфия (28,63%) и Glamis (28,42%), жира – Пензенская 14 (0,52%) и к-2980 (0,50%), золы – Анфия (3,33%) и Чернушерееаса (3,40%), клетчатки – к-2980 (3,12%), БЭВ – Шырайлы (68,45%).

Литература

1. Зотиков В. И., Полухин А. А., Грядунова Н. В. Развитие инновационных технологий в растениеводстве на основе селекционных достижений // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 2(46). С. 5–9. doi: 10.24412/2309-348X-2023-2-5-9.

2. Статистическое исследование и прогнозирование рыночной динамики объемов производства продукции сельского хозяйства в России / А. Л. Куленцан, Н. А. Марчук, М. Ю. Ширяев и др. // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2023. № 2(74). С. 94–100. doi: 10.6060/snt.20237402.00010.

3. Dewan Md. F. A, Shams Sh. N. Us., Haque M. A.eview of the Health Benefits of Processed Lentils (Lens culinaris L.) // Legume Science. 2024. Vol. 6, No. 2. URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/leg3.232 (дата обращения: 10.09.2024). doi: 10.1002/leg3.232.

4. Быкова В. А. Производство зерновых и зернобобовых культур в Сибирском федеральном округе в контексте обеспечения продовольственной безопасности // Продовольственная политика и безопасность. 2023. Т. 10. № 3. С. 471–482. doi: 10.18334/ppib.10.3.118249.

5. Маракаева Т. В. Фенотипическая изменчивость селекционных линий чечевицы (Lens culinaris L.) по элементам семенной продуктивности в экологических условиях Омской области // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24. № 1. С. 86–97. doi: 10.32417/1997–4868–2024–24–01–86–97.

6. Технологический потенциал зернобобовых культур / Д. П. Волков, О. С. Башинская, С. А. Зайцев и др. // АгроЭкоИнфо. 2023. № 3(57). URL: https://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/3/st_305.pdf (дата обращения: 10.09.2024). doi: 10.51419/202133305.

7. Das P., Jha G.K., Lama A. Crop Yield Prediction Using Hybrid Machine Learning Approach: A Case Study of Lentil (Lens culinaris Medik.) // Agriculture. 2023. Vol. 13. No. 3. Article 596. URL: https://www.mdpi.com/2077-0472/13/3/596 (дата обращения: 10.09.2024). doi: 10.3390/agriculture13030596.

8. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений / В. И. Зотиков, А. А. Полухин, Н. В. Грядунова и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 4 (36). С. 5–17. doi: 10.24411/2309–348X–2020–11198.

9. Роль генофонда чечевицы (Lens culinaris Medik.) из коллекции зернобобовых культур в решении задач селекции в Азербайджане / К. Б. Шихалиева, М. А. Аббасов, Х. Н. Рустамов и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 2 (26). С. 36–43. doi: 10.24411/2309–348X–2018–10013.

10. Аксенова Ю. В., Шмидт А. Г. Оценка природно-ресурсного потенциала земледельческой территории Омской области // Российская сельскохозяйственная наука. 2024. № 3. С. 8–14. doi: 10.31857/S2500262724030021.

11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. 2019. Вып. 1. 329 с. URL: https:// https://gossortrf.ru/publication/metodiki-po-ksi.php (дата обращения: 23.10.2024).

12. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / сост. Н. И. Корсаков, О. П. Адамова, В. И. Буданова и др.; ВАСХНИЛ, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова. Л.: ВИР, 1975. 59 с.

13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е, стереотип., перепеч. с 5-го изд. М.: Альянс, 2014. 352 с.

14. Маракаева Т. В. Наследуемость продолжительности вегетационного периода гибридами F2 чечевицы в условиях Омской области // Вестник КрасГАУ. 2023. № 10 (199). С. 101–105. doi: 10.36718/1819-4036-2023-10-101-105.

15. Зотиков В. И., Вилюнов С. Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 381–387. doi: 10.18699/VJ21.041.

16. Видовое разнообразие коллекции генетических ресурсов зернобобовых ВИР и его использование в отечественной селекции (обзор) / М. А. Вишнякова, Т. Г. Александрова, Т. В. Буравцева и др. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180. № 2. С. 109–123. doi: 10.30901/2227–8834–2019–2–109–123.

Сведения об авторах:

Маракаева Татьяна Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, e–mail: tv.marakaeva@omgau.org

Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, г. Омск, Россия.

ASSESSMENT OF PLATE LENTIL SAMPLES BY ECONOMIC AND BIOLOGICAL INDICATORS

T. V. Marakaeva

Abstract. The studies were conducted in 2021-2023 in Omsk region to evaluate samples of plate lentils of domestic and foreign selection and to identify sources of economically valuable indicators. The material for the study was

32 samples of large-seeded lentils, the standard being the mid-early Aida variety. The soil of the site is meadow-chernozem, medium-deep, low-humus, medium loamy with an environment close to neutral reaction (pH 6.5). In 2022 slightly arid climatic conditions were noted (HTC = 1.02), in 2021 and 2023 - very arid (HTC = 0.68 and HTC = 0.75, respectively). The preceding crop is spring wheat. Under conditions of significant influence (66.2…74.6%) of weather conditions, the best samples in terms of a set of economic and biological characteristics were identified: k-2692 (Russia, Penza region), Rozovosemyannaya (Russia, Penza region), Sovereing (Canada), Shyraily (Kazakhstan), Anfiya (Russia, Penza region), Glamis (Canada), Penzenskaya 14 (Russia, Penza region), k-2980 (Russia, Leningrad region). The distinguished samples were distinguished by the shortest, in comparison with the standard, duration of the vegetation period by 5…9 days. They also produced, compared to the standard, a significantly higher ($p \leq 0.05$) number of beans per plant (by 9...16 pcs.), seed weight per plant (by 203.8...228.8%), and 1000-seed weight (by 11.31…13.14 g). In addition, they demonstrated a significant superiority over the standard in protein content – 1.60...1.82%, fat – 0.35...0.37%, ash – 0.59...0.66%, fiber – 0.25...0.3%, and NEV – 0.89...0.98%. The bean length was at the standard level (17 mm), the average seed diameter was 7 mm, the peel color was predominantly green, and the seeds cooked well (40…60 minutes). It is advisable to use these samples in the region as sources of valuable traits for breeding high-yielding varieties of lentils.

Key words: plate lentils (Lens culinaris), collection sample, vegetation period, productivity, cooking ability, biochemical analysis.

References

1. Zotikov VI, Polukhin AA, Gryadunova NV. [Development of innovative technologies in crop production based on breeding achievements]. Zernobobovye i krupyanye kultury. 2023; 2(46). 5-9 p. doi: 10.24412/2309-348X-2023-2-5-9.

2. Kulentsan AL, Marchuk NA, Shiryaev MYu. [Statistical study and forecasting of market dynamics of agricultural production volumes in Russia]. Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regionalnoe prilozhenie. 2023; 2(74). 94-100 p. doi: 10.6060/snt.20237402.00010.

3. Dewan Md.F.A, Shams Sh.N.Us, Haque M. A review of the health benefits of processed lentils (Lens culinaris L.). [Internet]. Legume Science. 2024; Vol.6. 2. [cited 2024, September 10]. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/leg3.232. doi: 10.1002/leg3.232.

4. Bykova VA. [Production of grain and leguminous crops in the Siberian Federal District in the context of food security]. Prodovolstvennaya politika i bezopasnost. 2023; Vol.10. 3. 471-482 p. doi: 10.18334/ppib.10.3.118249.

5. Marakaeva TV. [Phenotypic variability of lentil (Lens culinaris L.) breeding lines for seed productivity elements in the ecological conditions of Omsk region]. Agrarnuy vestnik Urala. 2024; Vol.24. 1. 86-97 p. doi: 10.32417/1997–4868–2024–24–01–86–97.

6. Volkov DP, Bashinskaya OS, Zaytsev SA. [Technological potential of leguminous crops]. AgroEkoInfo. 2023; 3 (57). [cited 2024, September 10]. Available from: https://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/3/st_305.pdf. doi: 10.51419/202133305.

7. Das P, Jha GK, Lama A. Crop yield prediction using hybrid machine learning approach: a case study of lentil (Lens culinaris Medik.). [Internet]. Agriculture. 2023; Vol.13. 3. Article 596. [cited 2024, September 10]. Available from: https://www.mdpi.com/2077-0472/13/3/596. doi: 10.3390/agriculture13030596.

8. Zotikov VI, Polukhin AA, Gryadunova NV. [Development of leguminous and cereal crops production in Russia based on the use of selection achievements]. Zernobobovye i krupyanye kultury. 2020; 4 (36). 5-17 p. doi: 10.24411/2309–348X–2020–11198.

9. Shikhalieva KB, Abbasov MA, Rustamov KhN. [The role of the lentil gene pool (Lens culinaris Medik.) of grain legumes collection in solving breeding problems in Azerbaijan]. Zernobobovye i krupyanye kultury. 2018; 2 (26). 36-43 p. doi: 10.24411/2309–348X–2018–10013.

10. Aksenova YuV, Shmidt AG. [Assessment of the natural resource potential of the agricultural territory of Omsk region]. Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2024; 3. 8-14 p. doi: 10.31857/S2500262724030021.

11. [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. 2019; Issue 1. 329 p. [cited 2024, October 23]. Available from: https:// https://gossortrf.ru/publication/metodiki-po-ksi.php.

12. Korsakov NI, Adamova OP, Budanova VI. [Methodological guidelines for studying the grain legumes collection]. VASKhNIL, Vsesoyuz. nauch.-issled. in-t rastenievodstva im.N.I.Vavilova. Leningrad: VIR. 1975; 59 p.

13. Dospekhov BA. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). Izd. 6-e, stereotip., perepech. s 5-go izd. [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). 6th edition, stereotype, reprinted from the 5th edition]. Moscow: Alyans. 2014; 352 p.

14. Marakaeva TV. [Heritability of the vegetation period duration by F2 lentil hybrids in Omsk region]. Vestnik KrasGAU. 2023; 10 (199). 101-105 p. doi: 10.36718/1819-4036-2023-10-101-105.

15. Zotikov VI, Vilyunov SD. [Modern breeding of leguminous and cereal crops in Russia]. Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. 2021; Vol.25. 4. 381-387 p. doi: 10.18699/VJ21.041.

16. Vishnyakova MA, Aleksandrova TG, Buravtseva TV. [Species diversity of the VIR legume genetic resources collection and its use in domestic breeding (review)]. Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii. 2019; Vol.180. 2. 109-123 p. doi: 10.30901/2227–8834–2019–2–109–123.

Authors:

Marakaeva Tatyana Vladimirovna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agronomy, selection and seed production Department, e-mail: tv.marakaeva@omgau.org
Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-56-63
УДК 633.34:633.15(470.4)

ИЗУЧЕНИЕ АГРОЦЕНОЗОВ КУКУРУЗЫ В СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

М. Ю. Михайлова, И. З. Шарафиева, Р. М. Низамов, Р. В. Миникаев, Ф. Ш. Фасхутдинов

Реферат. Исследования проводили с целью оценки продуктивности смешанных посевов кукурузы с другими культурами в Республике Татарстан. Работу выполняли в 2022–2023 года на серой лесной почве с содержанием гумуса 2,1%, подвижного фосфора – 151 мг/кг, калия – 121 мг/кг. Схема опыта предусматривала следующие варианты: фон питания (фактор А) – без удобрений, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$; структура посева (фактор В) – кукуруза (100%), кукуруза (50%) + горох (50%), кукуруза (50%) + соя (50%), кукуруза (50%) + вика (50%), кукуруза (33,3%) + вика (33,3%) + овес (33,3%), кукуруза (50%) + донник (50%). В качестве удобрения вносили азофоску (15:15:15) под предпосевную культивацию. Семена перед посевом смешивали согласно схеме опыта, исходя из рекомендуемых норм для чистых посевов культур: кукурузы – 80 тыс. шт./га, гороха – 1,2 млн. шт./га, сои – 750 тыс. шт./га, вики – 800 тыс. шт./га, овса – 5 млн. шт./га, донника – 6 млн. шт./га. Оптимальное соотношение высоты растений изучаемых смесей отмечали в вариантах кукуруза + горох, кукуруза + вика и кукуруза + вика + овес. Наибольшая в опыте надземная масса зафиксирована на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ в фазе молочной спелости зерна кукурузы в смешанных посевах с горохом – 27,80 т/га. Самую высокую надземную массу второй культуры в смеси формировала соя на фонах $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{45}P_{45}K_{45}$ (по 4,60 т/га). Наиболее высокую урожайность зеленой массы обеспечило внесение $N_{45}P_{45}K_{45}$, дальнейшее увеличение нормы удобрений нецелесообразно. Самая высокая урожайность зеленой массы отмечена в посевах кукуруза + вика + овес (25,50 т/га) и кукуруза + соя (24,80 т/га).

Ключевые слова: кукуруза (*Zea mays*), смешанные посевы, высота растений, площадь листьев, надземная масса, урожайность зеленой массы.

Введение. Повышение продуктивности кормовых угодий – важнейший аспект для обеспечения животноводства высококачественными кормами [1]. Вследствие снижения доли зернофуражных культур, происходит перерасход концентрированных кормов [2]. Доля естественных кормовых угодий в структуре посевных площадей РФ ежегодно уменьшается и составляет 15,6%. Они сильно истощены и нуждаются в коренном улучшении. Высокие затраты на производство кормов, низкая урожайность кормовых культур, невысокое качество производимых кормов, несбалансированность их по питательным компонентам требуют разработки новых технологических приемов в решении возникших проблем в отрасли кормопроизводства [3, 4].

Кукуруза выступает одной из преобладающих культур в структуре посевных площадей кормового клина. Корма, изготавливаемые из кукурузы, включают в рационы крупного рогатого скота. Это и сочный силос, и питательная зеленая масса, и концентрированное зерно в свежем и плющеном виде [5]. Однако чистые кукурузные корма не насыщены белковыми компонентами. Поэтому особенно актуально изучить и подобрать наиболее оптимальное сочетание кукурузы с другими культурами [6, 7, 8]. Агроценоз кукурузы с соей обеспечивает формирование высоких урожаев зеленой массы от 63,25 т/га до 92,23 т/га в зависимости от сроков уборки [9]. Соевые компоненты в разы повышают белковость растительных кормов. При хорошей освещенности посевов выход бобового компонента в смешанных посевах кукурузы с соей повышается [10, 11].

Хорошо удается кукуруза в смеси с горохом. Содержание переваримого протеина в корме из этих культур составляет 221 г/корм. ед. Совместное выращивание обеспечивает стабильные ежегодные урожаи на уровне 40 т/га зеленой массы, благодаря разной реакции кукурузы и гороха на неблагоприятные условия [12, 13].

Для стабилизации урожайности кукурузы в совместном посеве с другими культурами необходимо обеспечить их элементами питания на протяжении всего периода вегетации [14, 15, 16].

Цель исследований – изучить особенности развития агроценозов кукурузы в чистых и смешанных посевах, выявить наиболее приемлемые варианты их смесей в условиях Республики Татарстан.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли в 2022–2023 года в Арском муниципальном районе Республики Татарстан на базе ООО «Агрокомплекс «Ак Барс». Почва опытного участка – серая лесная, содержание гумуса 2,1%, подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – соответственно 151 и 121 мг/кг, pH солевой вытяжки 5,1. Годы проведения исследований по метеорологическим условиям характеризовались как умеренно засушливые. В 2022 году в мае выпало78,4 мм осадков, в июне – 19,3 мм. В июле их количество было близким к норме – 61,61 мм. В августе осадков не выпадало. Держалась жаркая, сухая погода. Температура была выше нормы на 4,2°С. При прорастании семян и в начальные периоды роста и развития культур в 2023 году выпало 47,9 мм осадков. Этого хватило для нормального формирования растений.

В июне их сумма была равна 18,8 мм, в июле – 34,1 мм, в августе – 7,3 мм, в сентябре – 2,1 мм. Количество осадков за всю вегетацию составило 110,1 мм при климатической норме 255 мм.

Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов:

фон питания (фактор А) – без удобрений, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$;

структура посева (фактор В) – кукуруза (100%), кукуруза (50%) + горох (50%), кукуруза (50%) + соя (50%), кукуруза (50%) + вика (50%), кукуруза (33,3%) + вика (33,3%) + овес (33,3%), кукуруза (50%) + донник (50%).

Агротехнические мероприятия в опыте предусматривали основную обработку почвы после уборки предшественника озимой ржи – безотвальная обработка с углублением пахотного слоя (трактор Horsch K-735 + комбинированный агрегат Tiger MT с тяжелой дисковой бороной и глубокорыхлителем). Предпосевную обработку проводили комбинированным культиватором Salford 699. Азофоску (15:15:15) вносили под культивацию разбросным способом согласно схеме опыта. Посев осуществляли 2 мая агрегатом МТЗ 1221 + Great Plains. В опыте выращивали гибрид кукурузы РОСС-140 СВ, сорта гороха Велес, вики Льговская-22, сои Миляуша, овса Рысак и донника Альшеевский. Полная норма высева кукурузы – 80 тыс. шт./га, гороха – 1,2 млн шт./га, сои – 750 тыс. шт./га, вики – 800 тыс. шт./га, овса – 5 млн шт./га, донника – 6 млн. шт./га. Посев был смешанный, то есть семена разных культур предварительно смешивали в необходимых соотношениях. Повторность опыта четырехкратная.

Результаты и обсуждение. Формирование растений в смесях происходит хуже, чем в одновидовых посевах, из-за повышенной конкуренции за свет, тепло, влагу, питательные элементы. Их высота сильно зависела от условий питания (табл. 1).

Таблица 1 – Высота растений по фазам развития в зависимости от фона питания и структуры посева (среднее за 2022–2023 года), см

Фон питания (фактор А)	Структура посева (фактор В)	Фаза развития					
		7…8 листьев		цветение		молочная спелость	
Без удобрений	кукуруза	16,7		105,0		107,0	
	кукуруза+горох	16,3	17,7	102,4	56,0	104,4	67,0
	кукуруза+соя	15,0	16,6	104,2	23,4	107,2	23,4
	кукуруза+вика	15,0	17,4	105,3	48,8	109,3	49,8
	кукуруза+вика+овес	14,3	15,6 17,4	100,7	47,5 89,5	104,7	49,5 99,5
	кукуруза+донник	16,3	5,7	104,3	13,6	107,3	13,6
	среднее	15,6	15,1	103,7	46,5	106,7	50,5
$N_{30}P_{30}K_{30}$	кукуруза	17,2		120,3		122,3	
	кукуруза+горох	17,4	21,3	121,2	58,1	131,2	68,1
	кукуруза+соя	17,6	20,6	123,7	57,5	133,7	58,9
	кукуруза+вика	17,0	19,8	122,9	48,9	132,9	50,9
	кукуруза+вика+овес	16,8	18,7 19,6	121,5	46,7 89,3	129,5	51,7 99,8
	кукуруза+донник	17,0	7,4	120,5	13,7	123,5	13,9
	среднее	17,2	17,9	121,7	52,4	128,9	57,2
$N_{45}P_{45}K_{45}$	кукуруза	18,8		121,7		123,7	
	кукуруза+горох	18,0	8,3	120,7	58,6	130,7	68,6
	кукуруза+соя	18,2	20,8	120,2	23,1	130,2	26,1
	кукуруза+вика	18,8	20,4	119,8	47,9	129,8	57,9
	кукуруза+вика+овес	17,8	18,9 20,0	100,8	46,9 87,8	110,9	56,9 97,8
	кукуруза+донник	18,6	9,7	115,4	13,9	125,4	14,2
	среднее	18,4	16,4	116,4	46,4	125,1	53,6
$N_{60}P_{60}K_{60}$	кукуруза	20,3		116,7		126,7	
	кукуруза+горох	18,8	22,5	122,4	58,9	122,4	68,9
	кукуруза+соя	17,8	21,8	121,7	21,2	131,7	27,2
	кукуруза+вика	20,4	21,7	120,5	46,9	130,5	56,9
	кукуруза+вика+овес	19,2	20,4 23,2	115,2	46,9 89,0	125,2	58,5 96,4
	кукуруза+донник	17,6	10,6	118,7	13,9	128,7	14,6
	среднее	19,0	20,0	119,2	46,1	127,5	53,8
Среднее	кукуруза	18,25		115,93		119,93	
	кукуруза+горох	17,63	17,45	116,68	57,9	122,18	68,15
	кукуруза+соя	17,15	19,95	117,45	31,30	125,70	33,90
	кукуруза+вика	17,80	19,83	117,13	48,13	125,63	53,88
	кукуруза+вика+овес	17,03	18,40 20,05	109,55	47,00 88,90	117,58	54,15 98,38
	кукуруза+донник	17,38	15,7	114,73	10,38	94,40	10,68
$НСР_{05}$	А	0,66	2,03	3,05	8,60	3,51	8,55
	В	0,83	2,48	3,74	10,53	4,31	10,48
	АВ	1,66	4,97	7,48	21,08	8,63	20,95

Чем они были лучше, тем больше величина этого показателя. В одновидовых посевах она была больше, чем в смесях. Высокие растения кукурузы в фазе 7…8 листьев отмечены в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ в смеси ее с соей – 20,4 см. По другим культурам в этот период наибольшая высота была сформирована у гороха на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ в смеси с кукурузой. К фазе цветения кукуруза значительно выросла, и в разы превышала другие культуры. Аналогичная тенденция сохранилась и к фазе молочной спелости. Без внесения удобрений высота кукурузы составила 107,0 см, на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ она увеличились на 15,3 см, $N_{45}P_{45}K_{45}$ – на 16,7 см и $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 19,7 см. Высота растений кукурузы на неудобренном фоне от фазы 7…8 листьев до фазы молочной спелости возросла в 6,5 раза. Внесение минеральных удобрений положительно сказалось на линейном росте и других культур, высеваемых в смеси с кукурузой. Наибольшая высота растений на удобренных фонах питания отмечена у кукурузы в варианте $N_{30}P_{30}K_{30}$ в смеси с соей – 133,7 см. Прибавка, в сравнении с фоном без применения удобрений, составила 26,5 см, а в чистом посеве кукурузы на том же фоне питания – 11,4 см. Анализ полученных результатов показал существенную разницу между высотой кукурузы и донника однолетнего. Донник не выдерживает конкуренции с кукурузой. Отзывчивость донника на внесенные удобрения также небольшая. В удобренных вариантах высота донника увеличилась на 0,3 см ($N_{30}P_{30}K_{30}$), на 0,6 см ($N_{45}P_{45}K_{45}$) и на 1,0 см ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Оптимальное соотношение высоты кукурузы и другого компонента смеси отмечено в вариантах кукуруза + горох, кукуруза + вика и кукуруза + вика + овес (высота основной культуры в два раза больше гороха, вики и овса).

Формирование надземной массы коррелирует с нормами внесенных минеральных удобрений (табл. 2).

Таблица 2 – Динамика формирования надземной массы в зависимости от фона питания и структуры посева (среднее за 2022–2023 года), т/га

Фон питания (фактор А)	Структура посева (фактор В)	Фаза развития					
		7…8 листьев		цветение		молочная спелость	
Без удобрений	кукуруза	0,90		11,20		16,90	
	кукуруза +горох	1,00	1,40	9,40	2,10	11,6	3,00
	кукуруза +соя	0,90	1,34	10,80	2,80	15,4	3,40
	кукуруза+вика	1,10	1,50	11,00	1,90	15,0	2,20
	кукуруза+вика+овес	0,80	1,40 1,50	11,10	1,92 2,7	16,1	2,10 2,90
	кукуруза+донник	0,80	0,60	8,80	0,98	12,40	1,00
	среднее	0,92	1,29	10,38	2,07	14,57	2,43
$N_{30}P_{30}K_{30}$	кукуруза	1,20		11,40		17,30	
	кукуруза+горох	1,30	1,50	10,90	2,50	16,90	3,40
	кукуруза+соя	1,20	1,35	11,20	2,80	17,20	3,10
	кукуруза+вика	1,10	1,60	11,30	2,10	16,30	2,30
	кукуруза+вика+овес	1,00	1,60 1,50	11,20	2,10 2,73	16,20	3,00 3,40
	кукуруза +донник	1,10	0,80	9,30	1,00	17,60	1,10
	среднее	1,15	1,39	10,88	2,21	16,92	2,72
$N_{45}P_{45}K_{45}$	кукуруза	1,40		12,70		24,30	
	кукуруза +горох	1,20	1,40	11,20	2,60	22,10	3,20
	кукуруза +соя	1,10	1,35	11,60	2,90	23,50	4,10
	кукуруза +вика	1,30	1,62	11,60	2,10	22,80	2,30
	кукуруза+вика+овес	0,90	1,64 1,58	11,50	2,00 2,76	21,30	2,20
	кукуруза +донник	1,10	0,84	10,60	1,00	21,70	1,20
	среднее	1,17	1,41	11,53	2,23	22,62	2,60
$N_{60}P_{60}K_{60}$	кукуруза	1,60		11,40		27,90	
	кукуруза +горох	1,30	1,60	12,40	2,60	27,80	3,30
	кукуруза +соя	1,50	1,36	12,10	3,10	27,50	4,60
	кукуруза +вика	1,00	1,67	11,80	2,15	26,90	2,30
	кукуруза+вика+овес	1,10	1,70 1,60	12,10	2,10 2,76	27,10	3,10 3,76
	кукуруза +донник	1,40	0,86	9,80	1,20	27,60	1,50
	среднее	1,32	1,47	11,60	2,32	27,47	3,09
Среднее	кукуруза	1,28		11,68		21,60	
	кукуруза +горох	1,20	1,48	10,98	2,45	19,60	3,23
	кукуруза +соя	1,18	1,35	11,43	2,90	20,90	3,80
	кукуруза +вика	1,13	1,60	11,43	2,06	20,25	2,28
	кукуруза+вика+овес	0,95	1,59 1,55	11,48	2,03 2,74	20,18	2,60 2,52
	кукуруза +донник	1,10	1,55	9,63	1,05	19,83	1,20
$НСР_{05}$	А	0,07	0,12	0,38	0,27	1,94	0,36
	В	0,08	0,14	0,46	0,33	2,37	0,44
	АВ	0,17	0,29	0,93	0,67	4,75	0,88

В фазе 7…8 листьев надземная масса кукурузы по фонам питания составила 0,90 т/га (без удобрений), 1,20 т/га ($N_{30}P_{30}K_{30}$), 1,40 т/га ($N_{45}P_{45}K_{45}$), 1,60 т/га $N_{60}P_{60}K_{60}$). Другие культуры в смеси с кукурузой также положительно отзывались на улучшение условий питания. Наибольшая в опыте надземная масса кукурузы в смеси с другими культурами отмечена в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ кукуруза + соя – 1,50 т/га. Хорошая надземная масса на начальном этапе развития культур была сформирована при возделывании вики и овса (1,60 и 1,70 т/га) на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$. Но при этом масса кукурузы в этом варианте составила 1,10 т/га. Надземная масса кукурузы выше там, где меньше надземная масса другой культуры в смеси.

В фазе цветения надземная масса кукурузы увеличилась в 9…10 раз, по сравнению с первой учетной фазой развития. Наибольшая в опыте надземная масса у кукурузы в этой фазе сформировалась на фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 12,70 т/га. Дальнейшее увеличение нормы минеральных удобрений не оказало положительного эффекта на количество надземной массы кукурузы, возделываемой как отдельно, так и в смешанных посевах с другими культурами.

Наибольшая в опыте надземная масса по всем изучаемым культурам была сформирована в фазе молочной спелости у кукурузы. Прибавка от внесенных минеральных удобрений в чистых ее посевах составила 0,4 т/га ($N_{30}P_{30}K_{30}$), 7,4 т/га ($N_{45}P_{45}K_{45}$) и 11,0 т/га ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Максимальная в опыте надземная масса в смешанных посевах у кукурузы была выявлена в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ кукуруза + горох – 27,80 т/га. При этом самая высокая надземная масса другой культуры была получена у сои в вариантах $N_{60}P_{60}K_{60}$ (4,60 т/га) и $N_{45}P_{45}K_{45}$ (4,60 т/га). Также хорошую надземную массу формирует горох и вика с овсом.

Площадь листьев существенно зависит от условий питания и наличия конкуренции с другой культурой за свет, тепло, влагу, питание (табл. 3).

Таблица 3 – Площадь листовой поверхности в зависимости от фона питания и структуры посева (среднее за 2022–2023 года), тыс. м^2/га

Фон питания (фактор А)	Структура посева (фактор В)	Фаза развития					
		7…8 листьев		цветение		молочная спелость	
Без удобрений	кукуруза	4,99		19,58		24,80	
	кукуруза +горох	5,55	24,6	19,55	37,30	22,60	26,90
	кукуруза +соя	5,00	23,7	19,50	38,40	24,50	31,00
	кукуруза+вика	5,51	20,0	18,00	23,40	23,00	25,50
	кукуруза+вика+овес	5,30	20,0 12,3	19,30	23,40 15,60	24,30	24,90 15,90
	кукуруза+донник	4,80	5,60	18,80	10,50	19,80	16,50
	среднее	5,19	17,70	19,12	24,77	23,17	23,45
$N_{30}P_{30}K_{30}$	кукуруза	5,94		24,80		30,68	
	кукуруза+горох	6,10	24,30	24,10	38,50	30,10	31,90
	кукуруза+соя	6,00	24,80	21,00	37,90	31,00	33,10
	кукуруза+вика	6,51	20,80	23,80	24,60	30,30	25,90
	кукуруза+вика+овес	6,30	20,80 12,10	24,50	24,60 16,80	29,80	25,90 16,80
	кукуруза +донник	5,90	4,90	24,90	10,90	30,90	16,40
	среднее	6,13	17,95	23,85	25,55	30,46	25,00
$N_{45}P_{45}K_{45}$	кукуруза	7,65		29,40		38,60	
	кукуруза +горох	7,68	24,20	35,15	37,80	38,20	27,40
	кукуруза +соя	6,51	23,20	34,71	38,40	38,50	34,40
	кукуруза +вика	7,41	20,80	32,00	24,20	38,37	25,80
	кукуруза+вика+овес	7,30	20,80 12,10	29,60	24,20 14,70	40,99	25,60 14,70
	кукуруза +донник	6,80	5,10	29,90	11,30	39,10	16,30
	среднее	7,23	17,70	31,79	25,10	38,96	24,03
$N_{60}P_{60}K_{60}$	кукуруза	8,43		34,14		44,94	
	кукуруза +горох	8,58	24,30	39,30	38,90	42,92	36,30
	кукуруза +соя	8,51	25,50	36,38	38,70	45,54	32,10
	кукуруза +вика	8,51	21,60	35,15	25,60	42,58	26,30
	кукуруза+вика+овес	8,50	21,60 12,40	34,71	25,50 15,70	48,38	26,40 15,70
	кукуруза +донник	8,62	5,30	36,38	11,30	46,61	16,50
	среднее	8,53	18,45	36,01	25,95	45,16	25,55
Среднее	кукуруза	6,75		26,98		34,76	
	кукуруза +горох	6,98	24,35	29,53	38,13	33,46	30,63
	кукуруза +соя	6,51	24,30	27,90	38,35	34,89	32,65
	кукуруза +вика	6,99	20,80	27,24	24,45	33,56	25,88
	кукуруза+вика+овес	6,85	20,80 12,23	27,03	24,43 15,70	35,87	25,70 15,78
	кукуруза +донник	6,53	5,23	27,50	11,00	34,10	16,43
$НСР_{05}$	А	0,66	2,80	2,86	4,16	3,42	2,86
	В	0,81	3,44	3,50	5,09	4,20	3,52
	АВ	1,62	6,86	6,99	10,19	8,38	7,04

Наибольшее значение площади листьев в начальные этапы развития было получено в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ кукуруза + донник 8,62 тыс. м^2/га. Однако максимальному значению площади листьев у кукурузы соответствует небольшая величина площади листьев другой культуры. У донника площадь листьев в этом варианте составила только 5,30 тыс. м^2/га. Отмечено постепенное увеличение площади листьев у кукурузы в чистом посеве с увеличением нормы внесенных минеральных удобрений. Если в контрольном варианте площадь листьев составила 4,99 тыс. м^2/га, то на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ она увеличилась на 0,95 тыс. м^2/га, на фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$ – на 2,65 тыс. м^2/га и на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 3,44 тыс. м^2/га. В смеси с другими культурами площадь листьев у кукурузы также увеличивалась. Вероятнее всего в связи с появлением конкуренции от другой культуры листья кукурузы вытягиваются. Тем более на ранних этапах онтогенеза габитус кукурузы меньше габитуса других культур. Наибольшая площадь в этой фазе была сформирована у сои на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 25,50 тыс. м^2/га. Площадь листьев у кукурузы в этом варианте была в три раза меньше.

К фазе цветения площадь листьев кукурузы увеличилась в 3…4 раза и была самой высокой в варианте кукуруза + горох на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 39,30 тыс. м^2/га и у гороха – 38,90 тыс. м^2/га.

К молочной спелости зерна у кукурузы площадь листьев основной культуры увеличивалась, а у других культур в смеси с кукурузой площадь листьев уменьшалась, вследствие созревания и подсыхания нижних ярусов листьев. Отмечена также положительная тенденция увеличения площади листьев кукурузы и других культур на удобренных фонах. Наибольшей в опыте по всем культурам она была на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Положительное влияние минеральных удобрений на высоту растений, формирование надземной массы и площади листьев сказалось на формировании урожайности зеленой массы (табл. 4).

Таблица 4 – Урожайность зеленой массы в зависимости от фона питания и структуры посева (среднее за 2022–2023 года), т/га

Фон питания (фактор А)	Структура посева (фактор В)	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности, т/га	
			от удобрений	от подбора культуры
Без удобрений	кукуруза	15,80	-	-
	кукуруза +горох	14,81	-	-0,99
	кукуруза +соя	14,93	-	-0,87
	кукуруза+вика	14,89	-	-0,91
	кукуруза+вика+овес	14,78	-	-1,02
	кукуруза+донник	13,80	-	-2,00
	среднее	14,84	-	-0,96
$N_{30}P_{30}K_{30}$	кукуруза	20,80	5,00	-
	кукуруза +горох	20,50	5,69	-0,30
	кукуруза +соя	24,50	9,57	3,70
	кукуруза+вика	23,60	8,71	2,80
	кукуруза+вика+овес	24,70	9,92	3,90
	кукуруза+донник	15,80	2,00	-5,00
	среднее	21,65	6,81	0,85
$N_{45}P_{45}K_{45}$	кукуруза	21,40	5,60	-
	кукуруза +горох	24,00	9,19	2,60
	кукуруза +соя	24,80	9,87	3,40
	кукуруза+вика	23,90	9,01	2,50
	кукуруза+вика+овес	25,50	10,72	4,10
	кукуруза+донник	18,70	4,90	-2,70
	среднее	23,05	8,21	1,65
$N_{60}P_{60}K_{60}$	кукуруза	22,60	6,80	-
	кукуруза +горох	24,20	9,39	1,60
	кукуруза +соя	24,80	9,87	2,20
	кукуруза+вика	24,10	9,21	1,50
	кукуруза+вика+овес	25,00	10,22	2,40
	кукуруза+донник	18,70	4,90	-3,90
	среднее	23,23	8,39	0,63
Среднее	кукуруза	20,15	4,35	-
	кукуруза +горох	20,88	6,07	0,73
	кукуруза +соя	22,26	7,33	2,11
	кукуруза+вика	21,62	6,73	1,47
	кукуруза+вика+овес	22,50	7,72	2,35
	кукуруза+донник	16,75	2,95	-3,40
	среднее	20,69	5,85	0,54
$НСР_{05}$	А	0,87		
	В	1,15		
	АВ	5,50		

Урожайность кукурузы в чистом посеве в варианте без удобрений составляла 15,80 т/га. В смешанных посевах она была ниже чистого посева на 0,99 т/га в смеси кукуруза + горох, на 0,87 т/га – в смеси кукуруза + соя, на 0,91 т/га – в смеси кукуруза + вика, на 1,02 т/га – в смеси кукуруза + вика + овес и на 2,00 т/га меньше в смеси кукуруза + донник. Самая низкая в опыте урожайность зеленой ассы кукурузы была зафиксирована в смеси с донником (13,80 т/га), а самая высокая – в смеси с соей (14,93 т/га). На фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ прибавка урожайности кукурузы в чистом посеве составила 5,00 т/га. В смешанных посевах урожайность зеленой массы была выше, чем в чистом посеве: в варианте кукуруза + соя прибавка составила 3,70 т/га, в варианте кукуруза + вика – 2,80 т/га, а в варианте кукуруза + вика + овес – 3,90 т/га. Смешанные посевы кукурузы с горохом и донников отличались меньшей урожайностью зеленой массы, чем в чистом посеве.

Прибавка урожайности от внесения $N_{30}P_{30}K_{30}$ составляла 2,00…9,57 т/га. Наибольшая отзывчивость культур на минеральные удобрения в этой дозе отмечена в варианте кукуруза + вика + овес (прибавка урожайности зеленой массы составила 9,92 т/га).

От применения $N_{45}P_{45}K_{45}$ прибавка урожая зеленой массы составляла 4,90…10,72 т/га. Самые высокие в опыте урожайность и прибавка урожая к неудобренному варианту на том фоне удобрений отмечены в смешанных посевах кукуруза + вика + овес (соответственно 25,50 и 10,72 т/га), а самые низкие – в смеси кукуруза + донник (18,70 и 4,90 т/га). Наибольшая в опыте прибавка урожайности от возделывания кукурузы в смеси с другими культурами была выявлена также в варианте кукуруза + вика + овес – 4,10 т/га. Урожайность зеленой массы кукурузы в чистых посевах составляла 21,40 т/га. Только при выращивании кукурузы с донником зафиксировано снижение урожайности, по сравнении с чистым посевом, на 2,70 т/га.

Значительного прироста урожайности при увеличении нормы внесенных удобрений до $N_{60}P_{60}K_{60}$ не произошло. В сравнении с фоном $N_{45}P_{45}K_{45}$ урожайность в чистом посеве возрастала на 1,20 т/га, а в смешанных посевах урожайность увеличивалась на этом фоне питания лишь в вариантах кукуруза + горох и кукуруза + вика на 0,20 т/га. В остальных смесях она оставалась на прежнем уровне. Затраты на применение $N_{60}P_{60}K_{60}$ не соизмеримы со стоимостью прибавки урожайности, по отношению к фону $N_{45}P_{45}K_{45}$.

Выводы. В условиях серых лесных почв Республики Татарстан совместный посев кукурузы с другими культурами на удобренных фонах питания обеспечивают некоторое увеличение высоты растений, особенно в смеси с соей. При этом близкое к оптимальному соотношение высоты растений разных видов достигается в вариантах кукуруза + горох, кукуруза + вика и кукуруза + вика + овес. Наибольшая в опыте надземная масса отмечена в фазе молочной спелости зерна на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ в смешанных посевах кукуруза + горох – 27,80 т/га. При этом самая высокая надземная масса другого компонента смеси выявлена у сои в вариантах $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{45}P_{45}K_{45}$ (по 4,60 т/га). По формированию самого большого листового аппарата выделена смесь кукурузы с соей и горохом на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ в фазе молочной спелости зерна. По силе влияния на урожайность зеленой массы отмечен вариант $N_{45}P_{45}K_{45}$. Максимальный в опыте сбор зеленой массы зафиксирован в смешанном посеве кукуруза + вика + овес (25,50 т/га) и кукуруза + соя (24,80 т/га). Дальнейшее увеличение нормы внесения минеральных удобрений нецелесообразно.

Литература

1. Роль многолетних бобовых трав в биологизации земледелия и развитии кормопроизводства Дальнего Востока / Е.П. Иванова, В.А. Чувилина, О.И. Хасбиуллина и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 10. С. 41-46.

2. Кадоркина В. Ф., Шевцова М. С. Использование однолетних и многолетних агрофитоценозов кормовых культур в полевом кормопроизводстве юга Средней Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2019. № 2 (51). С. 82–89. doi: 10.31677/2072-6724-2019-51-2-82-89.

3. Аветисян А. Т., Федосеев Е. В. Поедаемость кормовых культур чистых и смешанных посевов в зависимости от видового состава растений // Вестник КрасГАУ. 2016. № 3 (114). С. 100–114.

4. Оценка питательности различных видов кормов, заготовленных из кукурузы, в зависимости от уровня химизации и почвенного покрова Республики Татарстан / И. Ф. Яхин, Р. Х. Габитов, С. В. Сочнева и др. // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 4 (8). С. 53–60. doi: 10.12737/2782-490X-2024-53-60.

5. Дуборезов И.В., Косолапов А.В., Дуборезов В.М. Урожайность и питательность вегетативной массы силосных культур // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 3. С. 14-18.

6. Михайлова М. Ю., Таланов И. П. Питательная ценность гибридов кукурузы при возделывании на зеленую массу // Аграрная наука. 2016. № 4. С. 9–11.

7. Продуктивность кукурузы Росс 140 в зависимости от уровня химизации зональных почв республики Татарстан / Ф. Н. Сафиоллин, М. М. Хисматуллин, А. А. Лукманов и др. // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2023. № 115. С. 199–223. doi: 10.19047/0136-1694-2023-115-199-223.

8. Potential of corn hybrids of universal use / M. Yu. Mikhailova, R. V. Minikaev, F. Sh. Faskhutdinov, et al. // BIO Web of Conferences. 2022. Vol. 52. P. 00085. URL:https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/pdf/2022/11/bioconf_fies2022_00085.pdf (дата обращения 11.10.2024). doi: 10.1051/bioconf/20225200085.

9. Тимошкин О. А., Ерютина Е. П. Урожайность зелёной массы кукурузы и сои в одновидовых и смешанных посевах // Кормопроизводство. 2023. № 7. С. 27–31. doi: 10.25685/KRM.2023.7.2023.005.

10. Совместные посевы полевых культур, обеспечивающие устойчивое производство

высококачественных кормов / Ш. М. Абасов, И. Я. Шишхаев, М. Ш. Абасов и др. // Тенденции развития науки и образования. 2018. № 45-6. С. 54–57. doi: 10.18411/lj-12-2018-138.

11. Пути интенсификации кормопроизводства в Красноярском крае / Л. П. Байкалова, Ю. Ф. Едимеичев, В. А. Колесников и др. // Вестник КрасГАУ. 2018. № 5 (140). С. 102–108.

12. Урожайность и питательная ценность кукурузы и их смесей для заготовки сочных кормов в условиях Центральной Якутии / Е. С. Пестерева, С. А. Павлова, Г. Е. Захарова и др. // Аграрная наука. 2018. № 9. С. 54–56.

13. Фомин В. Н., Миназов И. Р. Совместные посевы кукурузы с бобовыми культурами в республике Татарстан // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 2. С. 55–57.

14. Влияние некорневых подкормок на формирование генеративных органов у кукурузы / М. Ю. Михайлова, Р. В. Миникаев, М. Ф. Амиров и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 1 (73). С. 12–17. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.

15. Влияние средств химизации на формирование урожая зеленой массы кукурузы с початками молочно -восковой спелости / И. Ф. Яхин, Р. Х. Габитов, М. М. Хисматуллин и др. // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 2 (6). С. 44–51. doi: 10.12737/2782-490X-2023-44-51.

16. Михайлова М. Ю., Миникаев Р. В. Динамика макроэлементов в серой лесной почве под посевами кукурузы на зеленую массу в условиях Предволжья Республики Татарстан при внесении повышенных доз минеральных удобрений // Плодородие. 2020. № 3 (114). С. 12–14. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.03.

Сведения об авторах:

Михайлова Марина Юрьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, e-mail: marisha.m.u@mail.ru

Шарафиева Илюса Зульфатовна – аспирант кафедры агрохимии и почвоведения, e-mail: kurbangalieva_1999@mail.ru

Низамов Рустам Мингазизович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: nizamovr@mail.ru

Миникаев Рогать Вагизович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения, e-mail: ragat@mail.ru

Фасхутдинов Фаннур Шаукатович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения, e-mail: ditto1961t@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

STUDY OF CORN AGROCENOSES IN MIXED CROPS ON GRAY FOREST SOILS OF KAMA REGION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

M. Yu. Mikhaylova, I. Z. Sharafieva, R. M. Nizamov, R. V. Minikaev, F. S. Faskhutdinov

Abstract. The studies were conducted to assess the productivity of mixed crops of corn with other crops in the Republic of Tatarstan. The experiment was carried out in 2022-2023 on gray forest soil with a humus content of 2.1%, mobile phosphorus – 151 mg/kg, potassium – 121 mg/kg. The experimental design included the following options: nutrition background (factor A) - no fertilizers, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$; cropping pattern (factor B) - corn (100%), corn (50%) + peas (50%), corn (50%) + soybeans (50%), corn (50%) + vetch (50%), corn (33.3%) + vetch (33.3%) + oats (33.3%), corn (50%) + sweet clover (50%). Azofoska (15:15:15) was applied as fertilizer during pre-sowing cultivation. Before sowing, the seeds were mixed according to the experimental scheme, based on the recommended rates for pure crop sowings: corn - 80 thousand pcs./ha, peas - 1.2 million pcs./ha, soybeans - 750 thousand pcs./ha, vetch - 800 thousand pcs./ha, oats - 5 million pcs./ha, sweet clover - 6 million pcs./ha. The optimal ratio of plant heights of the studied mixtures was noted in the variants corn + pea, corn + vetch and corn + vetch + oats. The highest aboveground mass in the experiment was recorded against the background of $N_{60}P_{60}K_{60}$ in the milky ripeness phase of corn grain in mixed crops with peas - 27.80 t/ha. The highest above-ground mass of the second crop in the mixture was formed by soybeans on the backgrounds of $N_{60}P_{60}K_{60}$ and $N_{45}P_{45}K_{45}$ (4.60 t/ha each). The highest yield of green mass was provided by the application of $N_{45}P_{45}K_{45}$; further increase in the fertilizer rate is impractical. The highest yield of green mass was noted in the crops of corn + vetch + oats (25.50 t/ha) and corn + soybeans (24.80 t/ha).

Key words: corn (*Zea mays*), mixed crops, plant height, leaf area, aboveground mass, yield of green mass.

References

1. Ivanova EP, Chuvilina VA, Khasbiullina O.I. [The role of perennial legumes in the biologization of agriculture and the development of forage production in the Far East]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023; Vol.37. 10. 41-46 p.

2. Kadorkina VF, Shevtsova MS. [Use of annual and perennial agrophytocenoses of forage crops in field forage production in the south of Central Siberia]. Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennuy agrarnuy universitet). 2019; 2 (51). 82-89 p. doi: 10.31677/2072-6724-2019-51-2-82-89.

3. Avetisyan AT, Fedoseev EV. [Palatability of forage crops of pure and mixed crops depending on the species composition of plants]. Vestnik KrasGAU. 2016; 3 (114). 100-114 p.

4. Yakhin IF, Gabitov RKh, Sochneva SV. [Assessment of the nutritional value of various types of feed prepared from corn, depending on the level of chemicalization and soil cover of the Republic of Tatarstan]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2023; 4 (8). 53-60 p. doi: 10.12737/2782-490X-2024-53-60.

5. Duborezov IV, Kosolapov AV, Duborezov VM. [Yield and nutritional value of vegetative mass of silage crops]. Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka. 2022; 3. 14-18 p.

6. Mikhaylova MYu, Talanov IP. [Nutritional value of corn hybrids when cultivating for green mass]. Agrarnaya nauka. 2016; 4. 9-11 p.

7. Safiollin FN, Khismatullin MM, Lukmanov AA. [Productivity of Ross 140 corn depending on the level of chemicalization of zonal soils of the Republic of Tatarstan]. Byulleten Pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva. 2023; 115. 199-223 p. doi: 10.19047/0136-1694-2023-115-199-223.

8. Mikhaylova MYu, Minikaev RV, Faskhutdinov FSh. Potential of corn hybrids of universal use. [Internet]. BIO Web of Conferences. 2022; Vol.52. 00085 p. [cited 2024, October 11]. Available from: https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/pdf/2022/11/bioconf_fies2022_00085.pdf. doi: 10.1051/bioconf/20225200085.

9. Timoshkin OA, Eryutina EP. [Yield of green mass of corn and soybeans in single-species and mixed crops]. Kormoproizvodstvo. 2023; 7. 27-31 p. doi: 10.25685/KRM.2023.7.2023.005.

10. Abasov ShM, Shishkhaev IYa, Abasov MSh. [Joint crops of field crops ensuring sustainable production of high-quality feed]. Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2018; 45-6. 54-57 p. doi: 10.18411/lj-12-2018-138.

11. Baykalova LP, Edimeychev YuF, Kolesnikov VA. [Ways to intensify forage production in Krasnoyarsk Krai]. Vestnik KrasGAU. 2018; 5 (140). 102-108 p.

12. Pestereva ES, Pavlova SA, Zakharova GE. [Yield and nutritional value of corn and their mixtures for harvesting succulent fodder in Central Yakutia]. Agrarnaya nauka. 2018; 9. 54-56 p.

13. Fomin VN, Minazov IR. [Joint crops of corn with legumes in the Republic of Tatarstan]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2012; 2. 55-57 p.

14. Mikhaylova MYu, Minikaev RV, Amirov MF. [The effect of foliar feeding on the formation of generative organs in corn]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol.19. 1 (73). 12-17 p. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.

15. Yakhin IF, Gabitov RKh, Khismatullin MM. [The effect of chemicals on the formation of the yield of green mass of corn with cobs of milky-wax ripeness]. Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie. 2023; 2 (6). 44-51 p. doi: 10.12737/2782-490X-2023-44-51.

16. Mikhaylova MYu, Minikaev RV. [Dynamics of macroelements in gray forest soil under corn crops for green mass in the conditions of Volga region of the Republic of Tatarstan with the application of increased doses of mineral fertilizers]. Plodorodie. 2020; 3 (114). 12-14 p. doi: 10.25680/S19948603.2020.114.03.

Authors:

Mikhaylova Marina Yurevna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: marisha.m.u@mail.ru

Sharafieva Ilyusa Zulfatovna – postgraduate student of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: kurbangalieva_1999@mail.ru

Nizamov Rustam Mingazizovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of General Agriculture, Plant Protection and Breeding Department, e-mail: nizamovr@mail.ru

Minikaev Rogat Vagizovich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: ragat@mail.ru

Faskhutdinov Fannur Shaukatovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: ditto1961t@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-64-69
УДК 631.8

ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТА И МЕТАЛЛОЦЕНА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ

Е. А. Прищепенко, М. М. Хисматуллин, Г. Ф. Рахманова

Реферат. Исследования проводили с целью изучения влияния цеолита и Металлоцена (Cu) совместно с минеральными удобрениями на урожайность и качество картофеля сортов отечественной и зарубежной селекции. Работу выполняли в 2020–2021 годах в Республике Татарстан на серой лесной тяжелосуглинистой почве, которая характеризовалась следующими агрохимическими показателями: гумус – 3,2%, pH_{KCl} – 6,8 ед., $H_г$ – 0,7 мг-экв/100 г, S – 23,12 мг-экв/100 г, $N_{щел.}$ – 84,0 мг/кг, P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – соответственно 143 и 107 мг/кг. При проведении исследования использован рендомизированный проект полного блока с тремя повторениями. Общая площадь опытной делянки составляла 74,7 м^2, учетная – 35 м^2. Схема опыта включала вариант без внесения удобрений (контроль), три фона минеральных удобрений ($N_{100}P_{120}K_{120}$, $N_{120}P_{140}K_{140}$, $N_{140}P_{170}K_{170}$) с добавлением цеолита в дозе 5 т/га, Металлоцена (Cu) в дозе 2 л/га в виде некорневой подкормки в фазе бутонизации или их сочетания. Совместное применение $N_{140}P_{170}K_{170}$, цеолита и Металлоцена (Cu) обеспечило максимальное в опыте повышение урожайности отечественного сорта картофеля Сальса до 28,84 т/га, зарубежного сорта Ароза – до 26,04 т/га, или соответственно в 2,2 и 1,8 раза по отношению к контролю. При этом содержание крахмала увеличилось соответственно с 21,1% до 23,2% и с 21,6% до 25,2%, сухого вещества – с 13,9% до 16,0% и с 14,4% до 18,0%.

Ключевые слова: картофель (*Solanum tuberosum*), урожайность, цеолит, минеральные удобрения, обработка, сорт, бутонизация.

Введение. Устойчивый рост продуктивности сельскохозяйственных культур, невозможен без оптимизации минерального питания растений. С учетом роста стоимости минеральных удобрений, важнейшее практическое значение приобретает разработка приемов, направленных на повышение отдачи от их внесения [1]. Особую значимость решение задачи имеет для одной из важнейших культур – картофеля, клубни которого содержат ценные питательные вещества [2, 3, 4]. По данным ФАО ООН, в среднем за последние годы ежегодное мировое производство картофеля оценивается в 370,4 млн т, а площади посадок достигают 17,34 млн га, Россия выступает одним из мировых лидеров в производстве картофеля [5]. Для Республики Татарстан картофель одна из основных полевых культур, где ежегодное производство клубней за последние годы составляет 0,8…1,2 млн т, но при этом по урожайности культуры значительно уступает развитым странам [6]. Одна из причин этого – недостаточное обеспечение потребности растений в элементах питания, что требует проведения исследований по оптимизации системы удобрения картофеля в рамках общих подходов в разработке эффективной агротехнологии возделывания культуры [7, 8, 9]. Кроме того, удобрения оказывают разностороннее влияние на качественные характеристики и сохранность клубней картофеля [10, 11, 12].

В последние годы все большее значение в системах удобрений сельскохозяйственных культур приобретает использование природных высококремнистых минералов (цеолита, диатомита, опоки, трепела), которые, наряду с прямым удобрительным действием, играют важную роль в повышении отдачи от внесенных минеральных и органических удобрений [13, 14, 15]. К числу таких природных минералов относятся цеолиты, представляющие собой кристаллические алюмосиликаты [16]. В ряде исследований показано, что внесение цеолитов в почву оказывает положительное влияние на растения – повышает урожайность картофеля и качество сельскохозяйственных культур, в том числе вследствие роста эффективности использования питательных веществ из внесенных удобрений. В исследованиях В. А. Борисова [17] установлено, что основное внесение цеолита в дозах 400 и 600 кг/га на фоне полного минерального удобрения повышает урожайность овощных культур на 2…16%.

Картофель положительно реагирует на внесение различных микроудобрений, в том числе содержащих медь. Некорневая подкормка удобрениями, содержащими медь, не только повышает урожайность, но и способствует снижению развития основных листовых болезней картофеля [18, 19]. В последние годы, для некорневой подкормки чаще всего используются хелатные формы микроэлементов, входящие в состав различных комплексных жидких удобрений. К числу таких удобрений относится Металлоцен (Cu), представляющий собой комплекс макро- и микроэлементов в жидкой форме.

В то же время, комплексная оценка эффективности совместного применения минеральных удобрений, цеолита и медьсодержащих препаратов в условиях Предкамья Республики Татарстан не проводилась.

Цель исследований – изучение влияния цеолита и Металлоцена (Cu) совместно с минеральными удобрениями на урожайность и качество картофеля сортов отечественной и зарубежной селекции.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли на опытном поле Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства – Обособленного структурного

подразделения Федерального исследовательского центра Казанского научного центра Российской академии наук (Татарский НИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН) вблизи села Большие Кабаны Лаишевского муниципального района Республики Татарстан в 2020–2022 годах.

Для закладки опыта использовали цеолит Татарско-Шатрашанского месторождения Республики Татарстан, Металлоцен (Cu) – удобрение с комплексом макро- и микроэлементов в водорастворимой, легкодоступной для растений форме.

Опыт закладывали на серой лесной тяжелосуглинистой почве со следующими агрохимическими характеристиками: содержание гумуса – 3,2%; pH_{KCl} – 6,8; $H_г$ – 0,7 мг-экв/100 г; $S_{ПО}$ – 23,1 мг-экв/100 г; $N_{щел.}$ – 84,0 мг/кг; подвижные (по Кирсанову) P_2O_5 и K_2O – соответственно 143 и 107 мг/кг.

Химический состав цеолита Татарско-Шатрашанского месторождения РТ, %: SiO_2 – 65,8; CaO – 17,2; Al_2O_3 – 6,19; Fe_2O_3 общ. – 2,65; MgO – 1,45; K_2O – 1,43; TiO_2 – 0,35; Na_2O – 0,16; P_2O_5 – 0,13. Минеральный состав: клиноптилолит – 20,0…30,0, монтмориллонит – 20,0…30,0, опал-кристобалит –28,0…36,7, кальцит –10,6…21,0, кварц – 4,6…11,3%.

Металлоцен (Cu) – жидкое комплексное хелатное удобрение для некорневого внесения с содержанием действующих веществ, г/л: N (общий) – 41,4 г/л; P_2O_5 (водорастворимый) – 60,6 г/л; K_2O (водорастворимый) – 76,2 г/л; Cu – 335,9 г/л.

В качестве объектов исследований выступали сорт картофеля отечественной селекции Сальса (ТатНИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН) и сорт зарубежной селекции Ароза (Solana Deutschland GMBH & CO KG, Hamburg, Germany).

Схема полевого опыта включала следующие варианты: без удобрений (контроль); $N_{100}P_{120}K_{120}$ – фон 1; фон 1 + некорневая обработка растений Металлоценом (Cu) в фазе бутонизации; фон 1 + внесение цеолита в почву; фон 1 + внесение цеолита в почву + некорневая обработка растений Металлоценом (Cu) в фазе бутонизации; $N_{120}P_{140}K_{140}$ – фон 2; фон 2 + некорневая обработка растений Металлоценом (Cu) в фазе бутонизации; фон 2 + внесение цеолита в почву; фон 2 + внесение цеолита в почву + некорневая обработка растений Металлоценом (Cu) в фазе бутонизации; $N_{140}P_{170}K_{170}$ – фон 3; фон 3 + некорневая обработка растений Металлоценом (Cu) в фазе бутонизации; фон 3 + внесение цеолита в почву; фон 3 + внесение цеолита в почву + некорневая обработка растений Металлоценом (Cu) в фазе бутонизации».

В качестве минеральных удобрений (фон) применяли диаммофоску и аммиачную селитру. Удобрения вносили перед посевом под культивацию. Цеолит фракции 1,0 мм вносили из расчета 5 т/га. Некорневую подкормку растений картофеля проводили жидким комплексным удобрением Металлоцен (Cu) из расчета 2 л/га.

Опыт закладывали в 2020 и 2021 годах. в трехкратной повторности с рандомизированным размещением вариантов. Общая площадь делянки составляла 74,7 $м^2$, учетная – 35 $м^2$.

Содержание крахмала и сухого вещества в клубнях определяли по ГОСТ 7194-81. Статистический анализ полученных данных осуществляли с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2019. Для оценки значимости различий между вариантами опыта был применен дисперсионный анализ (*Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.*).

Результаты и обсуждение. Внесение удобрений в почву и некорневая подкормка оказали влияние на формирование урожая картофеля сорта Сальса (табл. 1).

Во всех вариантах с внесением удобрений урожайность картофеля была значительно выше, чем в контроле. С увеличением нормы внесения минеральных удобрений урожайность картофеля увеличивается. Так, в среднем за 2 года исследований при внесении $N_{140}P_{170}K_{170}$ (фон 3) она была на 7,87 т/га выше, чем при использовании $N_{100}P_{120}K_{120}$ (фон 1), и на 5,53 т/га выше, чем на фоне $N_{120}P_{140}K_{140}$ (фон 2). Внесение цеолита в почву оказывает положительное влияние на всех фонах применения минеральных удобрений. На первом фоне использования удобрений рост составил 6,08 т/га, на втором – 4,39 т/га, на третьем – 2,00 т/га. Проведение некорневой подкормки медьсодержащим удобрением Металлоцен (Cu) в сочетании с внесением в почву NPK привело к увеличению урожайности картофеля в среднем за два года на первом фоне на 1,89 т/га, на втором – на 1,11 т/га, на третьем – на 1,60 т/га. При сочетании всех трех приемов (использование минеральных удобрений, внесение цеолита, проведение подкормки Металлоценом (Cu)) урожайность, по сравнению с внесением только минеральных удобрений, на первом фоне выросла на 7,00 т/га, на втором – на 5,06 т/га, на третьем – на 2,53 т/га. Максимальная урожайность на сорте Сальса была отмечена на фоне $N_{140}P_{170}K_{170}$ с внесением цеолита и проведением некорневой обработки Металлоценом (Cu) в фазе бутонизации (28,84 т/га), которая по отношению к контролю выросла в 2,23 раза, а к соответствующему фону минеральных удобрений на 9,62 %. Ключевыми показателями качества картофеля выступают содержание крахмала и сухого вещества в клубнях, характеризующие его лежкость при хранении, внешний вид, пищевые качества и др. Согласно полученным данным (рис. 1), сорт Сальса характеризуется высоким содержанием крахмала – 21,1 … 23,2 % и сухого вещества – 13,9…16,0%.

Таблица 1 – Урожайность клубней картофеля сорта Сальса, т/га

Вариант	2020 год	2021 год	Средняя за 2 года	Прибавка к контролю
Контроль (без удобрений)	16,05	10,95	13,50	
$N_{100}P_{120}K_{120}$ (фон 1)	21,47	15,41	18,44	4,94
Фон 1+ Металлоцен (Cu)	22,62	18,04	20,33	6,83
Фон 1+ цеолит	27,63	21,40	24,52	11,02
Фон 1 + цеолит + Металлоцен (Cu)	28,48	22,40	25,44	11,94
$N_{120}P_{140}K_{140}$ (фон 2)	24,74	16,82	20,78	7,28
Фон 2 + Металлоцен (Cu)	25,06	18,71	21,89	8,39
Фон 2 + цеолит	28,21	22,12	25,17	11,67
Фон 2 + цеолит + Металлоцен (Cu)	28,76	22,91	25,84	12,34
$N_{140}P_{170}K_{170}$ (фон 3)	29,50	23,12	26,31	12,81
Фон 3 + Металлоцен (Cu)	32,31	23,50	27,91	14,41
Фон 3 + цеолит	32,80	23,82	28,31	14,81
Фон 3 + цеолит + Металлоцен (Cu)	33,67	24,01	28,84	15,34
$НСР_{05}$	0,86	0,84		

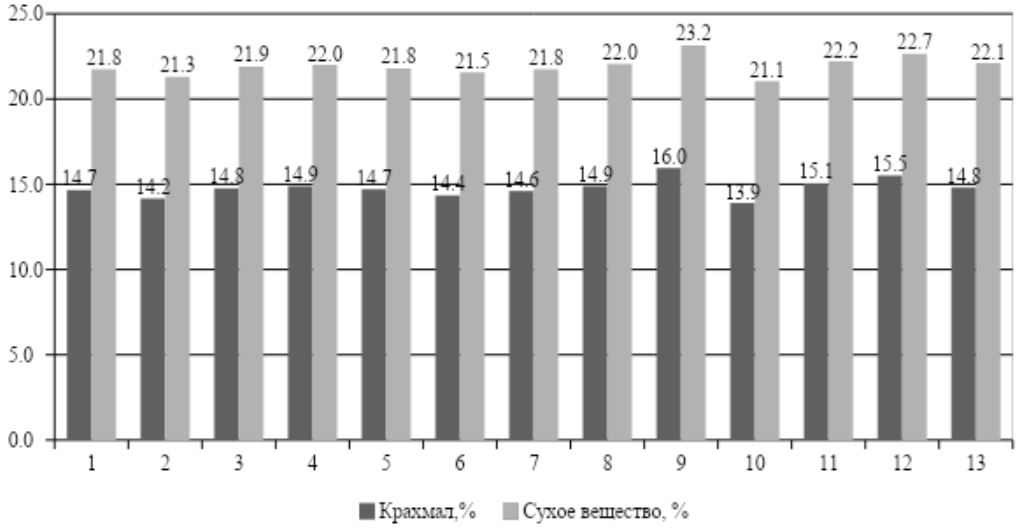


Рис. 1 – Содержание крахмала ($НСР_{95}$ – 0,7) и сухого вещества ($НСР_{95}$ – 0,7) в клубнях картофеля сорта Сальса: 1 – контроль; 2 – $N_{100}P_{120}K_{120}$ – (фон 1); 3 – фон 1 + Металлоцен (Cu); 4 – фон 1 + цеолит; 5 – фон 1 + цеолит + Металлоцен (Cu); 6 – $N_{120}P_{140}K_{140}$ (фон 2); 7 – фон 2 + Металлоцен (Cu); 8 – фон 2 + цеолит; 9 – фон 2 + цеолит + Металлоцен (Cu); 10 – $N_{140}P_{170}K_{170}$ (фон 3); 11 – фон 3 + Металлоцен (Cu); 12 – фон 3 + цеолит; 13 – фон 3 + цеолит в почву + Металлоцен (Cu)

На зарубежном сорте картофеля Ароза рост урожайности к контролю от внесения только минеральных удобрений на первом фоне составил 5,00 т/га, на втором – 6,85 т/га, на третьем – 9,71 т/га (табл. 2). Увеличение нормы внесения минеральных удобрений с $N_{100}P_{120}K_{120}$ (фон 1) до $N_{140}P_{170}K_{170}$ (фон 3) обеспечивало рост урожайности лишь на 4,71 т/га. При сравнении с результатами по отечественному сорту Сальса, можно заключить, что последний показал увеличение нормы внесения минеральных удобрений.

Рост урожайности от дополнительного внесения цеолита на первом фоне минеральных удобрений составил 2,23 т/га, на втором – 2,46 т/га, на третьем – 1,44 т/га, а при сочетании NPK и подкормки Металлоценом (Cu) – соответственно 1,32, 0,66 и 0,79 т/га.

Наибольшая в опыте урожайность картофеля сорта Ароза была получена на фоне $N_{140}P_{170}K_{170}$ с комплексным внесением цеолита и проведением некорневой обработки Металлоценом (Cu) в фазе бутонизации – 26,04 т/га, которая превышала значения в контрольном варианте в 1,8 раза.

Согласно полученным данным, сорт характеризуется высоким содержанием крахмала – 21,6…25,2% и сухого вещества – 14,4…18% (рис. 2). Применение повышенных доз минеральных удобрений привело к снижению

содержания крахмала и сухого вещества в клубнях картофеля сорта Ароза, что связано с мощным развитием ботвы, более поздним ее отмиранием, а, следовательно, с замедленным оттоком питательных веществ в клубни ко времени уборки.

Таблица 2 – Урожайность клубней картофеля сорта Ароза, т/га

Вариант	2020 год	2021 год	Средняя за 2 года	Прибавка к контролю
Контроль (без удобрений)	18,75	10,16	14,46	
$N_{100}P_{120}K_{120}$ (фон 1)	22,99	14,00	18,50	5,00
Фон 1 + Металлоцен (Cu)	24,21	15,43	19,82	6,32
Фон 1 + цеолит	25,30	16,15	20,73	7,23
Фон 1 + цеолит + Металлоцен (Cu)	26,00	16,51	21,26	7,76
$N_{120}P_{140}K_{140}$ (фон 2)	24,90	15,80	20,35	6,85
Фон 2 + Металлоцен (Cu)	25,70	16,32	21,01	7,51
Фон 2 + цеолит	28,64	18,30	23,47	9,97
Фон 2 + цеолит + Металлоцен (Cu)	29,24	19,10	24,17	10,67
$N_{140}P_{170}K_{170}$ (фон 3)	28,31	18,11	23,21	9,71
Фон 3 + Металлоцен (Cu)	28,99	19,00	24,00	10,50
Фон 3 + цеолит	29,57	19,72	24,65	11,15
Фон 3 + цеолит + Металлоцен (Cu)	30,56	21,51	26,04	12,54
$НСР_{05}$	1,05	1,02		

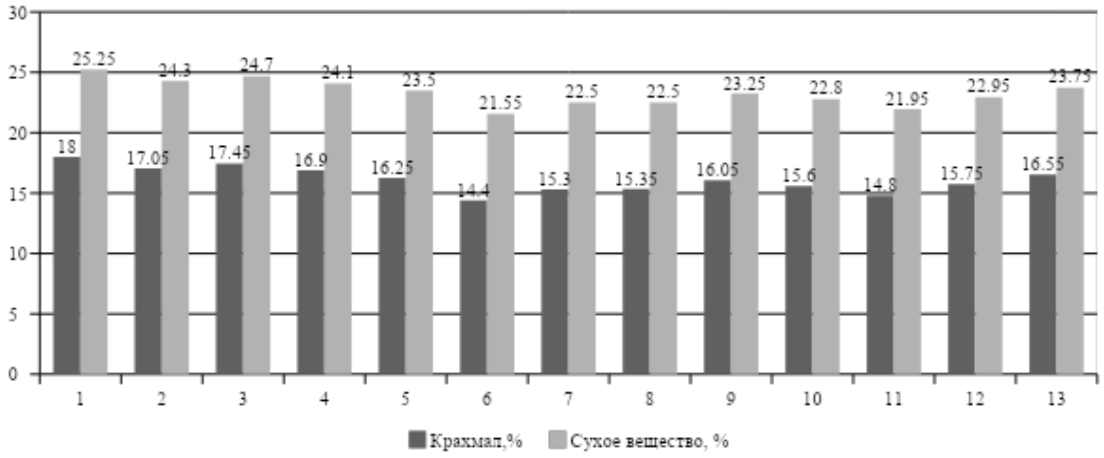


Рис. 2 – Содержание крахмала ($НСР_{95}$ – 0,6) и сухого вещества ($НСР_{95}$ – 0,6) в клубнях картофеля сорта Ароза

Выводы. На серой лесой тяжелосуглинистой почве Предкамья Республики Татарстан отечественный сорт картофель Сальса обладает более высокой отзывчивостью на внесение высоких доз минеральных удобрений, цеолита и проведение некорневой подкормки Металлоценом (Cu), в сравнении с зарубежным сортом Ароза. Наибольшая урожайность обоих сортов формируется при комплексном использовании перечисленных агрохимикатов. Самой высокой она была на фоне $N_{140}P_{170}K_{170}$ при выращивании сорта Ароза – 26,04 ц/га, сорта Сальса – 28,84 т/га, что больше, чем в контроле, на 12,54 и 15,34 ц/га соответственно.

Литература

1. Обоснование и определение параметров бороздообразователя картофелесажалки / М. Н. Калимуллин, Д. Т. Халиуллин, И. Х. Гайфуллин, Р. Р. Хамитов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 3(67). С. 84-89. – doi: 10.12737/2073-0462-2022-84-89.

2. Gearan E. C., Fox M. K. Updated Nutrition Standards Have Significantly Improved the Nutritional Quality of School Lunches and Breakfasts // Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2020. Vol. 120. No. 3. P. 363–370.

3. The potato and its contribution to the human diet and health / G. Burgos, T. Zum Felde, C. Andre, et al. // The Potato Crop. Cham (Switzerland): Springer, 2020. P. 37–74.

4. Действие органических и минеральных удобрений и их сочетание при внесении под картофель на черноземах Закамья Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. И. Гараев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 2(74). С. 39-43. – doi: 10.12737/2073-0462-2024-39-43.

5. Variation and genetic basis of mineral content in potato tubers and prospects for genomic selection / J. Pandey, S. Gautam, D. C. Scheuring, et al. // Front Plant Sci. 2023. Vol. 14. P. 1–14. URL: https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1301297/full. doi: 10.3389/fpls.2023.1301297 (дата обращения: 18.07.2024).

6. Lindstrom K., Mousavi S. A. Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia // Microb Biotechnology. 2020. Vol. 13. No. 5. P. 1314–1335.

7. Mineral-Ecological Cropping Systems-A New Approach to Improve Ecosystem Services by Farming without Chemical Synthetic Plant Protection / B. Zimmermann, I. Claß-Mahler, M. Cossel, et al. // Agronomy. 2021. Vol. 11. P. 1710. URL: https://www.mdpi.com/2073-4395/11/9/1710 (дата обращения: 18.07. 2024). doi: 10.3390/agronomy11091710.

8. Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений повышают стрессоустойчивость культур // Защита и карантин растений. 2015. № 2. С 13–14.

9. Байбеков Р.Ф., Коваленко А.А., Забугина Т.М. Эффективность систем удобрения картофеля на дерново-подзолистой почве разной степени окультуренности // Земледелие. 2021. № 8. С. 23-27.

10. Роль сорта и защитных мероприятий при возделывании картофеля в Зауралье / В. А. Задворнев, И. Н. Порсев, В. В. Половникова и др. // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 1 (41). С. 12–18.

11. Плотников А.А., Иванчик В.А. Влияние применения различных доз минеральных удобрений на урожайность и качество клубней картофеля на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах Костромской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 5. С. 33-36.

12. Чагин В.В., Чагин В.В. Влияние удобрений на продуктивность, качество и сохранность картофеля в период хранения в степной зоне Хакасии // Земледелие. 2022. № 1. С. 23-25.

13. Захарова М. Н., Рожкова Л. В., Ушакова Е. Ю. Влияние доз минеральных удобрений и сроков скашивания ботвы на выход семенного картофеля // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 4. С. 58–60.

14. Куликова А. Х. Влияние цеолита и удобрений на его основе на урожайность кукурузы и баланс элементов питания в черноземе выщелоченном под ее посевами / А. Х. Куликова, А. В. Карпов, М. С. Черкасов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2(62). С. 69-75. – doi: 10.18286/1816-4501-2023-2-69-75

15. Эффективность цеолита и цеолита, обогащенного аминокислотами, в качестве удобрения проса / А. Х. Куликова, Е. А. Яшин, А. С. Ромашкин, А. В. Козлов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3(59). С. 76-82. – doi: 10.18286/1816-4501-2022-3-76-82.

16. Ramesh K., Reddy D. D. Chapter four - zeolites and their potential uses in agriculture // Advances in Agronomy. D. L. Sparks, Academic Press. 2011. Vol. 113. No. 2. P. 219–241.

17. Борисов В. А. Применение цеолитов в овощеводстве // Картофель и овощи.2019.№ 8(112).С.110–149.

18. Сравнительная оценка сортов среднераннего картофеля, выращенного в условиях Юга Тюменской области / Н. О. Ренев, М. В. Ренева, Е. С. Родина и др. // Агропродовольственная политика России. 2024. № 1(109). С. 44–52.

19. Эффективность нового медьсодержащего фунгицида против возбудителя фитофтороза картофеля / С.Н. Нековаль, А.В. Беляева, А.Е. Садовая и др.// Достижения науки и техники АПК.2020.Т.34.№11.С.48-52.

Сведения об авторах:

Прищепенко Елена Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, агроном-мелиоратор, e-mail: pea77@list.ru

Хисматуллин Марс Мансурович – доктор сельскохозяйственных наук, директор, e-mail: rezi-lmet@yandex.ru Управления «Приволжскмелиоводхоз», Казань, Россия

Рахманова Гульнара Фанисовна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических и микробиологических методов, e-mail: gulnara_rakhmanova@mail.ru Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр РАН», Казань, Россия

INFLUENCE OF ZEOLITE AND METALLOCENE ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF POTATOES

E. A. Prischepenko, M. M. Khismatullin, G. F. Rakhmanova

Abstract. The studies were conducted to study the effect of zeolite and metallocene (Cu) together with mineral fertilizers on productivity and quality of potatoes of domestic and foreign varieties. The work was carried out in 2020-2021 in the Republic of Tatarstan on gray forest heavy loamy soil, which was characterized by the following agrochemical indicators: humus - 3.2%, pHKCl - 6.8 units, Hg - 0.7 mg-eq/100 g, S - 23.12 mg-eq/100 g, Nalkaline. – 84.0 mg/kg, P2O5 и K2O (according to Kirsanov) – 143 and 107 mg/kg, respectively. A randomized complete block design with three replications was used in the study. The total area of the experimental plot was 74.7 m2, the accounting one was 35 m2. The experimental design included a variant without fertilizer application (control), three backgrounds of mineral fertilizers (N100P120K120, N120P140K140, N140P170K170) with the addition of zeolite at a dose of 5 t/ha, metallocene (Cu) at a dose of 2 l/ha as foliar feeding in the budding phase, or a combination of these. The combined use of N140P170K170, zeolite and metallocene (Cu) provided the maximum increase in the yield of the domestic potato variety Salsa to 28.84 t/ha, and the foreign variety Arosa to 26.04 t/ha, or 2.2 and 1.8 times, respectively, compared to the control. At the same time, the starch content increased from 21.1% to 23.2% and from 21.6% to 25.2%, respectively, dry matter from 13.9% to 16.0% and from 14.4% to 18.0%.

Key words: potato (Solanum tuberosum), yield, zeolite, mineral fertilizers, processing, variety, budding.

References

1. Kalimullin MN, Khaliullin DT, Gayfullin IKh, Khamitov RR. [Justification and determination of the parameters of the furrow former of the potato planter]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 3(67). 84-89 p. – doi: 10.12737/2073-0462-2022-84-89.

2. Gearan EC, Fox MK. Updated nutrition standards have significantly improved the nutritional quality of school lunches and breakfasts. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2020; Vol.120. 3. 363-370 p.

3. Burgos G, Zum Felde T, Andre C. The potato and its contribution to the human diet and health. The Potato Crop. Cham (Switzerland): Springer. 2020; 37-74 p.

4. Shaykhutdinov FSh, Serzhanov IM, Garaev RI. [The effect of organic and mineral fertilizers and their combination when applied to potatoes on chernozems of Kama region of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol.19. 2(74). 39-43 p. – doi: 10.12737/2073-0462-2024-39-43.

5. Pandey J, Gautam S, Scheuring DC. Variation and genetic basis of mineral content in potato tubers and prospects for genomic selection. [Internet]. Front Plant Sci. 2023; Vol.14. 1-14 p. [cited 2024, July 18]. Available from: https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1301297/full. doi: 10.3389/fpls.2023.1301297.

6. Lindstrom K, Mousavi SA. Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. Microb Biotechnology. 2020; Vol.13. 5. 1314-1335 p.

7. Zimmermann B, Claß-Mahler I, Cossel M. Mineral-ecological cropping systems-a new approach to improve ecosystem services by farming without chemical synthetic plant protection. [Internet]. Agronomy. 2021; Vol.11. 1710 p. [cited 2024, July 18]. Available from: https://www.mdpi.com/2073-4395/11/9/1710. doi: 10.3390/agronomy11091710.

8. Vakulenko VV. [Plant growth regulators increase crop stress resistance]. Zashchita i karantin rasteniy. 2015; 2.13-14 p.

9. Baybekov RF, Kovalenko AA, Zabugina TM. [Efficiency of potato fertilization systems on sod-podzolic soils of different degrees of cultivation]. Zemledelie. 2021; 8. 23-27 p.

10. Zadvornev VA, Porsev IN, Polovnikova VV. [The role of variety and protective measures in potato cultivation in the Urals]. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2022; 1 (41). 12-18 p.

11. Plotnikov AA, Ivanchik VA. [Effect of the use of different doses of mineral fertilizers on the yield and quality of potato tubers on sod-podzolic light loamy soils of Kostroma region]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020; Vol.34. 5. 33-36 p.

12. Chagin VV, Chagin VV. [The influence of fertilizers on the productivity, quality and safety of potatoes during storage in the steppe zone of Khakassia]. Zemledelie. 2022; 1. 23-25 p.

13. Zakharova MN, Rozhkova LV, Ushakova EYu. [The influence of mineral fertilizer doses and timing of tops mowing on the yield of seed potatoes]. Vestnik Rossiyskoy selskokhozyaystvennoy nauki. 2020; 4. 58-60 p.

14. Kulikova AKh, Karpov AV, Cherkasov MS. [Effect of zeolite and fertilizers based on it on corn yield and nutrient balance in leached chernozem under its crops]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2023; 2(62). 69-75 p. – doi: 10.18286/1816-4501-2023-2-69-75

15. Kulikova AKh, Yashin EA, Romashkin AS, Kozlov AV. [Efficiency of zeolite and zeolite enriched with amino acids as a fertilizer for millet]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2022; 3(59). 76-82 p. – doi: 10.18286/1816-4501-2022-3-76-82.

16. Ramesh K, Reddy DD. Chapter four - zeolites and their potential uses in agriculture. Advances in Agronomy. D. L. Sparks, Academic Press. 2011; Vol.113. 2. 219-241 p.

17. Borisov VA. [Use of zeolites in vegetable growing]. Kartofel i ovoshchi. 2019; 8 (112). 110-149 p.

18. Renev NO, Reneva MV, Rodina ES. [Comparative assessment of mid-early potato varieties grown in the south of Tyumen region]. Agroprodovolstvennaya politika Rossii. 2024; 1(109). 44-52 p.

19. Nekoval SN, Belyaeva AV, Sadovaya AE. [Efficiency of a new copper-containing fungicide against the causative agent of potato late blight]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020; Vol.34. 11. 48-52 p.

Authors:

Prischepenko Elena Aleksandrovna – Ph.D. of Agricultural sciences, agronomist-reclamation specialist, e-mail: pea77@list.ru

Khismatullin Mars Mansurovich – Doctor of Agricultural sciences, director, e-mail: rezi-almet@yandex.ru

Federal State Budgetary Institution of the Administration “Privolzhskmeliovodkhoz”, Kazan, Russia

Rakhmanova Gulnara Fanisovna – Ph.D. of Agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of Molecular-genetic and microbiological methods, e-mail: gulnara_rakhmanova@mail.ru

Federal Research Center of Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-70-74
УДК 631.816:633.14

СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО БЕЛКА В ЗЕРНЕ И ВАЛОВОЙ СБОР БЕЛКА С УРОЖАЕМ ЗЕРНА ПРИ РАЗНЫХ СХЕМАХ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД РОЖЬ ОЗИМУЮ (*SECALE CEREALE* L.)

Н. А. Петровцева, Е. Н. Пасынкова

Реферат. Эффективное использование почвенного азота озимой рожью предположительно требует наличия источника легкодоступного калия, особенно в фазе весеннего кущения. Цель исследований – изучить содержание белка в зерне озимой ржи и валовой сбор белка с урожаем зерна при разных схемах внесения аммонийной и калийной селитры для совершенствования системы применения удобрений под культуру. Работу выполняли в 2019–2021 года в Ленинградской области на растениях озимой ржи сорта Эврика. Почва – дерново-подзолистая суглинистая. Содержание гумуса – 2,0…2,3%, pH солевой вытяжки – 5,2…5,5, содержание подвижного минерального азота – 12…15 мг/кг, подвижного калия и фосфора (по Кирсанову) – соответственно 80…100 мг/кг и 180…200 мг/кг. Вносимая за вегетацию норма удобрений составляла 0 (контроль), 30, 60 или 90 кг/га по действующему веществу азоту. При каждой норме удобрений изучали влияние наличия или отсутствия калия (фактор А), а также способов и сроков внесения удобрения (фактор В – дробное осенью и весной с калием, дробное без калия, единовременное весной с калием, единовременное без калия). Содержание общего белка в зерне варьировало от 9,29 до 12,30% абсолютно сухого вещества и практически не зависело от количества, вида и времени внесения удобрений, а определялось метеоусловиями года. Валовой сбор белка изменялся от 136,6 до 462,5 кг/га и прямо определялся урожайностью культуры (коэффициент корреляции составлял 0,97…0,99), при этом в каждом году наибольший валовой сбор белка (150…195% к контролю) отмечали в вариантах с калийной селитрой.

Ключевые слова: аммонийная селитра, калийная селитра, азот, нитрат, протеин, урожайность, минеральные удобрения, рожь озимая (*Secale cereale* L.).

Введение. Озимая рожь – одна из важнейших зерновых культур, особенно ценная своей способностью произрастать практически при любых почвенно-климатических условиях. На дерново-подзолистых почвах Северо-Западного региона РФ озимая рожь обеспечивает наибольший сбор протеина среди всех зерновых культур [1], при этом биологическая ценность зерна ржи для питания людей и домашних животных сегодня подтверждается многими исследованиями [2, 3, 4]. При том, что рожь известна способностью к весьма эффективному использованию почвенного азота [5], она также характеризуется очень высоким биологическим выносом калия [6]. Показано, что на эффективное потребление растениями азота существенное влияние оказывает бездефицитное калийное состояние почвы [7]. Поэтому достаточное количество калия в легкодоступной форме может выступать лимитирующим фактором для озимой ржи. Но калийные удобрения традиционно применяют только под основную обработку осенью, хотя новейшие исследования показывают, что в таком случае калий в больших количествах связывается почвой, переходя в труднодоступную для растений форму, причем процесс усиливается с увеличением дозы вносимых удобрений [8, 9, 10]. При этом установлено, что озимая рожь наиболее интенсивно поглощает и азот, и калий в фазе весеннего кущения [11], что наводит на предположение о целесообразности именно весеннего внесения удобрений.

Цель исследования – изучить содержание белка в зерне озимой ржи и валовой сбор белка с урожаем зерна при разных схемах внесения аммонийной и калийной селитры для оптимизации применения удобрений под озимую рожь.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли в 2019–2021 года на опытном поле Ленинградского НИИСХ «Белогорка» (Ленинградская область). Объект – растения озимой ржи сорта Эврика, включенного в госреестр РФ в 2021 году и допущенного к использованию по Северо-Западному региону Российской Федерации. Почва опытного поля – дерново-подзолистая суглинистая с глубиной пахотного слоя 20…25 см. Содержание гумуса – 2,0…2,3%, pH солевой вытяжки – 5,2…5,5, содержание подвижного минерального азота – 1,2…1,5 мг/100 г, подвижного калия (по Кирсанову) – 8…10 мг/100 г, подвижного фосфора – 18…20 мг/100 г почвы.

Посев культуры и внесение удобрений в форме NH_4NO_3 и KNO_3 проводили, как описано ранее [12]. В качестве источника калия в эксперименте использовали калийную селитру, отличную от аммонийной селитры лишь катионом, чтобы избежать дополнительного влияния других макроэлементов, кроме азота и калия. Удобрения применяли в сухом виде дробно (осенью и весной) или единовременно (весной), нормы внесения – N_0 (контроль), N_{30}, N_{60} и N_{90}. При каждой норме удобрений изучали влияние наличия или отсутствия калия (фактор А – без калия, с калием), а также способов и сроков внесения удобрения (фактор В – дробное осенью и весной с калием, дробное без калия, единовременное весной с калием, единовременное без калия). При дробном внесении осенняя доза составляла 1/3 (в виде аммонийной или калийной селитры), весенняя – 2/3 (в виде аммонийной селитры) от общей

нормы азота. При единовременном внесении весной в вариантах с калием использовали смесь калийной и аммонийной селитры в соотношении 1:2 по действующему веществу азоту, в вариантах без калия – одну аммонийную селитру.

Закладку опытов и статистическую обработку результатов осуществляли согласно общепринятым методикам.

Осенне-зимний период 2018–2019 года характеризовался теплой затяжной осенью, обычной в последнее время для Ленинградской области. Снеговой покров установился только в конце ноября при незначительном промерзании почвы. В середине февраля почва под снегом полностью оттаяла, что приводило к гибели части растений от выпревания. Погодные условия весны и начала лета были обычными, июль выдался холодным и чрезмерно дождливым, что привело к полеганию части растений.

Осенне-зимний период 2019–2020 года отличался ранним наступлением холодов – после 15 сентября среднесуточная температура не превышала 9,5°С. Однако зима была необычайно теплой, с большим количеством осадков, без устойчивого снегового покрова, что сопровождалось вымыванием питательных веществ из почвы и гибелью части растений от вымокания. Погодные условия в весенне-летний период в целом соответствовали обычным для Ленинградской области.

В осенне-зимний период 2020–2021 года отмечена теплая затяжная осень – снеговой покров установился в середине декабря. Летний период отличался жаркой и очень сухой погодой, ГТК за период от цветения до уборки урожая составил 0,3.

Результаты и обсуждение. Различия между вариантами по содержанию общего белка в зерне в пределах одной нормы удобрений в первый год исследований были статистически недостоверными (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание общего белка в зерне ржи озимой, % на абсолютно сухое вещество

Способ внесения удобрения (фактор В)	Вид удобрения (фактор А)								
	N_{30}			N_{60}			N_{90}		
	без К	с К	λ_B	без К	с К	λ_B	без К	с К	λ_B
2019 год (в контроле – 11,37)									
дробное	11,36	11,37	11,37	11,03	11,22	11,13	10,71	11,07	10,89
единовременное	11,39	11,42	11,41	11,32	11,31	11,32	11,24	11,13	11,19
λ_A	11,38	11,40	$НСР_{05}$= 0,33	11,18	11,27	$НСР_{05}$= 0,31	10,98	11,10	$НСР_{05}$= 0,35
2020 год (в контроле – 9,67)									
дробное	9,87	9,60	9,74	9,53	9,33	9,43	9,48	10,41	9,95
единовременное	9,66	9,36	9,51	9,56	9,29	9,43	10,18	10,02	10,10
λ_A	9,77	9,48	$НСР_{05}$= 0,43	9,55	9,31	$НСР_{05}$= 0,30	9,83	10,22	$НСР_{05}$= 0,39
2021 год (в контроле – 11,95)									
дробное	12,06	12,05	12,06	12,02	12,08	12,05	11,90	11,87	11,89
единовременное	11,91	11,87	11,89	11,90	12,30	12,10	11,71	11,98	11,85
λ_A	11,99	11,96	$НСР_{05}$= 0,31	11,96	12,19	$НСР_{05}$= 0,31	11,81	11,93	$НСР_{05}$= 0,20
Среднее за три года (в контроле – 11,00)									
дробное	11,10	11,01	11,06	10,86	10,88	10,87	10,70	11,12	10,91
единовременное	11,00	10,94	10,97	10,93	10,97	10,95	11,04	11,04	11,04
λ_A	11,05	10,98	$НСР_{05}$= 0,40	10,90	10,93	$НСР_{05}$= 0,30	10,87	11,08	$НСР_{05}$= 0,45

При этом содержание белка в зерне в среднем по вариантам при N_{30} оставалось на уровне контроля (11,39%), а при N_{60} и N_{90} было несколько ниже (11,22% и 11,04% соответственно). Вероятно, это стало следствием погодных условий – в июле, на который полностью приходится фенофаза «налив зерна», количество выпавших осадков заметно превысило месячную норму, а температура воздуха оказалась значительно ниже нормы при ГТК = 1,7. Дополнительное внесение азота в средней и высокой дозе при хорошей увлажненности почвы способствовало усилению ростовых процессов, тогда как температура была недостаточно благоприятной для процессов накопления белка.

При N_{30} и N_{60} различия в содержании общего белка в зерне в разных вариантах в 2020 году также были недостоверными – возможно, при низкой и средней дозах удобрений при активном росте в благоприятных условиях года количества питательных элементов было

недостаточно для эффективного накопления белка растениями вне зависимости от времени внесения и вида удобрений. При этом в варианте с N_{30} содержание общего азота в среднем по фонам оставалось на уровне контроля (9,62%), с N_{60} было несколько ниже контроля (9,43%) – по-видимому, средняя обеспеченность азотом способствовала усилению роста растений, но оказалась недостаточной для адекватного увеличения накопления белка.

В варианте с N_{90} среднее по фонам содержание белка в зерне превышало контроль (10,02%), при достоверной разнице между дробным внесением одной аммонийной селитры и дробным внесением смеси аммонийной и калийной селитр. В первом случае содержание белка в зерне было наименьшим при рассматриваемой дозе азота, во втором – наибольшим. Вероятное объяснение следует искать также в особенностях погодных условий. Зима была очень теплой, без устойчивого снегового покрова, с большим количеством осадков в виде дождя. Это приводило к вымыванию нитратного азота – известно, что нитраты характеризуются слабой способностью к поглощению почвами [13] – и накопление белка растениями в варианте с дробным внесением аммонийной селитры оказалось сниженным. В то же время, в варианте с добавлением калийной селитры повышенные дозы калия могли способствовать более эффективному потреблению растениями азота, и при общей более низкой урожайности содержание белка в зерне оказалось максимальным. Положительное влияние высоких доз калия на процессы потребления растениями азота было показано для озимой пшеницы, а также для культурного агроценоза в многолетнем стационарном опыте [7]. В вариантах с единовременным весенним внесением удобрений при отсутствии дефицита питательных веществ накопление белка в зерне было одинаковым вне зависимости от вида используемых удобрений.

Валовой сбор белка прямо определялся урожаем зерна (r = 0,99) и в 2019 году был максимальным при N_{90}, а именно – в вариантах с совместным использованием аммонийной и калийной селитры, как при дробном, так и при единовременном внесении удобрений (табл. 2).

Стоит отметить, что в целом содержание белка в зерне в 2020 году оказалось ниже, чем в предыдущем году, однако валовой сбор белка с урожаем зерна был значительно выше вследствие более высокой урожайности растений благодаря сложившимся благоприятным погодным условиям, максимальный – при N_{90} при единовременном весеннем внесении удобрений, как и в предыдущем году, в варианте с совместным использованием аммонийной и калийной селитры. Коэффициент корреляции валового сбора белка с урожайностью по зерну положителен и составляет 0,97.

Таблица 2 - Валовой сбор белка с урожаем зерна ржи озимой, кг/га

Способ внесения удобрения (фактор В)	Вид удобрения (фактор А)								
	N_{30}			N_{60}			N_{90}		
	без К	с К	λ_B	без К	с К	λ_B	без К	с К	λ_B
2019 год (в контроле – 224,4)									
дробное	246,5	241,6	244,1	265,9	255,5	260,7	257,2	336,1	296,7
единовременное	230,9	249,8	240,4	265,8	288,8	277,3	260,9	317,0	289,0
λ_A	238,7	245,7	$НСР_{05}$= 4,3	265,9	272,2	$НСР_{05}$= 5,1	259,1	326,6	$НСР_{05}$= 5,8
2020 год (в контроле – 237,4)									
дробное	309,3	259,7	284,5	354,8	339,9	347,4	404,6	364,4	384,5
единовременное	303,6	280,0	291,8	373,0	340,9	357,0	399,9	462,5	431,2
λ_A	306,5	269,9	$НСР_{05}$= 5,0	363,9	340,4	$НСР_{05}$= 4,8	402,3	413,5	$НСР_{05}$= 4,5
2021 год (в контроле – 136,6)									
дробное	182,0	221,6	201,8	228,6	256,7	242,7	201,9	225,7	213,8
единовременное	180,8	152,6	166,7	183,8	179,0	181,4	184,0	187,2	185,6
λ_A	181,4	187,1	$НСР_{05}$= 5,1	206,2	217,9	$НСР_{05}$= 4,5	193,0	206,5	$НСР_{05}$= 4,9
Среднее за три года (в контроле – 199,5)									
дробное	245,9	241,0	243,5	283,1	284,0	283,6	287,9	308,7	298,3
единовременное	238,4	227,5	233,0	274,2	269,6	271,9	281,6	322,2	301,9
λ_A	242,2	234,3	$НСР_{05}$= 7,9	278,7	276,8	$НСР_{05}$= 11,7	284,8	315,5	$НСР_{05}$= 8,7

В условиях жаркого и сухого лета 2021 года (ГТК периода от начала цветения до уборки урожая – 0,3) содержание белка в зерне оказалось наибольшим за три рассматриваемых года, при этом валовой сбор белка был наименьшим из-за низкой урожайности растений. Различий в содержании белка в зерне между вариантами не наблюдалось, также отличия от контроля были весьма незначительны (в среднем по вариантам содержание белка составляло 11,97, 12,08 и 11,87% при N_{30}, N_{60} и N_{90} соответственно) – вероятно потому, что основным лимитирующим развитие растений фактором являлась влагообеспеченность, и при ограниченной биомассе отсутствие конкуренции за питательные вещества позволяло растениям накапливать максимально возможное количество белка в зерне при любой дозе удобрений. Наибольшая урожайность и, соответственно, наибольший валовой сбор белка отмечали не при N_{90}, как в предыдущие годы, а при N_{60}, причем – в вариантах с дробным внесением удобрений, что можно объяснить общеизвестным угнетающим действием высоких доз удобрений, особенно вносимых в один прием, при недостаточном увлажнении почвы. При этом вариант совместного использования аммонийной и калийной селитр снова оказался более продуктивным, чем внесение одной аммонийной селитры. Коэффициент корреляции валового сбора белка с урожайностью по зерну положителен и составляет 0,99.

Выводы. Содержание белка в зерне озимой ржи при каждой рассмотренной дозе азота мало зависело от вида и способа внесения изучаемых удобрений, небольшие достоверные различия между вариантами отмечали лишь в 2020 году при N_{90}. Кроме того, в пределах одного года не было заметных различий по содержанию белка в зерне между удобренными вариантами и контролем вне зависимости от количества внесенных удобрений. В целом величина этого показателя определялась метеоусловиями года.

Валовой сбор белка с зерном зависел от урожайности культуры. При этом выявлено положительное влияние подкормок калийной селитрой – наибольшая в опыте прибавка к контролю урожая зерна и валового сбора белка в каждом году была отмечена в вариантах с ее использованием. По способу внесения удобрений (дробно или единовременно) однозначный вывод сделать нельзя, поскольку отмеченная в первые два года исследований тенденция в пользу единовременного внесения не подтвердилась в третьем году.

Исходя из полученных результатов, следует признать целесообразным пересмотр традиционных схем удобрения озимой ржи, в которых принято отказываться от использования калийных удобрений при содержании подвижного калия в почве более 80 мг/кг в силу признанной малой эффективности его использования под основную обработку почвы осенью. Применение калийного удобрения вместе с азотной подкормкой вегетирующих растений как осенью, так и ранней весной может стать важным инновационным приемом совершенствования системы применения удобрений под озимую рожь.

Литература

1. Володина Т. И., Чухина О. В., Демидова А. И. Потребление азота, сбор протеина культурами севооборота под влиянием минеральной и органических систем удобрений // Молочнохозяйственный вестник. 2019. № 4 (36). С. 31–45.

2. Cooper D. N., Martin R. J., Keim N. L. Does whole grain consumption alter gut microbiota and satiety? // Healthcare. 2015. No 3. P. 364–392. doi: 10.3390/healthcare3020364.

3. Impact of grazing dairy steers on winter rye (Secale cereale) versus winter wheat (Triticum aestivum) and effects on meat quality, fatty acid and amino acid profiles, and consumer acceptability of organic beef / H. N. Phillips, B. J. Heins, K Delate., et. Al. // PloS ONE. 2017. No. 12 (11). P. 1–18. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5669429 (дата обращения: 03.12.2024). doi: 10.1371/journal. Pone.0187686.

4. Рожь – природный источник альбуминов и глобулинов, стимулирующих иммунитет / В. А. Скрябин, И. А. Сабоиев, А. П. Чиркин и др. // Хлебопродукты. 2022. № 2. С. 49–54. doi: 10.32462/0235-2508-2022-31-2-49-54.

5. Kuo S., Huang B., Bembenek R. Effect of winter cover crops on soil nitrogen availability, corn yield, and nitrate leaching // The scientific world. 2001. No. 1 (S2). P. 22–29.

6. Шайкова Т. В., Дятлова М. В., Волкова Е. С. Потребление и вынос основных элементов минерального питания озимой рожью при внесении комплексных удобрений // Плодородие. 2022. № 6 (129). С. 3–7. doi: 10.25680/S19948603.2022.129.01.

7. Якименко В. Н., Малюга А. А. Зависимость агроэкологического состояния почвы от баланса калия в агроценозе // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. № 1 (25). С. 26–41.

8. Калийное состояние дерново-подзолистой почвы длительного стационарного опыта в условиях Предуралья / Н. Е. Завьялова, М. Т. Васбиева, Д. Г. Шишков и др. // Плодородие. 2021. № 4 (121). С. 43–47. doi: 10.25680/S19948603.2021.121.13.

9. Артемьева З. С., Фрид А. С., Титова В. И. Миграционная доступность калия растениям на суглинистых почвах // Агрохимия. 2019. № 7. С. 16–26. doi: 10.1134/S0002188119070032.

10. Якименко В. Н. Фиксация калия и магния почвой агроценоза // Агрохимия. 2023. № 3. С. 3–11. doi: 10.31857/S0002188123030134.

11. Завьялова Н. Е., Васбиева М. Т., Шишков Д. Г. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, содержание основных элементов питания и тяжелых металлов в озимой ржи // Агрохимия. 2021. № 4. С. 49–56. doi: 10.31857/S0002188121040153.

12. Петровцева Н.А., Пасынкова Е.Н. Влияние аммонийной и калийной селитры на зимостойкость и урожайность ржи озимой (Secale cereale L.) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. № 12

(53). С. 5–13. doi: 10.26898/0370-8799-2023-12-1.

13. Макаров В.И. Влияние азотных удобрений на кислотность дерново-подзолистой супесчаной почвы и химический состав лизимитрических вод // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (138). С. 89–95.

Сведения об авторах:

Петровцева Наталья Александровна – старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых культур и рапса, e-mail: petrovtseva-natalya@rambler.ru

Пасынкова Елена Николаевна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых культур и рапса pasynkova, e-mail: elena@gmail.com

Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хо зяйства «Белогорка» – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха», Ленинградская обл., Гатчинский р-н, д. Белогорка, Россия

TOTAL PROTEIN CONTENT IN GRAIN AND GROSS PROTEIN YIELD WITH GRAIN CROP UNDER DIFFERENT FERTILIZER APPLICATION SCHEMES FOR WINTER RYE (*SECALE CEREALE L.*)

N. A. Petrovtseva, E. N. Pasynkova

Abstract. Efficient use of soil nitrogen by winter rye presumably requires a source of readily available potassium, especially in the spring tillering phase. The aim of research was to study the protein content in winter rye grain and the gross protein yield with grain crop under different ammonium and potassium nitrate application schemes to improve the fertilizer application system for the crop. The work was carried out in 2019-2021 in Leningrad region on winter rye plants of Evrika variety. The soil is sod-podzolic loamy. Humus content was 2.0…2.3%, pH of salt extract was 5.2…5.5, content of available mineral nitrogen was 12…15 mg/kg, available potassium and phosphorus (according to Kirsanov) were 80…100 mg/kg and 180…200 mg/kg respectively. The fertilizer rate applied during the growing season was 0 (control), 30, 60 or 90 kg/ha for the active substance nitrogen. At each fertilizer rate, the effect of the presence or absence of potassium (factor A), as well as the methods and timing of fertilizer application (factor B - fractional in autumn and spring with potassium, fractional without potassium, one-time in spring with potassium, one-time without potassium) were studied. The total protein content in grain varied from 9.29 to 12.30% of absolutely dry matter and was practically independent of the amount, type and timing of fertilizer application, but was determined by the weather conditions of the year. The gross protein yield varied from 136.6 to 462.5 kg/ha and was directly determined by the crop yield (the correlation coefficient was 0.97...0.99), with the highest gross protein yield (150...195% of the control) noted in the variants with potassium nitrate in each year.

Key words: ammonium nitrate, potassium nitrate, nitrogen, nitrate, protein, yield, mineral fertilizers, winter rye (*Secale cereale L.*).

References

1. Volodina TI, Chukhina OV, Demidova AI. [Nitrogen consumption and protein collection in rotational crops under the influence of mineral and organic fertilizer systems]. Molochnokhozyaystvennuy vestnik. 2019; 4 (36). 31-45 p.

2. Cooper DN, Martin RJ, Keim N.L. Does whole grain consumption alter gut microbiota and satiety?. Healthcare. 2015; 3. 364-392 p. doi: 10.3390/healthcare3020364.

3. Phillips HN, Heins BJ, Delate K, Turnbull R. Impact of grazing dairy steers on winter rye (Secale cereale) versus winter wheat (Triticum aestivum) and effects on meat quality, fatty acid and amino acid profiles, and consumer acceptability of organic beef. [Internet]. PloS ONE. 2017; 12 (11). 1-18 p. [cited 2024, December 03]. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5669429. doi: 10.1371/journal. Pone.0187686.

4. Skryabin VA, Saboiev IA, Chirkin AP. [Rye is a natural source of albumins and globulins that stimulate immunity]. Khleboprodukty. 2022; 2. 49-54 p. doi: 10.32462/0235-2508-2022-31-2-49-54.

5. Kuo S, Huang B, Bembenek R. Effect of winter cover crops on soil nitrogen availability, corn yield, and nitrate leaching. The scientific world. 2001; 1 (S2). 22-29 p.

6. Shaykova TV, Dyatlova MV, Volkova ES. [Consumption and removal of the main mineral nutrition elements by winter rye when applying complex fertilizers]. Plodorodie. 2022; 6 (129). 3-7 p. doi: 10.25680/S19948603.2022.129.01.

7. Yakimenko VN, Malyuga AA. [Dependence of the agroecological state of the soil on the potassium balance in the agrocenosis]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. 2014; 1 (25). 26-41 p.

8. Zavyalova NE, Vasbieva MT, Shishkov DG. [Potassium state of sod-podzolic soil in a long-term stationary experiment in the Urals]. Plodorodie. 2021; 4 (121). 43-47 p. doi: 10.25680/S19948603.2021.121.13.

9. Artemeva ZS, Frid AS, Titova VI. [Migration availability of potassium to plants on loamy soils]. Agrokhimiya. 2019; 7. 16-26 p. doi: 10.1134/S0002188119070032.

10. Yakimenko VN. [Fixation of potassium and magnesium by the soil of agrocenosis]. Agrokhimiya. 2023; 3. 3-11 p. doi: 10.31857/S0002188123030134.

11. Zavyalova NE, Vasbieva MT, Shishkov DG. [Effect of mineral fertilizers on the fertility of sod-podzolic soil, content of essential nutrients and heavy metals in winter rye]. Agrokhimiya. 2021; 4. 49-56 p. doi: 10.31857/S0002188121040153.

12. Petrovtseva NA, Pasunkova EN. [Effect of ammonium and potassium nitrate on winter hardiness and yield of winter rye (Secale cereale L.)]. Sibirskiy vestnik selskokhozyaystvennoy nauki. 2023; 12 (53). 5-13 p. doi: 10.26898/0370-8799-2023-12-1.

13. Makarov VI. [Effect of nitrogen fertilizers on the acidity of sod-podzolic sandy loam soil and the chemical composition of lysimetic waters]. Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016; 4 (138). 89-95 p.

Authors:

Petrovtseva Natalya Aleksandrovna – senior researcher of Department of Breeding and seed production of grain, legume crops and rapeseed, e-mail: petrovtseva-natalya@rambler.ru

Pasunkova Elena Nikolaevna – Doctor of Biological Sciences, chief researcher of Department of Breeding and seed production of grain, legume crops and rapeseed, e-mail: elena@gmail.com

Leningrad Research Institute of Agriculture “Belogorka” - a branch of Federal Research Center of Potato named after A.G. Lorkh, Leningrad region, Gatchina district, Belogorka village, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-75-80
УДК 631.363.21

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ КОРМОВ

Б. Г. Зиганшин, Б. М. Сабиров, И. Р. Нафиков, И. И. Кашапов

Реферат. Измельчение является хорошо известным и важным методом переработки зерна. В данном процессе разрушается твердая оболочка зерновки, что ускоряет пищеварение в желудке животных и обеспечивает более полное усвоение пищевой энергии корма. В сельскохозяйственных предприятиях зерновые корма лучше обеспечивать на собственной кормовой основе. Для этого применяются малогабаритные дробильные оборудования (дробилки). Таким установкам свойственна низкая металлоэнергоемкость, простота конструкции, мобильность и дешевизна. Цель работы – оценка эффективности разработанной дробилки в сравнении с аналогом - зернодробилкой Фермер ИЗЭ-05М. Для достижения этой цели была изготовлена малогабаритная установка (дробилка) с диском. Его отличительной особенностью является наличие двух дисков диаметром 160 и 210 мм. Установка спроектирована таким образом, что в ней есть возможность перерабатывать семена зерновых культур повышенной влажности. Во время проведения исследований были получены результаты помола зерна, степени его измельчения и энергоемкости. Результаты показали, что разработанная установка способна обеспечить тонкий помол зерна, чем ее аналог. Оптимальная влажность для получения мелкого помола на аналоге составляет 12,8%, а в нашей установке можно работать с влажностью 13,1%. Разница по влажности составляет 0,3%. Это говорит о том, что затраты на предварительную сушку зерна будут в разы снижены. Также интервал помола зерна несколько шире от 13,1% до 14,4% против 12,8%...13,9%. Энергоемкость при влажности зерна 9,8% разработанной установки составила 5,1 Дж/кг, что на 0,8 Дж/кг ниже чем взятый аналог (5,9 Дж/кг). При повышенной влажности зерна до 14,4% энергоемкость новой установки снизилась до 8,6 Дж/кг, в то время как для аналога она составила 9,5 Дж/кг.

Ключевые слова: конструкция, металлоемкость, энергоемкость, степень измельчения, помол зерна.

Введение. Российский агропромышленный комплекс переживает период бурного развития, особенно это заметно ощущается в отрасли растениеводства и животноводства. Это развитие во многом связано внешнеполитической ситуацией и санкционным давлением со стороны недружественных стран, которая является реакцией на необходимость обеспечения продовольственной безопасности страны. Санкции, введенное против нашей страны, затронули импорт сельскохозяйственной продукции, в частности удобрений, семян и техники, что привело к поиску новых внутренних резервов и развитию собственного производства.

Одним из ярких примеров служит широкое применение в небольших сельскохозяйственных предприятиях (фермерские хозяйства) технологии производства кормов и использованием малогабаритных устройств [1]. Применение таких устройств в значительной степени позволяет оптимизировать затраты на логистику, которая составляют большую часть себестоимости кормов. Транспортировка зерна является дорогостоящим процессом, особенно это наблюдается в небольших хозяйствах, которые удалены от перерабатывающих предприятий. Наличие собственного оборудования в хозяйстве позволяет быстро и кратчайшие сроки получить готовый измельченный корм на месте ее производства, тем самым снижая транспортные расходы и время на перевозку. Малогабаритные кормоприготовительные агрегаты характеризуются низким энергопотреблением, компактностью и металлоемкостью [2, 3]. Сегодня многие малые фермерские хозяйства используют в своих кормовых базах компактные дробильные машины. Таких машин можно классифицировать по таким основным видам, как роторные, щековые, молотковые, конусные, вальцевые и другие. Они отличаются по типу рабочих органов, эксплуатационным характеристикам, технологическому назначению и т.д.

Измельчение зерновых культур – важный этап в производстве кормов для сельскохозяйственных животных, которая определяет не только качество получаемого конечного продукта, но и экономическую его сторону и вследствие чего разработка и внедрение высокопроизводительного и энергоэффективного оборудования – одна из актуальных задач сельского хозяйства.

К основным показателям, которые должны быть учтены при технологическим процессе, относятся: масса измельченного продукта в единицу времени, степень измельчения, энергоемкость. Совокупность всех этих показателей и их оптимизация влияют на экономичность и эффективность работы на всей технологической линии [4]. В роторных дробильных машинах на степень измельчения существенно влияет формы измельчающей камеры, в котором обычно происходит работа дисковых рабочих органов (роторов). Форма рабочей камеры (коническая, цилиндрическая) во многом влияет на движение зернового материала и на его измельчение во внутренней части дробилки.

Цель исследования – оценка

эффективности и результативности разработанной установки для измельчения зерна в сравнении с аналогами.

Задачи исследования заключаются в анализе влияния конструктивных и технологических параметров дробилки для помола зерна, а также в оценке степени измельчения и энергоемкости процесса.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились при помощи спроектированного на кафедре машин и оборудования в агробизнесе Казанского государственного аграрного университета установке для дробления зерновых кормов [5]. В качестве сравнения было применено дробильное устройство Фермер ИЗЭ-05М.

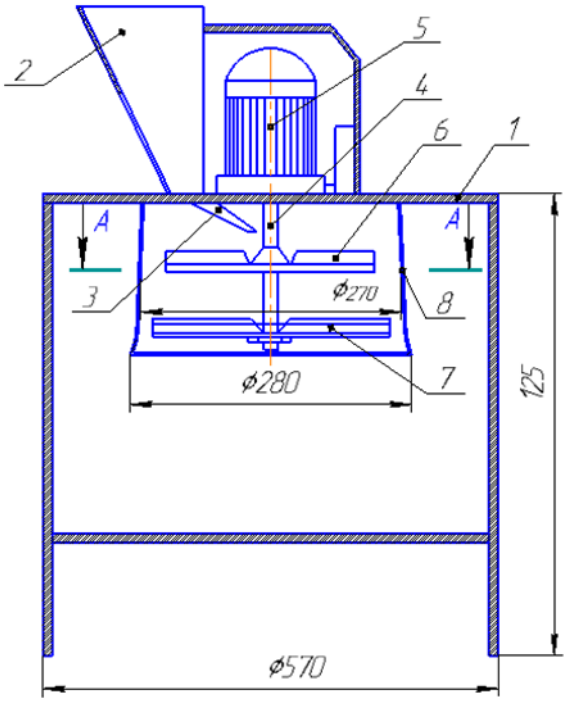


Рис. 1 – Установка для дробления зерновых кормов: 1 – станина; 2 – загрузочная воронка; 3 – направляющий труба; 4 – приводной вал (полуось); 5 – силовой агрегат; 6, 7 – разбрасывающие диски; 7 - обечайка ситовая; 8 – отражатель

Дробилка зерновых кормов включает в себя станину, на которой размещены загрузочная воронка, ситовая обечайка в виде срезного конуса, отражатель и силовой агрегат, который соединен с приводным валом и дисками для разбрасывания. Разбрасывающие диски предназначены для ускорения подаваемого зернового материала к ситовой обечайке, а лопатки, расположенные на верхней поверхности дисков, помогают зерну достигать максимальной скорости [6, 7]. Направляющая труба загрузочной воронки необходима для подачи зернового материала в центр разбрасывающего диска, а ситовая обечайка в форме усеченного конуса создает отскакивающий момент для зерна после его первоначального удара о верхний диск, что завершает процесс дробления.

Одним из ключевых отличительных признаков разработанной дробилки является наличие в ее камере измельчения двух разбрасывающих дисков с лопатками. Эти диски имеют геометрические параметры, которые обеспечивают эффективное и равномерное измельчение. Диаметры дисков составляют 160 и 210 мм.

Для проведения эксперимента нами была взята проба зерна ржи массой 1000 г. влажностью в интервале 9,8…14,4%. Помол зерна и степень его измельчения определили с помощью анализатора ситового А20 на базе ВП 30 [8]. Вес навески измеряли на весах порционных AND NP-S (5000), а также был использован КИ-К50 (Комплект измерительный), для определения энергоемкости.

Для того, чтобы определить помол зерна брали сита с различными диаметрами отверстий, в частности используются такие размеры, как 1 мм, 2 мм, 3 мм, а также 0 мм – дно анализатора, в котором после проведения процесса просеивания собирается мучка, то есть самые мелкие частицы зерна, которые прошли через первые три сита. Первый шаг процесса заключался в следующем, устанавливали анализатор ситовый на ровную поверхность, чтобы при просеивании измельченный зерновой материал равномерно проходил по необходимым нам ситам. Затем провели подбор вышеперечисленных сит (0; 1; 2; 3 мм) и установили в лабораторное оборудование (Ситовый анализатор А20 на базе ВП 30). После этого анализатор подключили к электричеству и запустили, выбрав соответствующий режим просеивания. Таймер отсчета времени был выбран 2:3 минуты, согласно предложенной в инструкции методике [9, 10].

Оценка помола зерна была осуществлена по средневзвешенному диаметру частиц (модулю) прошедшего процесс измельчения продукта:

$$M = \frac{3{,}5G_3 + 2{,}5G_2 + 1{,}5G_1 + 0{,}5G_0}{100}, \quad (1)$$

здесь M – модуль помола зерна, мм;

G_0 – остаток на сборном дне анализатора, гр.;

G_1, G_0, G_3 - остатки на ситах с отверстиями диаметром, 1, 2, 3 мм соответственно, гр.;

0,5; 1,5; 2,5; 3,5 – Значение диаметра отверстий сит;

В данном случае мелкий помол будет в пределах M=0,3-1 мм, средний M=1-1,7 мм, а M=1,7-3 мм считается крупным помолом.

Чтобы узнать, в какой степени измельчена партия зерна ржи, использовали следующую формулу:

$$\lambda = \frac{D_Э}{d_{СР}}, \quad (2)$$

здесь λ – степень измельчения зерна;

$D_Э$ – средневзвешенный диметр частиц обработанного зерна, мм;

$d_{ср}$ – диаметр шара объемом, равным объему одного зерна, называемый эквивалентным диаметром зерна, мм.

Последним шагом было проведения эксперимента на выявление расхода полезной энергии на образование единицы новой площади зерновой частицы. Воспользовались следующим выражением:

$$A = \frac{P_Д - P_{XX}}{Q^{\Delta S}}, \quad (3)$$

здесь А – удельный расход энергии (Дж/м^2);

РД – мощность на валу ротора дробильной машины в процессе дробления (Вт); Д

РХХ – мощность холостого хода (Вт);

Q – пропускная способность дробильной машины (кг/ч);

ΔS – приращение удельной площади поверхности (м^2/кг).

Результаты и обсуждение. Разработанная на базе кафедры машин и оборудования в агробизнесе Казанского ГАУ дробилка обеспечивала более тонкий помол по сравнению со средними и крупными размерами помола. После процесса просеивания вес самой мелкой фракции (1 мм) при использовании этой дробилки оказался выше, чем при измельчении на аналогичном устройстве Фермер ИЗЭ-05М, составив 6,4 гр., в то время как средний помол увеличился на 19,4 гр. (табл. 1).

Таблица 1 – Измельченный продукт в каждой навеске, гр.

Размер ситового элемента, мм	Разработанная установка (дробилка)	Фермер ИЗЭ-05М)
Дно анализатора	1,8	2,2
1 мм	8,1	1,7
2 мм	60,7	41,3
3 мм	21,4	54,8
Итого	100	100

При применении разработанной дробилки мелкий помол зерна получили, когда влажность зерна достигала 13,1%, что на 0,3% выше, чем у аналога. Эта, казалось бы, небольшая разница на самом деле позволяет получить больший объем материала без предварительной сушки, что в значительной мере снижает затраты на данный процесс.

Оптимальная влажность зерна для аналога дробилки Фермер ИЗЭ-05М составляет в пределах 12,8…13,9%, а с разработанной моделью дробилки увеличивается с 13,1 до 14,4% [11]. Таким образом, используя разработанную установку, мы имеем возможность перерабатывать зерновой материал повышенной влажности (рис. 2).

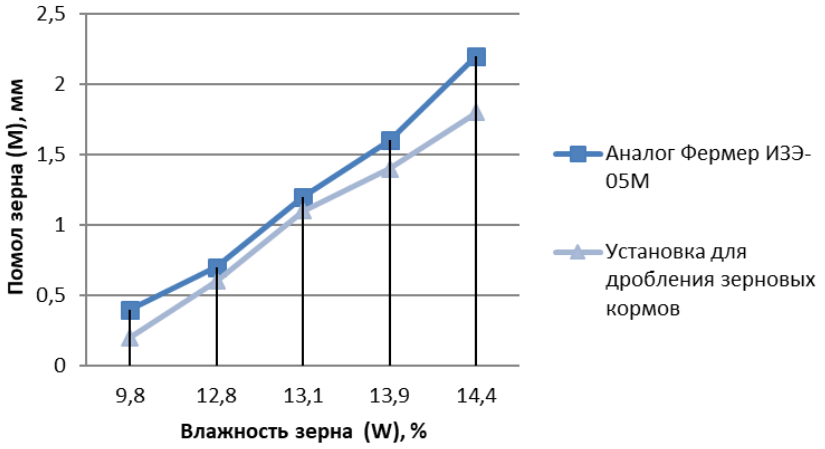


Рис. 2 – Помол зерна в зависимости от влажности

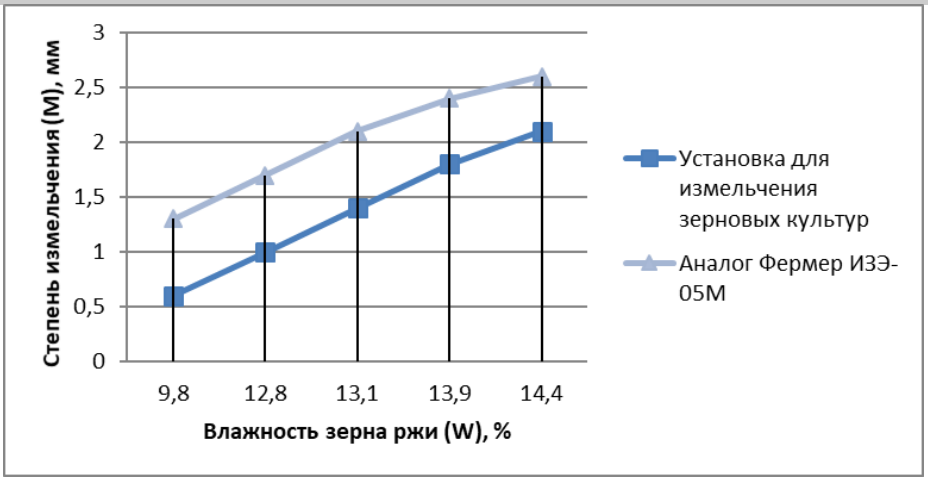


Рис. 3 – Степень измельчения в зависимости от влажности

С увеличением влажности зерна наблюдается рост затрат на его переработку (измельчение), которая является одним из основных критериев оценки кормовой базы сельскохозяйственных предприятий [12, 13]. Из проведенных исследований видно, что при уровне влажности зерна 9,8% применение установки позволяет достигать энергоёмкость в 5,1 Дж/кг В то же время применив аналог Фермер ИЗЭ-05М энергоемкость возросла до 5,9 Дж/кг, что на 0,8 Дж/кг больше чем у разработанной дробилки. При повышенной влажности зерна до 14,4% энергоемкость новой установки снизилась до 8,6 Дж/кг, в то время как для аналога она составила 9,5 Дж/кг (рис. 4).

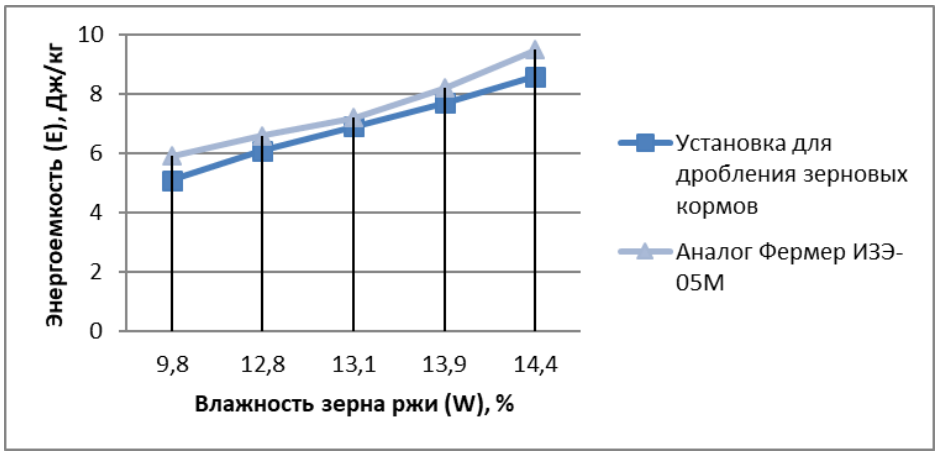


Рис. 4 – Энергоемкость в зависимости от влажности

Таким образом, после проведения всех необходимых исследований, получили следующие результаты по основным показателям, которые приведены в таблице 2:

Таблица 2 – Сравнительная характеристика показателей исследуемых дробилок

Показатели эффективности	Разработанная установка	Аналог (Фермер ИЗЭ-05М)
Степень измельчения, мм	1,3	1,1
Модуль помола, мм	2,4	3,0
Энергоемкость, Дж/кг	6,8	7,4

Использование разработанной дисковой установки продемонстрировало снижение уровня степени измельчения на 0,2 по сравнению с аналогом (Фермер ИЗЭ-05М), а также уменьшение уровня помола на 0,6 мм и снижение энергоемкости на 0,6 Дж/кг.

Выводы. Проведенные результаты сравнения двух дробилок показало, что, разработанная установка способна обеспечить тонкий помол зерна, чем ее аналог. Оптимальная влажность для получения мелкого помола на аналоге составляет 12,8%, а в разработанном экспериментальном образце можно работать с влажностью 13,1%. Разница по влажности составляет 0,3%. Это говорит о том, что затраты на предварительную сушку зерна будут в разы снижены. Также интервал помола зерна несколько шире от 13,1% до 14,4% против 12,8%...13,9%. Энергоемкость при влажности зерна 9,8% разработанной установки составила 5,1 Дж/кг, что на 0,8 Дж/кг ниже чем взятый аналог (5,9 Дж/кг). При повышенной

влажности зерна до 14,4% энергоемкость новой установки снизилась до 8,6 Дж/кг, в то время как для аналога она составила 9,5 Дж/кг.

В целом, применение разработанной дисковой установки продемонстрировало снижение уровня степени измельчения на 0,2 по сравнению с аналогом (Фермер ИЗЭ-05М), а также уменьшение уровня помола на 0,6 мм и снижение энергоемкости на 0,6 Дж/кг. Все эти полученные результаты говорят о том, что разработанная установка обеспечивает более качественную и равномерную обработку зерна по сравнению с зернодробилкой (Фермер ИЗЭ -05М), что позволяет получать измельченный и готовый к скармливанию животным корм.

Литература

1. Исследование устройства для дробления зерна / Б. М. Сабиров, Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 18, № 1(69). – С. 75-79. – doi 10.12737/2073-0462-2023-75-79.

2. Садов, В. В. Влияние способа подачи зерна относительно положения оси ротора на технологические показатели молотковой дробилки / В. В. Садов, С. А. Сорокин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1(231). – С. 91-95. – doi 10.53083/1996-4277-2024-231-1-91-95.

3. Исследование движения воздушно-зерновой смеси в рабочей зоне семенорушки аэромеханического типа / Д. Т. Халиуллин, А. В. Дмитриев, Р. Н. Хафизов и др. // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 4(63). С. 27–37.

4. Кукаев, Х. С. Эффективность измельчения зернового сырья ударными воздействиями / Х. С. Кукаев, Е. М. Асманкин, Ю. А. Ушаков // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. – 2023. – № 2(65). – С. 174-179.

5. Курбанов, Н. М. Оптимальные параметры рабочих органов дробилки-измельчителя / Н. М. Курбанов, Б. А. Хатамов, З. Х. Исакова // Universum: технические науки. – 2022. – № 7-1(100). – С. 31-34.

6. Обоснование направления совершенствования конструкций дробилок зерна / В. Е. Чуйков, В. В. Коновалов, М. В. Донцова, С. С. Петрова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 45-55. – doi 10.55471/19973225_2023_8_3_45.

7. Mathematical modeling of the grain trajectory in the workspace of the sheller with rotating decks / R. I. Ibyatov, A. V. Dmitriev, B. G. Ziganshin [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019): Vol. 17. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00093. – doi 10.1051/bioconf/20201700093.

8. Петров, В. А. Физическое моделирование износа лопастного барабана молотковой дробилки при оптимальном проектировании / В. А. Петров, П. В. Дородов, Л. Я. Лебедев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2022. – № 2(34). – С. 74-80.

9. Сабиев, У. К. Показатели эффективности измельчителей фуражного зерна / У. К. Сабиев, В. В. Садов // Каталог научных и инновационных исследований ФГБОУ ВО Омский ГАУ: Сборник материалов по итогам научно-исследовательской деятельности. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. – С. 505-511.

10. Сахарова, В. В. Исследование качества измельчения зерна серийными сепарирующими решетами и решетами тороедальной формы / В. В. Сахарова // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 81-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 07 февраля 2023 года. Том 2. – Казань: Казанский ГАУ, 2023. – С. 294-300.

11. Шаршунов, В. А. Определение энергозатрат на измельчение пророщенного зерна ржи, тритикале и пшеницы в вихревом роторном измельчителе / В. А. Шаршунов, А. В. Евдокимов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2. – С. 145-150.

12. Клевцова, Т. А. Поиск конструктивных решений дробилок зерна для повышения эффективности дробления / Т. А. Клевцова, А. А. Пупынин // Вестник аграрной науки Дона. – 2024. – Т. 17, № 1(65). – С. 22 -29. – doi 10.55618/20756704_2024_17_1_22-29.

13. Саенко, Ю. В. Технология добавления в комбикорм пророщенного зерна и обоснование конструктивно-режимных параметров дробилки / Ю. В. Саенко, М. А. Семернина, В. Ю. Страхов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2024. – № 2(42). – С. 15-24.

Сведения об авторах:

Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор РАН, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: zigan66@mail.ru

Сабиров Булат Миннефаилевич – старший преподаватель кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: sabbm5@mail.ru

Нафиков Инсаф Рафитович – кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: insaf-82@mail.ru

Кашапов Ильдар Ильясович – старший преподаватель кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail:ildar.84@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

EXPERIMENTAL STUDY OF A GRAIN FEED CRUSHING PLANT

B. G. Ziganshin, B. M. Sabirov, I. R. Nafikov, I.I. Kashapov

Abstract. Grinding is a well-known and important method of grain processing. In this process, the hard shell of the grain is destroyed, which accelerates digestion in the stomach of animals and ensures a more complete absorption of food energy in the feed. In agricultural enterprises, it is better to provide grain feed on its own feed base. For this purpose, small -sized crushing equipment (crushers) are used. Such installations are characterized by low metal and energy intensity, simple design, mobility and low cost. The purpose of the work is to evaluate the efficiency of the developed crusher in comparison with an analogue - grain crusher Farmer IZE-05M. To achieve this goal, a small-sized unit (crusher) with a disk was manufactured. Its distinctive feature is the presence of two disks with a diameter of 160 and 210 mm. The unit is

designed in such a way that it has the ability to process seeds of grain crops with high humidity. During the research, the results of grain grinding, the degree of its grinding and energy intensity were obtained. The results showed that the developed unit is capable of providing fine grain grinding than its analogue. The optimal humidity for obtaining fine grinding on the analogue is 12.8%, and in our unit it is possible to work with a humidity of 13.1%. The difference in humidity is 0.3%. This means that the costs of preliminary grain drying will be reduced several times. Also, the grain grinding range is somewhat wider from 13.1% to 14.4% against 12.8%...13.9%. The energy consumption at a grain humidity of 9.8% of the developed installation was 5.1 J/kg, which is 0.8 J/kg lower than the analogue (5.9 J/kg). At increased grain humidity up to 14.4%, the energy intensity of the new installation decreased to 8.6 J/kg, while for the analogue it was 9.5 J/kg.

Key words: design, metal consumption, energy consumption, degree of grinding, grain milling.

References

1. Study of a device for crushing grain / B. M. Sabirov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. - 2023. - Vol. 18, No. 1(69). - P. 75-79. - doi 10.12737/2073-0462-2023-75-79.

2. Sadov, V. V. Influence of the grain feeding method relative to the rotor axis position on the technological indicators of a hammer crusher / V. V. Sadov, S. A. Sorokin // Bulletin of the Altai State Agrarian University. - 2024. - No. 1 (231). - P. 91-95. - doi 10.53083/1996-4277-2024-231-1-91-95.

3. Study of the movement of air-grain mixture in the working area of an aeromechanical seed huller / D. T. Khaliullin, A. V. Dmitriev, R. N. Khafizov et al. // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2019. Vol. 12. No. 4(63). P. 27–37.

4. Kukaev, H. S. Efficiency of grinding grain raw materials by impact effects / H. S. Kukaev, E. M. Asmankin, Yu. A. Ushakov // Bulletin of the Kyrgyz National Agrarian University named after K. I. Skryabin. - 2023. - No. 2 (65). - P. 174-179.

5. Kurbanov, N. M. Optimum parameters of the working bodies of a crusher-grinder / N. M. Kurbanov, B. A. Khatamov, Z. Kh. Isakova // Universum: technical sciences. - 2022. - No. 7-1 (100). - P. 31-34.

6. Justification of the direction of improving the designs of grain crushers / V. E. Chuikov, V. V. Konovalov, M. V. Dontsova, S. S. Petrova // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. - 2023. - No. 3. - P. 45-55. - doi 10.55471/19973225_2023_8_3_45.

7. Mathematical modeling of the grain trajectory in the workspace of the sheller with rotating decks / R. I. Ibyatov, A. V. Dmitriev, B. G. Ziganshin [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019): Vol. 17. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00093. – doi 10.1051/bioconf/20201700093.

8. Petrov, V. A. Physical modeling of wear of the blade drum of a hammer crusher with optimal design / V. A. Petrov, P. V. Dorodov, L. Ya. Lebedev // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. - 2022. - No. 2 (34). - P. 74-80.

9. Sabiev, U. K. Performance indicators of feed grain crushers / U. K. Sabiev, V. V. Sadov // Catalog of scientific and innovative research of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Omsk State Agricultural University: Collection of materials based on the results of research activities. - Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2022. - P. 505-511.

10. Sakharova, V. V. Study of the quality of grain grinding by serial separating sieves and toroidal sieves / V. V. Sakharova // Student science - for agricultural production: Proceedings of the 81st student (regional) scientific conference, Kazan, February 7, 2023. Volume 2. - Kazan: Kazan State Agrarian University, 2023. - P. 294-300.

11. Sharshunov, V. A. Determination of energy costs for grinding sprouted grain of rye, triticale and wheat in a vortex rotor grinder / V. A. Sharshunov, A. V. Evdokimov // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. - 2023. - No. 2. - P. 145-150.

12. Klevtsova, T. A. Search for design solutions for grain crushers to improve crushing efficiency / T. A. Klevtsova, A. A. Pupynin // Bulletin of Agrarian Science of the Don. - 2024. - Vol. 17, No. 1 (65). - P. 22-29. - doi 10.55618/20756704_2024_17_1_22-29.

13. Saenko, Yu. V. Technology of adding sprouted grain to compound feed and substantiation of design and operating parameters of the crusher / Yu. V. Saenko, M. A. Semernina, V. Yu. Strakhov // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. - 2024. - No. 2 (42). - P. 15-24.

Authors:

Ziganshin Bulat Gusmanovich - Doctor of Technical sciences, professor of the Russian Academy of Sciences, professor of Machines and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: zigan66@mail.ru

Sabirov Bulat Minnefailevich - Senior Lecturer of Machinery and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: sabbm5@mail.ru

Nafikov Insaf Rafitovich – Ph.D. of Technical sciences, associate professor of Machinery and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: insaf-82@mail.ru

Ildar Ilyasovich Kashapov – Senior Lecturer of Machinery and Equipment in Agribusiness Department, e-mail:ildar.84@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-81-87
УДК 631.5

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ О ТЕПЛООБЕСПЕЧЕННОСТИ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА - РАСТЕНИЕ - ВОЗДУХ»

И. И. Максимов, А.Р. Валиев, Е. П. Алексеев, Н. В. Максимов, И. В. Лукина

Реферат. В течение вегетационного периода культурные растения подвержены бифуркационным воздействиям, таким как засуха, заморозки, гололед, градобитие, ливневые дожди и т. д. Зависимость человечества от погоды достаточно велика. Цель работы - изучение искусственной бифуркации по теплообеспеченности растений в лабораторных условиях. Теплофизические характеристики взаимодействия системы «растение – почва – воздух» обусловлены радиационным теплообменом, включающего приход длинноволновых излучений атмосфера - растения и отраженного излучения растениями в атмосферу; приходом коротковолнового излучения солнечной радиации, используемой листьями растений для фотосинтеза и отражения части этой фотоактивной радиации; турбулентного теплообмена поверхности почвы с окружающим приземным воздухом; транспирационного теплообмена поверхности почвы с окружающим приземным воздухом; теплообмена в почве. Кроме этого солнечная радиация, достигающая поверхности склона имеет разный рассеивающий эффект на функционирование системы «растение – почва – воздух». Заметим, что растительный покров выполняет функцию теплоизоляции между атмосферой и почвой. Аналитическое определение теплообеспеченности растений достаточно сложно вследствие недостаточности данных, входящих в эти выражения и невозможности определения экспериментально соответствующих коэффициентов. Поэтому методика бифуркационного подхода в первом приближении позволяет для конкретной водосборной площади проектировать технологии возделывания сельскохозяйственных культур как по морозоустойчивости, а так и применять мероприятия по защите от заморозков. Проверка устойчивости всходов растений к заморозкам проводилась в лабораторных условиях: посев и проращивание семян ячменя в одинаковых условиях в течении семи суток; помещение в холодильную камеру при –18°С; извлечение из холодильной камеры с интервалом 5 мин, максимальная продолжительность 50 мин; визуальное наблюдение за состоянием растений. Экспериментальные исследования показали, гибель растений от заморозков описывается уравнением регрессии $y = 0{,}0268x2 - 0{,}3701x + 17{,}232$. В результате исследований предложена бифуркационная функция, подтвержденная лабораторными экспериментами.

Ключевые слова: теплообеспеченность растений, точки бифуркации, рост растений.

Введение. Для оценки и изыскания управленческих решений по продуктивности культурных растений представляется целесообразным рассмотрение функционирование системы «почва - растение – воздух» при отрицательных температурах окружающего приземного воздуха (заморозках) в весенне-летний период, т.е. бифуркации подсистемы «растение» по теплообеспеченности. Целесообразность данной работы вызвана также существенными колебаниями подсистемы «воздух» в результате прецессии, нутации, возникающих волн Россби – Блиновой, течений Эль – Ниньо и Ла – Нинья (заметим, что трехлетняя Ла – Нинья сменилась в 2023 году Эль – Ниньо).

Математическому моделированию функционирования системы «почва - растение – воздух» посвящен ряд работ. Теория бифуркации и динамическое моделирование рассмотрены в работах [1, 2, 3]. В частности в работе [4] предложено использовать бифуркацию Хопфа при взаимодействии растения с почвой. Принципы математического моделирования растений, побегов и корней в стрессовых ситуациях и теории катастроф отражены в работах [5, 6, 7]. Однако на сегодняшний день недостаточно разработан термодинамический подход в системе «почва - растение – воздух» [8, 9]. Находят применение принципов биологической оптимальности в работах [10, 11].

Анализ этих исследовании показывает, что в предложенные аналитические зависимости входит ряд коэффициентов и переменных, обладающих достаточной трудоемкостью определения для отдельно взятого склона, а в большинстве случаев неопределенности экспериментального определения этих коэффициентов. Кроме того нет приборов и устройств, для определения величин этих коэффициентов. Поэтому применение бифуркационного подхода для разработки конструктивных устройств и средств, представляется актуальным. А в настоящей работе представлен аналитический (бифуркационный) подход и экспериментальная проверка в лабораторных условиях.

Величины критических отрицательных температур воздуха для растений известны, но противоречивы на конкретной водосборной площади. Как показывают визуальные наблюдения, физиологические особенности растений в период заморозков различны: часть растений погибает или вегетируют с задержкой своего развития на склонах разной экспозиции и крутизны. Устойчивость растений к критическим температурам и их последствия в связи с изменением климата рассмотрены в работе [12]. Объясняется на наш взгляд это тем, что солнечная радиация, достигающая поверхности склона имеет разный рассеивающий эффект на функционирование системы

«растение – почва – воздух», а подсистема «растение» выполняет функцию теплоизоляции между атмосферой и почвой.

Таким образом, реальный ход температуры приземного воздуха для склонов разной экспозиции и крутизны предсказать достаточно сложно. Кроме того, имеющиеся исследования [13, 14] достаточно противоречивы.

Тепловой режим в приземном воздухе характеризуется температурным распределением в этом слое и температурным ходом во времени, турбулентным потоком тепла и теплоаккумуляцией в этом слое. Систематическому изучению динамики теплообмена посвящена монография Нерпина С.В. и Чудновского А.Ф. [15]. Изменение турбулентных потоков тепла по высоте растительного покрова по данным Г.В. Менжулина [16], Дубова А.С. и др. [17] зависит от распределения плотности фитоэлементов по вертикали, радиационных, водных и теплофизических характеристик. Определения количества тепла аккумулируемого или передаваемого посредством теплопроводности и конвекции между поверхностью почвы покрытой растительностью и атмосферой рассмотрены в работе [18]. Для прогнозирования изменения температуры почвы в процессах аккумуляции и теплообмена разработаны математическая модель [19] и искусственная нейронная сеть [20]. Г.В. Менжулин [16] предложил рассмотреть посев как двухуровневую среду, состоящую из распределенных по высоте элементов фитомассы и воздуха в межлистном пространстве.

Количественной оценке рационального режима посевов посвящено большое количество работ [16, 17, 21]. Исследованию процессов поглощению, рассеиванию, пропусканию и излучению радиации посевами различной архитектоники посвящены работы Ю.К. Росса [22] и Х.Г. Тооминга [23].

Поскольку почва представляет собой многофазную среду, то различают следующие виды теплопередачи [15]:

- контактный переход тепла;
- молекулярный переход тепла воздух – влага;
- тепловое излучение от частицы почвы к частице.

В зависимости от соотношения элемента «воздух – частица почвы – влага» может преобладать тот или иной вид теплопередачи.

Поэтому размещение растений разных видов по стойкости к критическим температурам (например, морозоустойчивости) на склонах разной крутизны и экспозиции должно быть выполнено на основе вышеприведенных теоретических предпосылок.

Таким образом, подводя итог краткому анализу взаимодействия системы «растение – почва – воздух» по теплообеспеченности можно предположить, что бифуркационный подход в первом приближении позволит для конкретной водосборной площади оценить и проектировать те или иные технологии возделывания сельскохозяйственных культур как по морозоустойчивости, а так и применять мероприятия по защите от заморозков.

Однако для реализации этого предположения необходимо аналитически рассмотреть взаимодействие системы «растение – почва – воздух» и экспериментально подтвердить это предположение в лабораторных условиях. Следовательно, цель исследования - изучение искусственной бифуркации по теплообеспеченности растений в лабораторных условиях.

Условия, материалы и методы. В работе [1] для определения точек бифуркации растений было принято, что состояние системы «растение – почва – воздух» практически не отличается от состояния этой же системы в момент начала бифуркации $p_э \approx p_{биф}$. Отсюда следует, что задавая системе разные по величине переменные параметры, можно получить те или иные ее состояния и наметить мероприятия для оценки и управления технологиями.

Рассмотрим вопросы по теплообеспеченности растений.

Коэффициент теплообеспеченности $P_г$ для горизонтально расположенных сельскохозяйственных полей в работе [15] предложено определять по выражению

$$P_г = \frac{(C_в \Delta T_г)_{вг} + (C_p^p \Delta T_г)_{рг} + (C_n \Delta T_г)_{пг} + \lambda \frac{\Delta T_г}{\Delta x}\Big|_{x=a}}{Q_{сг}^{(H)} + Q_{qг}^{(H)}} \quad (1)$$

где $(C_в \Delta T_г)_{вг}$ – аккумуляция тепла воздуха в стеблестое, Дж/(м^2·с); $C_в$ – теплоемкость единицы объема воздуха в стеблестое, Дж/(м^3·с·К); $\Delta T_Г$ – ход температуры в стеблестое, К/м; $(C_p^p \Delta T_г)_{рг}$ –аккумуляция тепла растений, Дж/(м^2·с); C_p^p – теплоемкость единицы объема растительной массы; $(C_n \Delta T_г)_{пг}$ – содержание тепла корнеобитаемого слоя (от *0* до *a*), Дж/(м^2·с); C_n - теплоемкость единицы объема почвы корнеобитаемого слоя (от *0* до *a*) Дж /(м^3·с·К); $\lambda \frac{\Delta T_г}{\Delta x}\Big|_{x=a}$ – поток тепла в почву начиная с глубины $x = a$, Дж/(м^2·с), λ - коэффициент теплопроводности почвы в слое (*a* - ∞), Вт/(м·К); $Q_{сг}^{(H)} + Q_{qг}^{(H)}$ - суммарная коротковолновая и длинноволновая радиации, приходящие из атмосферы к верхнему уровню стеблестоя, Дж/(м^2·с).

Очевидно, что коэффициент теплообеспеченоости $P_э$ для склонов разной крутизны и экспозиции по аналогии работы [15] может быть определен по формуле

$$P_э = \frac{(C_в \Delta T_э)_{вэ} + (C_p^p \Delta T_э)_{рэ} + (C_n \Delta T_э)_{пэ} + \lambda \frac{\Delta T_э}{\Delta x}\Big|_{x=a}}{Q_{сэ}^{(H)} + Q_{qэ}^{(H)}} \quad (2)$$

В выражении (2) величины с индексом “э”, отражают различные экспозиции и крутизны склонов. Необходимо отметить, что величина $P_э$, вычисляемая по выражению (2) имеет

множество значений в зависимости от экспозиции и крутизны склонов.

Поскольку входящие в формулу (2) величины для склонов различной крутизны и экспозиции разные, то их влияние на коэффициент теплообеспеченности $P_э$ представляется целесообразным учесть обобщенным коэффициентом крутизны и экспозиции склонов $\alpha_{кэ}$:

$$\alpha_{кэ} = \frac{P_э}{P_г} \qquad (3)$$

В первом приближении коэффициент $\alpha_{кэ}$ может быть найден следующим образом.

Допустим, что $(C_в, C_p^p, C_п, \lambda)_{\text{горизонтальная поверхность почвы}} \approx (C_в, C_p^p, C_п, \lambda)_{\text{склон}}$, то можно записать [24]:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{(C_в \Delta T_э)_{вэ}}{(C_в \Delta T_Г)_{вг}} &\approx \left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_г}\right)_в \\
\frac{(C_p^p \Delta T_э)_{рэ}}{(C_p^p \Delta T_г)_{рг}} &\approx \left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_г}\right)_p \\
\frac{(C_п \Delta T_э)_{пэ}}{(C_п \Delta T_г)_{пг}} &\approx \left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_г}\right)_п \\
\frac{\lambda \frac{\Delta T_э}{\Delta x}\Big|_{x=a}}{\lambda \frac{\Delta T_г}{\Delta x}\Big|_{x=a}} &\approx \left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_г}\right)_{x=a}
\end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

С учетом (1), (2) и (4) выражение (3) примет вид:

$$\alpha_{кэ} = \left[\frac{(C_в \Delta T_г)_{вг}\left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_г}\right)_в + (C_p^p \Delta T_г)_{рг}\left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_г}\right)_p + (C_п \Delta T_г)_{пг}\left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_г}\right)_п + \lambda \frac{\Delta T_г}{\Delta x}\Big|_{x=a} + \left(\lambda \frac{\Delta T_Э}{\Delta x}\Big|_{x=a}\right)\left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_Г}\right)_{x=a}}{(C_в \Delta T_г)_{вг} + (C_p^p \Delta T_г)_{рг} + (C_п \Delta T_г)_{пг} + \left(\lambda \frac{\Delta T_г}{\Delta x}\Big| x=a\right)}\right] \times \left[\frac{\left(Q_{сг}^{(H)} + Q_{qг}^{(H)}\right)}{Q_{сэ}^{(H)} + Q_{qэ}^{(H)}}\right] \qquad (5)$$

Таким образом, выражение (5) позволяет определить $\alpha_{кэ}$, зависящего в основном от соотношений $\left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_г}\right)_{в,р,п,x=a}$, $\frac{\left(Q_{сг}^{(H)} + Q_{qг}^{(H)}\right)}{Q_{сэ}^{(H)} + Q_{qэ}^{(H)}}$ и теплофизических характеристик $C_в$, C_p^p, $C_п$ и λ.

Следует заметить, что изучению взаимодействия растение – окружающая среда посвящены многочисленные исследования в самых различных областях науки: физиологии, агроклиматологии, биологии и т.д. Наибольшее количество работ носит чисто эмпирический характер, например применение геометрических характеристик растений, в частности форму листьев и стеблей, пространственную их ориентировку и угол наклона листьев для описания взаимодействия растений с окружающей средой. Однако биометрические факторы, как отмечает А.Ф. Чудновский [15] “неудобны” для описания теплообмена на сельскохозяйственном поле. Тем не менее, имеется ряд работ, посвященных построению количественных моделей: квазистационарная модель М.И. Будыко, Л.С. Гандина и Г.В. Менжулина, теория нестационарного теплообмена в растительном ансамбле О.Д. Сиротенко и В.А. Горбачева, упрощенная модель А.Ф. Чудновского, Д.А. Куртенера и др. В этих работах описание теплового режима в системе «растение – почва – воздух» основано на решении дифференциальных уравнении теплового баланса при соответствующих граничных условиях и ряде допущений. Анализ этих направлений количественной оценки показывает, что считается заданным временной ход температуры на уровне деятельной поверхности, а на большой высоте предполагается, что температурные колебания воздуха затухают, причем на уровне высоты растений H действие солнечной радиации максимально, а в растительном покрове и корнеобитаемом слое вертикальный профиль температуры претерпевает резкие скачки.

Учитывая изложенное, можно записать:

$$\left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_г}\right)_в \approx \left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_г}\right)_p \approx \left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_г}\right)_п \approx \left(\frac{\Delta T_э}{\Delta T_г}\right)_{x=a} \approx \frac{\Delta T_э^{(H)}}{\Delta T_г^{(H)}} \qquad (6)$$

где $\Delta T_э^{(H)}$, $\Delta T_г^{(H)}$ - изменение температуры за период наблюдений на верхнем уровне H растений, произрастающих соответственно на склонах и на горизонтальной поверхности.

С учетом (6) выражение (5) упроститься

$$\alpha_{кэ} = \frac{P_э}{P_г} \approx \frac{\left(Q_{сг}^{(H)} + Q_{qг}^{(H)}\right)\Delta T_э^{(H)}}{(Q_{сэ}^{(H)} + Q_{qэ}^{(H)})\Delta T_г^{(H)}}. \qquad (7)$$

Величины, входящие в (2), (5) и (7), могут быть экспериментально определены. Некоторые результаты таких исследований приведены ниже. Для проверки устойчивости растений к заморозкам в лабораторных условиях нами были посеяны семена ячменя по 5 зерен в каждый стаканчик с одинаковой массой почвы и влажности. После появления всходов в течение 7 суток растения содержались в комнатных условиях (при t=20°C). Затем стаканчики с растениями в фазе активного роста по 10 штук подвергались морозному воздействию с разным интервалом времени в холодильной камере с температурой воздуха –18°C. Каждые 5 минут из холодильной камеры вынимался стаканчик с растением таким образом, что продолжительность заморозки десятого стаканчика составила 50 минут. Повторность опытов 60 кратная.

Результаты и обсуждение. Лабораторные исследования по функционированию системы «почва - растение – воздух» при отрицательных температурах воздуха (заморозках) показали, что подсистема «растение» характеризуется гибелью и существенным замедлением роста.

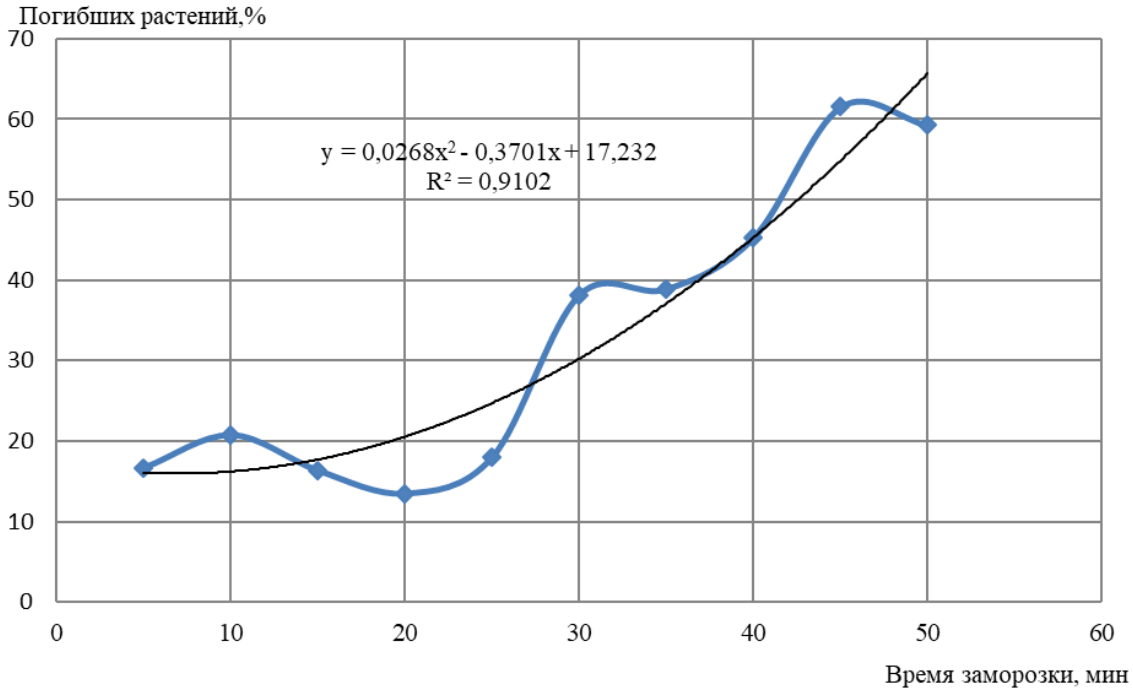


Рис.1 – Количество погибших растений от времени заморозки

Гибель растений под действием отрицательной температуры в холодильной установке отражена на рисунке 1, а в таблице 1 приведены те же результаты лабораторных исследовании, проведенных в 2022 и 2023 годах.

Таблица 1 – Результаты лабораторных исследований по заморозке растений

№	Дата	Растение	Время заморозки, мин.									
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	07.11.22	Взошло/Погибло	4/3	4/1	3/1	2/0	3/1	5/5	2/2	4/4	4/4	4/4
2	11.12.22		5/5	5/4	4/4	3/2	5/4	4/4	5/4	3/3	3/3	4/4
3	24.12.22		4/0	5/0	5/0	5/1	3/0	5/2	5/5	5/4	5/5	5/5
4	08.01.23		5/0	5/1	5/1	5/0	4/1	5/3	5/5	5/4	5/5	5/5
5	26.01.23		4/1	5/2	4/0	3/0	5/2	4/1	2/1	5/4	4/2	5/4
6	08.04.23		3/0	2/0	5/0	2/0	3/0	4/1	5/0	4/0	2/1	3/0
7	05.06.23		4/0	3/0	2/0	3/0	4/1	4/0	4/1	1/0	4/2	4/1
8	07.06.23		4/0	5/0	4/0	5/0	5/0	3/3	4/0	5/0	3/0	2/0
9	15.06.23		4/0	3/0	2/0	5/1	2/0	3/0	5/0	5/0	5/3	3/1
10	23.06.23		5/0	5/1	4/1	5/1	5/0	5/1	3/0	3/0	4/1	4/0
11	01.07.23		5/0	3/2	3/1	5/0	5/0	5/1	5/1	4/2	5/3	5/2
12	08.07.23		4/0	4/0	3/0	4/0	2/0	5/0	4/1	4/2	4/0	5/2
13	21.07.23		3/0	4/0	5/0	5/2	4/0	3/0	5/1	5/1	4/3	5/4
Сумма подходов			54/9	53/11	49/8	52/7	50/9	55/21	54/21	53/24	52/32	54/32
Среднее арифм.			4,2/0,7	4,1/0,8	3,8/0,6	4,0/0,5	3,8/0,7	4,2/1,6	4,2/0,6	4,1/1,8	4,0/2,5	4,2/2,5

Таким образом, анализ полученных данных показал, что при отрицательной температуре в холодильной камере -18°С количество погибших растений с увеличением времени заморозки от 5 до 50 минут возрастает.

Совокупное влияние отрицательной температуры на функционирование подсистемы «растение» приведено на рис. 2, которое представляет бифуркационную функцию роста и гибели растений.

Анализ графика показывает, что в благоприятных условиях происходит ежедневный прирост биомассы растения, а при воздействии отрицательной температуры на седьмые сутки (точка бифуркации) у одной группы испытуемых растений кривая роста биомассы существенно замедляется, что характерно для области 1, а у второй группы (область 2) наблюдается снижение биомассы, свидетельствующая о гибели растений. Такой процесс может быть объяснен большим перепадом температур в процессе замерзания и последующем размерзании. Следует так же отметить, что приведенный экспериментальный материал подтверждает

методику бифуркационного подхода и существенно упрощает проведение экспериментальных исследований на конкретных водосборных площадях (см. выражение (7).

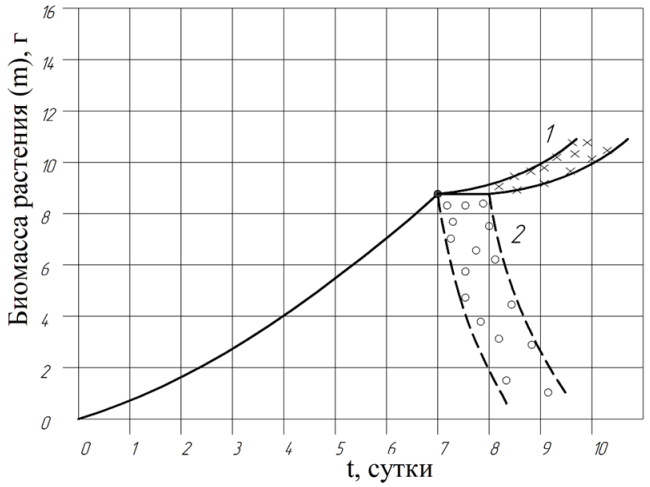


Рис.2 – Бифуркационная функция роста (1) и гибели (2) растения от заморозка

Как выше отмечалось в зависимости от крутизны и экспозиции склона предельные значения отрицательных температур по высоте склона существенно отличаются. А значит, растения расположенные на склонах подвергаются воздействиям различных критических значении по времени и по температуре. Поэтому полученные экспериментальные данные, следовательно, и бифуркационная функция позволяет применять управленческие решения по проектированию и размещению культурных растении на склонах.

Выводы. 1. Полученное выражение (7) позволяет упростить проведение экспериментальных исследований по теплообеспеченности системы «почва - растение – воздух» на реальных склонах различной экспозиции и крутизны.

2. Экспериментальные исследования в лабораторных условиях подтвердили, что гибель растений при критических температурах -18°С для данного эксперимента описывается уравнением регрессии y = 0,0268x2 - 0,3701x + 17,232, а совокупность поведение подсистемы «растение» под морозным воздействием подчиняется бифуркационной функции.

Литература

1. Определение точек бифуркации в функционировании системы «почва - растение - воздух» / И. И. Максимов, М. Н. Калимуллин, Е. П. Алексеев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18, № 2(70). С. 94-101. – doi 10.12737/2073-0462-2023-94-101.

2. Журавлева В.В. Математические модели процессов регуляции в физиологии растений // Известия Алтайского государственного университета. 2008. № 1 (57). С. 43-57.

3. Bessonov N., Volpert V. Dynamical Models of Plant Growth. Mathematics and Mathematical modeling. // Mathematics Subject Classification. 2000. P. 63.

4. Marasco A., Giannino F. Modelling competitive interactions and plant–soil feedback in vegetation dynamics // Ricerche di Matematica. 2020. 69(1). doi: 10.1007/s11587-020-00497-6.

5. Smithers E.T., Luo J., Dyson R.J. Mathematical principles and models of plant growth mechanics: from cell wall dynamics to tissue morphogenesis // Journal of Experimental Botany. 2019. Vol. 70. No. 14. P. 3587–3600. doi: 10.1093/jxb/erz253.

6. Mathematical Modeling of the Dynamics of Shoot-Root Interactions and Resource Partitioning in Plant Growth / C. Feller, P. Favre, A. Janka, et al. // Plos one. 2015. 10(7). doi: 10.1371/journal.pone.0127905.

7. Арнольд В.И. Теория катастроф. - М.: Наука, 1990. - 128 с.

8. Prigogine I., Wiame J. M. Biologie et thermodynamique des phenomenes irreversibles // Experientia. 1946. Vol. 2. No. 11. P. 451-453.

9. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. М.: Мир, 2002. 461 с.

10. Розен Р. Принцип оптимальности в биологии. М.: Мир, 1969. 215 с.

11. Kaur D. Bifurcation induced by delay parameter in plant growth dynamics // J. Phys.: Conf. Ser. 2022. URL: https://www.iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2267/1/012031 (дата обращения: 21.04.2023). doi: 10.1088/1742-6596/2267/1/012031

12. Agricultural Engineering Technologies in the Control of Frost Damage in Permanent Plantations / V. Tadi´c, K. Gligorevi´c, Z. Mileusni´c, et al. . AgriEngineering, 2023. 5, P. 2079–2111.

13. Гольцберг И.А. Климатическая характеристика заморозков и методы борьбы с ними в СССР [Текст] / И.А. Гольцберг; под ред. Юдина М. И. - Ленинград : Гидрометеоиздат, Труды Главной геофизической обсерватории ; вып. 17 (79). - 1949. - 112 с.

14. Snyder R. L. Frost Protection: Fundamentals, Practice and Economics // Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2005. pp. 223.

15. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Энерго- и массообмен в системе растение-почва-воздух. –

Л. Гидрометоиздат, 1975, -359 с.

16. Менжулин Г.В. К методике расчета метеорологического режима в растительном сообществе. Метеорология и гидрология, 1970, № 2, с. 92−99.

17. Дубов А.С. Турбулентность в растительном покрове / А.С. Дубов, Л.П. Быкова, С.В. Марунич. — Ленинград : Гидрометеоиздат, 1978. - 183 с.

18. Estimation of soil thermal properties using conduction and conduction–convection heat transfer equations in the Brazilian Pampa biome / Zimmer, T., Souza, V. de A., Romio, L. C. et al. // Agricultural and Forest Meteorology, 2023. 338, 109517. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168192323002083#preview-section-cited-by (дата обращения 11.10.2024). doi: 10.1016/j.agrformet.2023.109517.

19. Zhu F., Zhou Y., Zhu S. Experimental study on heat transfer in soil during heat storage and release processes. Heat. Mass. Transfer. 2021. 57, P. 1485–1497. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s00231-021-03045-6 (дата обращения 11.10.2024).

20. Wardani A. K., Purqon A. Thermal conductivity prediction of soil in complex plant soil system using artificial neural networks //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2016. Т. 739. №. 1. С. 012007.

21. Agrotool - a system for crop simulation / R. A. Poluektov, S. M. Fintushal, I. V. Oparina, et al. // Archives of Agronomy and Soil Science. 2002. Vol. 48(6). P. 609-635.

22. Росс Ю.К. К математическому описанию роста растений // Доклады Академии наук СССР. 1966. Т. 171. №2. С. 481-483.

23. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая [Текст] / Х.Г. Тооминг. - Москва : Гидрометеоиздат, 1977. - 197 с.

24. Функционирование системы "растение – почва – воздух" / И. И. Максимов, В. И. Максимов, С. А. Васильев, В. В. Алексеев // Энергосберегающие агротехнологии и техника для северного земледелия и животноводства, Киров, 12–14 декабря 2018 года. – Киров: ООО "Кировская областная типография", 2018. – С. 54-63.

Сведения об авторах:

Максимов Иван Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: maksimov48@inbox.ru

Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия

Валиев Айрат Расимович – доктор технических наук, профессор, чл.-корр. АН РТ, ректор, e-mail: ayrat-valiev@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

Алексеев Евгений Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: zhenia_alex@mail.ru

Максимов Никита Владимирович –аспирант, e-mail: w.nik213@yandex.ru

Лукина Ирина Васильевна – аспирант, e-mail: iv_rabota@inbox.ru

Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия

SOME QUESTIONS ABOUT HEAT SUPPLY IN THE SOIL-PLANT–AIR SYSTEM

I. I. Maksimov, A. R. Valiev, E. P. Alekseev, N. V. Maksimov, I. V. Lukina

Abstract. During the growing season, cultivated plants are subject to bifurcation effects such as drought, frost, ice, hail, heavy rains, etc. The dependence of mankind on the weather is quite large. The purpose of this work is to study artificial bifurcation by heat supply of plants in laboratory conditions. The thermophysical characteristics of the interaction of the plant-soil-air system are due to radiation heat exchange, which includes the arrival of long-wave radiation from the atmosphere - plants and reflected radiation from plants into the atmosphere; the arrival of short-wave radiation from solar radiation used by plant leaves for photosynthesis and reflection of part of this photoactive radiation; turbulent heat exchange of the soil surface with the surrounding surface air; transpiration heat exchange of the soil surface with the surrounding surface air; heat exchange in the soil. In addition, solar radiation reaching the slope surface has a different scattering effect on the functioning of the plant-soil-air system. Note that the vegetation cover performs the function of thermal insulation between the atmosphere and the soil. The analytical determination of the heat supply of plants is quite difficult, especially on slopes of different steepness and exposure, due to both the insufficiency of the data included in these analytical expressions, as well as the uncertainty (impossibility) of determining experimentally appropriate coefficients. Therefore, the technique of the bifurcation approach allows, as a first approximation, to design certain technologies for cultivating crops for a specific catchment area, both in terms of frost resistance, and to apply measures to protect against frost. The stability of plant seedlings to frost was checked in laboratory conditions: sowing and germination of barley seeds under the same conditions (according to ambient temperature and soil moisture) for seven days; placing in a refrigerator at -18°C; extraction from the refrigerator at intervals of 5 minutes, maximum duration of 50 minutes; visual monitoring of the condition of plants. Experimental studies have shown that the death of a plant from frost is described by the regression equation $y = 0{,}0268x2 – 0{,}3701x + 17{,}232$. As a result of the research, a bifurcation function has been proposed, confirmed by laboratory experiments.

Key words: heat supply of plants, bifurcation points, growth.

References

1. Maksimov II, Kalimullin MN, Alekseev EP. [Determination of bifurcation points in the functioning of the “soil - plant – air” system]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.18. 2(70). 94-101 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-94-101.

2. Zhuravleva VV. [Mathematical models of regulatory processes in plant physiology]. Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta. 2008; 1 (57). 43-57 p.

3. Bessonov N, Volpert V. Dynamical models of plant growth. Mathematics and mathematical modeling. Mathematics Subject Classification. 2000; P. 63 p.

4. Marasco A, Giannino F. Modelling competitive interactions and plant-soil feedback in vegetation dynamics. Ricerche di Matematica. 2020; 69(1). doi: 10.1007/s11587-020-00497-6.

5. Smithers ET, Luo J, Dyson RJ. Mathematical principles and models of plant growth mechanics: from cell wall dynamics to tissue morphogenesis. Journal of Experimental Botany. 2019; Vol.70. 14. 3587-3600 p. doi: 10.1093/jxb/erz253.

6. Feller C, Favre P, Janka A. Mathematical modeling of the dynamics of shoot-root interactions and resource partitioning in plant growth. Plos one. 2015; 10(7). doi: 10.1371/journal.pone.0127905.

7. Arnold VI. Teoriya katastrof. [Theory of catastrophes]. Moscow: Nauka. 1990; 128 p.
8. Prigogine I, Wiame JM. Biologie et thermodynamique des phenomenes irreversibles. Experientia. 1946; Vol.2. 11. 451-453 p. French.
9. Prigozhin I, Kondepudi D. Sovremennaya termodinamika. Ot teplovykh dvigateley do dissipativnykh struktur. [Modern termodynamics. From heat engines to dissipative structures]. Moscow: Mir. 2002; 461 p.
10. Rozen R. Printsip optimalnosti v biologii. [The principle of optimality in biology]. Moscow: Mir. 1969; 215 p.
11. Kaur D. Bifurcation induced by delay parameter in plant growth dynamics. J. Phys.: Conf. Ser. 2022; [cited 2023, April 21]. Available from: https://www.iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2267/1/012031. doi: 10.1088/1742-6596/2267/1/012031
12. Tadic V, Gligorevic K, Mileusnic Z. Agricultural engineering technologies in the control of frost damage in permanent plantations. AgriEngineering. 2023; 5. 2079-2111 p.
13. Goltsberg IA. Klimaticheskaya kharakteristika zamorozkov i metody borby s nimi v SSSR. [Climatic characteristics of frosts and methods of combating them in the USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat. Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii. 17 (79). 1949; 112 p.
14. Snyder RL. Frost protection: fundamentals, practice and economics. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2005; 223 p.
15. Nerpin SV, Chudnovskiи AF. Energo- i massoobmen v sisteme rastenie-pochva-vozdukh. [Energy and mass transfer in the plant-soil-air system]. Leningrad: Gidrometoizdat. 1975; 359 p.
16. Menzhulin GV. [On the methodology for calculating the meteorological regime in a plant community]. Meteorologiya i gidrologiya. 1970; 2. 92-99 p.
17. Dubov AS, Bykova LP, Marunich SV. Turbulentnost v rastitelnom pokrove. [Turbulence in vegetation cover]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1978; 183 p.
18. Zimmer T, Souza V. de A, Romio LC. Estimation of soil thermal properties using conduction and conduction-convection heat transfer equations in the Brazilian Pampa biome. Agricultural and Forest Meteorology. 2023; 338. 109517. [cited 2024, October 11]. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168192323002083#preview-section-cited-by. doi: 10.1016/j.agrformet.2023.109517.
19. Zhu F, Zhou Y, Zhu S. Experimental study on heat transfer in soil during heat storage and release processes. Heat. Mass. Transfer. 2021; 57. 1485-1497 p. [cited 2024, October 11]. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s00231-021-03045-6.
20. Wardani AK, Purqon A. Thermal conductivity prediction of soil in complex plant soil system using artificial neural networks. Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing. 2016; Vol.739. 1. 012007 p.
21. Poluektov RA, Fintushal SM, Oparina IV. Agrotool - a system for crop simulation. Archives of Agronomy and Soil Science. 2002; Vol.48(6). 609-635 p.
22. Ross YuK. [Towards a mathematical description of plant growth]. Doklady Akademii nauk SSSR. 1966; Vol.171. 2. 481-483 p.
23. Tooming KhG. Solnechnaya radiatsiya i formirovanie urozhaya. [Solar radiation and crop formation]. Moscow: Gidrometeoizdat. 1977; 197 p.
24. Maksimov II, Maksimov VI, Vasilev SA, Alekseev VV. Funktsionirovanie sistemy “rastenie-pochva-vozdukh”. Energosberegayushchie agrotekhnologii i tekhnika dlya severnogo zemledeliya i zhivotnovodstva. [Functioning of the “plant-soil-air” system. Energy-saving agricultural technologies and equipment for northern agriculture and animal husbandry]. Kirov. 12-14 dekabrya 2018 goda. Kirov: OOO “Kirovskaya oblastnaya tipografiya”. 2018; 54-63 p.

Authors:
Maksimov Ivan Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, e-mail: maksimov48@inbox.ru
Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia
Valiev Ayrat Rasimovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, corresponding member of Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Rector, e-mail: ayratvaliev@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
Alekseev Evgeniy Petrovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, e-mail: zhenia_alex@mail.ru
Maksimov Nikita Vladimirovich – post-graduate student, e-mail: w.nik213@yandex.ru
Lukina Irina Vasilievna – post-graduate student, e-mail: iv_rabota@inbox.ru
Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-88-94
УДК 58.084

ОЦЕНКА ВКЛАДА КОРНЕВОГО УГЛЕРОДНОГО ПИТАНИЯ В ФОРМИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Ю. Х. Шогенов, З. И. Дударов, А. Х. Занилов

Реферат. Изучение механизмов трансформации диоксида углерода в агроэкосистемах с позиции представлений о поглощении CO_2 исключительно хлорофилл содержащими частями вегетирующих растений не позволяет объективно оценивать экосистемную роль каждого компонента. Для оценки вклада корневого углеродного питания в формирование биомассы растений был заложен модельный эксперимент с использованием авторской установки, позволяющая изолировать корневую и листовую части растения друг от друга и регистрировать значения CO_2 для расчета его баланса. В качестве экспериментального растения использовался саженец павловнии (*Paulownia tomentosa (Thuns.) Steud., 1841*) с известной начальной массой, вегетирующего в условиях 12-часового светового режима. Вклад корневого углеродного питания в формирование биомассы рассчитывался по разнице C-CO_2 в атмосфере листовой камеры и содержании элементарного углерода в растении в конце опыта. Содержание углерода в частях растений определялось на анализаторе углерода MultiEA 200CS при температуре 1100°C. В результате 30-ти суток наблюдений было установлено, что масса C-CO_2, находившегося на всем протяжении эксперимента (6960 ppm) в атмосфере листовой камеры объемом 0,06 м^3 соответствовало 210 мг углерода. В то же время, содержание углерода в приращенной массе саженца (690 мг) в абсолютно сухой форме содержалось 274,9 мг элементарного углерода, что свидетельствует о наличии иного альтернативного источника поступления углерода. По мнению авторов, 64,9 мг элементарного углерода (23,6% от общей массы), принявшего участие в формирование приращенной биоамассы экспериментального растения поступило через корневую систему. Полученные результаты позволяют дать объяснение случаям, когда лесные массивы могут формировать баланс, смещенный в сторону потока CO_2. Представление о механизме корневого углеродного растений и его потенциале позволяет более точно создавать модели трансформации CO_2 в почвенно-растительных системах.

Ключевые слова: корневое углеродное питание растений, углекислый газ, баланс CO_2.

Введение. Основная роль CO_2 в развитии растений сводится к накоплению растительной биомассы. При этом известно, что углекислый газ не только поглощается растениями, но и интенсивно выделяется, особенно в темное время суток [1]. Так, ночное дыхание растительного покрова оказывается столь значительным, что в некоторых случаях во избежание завышения средних значений они не берутся в расчет при проведении оценок сезонной изменчивости концентрации парниковых газов [2]. В свою очередь игнорирование вклада дыхания растений может привести к грубым ошибкам при расчете баланса углекислого газа в экосистеме. Как следствие, мы имеем неопределённость величины баланса CO_2 на территории России, доходящая до 50% [3] по причине неопределенности самих оценок потоков углерода [4]. В связи с этим имеются предложения по переходу от вычислений ежегодных выбросов в атмосферу к выяснению причинно-следственных связей, в частности в процессе почвенного газообмена [5].

Актуальность более детального исследования механизмов выделения CO_2 компонентами экосистем связана с необходимостью разработки точных методов расчета углеродного баланса, в том числе математико-статистических.

Важным условием для установления причин по которым лес может выступать в качестве источника диоксида углерода является дифференцированный учет дыхания растительной массы и почвы под ней. Считается, что от 40 до 80% высвобожденного CO_2 в лесных экосистемах приходится на дыхание почвы [6]. Ограниченное количество данных о дифференцированном вкладе компонентов лесных экосистем в поток CO_2 не позволяет объективно оценить экосистемную роль каждого компонента и усложняет поиск решений по смещению углеродного баланса в сторону поглощения. По нашему мнению, недооцененным фактором, в значительной степени влияющим на углеродный баланс является корневое углеродное питание растений.

Целью работы является количественная оценка баланса CO_2 в системе «растение-атмосфера», сформированного изолированным саженцем павловнии в модельном эксперименте и привлечение внимания к «темным пятнам» в существующих методах расчета баланса CO_2.

Условия, материалы и методы. Высокая динамичность процессов трансформации CO_2 между компонентами экосистем усложняет задачу прогнозируемого управления потоками CO_2, а достоверная оценка направленности трансформации углерода представляет собой сложную методологическую задачу [7].

В настоящее время упрощенный метод перерасчета органического вещества почвы и биомассы растений в CO_2-эквивалент является констатирующим и не позволяет прогнозировать баланс с высокой точностью, что требует более детальных исследований и наличия более информативных параметров.

С целью наблюдения за суточными

изменениями концентрации углекислого газа в изолированной экспериментальной камере, а также изучения особенностей трансформации CO_2 в контролируемых условиях авторами работы создано специализированное устройство (рис. 1) [8], позволяющее расширить представление о процессе дыхания не только почв, но и растений как о важном экосистемном явлении, принимающем участие в формировании глобального баланса CO_2.

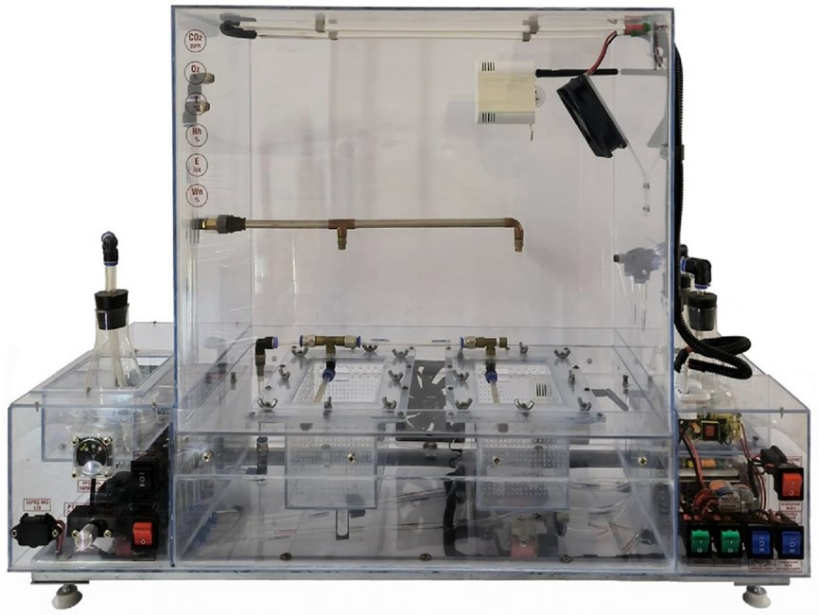


Рис. 1 - Вид установки для учета потоков CO_2 в замкнутом биоцикле «почва-растение-атмосфера»

Установка состоит из двух частей, разделенных между собой перегородкой для возможности ограничения смешивания газового состава верхней (листовой) и нижней (корневой) камер. Для поддержания светового режима верхняя камера оснащена специализированными фитолампами с длиной волн красного спектра 630-670 нм и синего спектра – 420-460 нм. Регистрация концентраций CO_2 в атмосфере камер осуществляется с помощью не дисперсного инфракрасного сенсора углекислого газа (NDIR) с частотой 1 раз в 10 минут с диапазоном измерений 0-5000 ppm. Текущие и архивированные данные о концентрациях CO_2 выводятся на монитор компьютера или смартфона. Установка позволяет производить наблюдения в автономном режиме на протяжение более 30 суток, до момента накопления критичной биомассы растениями в камере. Размеры верхней камеры составляют: 0,5м (длина) х 0,3м (ширина) х 0,4м (высота). Объем листовой камеры 0,06 $м^3$.

В качестве объекта исследования использовался саженец павловнии войлочной (*Paulownia tomentosa*) со сформированной корневой системой и тремя парами листьев. Масса саженца составила 7,47 г. Эксперимент инициирован 08 мая 2024 года. В качестве субстрата использовался промытый речной песок (800 г) обогащенного 10 г комплексного минерального удобрения (NPK 16:16:16). Продолжительность наблюдения составила 30 суток. На протяжении всего периода производилась регистрация показателей CO_2. В конце срока эксперимента зафиксирована образовавшаяся биомасса растения и проведен расчет баланса CO_2-эквивалента, сформированного в системе «растение-атмосфера». Периодичность светового режима (фотопериод), имитирующего день и ночь составляет 12ч.

Результаты и обсуждение. Фотосинтез и дыхание зеленых растений являются смежными тесно связанными процессами и имеют равнозначное значение для устойчивой их жизнедеятельности. При этом считается, что поглощение диоксида углерода зелеными частями растения имеет исключительное значение для формирования их биомассы, а, образуемое органическое вещество при фотосинтезе расходуется на дыхание [9]. В таком случае конечная величина продуктивности растительности оценивается как разница между первичной нетто-продуктивностью и вкладом гетеротрофного дыхания растений, в результате которого расходуется образованное органическое вещество [10]. Следовательно, если данные показатели по тем или иным причинам выравниваются, то следует ожидать прекращения прироста растительной биомассы. Ожидаемо, что при отсутствии исчерпывающих объяснений выводы многолетних и качественных исследований, к каковым авторы относят работы Кобак К.И. подвергаются критике [11]. Например, в дискуссионной статье [11] со ссылкой на работу [10] приводятся данные о функционировании сосняка черничного начиная с начала сентября до конца апреля в режиме углеродного источника, что должно было сопровождаться деградацией биомассы в лесном массиве, так как углекислый газ на ряду

со светом являются ведущими факторами ответственными за протекание фотосинтеза. В таком случае возникает вопрос: если альтернативный путь поступления углерода в растение не рассматривается, то как долго оно способно полноценно функционировать в режиме дефицита CO_2?

В результате эксперимента была продемонстрирована возможность накопления биомассы растением павловнии в условиях нулевого баланса CO_2 в листовой камере экспериментальной установки (рис. 2).

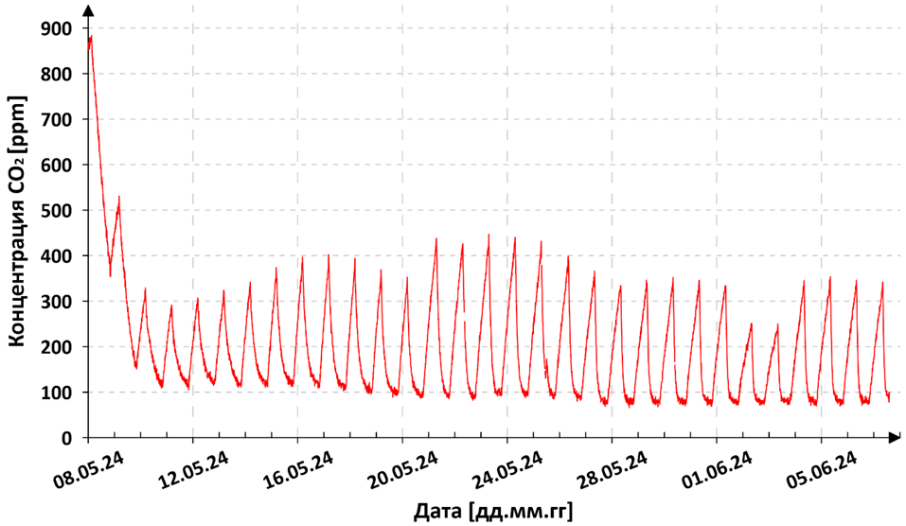


Рис.2. – Суточная динамика изменения концентрации CO_2 (ppm) в изолированной листовой камере

Как видно из рисунка выше, изначально имевшийся объем CO_2 (867 ppm) в камере к началу эксперимента был поглощен за 2-е суток, после чего источником периодически образующегося объема углекислого газа в камере является углекислый газ, продуцированный в результате дыхания самого растения, без поступления его извне, а возможность извлечения растениями CO_2 из атмосферы имеют определенные пределы (рис. 3).

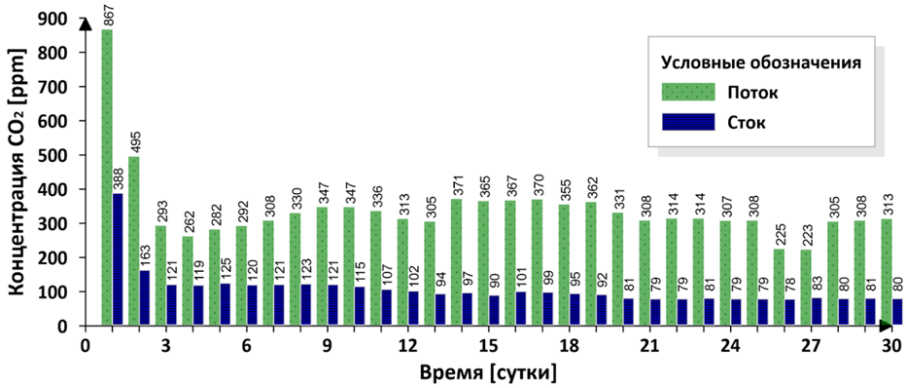


Рис.3 – Максимальные и минимальные значения суточных концентраций CO_2 в камере

Диаграмма выше демонстрирует, что, начиная с третьих суток среднесуточное минимальное значение CO_2 составляло 109 ppm, а максимальное среднесуточное значение соответствовало 341 ppm, что отражало показатели стока (поглощения углекислого газа экспериментальным растением в процессе фотосинтеза) и потока газа (поступление в атмосферу углекислого газа в результате дыхания экспериментального растения), соответственно. При этом, по мере роста растения и накопления биомассы способность поглощения углекислого газа возрастала, что наблюдается по показателям трех временных точек 10.05-19.05 (начальная фаза), 20.05-29.05 (промежуточная фаза) и 30.05-07.06 (конечная фаза), где показатели демонстрировали средние значения в каждой декаде 121, 95 и 80 ppm, соответственно. При этом можно предположить, что способность извлечения CO_2 не прямо пропорционально биомассе растений, которая увеличилась за время эксперимента более, чем в 2 раза (на 111,8%), с 7,47 г до 15,82 г.

Расчет углеродного баланса. Среднесуточный объем диоксида углерода, который находился в камере за период проведения эксперимента был равен 232 ppm. Таким образом, имея данные о продолжительности эксперимента, суточном балансе CO_2 в модуле и объеме камеры мы можем рассчитать какое количество углерода CO_2 из атмосферы камеры

пошло на формирование биомассы павловнии по формуле:

$$M = (C \times T \times m \times V)/K$$

где,

M – масса углерода в атмосфере камеры, принявшая участие в формировании биомассы, мг;

C – среднесуточный баланс CO_2 в атмосфере камеры, ppm;

T – продолжительность наблюдения, сутки;

m – масса CO_2, мг/м^3;

V – объем камеры, м^3;

K – коэффициент пересчета CO_2 в элементарный углерод.

Расчет:

$$M = (232\ ppm \times 30\ сут. \times 1{,}84\ мг/м^3 \times 0{,}06\ м^3) / 3{,}66 = 210\ мг$$

В соответствии с произведенными расчетами мы имеем, что на формирование биомассы павловнии из атмосферы листовой камеры экспериментального модуля было использовано 210 мг элементарного углерода. Отсюда следует, что биомасса наземной части растения, в соответствии с обозначенными выше представлениями о формировании органического вещества фотосинтезирующих растений [10] в камере не должна превышать в пересчете на углерод полученную цифру.

Перед закладкой эксперимента был произведен учет массы саженца с корневой системой и произведены замеры площади 6-и имевшихся листьев (табл.). По истечении 30-и суток был произведен повторный учет массы растения с корневой системой и рассчитана площадь всех листьев, включая вновь образовавшиеся, которые отчетливо видны на снимках (рис.4).

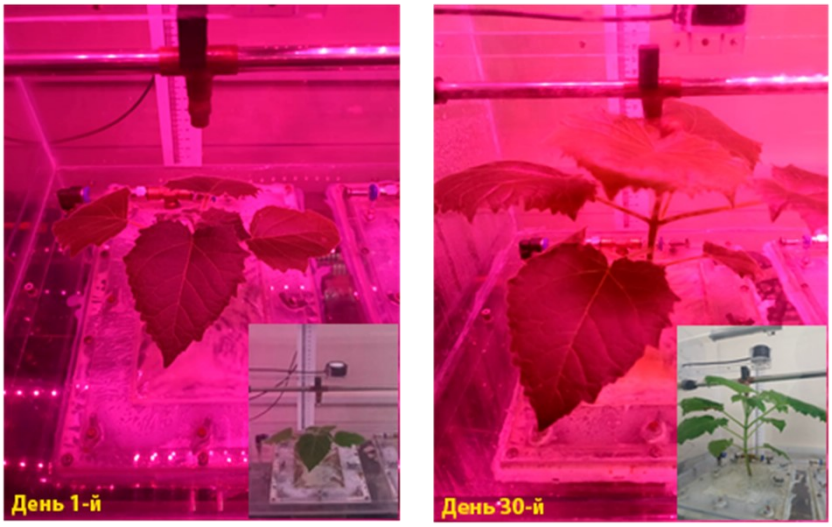


Рис.4. –Визуализация роста биомассы опытного растения

На момент закладки эксперимента были сформированы 2 полноценных яруса (4 листа), а листья 3-го яруса находились на стадии формирования. Общая площадь 6 имевшихся листьев в процессе развития растения увеличилась на 93,9% (рис. 5) и дополнительно сформировалось еще 2 яруса.

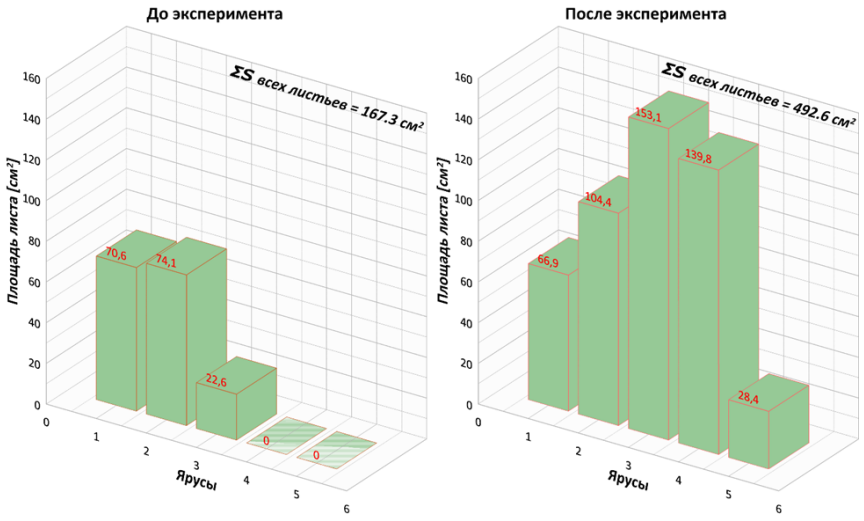


Рис. 5 - Изменение листовой площади в динамике, см^2

Как видно из рисунка 5, общая площадь листьев за период наблюдения возросла на 194%, учитывая незначительное редуцирование листьев первого яруса.

Масса саженца за 30 суток увеличилась на 111,8%, и составила 15,82 г. при начальных показателях 7,47 г. (таблица). Дальнейший расчет образовавшегося баланса углерода в системе атмосфера-растение проводился на основе содержания элементарного углерода в частях растений, определяемого при температуре 1100 ºС на анализаторе MultiEA 200CS.

Таблица - Содержание углерода в приращённой биомассе, мг

Биомасса прироста				Содержание углерода		
Сырая масса, мг	Абсолютно-сухая масса, мг	Часть растения	Масса, мг	Доля углерода, %	Углерод, мг	
8350	690	Листья	404	40,8	164,83	274,9
		Стебель	170	38,5	65,45	
		Корень	116		44,66	

Сопоставление табличных данных и результатов расчета углерода в атмосфере свидетельствует о принятии участия в формировании биомассы растения углерода, сверх того, который фиксировался в атмосфере экспериментальной камеры. В то время как в камере за весь период эксперимента зафиксировано всего 210 мг углерода в форме CO_2, углеродный эквивалент образованной биомассы оказался равен 274,9 мг, что на 64,9 г (23,6% от общей массы) больше «ожидаемого» показателя.

Для прояснения вопроса из какого или каких источников в растение поступило 23,6% углерода, не поглощенного листовым аппаратом опытного растения следует обратить внимание на такой механизм как корневое углеродное питание растений.

Теме корневого углеродного питания в настоящее время не уделяется достаточного внимания исследователей, а в какой-то степени носит негласно табуированный характер. В то же время в научной литературе по данному вопросу существует множество исследований, подчеркивающих роль корней растений в усвоении углекислого газа [12-19].

Не будь данного источника мы в результате эксперимента имели бы добавленную абсолютно сухую массу растения не 690 мг, а равную 527,2 мг. То есть если поглощенный объем CO_2 идет на образование органического вещества, и оно же распадается в процессе гетеротрофного дыхания мы должны иметь массу, растения равную стартовой его массе без изменения.

Полученные в результате модельного эксперимента данные подтверждают и наличие, так называемого «малого внутреннего цикла» биологического круговорота углерода, когда лесные экосистемы поглощают эмитированный самими же растениями углекислый газ [20]. Считается, что за счет малого внутреннего цикла формируется более 60% чистой первичной продукции [5]. В проведенном опыте мы видим, что при определенных условиях автономность может достигать 100%, так как образование биомассы экспериментального растения происходило практически без поступления CO_2 в камеру извне на протяжение всего периода наблюдения (30 суток).

Перспективы направления исследований. Результаты, проведенного исследования могут быть использованы в качестве научной основы для повышения точности моделей трансформации CO_2 в система «растение-атмосфера» и «почва-растение-атмосфера» с учетом фактора корневого углеродного питания растений, а также интенсивности и продолжительности освещения. Имеются данные, что световой режим в лесном массиве в течение суток в большей степени, чем влажность и температура влияет на колебание CO_2 в атмосфере [21], что, в свою очередь, влияет на физиологические функции, включая образование АТФ и углеродных скелетов [22].

С практической точки зрения для увеличения способности зрелых древесных экосистем фиксировать больше углерода, ограниченной дефицитом питательных веществ в почве, преимущественно азотом и фосфором [23], перспективными является поиск средств, стимулирующих накопление биологического азота и мобилизацию фосфора в почве посредством управления корневыми экссудатами, влияющими на активность почвенной микрофлоры. Учитывая, что управление плодородием почвы в лесах традиционными методами, используемыми в земледелии, не представляется возможным, могут быть использованы катализаторы органического и минерального происхождения (ферменты, аминокислоты, микроэлементы и др.), вносимые беспилотными летательными аппаратами.

Выводы. В процессе модельного эксперимента было установлено, что масса углерода углекислого газа, поступавшего из атмосферы листовой камеры установки недостаточно для формирования полученной конечной биомассы. Так, масса углерода приращенной части растения (+111,8%) составляла 274,9 мг, в то время как в атмосфере на протяжение всего периода наблюдения было зафиксировано всего 210 мг углерода, что может являться свидетельством наличия альтернативного механизма поступления углерода, к каковому относится корневое углеродное питание.

Сведения об источнике финансирования: Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, мнемокод FZZR-2023-0010.

Литература

1. Алиева С. С., Аббасова С. М., Сулейманова Е. Дж. Исследование влияния экосистемного потока CO2 в растительных полях на массу выращенной биомассы в аквамодели FAO // Вестник КрасГАУ. 2018. №2. С. 247-252.
2. Тимохина А. В., Прокушкин А. С., Панов А. В. Суточная и сезонная динамика концентрации CO2 и CH4 в атмосфере над экосистемами Западной Сибири (Приенисейская часть) // Вестник КрасГАУ. №12, 2014. С. 83-88.
3. Динамика потоков CO2 с поверхности почвы в сосновых древостоях Средней Сибири / А. В. Махныкина, А. С. Прокушкин, Е. А. Ваганов и др. // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2016. Т. 9. № 3. С. 338-357. DOI: 10.17516/1997-1389-2016-9-3-338-357.
4. Full Carbon Account for Russia / S. A. Nilsson, A. Z. Shvidenko, V. S. Stolbovoi, et al. // Interim report. IIASA. 2000. 181 p.
5. Наумов А. В. Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности. Новосибирск: Издательство Сибирского отделения РАН. 2009. 208 с.
6. Estimation of soil respiration using automated chamber systems in an oak (Quercus mongolica) forest at the Nam-San site in Seoul, Korea / S. J. Joo, S. U. Park, M. S. Park, et al. // Science of The Total Environment. 2012. Vol. 416. P. 400-409. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.11.025.
7. Альтудов Ю. К., Дударов З. И., Занилов А. Х. Система учета баланса CO2 в цикле «почва-растение-атмосфера» // Известия КБНЦ РАН. 2023. №6 (116). С. 13-20. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-13-20.
8. Занилов А. Х., Дударов З. И., Бахов М. Т. Установка для определения интенсивности листового и корневого углеродного питания растений. Патент на промышленный образец RU 142218 от 03.06.2024 г.
9. Смашевский Н. Д. Экология фотосинтеза // Астраханский вестник экологического образования. 2014. № 2 (28). С. 165-180.
10. Кобак К. И. Биотические компоненты углеродного цикла. Л.: Гидрометеоиздат. 1988. 248 с.
11. Глаголев М. В., Сабреков А. Ф. Ответ А. В. Смагину: II. Углеродный баланс России // ДОСиГИК. 2014. Т. 5. № 2 (10). С. 50-70.
12. Cramer M. D., Lewis O. A., Lips S. H. Inorganic carbon fixation and metabolism in maize roots as affected by nitrate and ammonium nutrition // Physiologia Plantarum. 1993. Vol. 89(3), P.632-639. DOI:10.1111/j.1399-3054.1993.tb05226.x.
13. Root Carbon Dioxide Fixation by Phosphorus-Deficient Lupinus albus (Contribution to Organic Acid Exudation by Proteoid Roots) / J. F. Johnson, D. L. Allan, C. P. Vance, et al. // Plant Physiology. 1996. Vol. 112(1). P.19-30. DOI: 10.1104/pp.112.1.19.
14. Wingate L. Weighty issues in respiratory metabolism: intriguing carbon isotope signals from roots and leaves // New Phytologist. 2008. Vol. 177(2). P. 285-287. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2007.02336.x.
15. Курсанов А. Л., Крюкова Я. Я., Варапетян Б. Б. Движение по растению углекислоты, поступающей через корни // Доклады АН СССР. 1952. Т. 85. № 4. С. 913 – 916.
16. Zelawski W., Riech F. P., Stanley R. G. Assimilation and release of internal carbon dioxide by woody plant shoots // Canadian Journal of Botany. 2011. Vol. 48(7). P.1351-1354. DOI:10.1139/b70-204
17. Arteca R. N., Poovaiah B. W., Smith O. E. Changes in Carbon Fixation, Tuberization, and Growth Induced by CO2 Applications to the Root Zone of Potato Plants // Science. 1979. Vol. 205(4412). P.1279-1280. DOI:10.1126/science.205.4412.1279.
18. Покровский С. Г. Корневое углеродное питание растений – как возможный источник ошибок радиоуглеродного датирования // Актуальные проблемы современной науки. 2006. № 6. С. 214-217.
19. Адаев Н. Л. Занилов А. Х., Амаева А. Г. Проведение расчетов оптимальных значений корневого углеродного питания огурцов и томатов // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов. 2022. С. 8-14.
20. Методы исследования потоков газов и состава почвенного воздуха в полевых условиях с использованием портативного газоанализатора ПГА-7 / А. В. Смагин, М. В. Глаголев, Г. Г. Суворов и др. // Вестник МГУ, сер. Почвоведение. 2003. №3. С. 29-36.
21. Суточная динамика эмиссии CO2 с поверхности почвы ельника черничного. Информационный ресурс: https://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/02-57/07.html. Дата обращения 12 августа 2024 г.
22. Шелякин М. Н. Функциональные характеристики листьев растений Hylotelephium triphyllum (Haw.) при разной освещенности // Известия Самарского НЦ РАН. 2012. Т. 14. № 1(9). С. 2313-2315.
23. The influence of elevated CO2 and soil depth on rhizosphere activity and nutrient availability in a mature Eucalyptus woodland / J. Pihlblad, L. C. Andresen, C. A. Macdonald, et al. // Biogeosciences. 2023. Vol. 20. P. 505–521, https://doi.org/10.5194/bg-20-505-2023.

Сведения об авторах:

Шогенов Юрий Хасанович - академик РАН, доктор технических наук, начальник сектора механизации, электрификации и автоматизации отдела сельскохозяйственных наук, e-mail.ru: yh1961s@yandex.ru
Российская академия наук, г. Москва, Россия
Дударов Залим Исламович - научный сотрудник центра декарбонизации АПК и региональной экономики, e-mail.ru: zalim-dudar@yandex.ru
Занилов Амиран Хабидович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник центра декарбонизации АПК и региональной экономики, e-mail.ru: amiran78@inbox.ru
Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик, Россия

ASSESSMENT OF THE CONTRIBUTION OF ROOT CARBON NUTRITION TO THE FORMATION OF PLANT BIOMASS IN A MODEL EXPERIMENT

Yu. Kh. Shogenov, Z. I. Dudarov, A. Kh. Zanilov

Abstract. The study of mechanisms of carbon dioxide transformation in agroecosystems from the position of ideas about CO_2 absorption exclusively by chlorophyll-containing parts of vegetative plants does not allow to objectively evaluate the ecosystem role of each component. To evaluate the contribution of root carbon nutrition to the formation of plant biomass, a model experiment was laid down using the author's device, which allows isolating the root and leaf parts of the plant from each other and recording the CO_2 values to calculate its balance. A paulownia seedling (*Paulownia tomentosa (Thuns.) Steud., 1841*) with a known initial mass, vegetating under a 12-hour light regime, was used as an experimental plant. The contribution of root carbon nutrition to biomass formation was calculated from the difference in C-CO_2 in the leaf chamber atmosphere and the content of elemental carbon in the plant at the end of the experiment. The carbon content in plant parts was determined on a MultiEA 200CS carbon analyzer at a temperature of 1100 °C. As a result of 30 days of

observations, it was found that the mass of C-CO_2, which was present throughout the experiment (6960 ppm) in the atmosphere of the leaf chamber with a volume of 0.06 m^3, corresponded to 210 mg of carbon. At the same time, the carbon content in the incremented mass of the seedling (690 mg) in absolutely dry form contained 274.9 mg of elemental carbon, which indicates the presence of another alternative source of carbon supply. According to the authors, 64.9 mg of elemental carbon (23.6 % of the total mass), which went to the formation of the incremented biomass of the experimental plant, came through the root system. The obtained results allow us to explain cases when forest areas can form a balance shifted towards the CO_2 flow. An idea of the mechanism of root carbon of plants and its potential allows us to more accurately create models of CO_2 transformation in soil-plant systems.

Key words: plant roots carbon consumption, carbon dioxide, CO_2 balance.

References

1. Alieva SS, Abbasova SM, Suleymanova EDzh. [Investigation of the effect of ecosystem CO2 flux in plant fields on the mass of grown biomass in the FAO aquamodel]. Vestnik KrasGAU. 2018; 2. 247-252 p.

2. Timokhina AV, Prokushkin AS, Panov AV. [Daily and seasonal dynamics of CO2 and CH4 concentration in the atmosphere over the ecosystems of Western Siberia (Enisey part)]. Vestnik KrasGAU. 2014; 12. 83-88 p.

3. Makhnykina AV, Prokushkin AS, Vaganov EA. [Dynamics of CO2 fluxes from the soil surface in pine stands of Central Siberia]. Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta. Seriya: Biologiya. 2016; Vol.9. 3. 338-357 p. DOI: 10.17516/1997-1389-2016-9-3-338-357.

4. Nilsson SA, Shvidenko AZ, Stolbovoi VS. Full carbon account for Russia. Interim report. IIASA. 2000; 181 p.

5. Naumov AV. Dykhanie pochvy: sostavlyayushchie, ekologicheskie funktsii, geograficheskie zakonomernosti. [Soil respiration: components, ecological functions, geographical patterns]. Novosibirsk: Izdatelstvo Sibirskogo otdeleniya RAN. 2009; 208 p.

6. Joo SJ, Park SU, Park MS. Estimation of soil respiration using automated chamber systems in an oak (Quercus mongolica) forest at the Nam-San site in Seoul, Korea. Science of the Total Environment. 2012; Vol.416. 400-409 p. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.11.025.

7. Altudov JuK, Dudarov ZI, Zanilov AKh. [CO2 balance accounting system in the “soil-plant-atmosphere” cycle]. Izvestiya KBNTs RAN. 2023; 6 (116). 13-20 p. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-13-20.

8. Zanilov AKh, Dudarov ZI, Bakhov MT. [Installation for determining the intensity of leaf and root carbon nutrition of plants]. Patent na promyshlennuy obrazets RU 142218 ot 03.06.2024.

9. Smashevskiy ND. [The ecology of photosynthesis]. Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya. 2014; 2 (28). 165-180 p.

10. Kobak KI. Bioticheskie komponenty uglerodnogo tsikla. [Biotic components of the carbon cycle]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1988; 248 p.

11. Glagolev MV, Sabrekov AF. [Answer to A.V.Smagin: II. Russia’s carbon balance]. Uglerodnuy balans Rossii. DOSiGIK. 2014; Vol.5. 2 (10). 50-70 p.

12. Cramer MD, Lewis OA, Lips SH. Inorganic carbon fixation and metabolism in maize roots as affected by nitrate and ammonium nutrition. Physiologia Plantarum. 1993; Vol.89(3). 632-639 p. DOI:10.1111/j.1399-3054.1993.tb05226.x.

13. Johnson JF, Allan DL, Vance CP. Root carbon dioxide fixation by phosphorus-deficient lupinus albus (Contribution to organic acid exudation by proteoid roots). Plant Physiology. 1996; Vol.112(1). 19-30 p. DOI: 10.1104/pp.112.1.19.

14. Wingate L. Weighty issues in respiratory metabolism: intriguing carbon isotope signals from roots and leaves. New Phytologist. 2008; Vol.177(2). 285-287 p. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2007.02336.x.

15. Kursanov AL, Kryukova YaYa, Varapetyan BB. [Movement of carbon dioxide through the roots through the plant]. Doklady AN SSSR. 1952; Vol.85. 4. 913-916 p.

16. Zelawski W, Riech FP, Stanley RG. Assimilation and release of internal carbon dioxide by woody plant shoots. Canadian Journal of Botany. 2011; Vol.48(7). 1351-1354 p. DOI:10.1139/b70-204

17. Arteca RN, Poovaiah BW, Smith OE. Changes in carbon fixation, tuberization, and growth induced by CO2 applications to the root zone of potato plants. Science. 1979; Vol.205(4412). 1279-1280 p. DOI:10.1126/science.205.4412.1279.

18. Pokrovskiy SG. [Root carbon nutrition of plants as a possible source of radiocarbon dating errors]. Aktualnye problemy sovremennoy nauki. 2006; 6. 214-217 p.

19. Adaev NL, Zanilov AKh, Amaeva AG. [Calculation of optimal values of root carbon nutrition of cucumbers and tomatoes]. Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov i aspirantov. 2022; 8-14 p.

20. Smagin AV, Glagolev MV, Suvorov GG. [Methods for studying gas flows and soil air composition in the field using a portable PGA-7 gas analyzer]. Vestnik MGU. ser. Pochvovedenie. 2003; 3. 29-36 p.

21. [Daily dynamics of CO2 emission from the soil surface of a blueberry spruce forest]. [Internet]. [cited 2024, August 12]. Available from: https://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/02-57/07.html.

22. Shelyakin MN. [Functional characteristics of Hylotelephium triphyllum (Haw.) plant leaves under different illumination]. Izvestiya Samarskogo NTs RAN. 2012; Vol.14. 1(9). 2313-2315 p.

23. Pihlblad J, Andresen LC, Macdonald CA. The influence of elevated CO2 and soil depth on rhizosphere activity and nutrient availability in a mature Eucalyptus woodland. Biogeosciences. 2023; Vol.20. 505-521 p. https://doi.org/10.5194/bg-20-505-2023.

Authors:

Shogenov Yuriy Khasanovich - academician of the Russian Academy of Sciences, doctor of technical sciences, head of mechanization, electrification and automation sector of the agricultural sciences department, e-mail.ru: yh1961s@yandex.ru

Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Dudarov Zalim Islamovich - researcher of the center for decarbonization of the agro-industrial complex and regional economy, e-mail.ru: zalim-dudar@yandex.ru

Zanilov Amiran Khabidovich – Ph.D. in agricultural sciences, senior researcher of the center for decarbonization of the agro-industrial complex and regional economy, e-mail.ru: amiran78@inbox.ru

Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M.Berbekov, Nalchik, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-95-102
УДК 338

МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ КОНТРОЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ МЕР ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОРГАНИЗАЦИЙ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

И. Ф. Ветрова, М. В. Мельник

Реферат. Мероприятия Государственной программы «Развитие рыбохозяйственного комплекса и Федерального проекта «Модернизация и стимулирование развития рыбохозяйственного комплекса» [1] направлены на развитие рыбохозяйственного комплекса, за счет обновления рыболовецкого флота, оснащенного необходимым оборудованием для вылова и переработки рыбы, формирование инфраструктуры и социальных условий функционирования. При этом анализ динамики объемов финансового обеспечения Государственной программы «Развитие рыбохозяйственного комплекса с 2022 года по 2026 год показывает, что его темпы роста имеют переменный характер – наименьший объем бюджетных средств выделялся в 2023 году (темп роста составил 84%), наибольший объем запланирован на 2025 год (темп роста -134%). Темп роста финансового обеспечения Федерального проекта «Модернизация и стимулирование развития рыбохозяйственного комплекса» составлял в 2023 году 19%, в 2024 году – 68%, в 2025 году он должен будет составить 116%, а в 2026 году запланировано снижение до 107%. Такая ситуация объясняется ограниченностью бюджетных ресурсов, при которой узловым вопросом всегда является оценка приоритетности мероприятий, под которые выделяется конкретная государственная поддержка. Оснащение экономических субъектов рыбохозяйственного комплекса новыми современными судами, укомплектованными необходимым оборудованием для вылова и переработки рыбы, требует существенных капитальных вложений и длительного периода времени. Методы анализа и контроля применяемые в настоящее время для оценки эффективности и приоритетности проектов государственной поддержки не позволяют в полной мере оценить их период окупаемости, возможность создания ценности для потребителя. В рамках исследования, для оценки эффективности механизма инвестиционных квот под условным названием «квоты под киль» предлагается финансово-экономическое моделирование в сочетании с функционально стоимостным анализом. Построение финансово-экономической модели инвестиционного проекта на приобретение или построение судна позволяет спроектировать долгосрочный прогноз развития эффективности деятельности как отдельного экономического субъекта, так и отрасли в целом, позволяющий осуществлять стратегический контроль реализации проекта, а применение функционально-стоимостного анализа – осуществлять поиск резервов снижения себестоимости и таким образом своевременно реагировать на внешние вызовы и угрозы за счет внутренних ресурсов.

Ключевые слова: государственная поддержка, контроль, эффективность, результативность, информационно-аналитическое обеспечение контроля, сквозной, стратегический, итоговый контроль.

Введение. Целью исследования является обоснование методики контрольно-аналитического инструментария для оценки эффективности механизма инвестиционных квот, предоставляемых в рамках Федерального проекта «Модернизация и стимулирование развития рыбохозяйственного комплекса».

Продовольственная безопасность является одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности страны в долгосрочном периоде, фактором сохранения ее государственности и суверенитета, важнейшей составляющей социально-экономической политики, а также необходимым условием реализации стратегического национального приоритета – повышение качества жизни российских граждан путем гарантированного удовлетворения их материальных и духовных потребностей [2].

Стратегической целью обеспечения продовольственной безопасности является удовлетворение потребностей населения страны безопасной, качественной и доступной сельскохозяйственной продукцией, сырьем и продовольствием в объемах, полностью обеспечивающих рациональное использование ресурсов и производства пищевой продукции [3].

В настоящее время все большее внимание уделяется повышению качества продовольствия. Большая часть населения отдает предпочтения экологически чистым натуральным продуктам. Дополнительные требования к формированию продуктовой корзины предъявляют медицинские работники. Все это требует не только увеличения производства продуктов питания, но и изменения структуры их потребления, в частности увеличения доли рыбы и морепродуктов. Результатом решения задачи удовлетворения спроса населения на здоровое питание и обеспечения продовольственной безопасности все большее значение играет рыболовство, то есть рациональная организация вылова рыбы, сохранности и быстрого восстановления биологических ресурсов моря, повышение интенсификации этих процессов. Это определяет актуальность всесторонней поддержки и ускорения развития рыболовства в приморских районах страны. Особое значение в настоящее время в связи с изменением внешнеэкономических отношений с Прибалтийскими странами имеет развитие рыболовства в районах Дальнего

Востока, который, во-первых, всегда обеспечивал нашу страну высококачественной рыбной продукцией, во-вторых, обычно эти виды рыб достаточно активно поставлялись нам из стран северной Европы, что в настоящее время стало затруднительным, в-третьих, ускоренное развитие экономики Дальнего Востока определило быстрый приток нового населения в этот район и, следовательно, вызвало необходимость активного развития новых отраслей промышленности и создания новых рабочих мест. Определенный вклад в решение этих задач может внести не только развитие рыболовства, но и формирование предприятий по переработке рыбной продукции и обеспечению процесса вылова и переработки рыбы необходимыми техническими средствами.

Комплексность подхода к совершенствованию управления рыбохозяйственной отраслью предполагает слаженные действия отраслевого министерства, органов регионального и местного управления и уже действующих предприятий по добыче и переработке рыбы. Кроме того, необходимо параллельно решать вопросы государственной поддержки стратегически важной подотрасли, которая в настоящее время включает самые разнообразные предприятия по масштабам и организации деятельности, которые иногда не имеют надежной материально-технической базы. Это вызывает необходимость организации продуманной и грамотной государственной поддержки отрасли, эффективных хозяйственных связей с предприятиями, обеспечивающими рыболовецкий флот судами и необходимой техникой, порядка доставки рыбы до конечного потребителя, на основе организации первичной переработки рыбы непосредственно в море.

Предприятия рыбохозяйственного комплекса, как отмечалось выше могут быть как крупными интегрированными структурами, построенными по принципу вертикальной интеграции, так и относящимися к среднему и малому бизнесу. Экономические субъекты вертикальной интеграции включают в свой состав самостоятельные юридические лица, реализующие отдельные стадии общего производственного процесса. В этом случае возможно либо параллельное выполнение отдельных процессов на одном из предприятий интегрированной структуры, либо передача отдельных технологических операций другим предприятиям, входящим в такую структуру, что будет способствовать снижению затрат на производство основного вида продукции, а также существенно снижать затраты на освоение новых технологий и видов продукции. Такой подход, способствует существенному ускорению распространения технических новшеств во всех отраслях народного хозяйства и непосредственно влияет на эффективность производства национального хозяйства в целом [4]. При этом должен прослеживаться сквозной аспект изучения технико-технологических характеристик по горизонтальной цепочке создания стоимости продукции конечного потребления и подключения к реализации задачи всей вертикали экономических субъектов – от предприятия до органов исполнительной власти, способствующих и определяющих деловые контакты между предприятиями, мотивирующими эффективное инвестирование и эффективную деятельность экономических субъектов всех уровней.

В этом случае становится все более целенаправленной государственная поддержка среднего и малого бизнеса с ориентацией вектора его развития на решение важных государственных задач [5].

Условия, материалы и методы. В представленном исследовании для контроля и оценки эффективности действующих механизмов государственной поддержки рыбохозяйственного комплекса предлагается системный подход, сочетающий методики финансово-экономического моделирования и функционально-стоимостного анализа. Построение финансово-экономических моделей осуществлялось для предприятий Дальневосточного края, занимающихся выловом и переработкой минтая. Моделирование осуществлялось для морской и береговой переработки минтая с горизонтом планирования 25 лет – срок реализации проекта принят в соответствии с технической документацией по эксплуатации судов нового поколения, начальные инвестиционные затраты – средняя стоимость одного судна проекта СТ-192 – 7400000 тыс. рублей. Показателями, характеризующими проект как интересный, с точки зрения его окупаемости являются:

Чистая приведенная стоимость проекта, NPV, тыс. руб.;

Чистая приведенная стоимость для акционера, NPV, тыс. руб.;

Срок окупаемости проекта, лет;

Срок окупаемости проекта для акционера, лет;

Внутренняя норма доходности проекта, IRR, %;

Внутренняя норма доходности акционера, IRR, %.

Методика проведения функционально-стоимостного анализа разработана в рамках проведенного исследования на основе анализа, критического осмысления, обобщения и адаптации к сегодняшней ситуации.

Результаты и обсуждение. Анализ динамики объемов финансового обеспечения Государственной программы «Развитие рыбохозяйственного комплекса с 2022 год по 2026 год (рис.1) показывает, что темпы роста носят волновой характер – наименьший объем бюджетных средств выделялся в 2023 году (темп роста составил 83,81%), наибольший объем запланирован на 2025 год. В финансировании Федерального проекта «Модернизация и стимулирование развития рыбохозяйственного

комплекса» наблюдается аналогичная ситуация. Это объясняется ограниченностью бюджетных ресурсов, при котором узловым вопросом всегда является оценка приоритетности мероприятий, под которые выделяется конкретная государственная поддержка.

Этот вопрос, как правило, прорабатывается достаточно полно и четко при определении источников финансирования национальных проектов, государственных программ в целом, но в меньшей мере такая проработка проводится для средних и особенно малых предприятий, которые получают государственную поддержку для осуществления работ, имеющих отношение к непосредственной реализации проектов на местах и входят в состав участников программ и крупных проектов [6].

Еще в меньшей мере этот вопрос до последнего времени был проработан для отдельных мероприятий и планов развития малых предприятий, которым часто также оказывают помощь не только из фондов поддержки, но и непосредственно от органов исполнительной власти и муниципалитетов. В связи с этим целесообразно вспомнить опыт поддержки малого бизнеса в период становления рыночной экономики, когда при развитии малых предприятий и предпринимательской деятельности были получены достаточно весомые средства от Международного банка реконструкции и развития и от крупных экономических субъектов ряда стран.

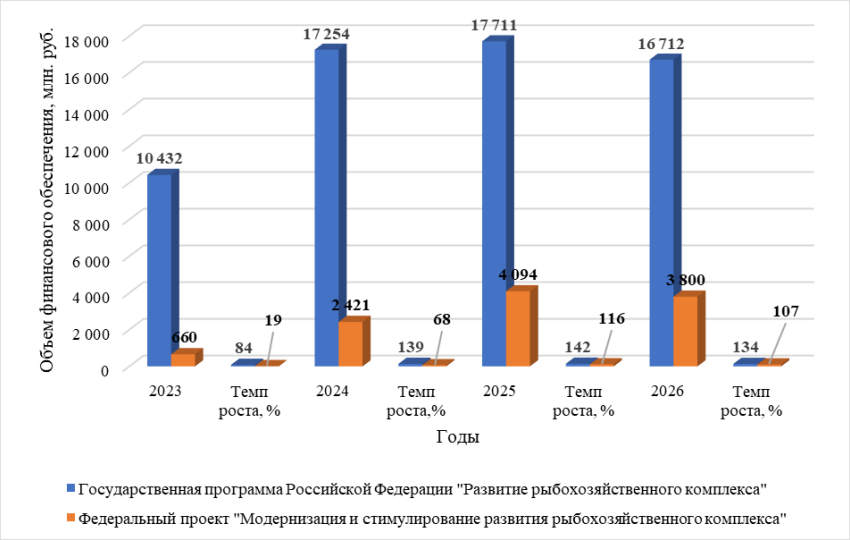


Рис.1 – Динамика объемов финансового обеспечения Государственной программы «Развитие рыбохозяйственного комплекса и Федерального проекта «Модернизация и стимулирование развития рыбохозяйственного комплекса»

Именно в это время нашим специалистам пришлось провести весьма серьезную работу по обучению представителей бизнеса разрабатывать бизнес-планы, преобразуя российские методики технико-экономического обоснования мероприятий в документы, адаптированные к требованиям рыночной экономики. Наши экономисты традиционно хорошо умели обосновать экономическую эффективность выдвигаемых предложений, но должны были научиться определять маркетинговую составляющую и оценить степень обеспеченности предлагаемых мероприятий всеми ресурсами – оборудованием, материалами, кадрами соответствующей квалификации и т.д. Финансовая поддержка, льготирование в области налогообложения, административная помощь оказывались только после проверки и одобрения бизнес-планов. Аналогичный подход и требования при выделении средств поддержки должны предъявляться и в настоящее время. Однако она существенно ослаблена и учитывая современные методы организации производства, далеко не учитывает новые требования к обоснованию бизнес-планов [7].

В условиях ориентации на устойчивое развитие экономики часто ставится вопрос о необходимости развития ответственного инвестирования, которое поддерживается органами управления. Его часто связывают с расширением социально-экономической ответственности бизнеса [8]. Однако оно имеет всеобъемлющее значение и также предполагает усиление ответственного отношения к выделению средств поддержки отдельным экономическим субъектам или предпринимателям, а также заинтересованным территориям.

В этом случае выделению средств из любого источника предшествует комплексный анализ и аудит тех материалов, которые подтверждают целесообразность проведения планируемого мероприятия и направления развития, то есть, когда подтверждена востребованность и целесообразность тех разработок, под которые выделяются средства государственной финансовой поддержки. Успешно эту работу могут выполнять Информационно-аналитические центры, специалисты которых используют современные методы комплексного анализа, контроля и аудита и могут

квалифицированно не только оценить эффективность предлагаемых мероприятий или развития новых производств, но и помочь обеспечить выдвигаемые проекты всем необходимым, способствуя их экономичности за счет выбора наиболее надежных партнеров для реализации предлагаемых мероприятий, более четкого обоснования масштабов и сроков финансирования, содействуя исполнению намеченных сроков и формированию рынка для продукта или услуги (адресность) новой деятельности. То есть в этом случае при реализации мер государственной поддержки может быть проведена необходимая организационная работа, обеспечивающая эффективное использование выделенных финансовых или иных ресурсов конкретному экономическому субъекту.

Методической базой такой работы могут быть нормативные документы и стандарты по развитию аудита эффективности, финансово-экономическое моделирование, поиск резервов в условиях ограниченности ресурсов [9].

Основная государственная поддержка развития рыбохозяйственной отрасли осуществляется в рамках реализации механизма инвестиционных квот – условное название «квоты под киль». По данным электронного издания «Агроэксперт» – «Одной из задач федерального проекта является стимулирование деятельности по строительству 96 единиц судов рыбопромыслового флота, а также 24 единиц рыбоперерабатывающих заводов к концу 2030 года… Ожидается, что по итогам 2024 года в рамках программы инвестиционных квот будет сдано 34 судна…» [10].

В рамках исследования, для оценки эффективности одного из основных механизмов государственной поддержки рыбохозяйственной отрасли Дальневосточного края осуществлялось построение финансово-экономических моделей для первого пакета инвестиционных квот и рассчитаны ключевые показатели эффективности проектов морской и береговой рыбопереработки в масштабах отрасли в 2022-2046 годах. Обобщенные данные представлены на рисунках 2 и 3.

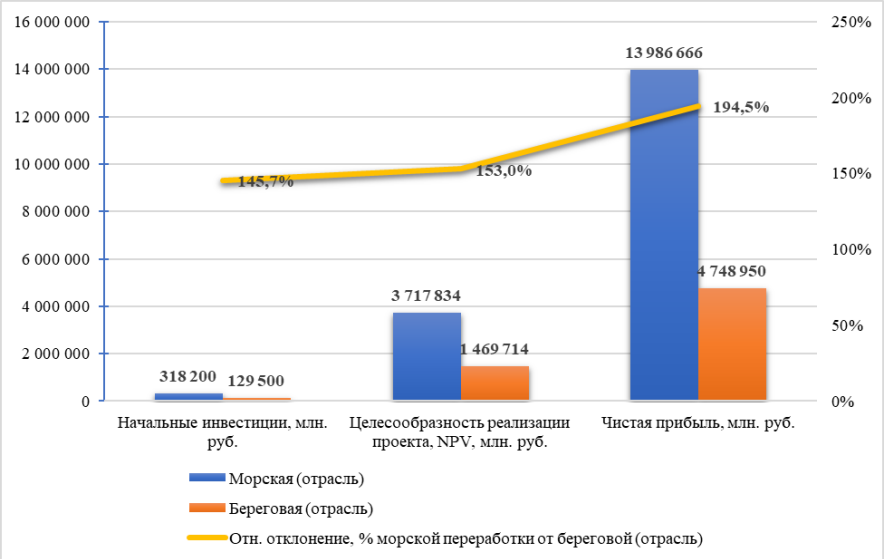


Рис. 2 – Сравнительный анализ сценариев морской и береговой рыбопереработки (на примере минтая)

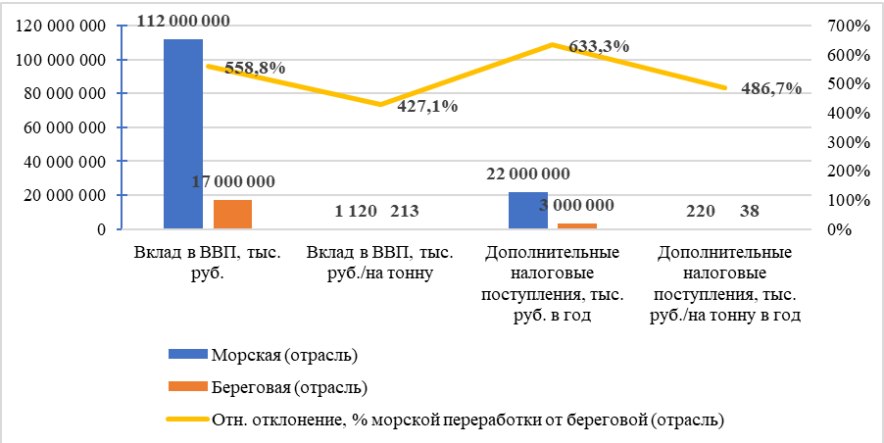


Рис. 3 – Вклад в макроэкономические показатели морской и береговой рыбопереработки (на примере минтая)

Рассматривая сценарии развития рыбохозяйственной отрасли, можно сделать вывод о преимуществе морской переработки рыбы (на примере минтая), т.к. все без исключения показатели, характеризующие эффективность (доходность) инвестиционного проекта, превышают показатели эффективности (доходности) при береговой переработке.

Как было отмечено выше в условиях ограниченности ресурсов, выделяемых в рамках государственной поддержки рыбохозяйственного комплекса для повышения эффективности, результативности и экономичности расходования бюджетных средств для достижения показателей Государственной программы необходимо на постоянной основе анализировать и контролировать затраты, а также осуществлять поиск резервов.

К методам, которые активно использовались в системе технико-экономического обоснования мероприятий по снижению себестоимости продукции в период централизованного управления экономикой относится метод функционально-стоимостного анализа (ФСА) [11]. В сегодняшних условиях он может стать одним из методов аналитического сопровождения мер государственной поддержки рыбохозяйственного комплекса. Основным принципом ФСА является органическая увязка вносимых в основные процессы производства изменений, обеспечивающих улучшение потребительских свойств продукции (работ, услуг) и/или снижение затрат при неизменном качестве продукции (работ, услуг) с позиций либо изменения затрат (снижение расходов на производство при обеспечении соответствующего уровня качества) или достижения новых потребительских свойств изделий, востребованных потребителем [12].

Разработка методов функционально-стоимостного анализа осуществлялась параллельно в Советском Союзе и США в конце 40-х годов прошлого столетия. В СССР над проблемами снижения затрат на производство продукции повышенного качества работал советский инженер Ю.М. Соболев, в США – Лоуренс Д. Майлз. Эти научные школы на тот период «стоимостного анализа» или «анализа стоимости» существовали параллельно. Термин «функционально-стоимостной анализ» был введен в научный оборот в 1970 году советским исследователем Е.А. Грампом. [13]. Этот метод активно развивался в тот период и стал одним из важных направлений научного консультирования. В частности, при кафедре экономического анализа Московского финансового института был создан консультационный центр, важнейшим направлением деятельности которого стал финансово-стоимостной анализ как метод оценки целесообразности изменений, вносимых в конструкции готовых изделий, в используемые технологии и организацию производственных процессов [14].

В статье Лоуренса Д. Майлза «Как сократить расходы с помощью стоимостного анализа», опубликованной в 1949 году, ключевым вопросом при производстве продукции, выполнении работы, оказании услуги поставлен вопрос: «…Стоит ли продукт своих денег? - вопрос своевременный, и важный. Важный потому, что ответ на него может означать разницу между прибылью и убытками для любой компании. Если продукт не стоит своих денег, он не представляет собой высокой ценности для потребителя, и соответственно не может удержать свои позиции на конкурентном рынке…» [15].

На основе анализа научных работ [15,16], посвященных методике проведения ФСА предлагается алгоритм аналитического сопровождения мер государственной поддержки организаций рыбохозяйственного комплекса при получении инвестиционных квот с его использованием.

ФСА целесообразно использовать применительно к следующим основным направлениям: повышение качества выпускаемой продукции с учетом требований к ее качеству от основных потребителей; оснащенность основными производственными фондами; подготовка производства; процессы управления (обоснование накладных расходов).

Алгоритм аналитического сопровождения мер государственной поддержки с использованием ФСА складывается из следующих направлений:

- цели функционально-стоимостного анализа;
- определения видов стоимости.

Целью ФСА являются увеличение общей ценности использования и срока годности продукции, уменьшение суммы затрат и ценности достижения улучшения ее качества. При этом выделяются два вида стоимости:

Потребительная стоимость – включает в себя те свойства и качества продукции (работ, услуг), которые позволяют осуществлять первоначальную основную функцию. Она соответствует минимальным затратам, которые определяются функциями используемой продукции.

Действительная стоимость – стоимость продукции (работ, услуг) для покупателя (потребителя). Она соответствует затратам, возникающим вследствие создания новых свойств и характеристик продукции или ее привлекательности, которые убеждают покупателя приобрести этот объект.

В центре внимания функционально-стоимостного анализа находятся функции, реализуемые приобретаемым продуктом. Функции ориентированы на производителя и покупателя, то есть заказчик в первую очередь покупает функции продукции. Главные функции характеризуют собственно основные задачи или использование товара, их выполнение имеет основное значение. Второстепенные функции определяют дополнительные задачи, которые способствуют удобству или скорости выполнения основных функций.

Производитель в значительной степени включает второстепенные функции и сводит их к минимуму путем объединения, а ненужные функции устраняет.

Затраты, которые производитель тратит на создание функции, определяются путем отнесения функции затрат на изготовление соответствующих видов продукции, а также проведения необходимых процессов по подготовке их производства и затраты на управление. Отталкиваясь от основных функций объекта, анализа стоимости осуществляется выбор альтернативных решений, проводится поиск более дешевых концепций решения для формирования основных функций.

В результате формируется матрица стоимости функций, которая показывает связь между следующими переменными:

функциями;

носителями функций (детали, действия);

затратами носителей функций (затраты на производство, накладные расходы);

затратами на функции.

Помимо абсолютных значений, особо важно определить соотношение между двумя переменными – полезностью (доходностью) технологического цикла разработки и затратами на ее исполнение в производстве (необходимые инвестиции). Рассчитывается срок окупаемости затрат:

$$T = \frac{E(\mathrm{I})}{Y(S)} \qquad (1)$$

где T – срок окупаемости, мес.;
E(I) – усилия (инвестиции), руб.
Y(S) – доходность (сбережения), руб.

Рабочая документация при проведении ФСА разрабатывается и составляется в зависимости от целей и задач анализируемого направления проекта. В качестве рабочих документов при проведении ФСА могут составляться анкеты, чек-листы, контрольные листы, аналитические таблицы, сводные аналитические таблицы.

Выводы. В исследовании предложены подходы к формированию контрольно-аналитического инструментария сопровождения мер государственной поддержки организаций рыбохозяйственного комплекса, которые предположительно должны позволить определять эффективность инвестиционных квот в долгосрочной перспективе, а использование методики наряду с финансово-экономическим моделированием – выявлять проблемные бизнес-процессы в деятельности как отдельных экономических субъектов, так «узких мест» в целом в отрасли, а также осуществить поиск резервов в первую очередь по снижению себестоимости рыбной продукции, что особенно важно в условиях ограниченности ресурсов и жесткого санкционного давления.

Таким образом, при разработке механизма управления процессами производства в рыбохозяйственном комплексе необходимо активное использование контроля за рациональным уровнем организации производства, определение его оптимального уровня, позволяющее получить синергетический эффект, рационального уровня централизации бизнес-процессов и поиска возможных резервов в деятельности предприятий отрасли.

Сведения об источнике финансирования: Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансовому университету при Правительстве Российской Федерации.

Литература

1.Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 314 (ред. от 27.05.2024) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса»

2.Указ Президента РФ от 02.07.2021 N 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/ (дата обращения: 15.03.2024).

3.Указ Президента РФ от 13.05.2017 N 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года». - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216629/ (дата обращения: 15.03.2024).

4.Виткалова С.О. Государственная поддержка как инструмент повышения эффективности производства продукции свиноводства и обеспечения конкурентоспособности агропромышленных формирований холдингового типа // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2024.№ 9 С. 46-52.

5.Мельник М. В., Сидорова М. И., Велиханов М. Т. Систематизация организационно-методического обеспечения механизмов государственной поддержки предприятий оборонно-промышленного комплекса // Проблемы экономики и юридической практики. 2023. Т. 19. № 5. С. 196-206.

6.Самыгин Д.Ю., Иванов А.А., Носов А.В. Нормативное планирование господдержки товаропроизводителей для обеспечения физической и экономической доступности продукции // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17. № 3(82). С. 197–208. https//:doi.org/ 10.53914/issn2071-2243_2024_3_197–208.

7.Пласкова Н.С. Теория и практика стратегического экономического анализа результативности бизнеса: монография / Н.С. Пласкова. – Москва: МАКС Пресс, 2007. – 363 с.

8.Булыга Р. П., Мельник М. В., Сафонова И. В. Проблемы финансовых измерений экологических и социальных факторов в публичной отчетности компаний // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 3(74). С. 202-218.

9.Ветрова И. Ф. Стратегический контроль эффективности мер государственной поддержки оборонно-промышленного комплекса в условиях санкционных ограничений // Учет. Анализ. Аудит. 2023.Т.10.№ 5.С.61-71.

10.Орехова Е. Госпрограмма рыбохозяйственного комплекса в 2025–2027 годы предварительно потребует 60,5 млрд рублей из бюджета. АгроЭксперт. URL: https://t.me/agroexpert_press

11.Ласоцкая О. В., Пузыревская А. А. Сущность метода попарного анализа и метода расстановки приоритетов в функционально-стоимостном анализе // Science Time. 2021. № 5(89). С. 99-101.

12.Seisenbayeva A. M., Imramziyeva M. Y., Maukenova A. A. The impact of state support on the innovative activities of small and medium businesses in Kazakhstan // Экономическая серия Вестника ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. 2023. No.

3. P. 279-290.

13.Функционально-стоимостный анализ издержек производства / Б.И. Майданчик, М.Г. Карпунин, Н.К. Моисеева [и др.]. – Москва: Финансы и статистика, 1985. – 270 с.

14.Бердиева О. Г., Реджепова А. С., Ходжаев Р. К. Функционально-стоимостный анализ: эффективность и инновации в экономическом анализе // Вестник науки. 2024. Т. 1. № 2(71). С. 12-15.

15.Miles L. D. Как снижать издержки с помощью стоимостного анализа (англ.) = How to Cut Costs with Value Analysis // A Special American Machinist Report to The Metalworking Industries: журнал. — N.Y.:McGraw-Hill, 1949.

16.Дворецкий В.И. Методы проведения и организация функционально-стоимостного анализа / В.И. Дворецкий, Б.И. Майданчик. – Москва: ЦНИИ информ. и техн.-экон. исслед. приборостроения, средств автоматизации и систем управления, 1984. – 43 с.

Сведения об авторах:

Ветрова Ирина Федоровна – доктор экономических наук, доцент, профессор Кафедры аудита и корпоративной отчетности Факультета налогов, аудита и бизнес-анализа, главный научный сотрудник Центра научных исследований и стратегического консалтинга Факультета налогов, аудита и бизнес-анализа, e-mail: IFVetrova@fa.ru

Мельник Маргарита Викторовна - доктор экономических наук, профессор, профессор Кафедры аудита и корпоративной отчетности Факультета налогов, аудита и бизнес-анализа, главный научный сотрудник Центра научных исследований и стратегического консалтинга Факультета налогов, аудита и бизнес-анализа, e-mail: MMargarita@fa.ru

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

METHODOLOGICAL TOOLS FOR CONTROL AND ANALYTICAL SUPPORT OF STATE SUPPORT MEASURES FOR FISHERY ORGANISATIONS

I. F. Vetrova, M. V. Melnik

Abstract. The measures of State Program “Fishery complex development” and Federal Project “Modernization and stimulation of fishery complex development” [1] are aimed at developing the fishery complexes by upgrading the fishing fleet, equipped with the necessary equipment for catching and processing fish, forming the infrastructure and social conditions for its functioning. At the same time, the analysis of dynamics of financial support volume of the State Program “Fishery complex Development” from 2022 to 2026 shows that its growth rate is variable - the smallest amount of budget funds was allocated in 2023 (growth rate was 84%), the largest amount is planned for 2025 (growth rate -134%). The growth rate of financial support of the Federal Project “Modernization and stimulation of fishery complex development” was 19% in 2023, 68% in 2024, in 2025 it will be 116%, and in 2026 it is planned to decrease to 107%. This situation is explained by the limited budgetary resources, in which the key issue is always the assessment of the priority of measures for which specific state support is allocated. Equipping economic entities of the fishery complex with new modern vessels, equipped with the necessary equipment for catching and processing of fish, requires substantial capital investments and a long period of time. The methods of analysis and control currently used to assess the effectiveness and priority of state support projects do not allow to fully assess their payback period and the possibility of creating value for consumers. Within the framework of the research, financial and economic modelling in combination with functional cost analysis is proposed to assess the effectiveness of the mechanism of investment quotas under the conventional name “quotas under the keel”. The construction of a financial and economic model of an investment project for the acquisition or construction of a ship makes it possible to design a long-term forecast of the development of efficiency of both an individual economic entity and the industry as a whole, allowing for strategic control of the project implementation, and the use of functional cost analysis - to search for reserves to reduce production costs and thus to respond to external challenges and threats in a timely manner at the expense of internal resources.

Key words: state support, control, effectiveness, efficiency, information and analytical support for control, end-to-end, strategic, final control.

References

1. Postanovlenie Pravitelstva RF ot 15.04.2014 № 314 (red. ot 27.05.2024) “Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiiskoy Federatsii “Razvitie rybokhozyaystvennogo kompleksa”. [Resolution of the Government of the Russian Federation of 15.04.2014 No. 314 (as amended on 27.05.2024) “On approval of the state program of the Russian Federation “Development of the fisheries complex”].

2. Decree of the President of the Russian Federation of 02.07.2021 No.400 “On the national security strategy of the Russian Federation”. [Internet]. Konsultant. [cited 2024, March 15]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/.

3. Decree of the President of the Russian Federation of 13.05.2017 No.208 “On the economic security strategy of the Russian Federation for the period up to 2030”. [Internet]. Konsultant. [cited 2024, March 15]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216629/.

4. Vitkalova SO. [State support as a tool for increasing the efficiency of pig production and ensuring the competitiveness of holding-type agro-industrial formations]. Ekonomika selskokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy. 2024; 9. 46-52 p.

5. Melnik MV, Sidorova MI, Velikhanov MT. [Systematization of organizational and methodological support for mechanisms of state support for enterprises of the defense-industry complex]. Problemy ekonomiki i yuridicheskoy praktiki. 2023; Vol.19. 5. 196-206 p.

6. Samugin DYu, Ivanov AA, Nosov AV. [Regulatory planning of state support for commodity producers to ensure physical and economic availability of products]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol.17. 3(82). 197-208 p. https//:doi.org/ 10.53914/issn2071-2243_2024_3_197–208.

7. Plaskova NS. Teoriya i praktika strategicheskogo ekonomicheskogo analiza rezultativnosti biznesa: monografiya. [Theory and practice of strategic economic analysis of business performance: monograph]. Moscow: MAKS Press. 2007; 363 p.

8. Bulyga RP, Melnik MV, Safonova IV. [Problems of financial measurements of environmental and social factors in public reporting of companies]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.15. 3(74). 202-218 p.

9. Vetrova IF. [Strategic control of the effectiveness of state support measures for the defense-industry complex in the context of sanctions restrictions]. Uchet. Analiz. Audit. 2023; Vol.10. 5. 61-71 p.

10. Orekhova E. [The state program of the fisheries complex in 2025-2027 will preliminarily require 60.5 billion rubles from the budget]. AgroEkspert. Available from: https://t.me/agroexpert_press

11. Lasotskaya OV, Puzurevskaya AA. [The essence of the pairwise analysis method and the prioritization method in functional cost analysis]. Science Time. 2021; 5(89). 99-101 p.

12. Seysenbayeva AM, Imramzieva MY, Maukenova AA. The impact of state support on the innovative activities of small and medium businesses in Kazakhstan. Ekonomicheskaya seriya Vestnika ENU im.L.N.Gumileva. 2023; 3. 279-290 p.

13. Maydanchik BI, Karpunin MG, Moiseeva NK. Funktsionalno-stoimostnuy analiz izderzhek proizvodstva. [Functional cost analysis of production costs]. Moscow: Finansy i statistika. 1985; 270 p.

14. Berdieva OG, Redzhepova AS, Khodzhaev RK. [Functional cost analysis: efficiency and innovation in economic analysis]. Vestnik nauki. 2024; Vol.1. 2(71). 12-15 p.

15. Miles LD. How to cut costs with value analysis. A special American machinist report to the metalworking industries: magazine. New York: McGraw-Hill. 1949.

16. Dvoretskiy VI, Maydanchik BI. Metody provedeniya i organizatsiya funktsionalno-stoimostnogo analiza. [Methods of conducting and organizing functional cost analysis]. Moscow: TsNII inform. i tekhn.-ekon. issled. priborostroeniya, sredstv avtomatizatsii i sistem upravleniya. 1984; 43 p.

Authors:

Vetrova Irina Fedorovna - Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Audit and Corporate Reporting Department of the Faculty of Taxes, Audit and Business Analysis, Chief Researcher of the Centre for Scientific Research and Strategic Consulting of the Faculty of Taxes, Audit and Business Analysis, e-mail: IFVetrova@fa.ru

Melnik Margarita Viktorovna - Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Audit and Corporate Reporting of the Faculty of Taxes, Audit and Business Analysis, Chief Scientific Associate of the Centre for Scientific Research and Strategic Consulting of the Faculty of Taxes, Audit and Business Analysis, e-mail: MMargarita@fa.ru

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

DOI 10.12737/2073-0462-2024-103-110
УДК 631.15:65.011.4

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ КАК КОНКУРЕНТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО ЭФФЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Т. А. Дозорова, Е. А. Тарасова, В. М. Севастьянова, М. Р. Богапова

Реферат. Ресурсный потенциал сельскохозяйственных организаций – сложная система, объединяющая природные, земельные, материально-технические, трудовые ресурсы с целью повышения эффективности сельскохозяйственного производства, что определяет конкурентные преимущества организаций на агропродовольственном рынке. Оценка конкурентных возможностей сельскохозяйственных организаций Ульяновской области в зависимости от обеспеченности ресурсами была проведена на основе расчетов взаимосвязанных показателей по двум блокам: операционному (характеризует составляющие ресурсного потенциала) и инвестиционному (отражает условия формирования и использования ресурсного потенциала). Анализ расчетных данных по сумме мест с помощью инструмента визуализации «ящик с усами» позволяет отметить рост значимости операционного блока в 2022 году по сравнению с 2017 годом. Наиболее высокие финансовые результаты были достигнуты сельскохозяйственными организациями, которые характеризуются более равномерным формированием выручки товарными ресурсами растениеводства и животноводства, в лучшей степени обеспечены основными и оборотными средствами, что дает им конкурентные преимущества на продовольственном рынке. Кластерный анализ путем визуализации полученных результатов с помощью самоорганизующихся карт Кохонена на аналитической платформе Deductor позволил определить четыре кластера по комплексу показателей, характеризующих состав и эффективность использования ресурсного потенциала. Комплексный подход характеристики ресурсного потенциала дает возможность обосновать приоритетные направления его сбалансированного развития с учетом имеющихся конкурентных преимуществ.

Ключевые слова: ресурсный потенциал, конкурентное преимущество, ресурсообеспеченность, трудовые ресурсы, основные средства, материальные затраты, специализация, сельскохозяйственные организации.

Введение. Ресурсный потенциал сельскохозяйственных организаций имеет важное значение в обеспечении их конкурентных преимуществ и эффективном развитии сельского хозяйства, что особенно важно в условиях ограниченности ресурсов и усиливающихся внешних вызовов. Конкурентоспособность сельскохозяйственных организаций обеспечивается эффективным использованием ресурсного потенциала, который формируется под воздействием совокупности различных факторов и условий, определяемых как его конкурентные преимущества [1].

Конкурентные преимущества организаций рассматриваются как превосходство над конкурентами и подразделяются на две группы:

1) «превосходство в умении» – включает в себя мастерство в использовании маркетинговых возможностей, навыки управления стимуляцией продаж, инициативность и взаимодействие производственных и сбытовых подразделений, умение координировать усилия для успешного продвижения продукции на рынках;

2) «превосходство в ресурсах» – доступ к сырьевым и финансовым ресурсам, квалифицированные кадры и их профессиональный опыт, современные производственные мощности, которые можно эффективно эксплуатировать с минимальными затратами, поддержка научно-технической базы и ряд других обстоятельств [2].

В этих условиях для обеспечения конкурентных преимуществ актуальной является проблема повышения эффективности использования ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций, формирования его сбалансированной структуры, обеспечения соответствия ресурсного потенциала производственным потребностям аграрной сферы в целях роста объемов сельскохозяйственного производства для удовлетворения внутренних потребностей страны, обеспечения продовольственной независимости и безопасности.

Теоретические и методологические основы ресурсного потенциала представлены в работах таких ученых, как А.Э. Сагайдак [3], Б.И. Смагин, В.В. Акиндинов [4], Л.Б. Винничек [5], Т.В. Савченко, Ю.А. Просянникова, А.В. Улезько [6], А.Б. Волков [7].

Под ресурсным потенциалом сельскохозяйственных организаций в контексте системного подхода, на наш взгляд, следует понимать открытую производственную систему, в которой фактор предпринимательства, ориентируясь на сложившуюся рыночную конъюнктуру и с учетом современного уровня производственных отношений, объединяет в оптимальном соотношении и приводит в действие природных, земельные, материально-технических, трудовые ресурсы с целью повышения эффективности сельскохозяйственного производства, что определяет конкурентные преимущества организаций на агропродовольственном рынке.

Целью исследования является оценка текущего состояния и тенденций формирования функциональных составляющих

ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций для обоснования конкурентных преимуществ на основе кластерного подхода.

Условия, материалы и методы. В качестве методологической базы исследования были использованы общенаучные методы познания, принципы и методы системного подхода, исследования отечественных ученых по ресурсному потенциалу сельскохозяйственных организаций. При проведении исследования использованы статистические данные Федеральной службы государственной статистики, отчетов о финансово-экономическом состоянии товаропроизводителей АПК. Для раскрытия тенденций формирования функциональных составляющих ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций использовали монографический, абстрактно-логический, расчетно-конструктивный, аналитические группировки, кластерный метод.

Результаты и обсуждение. В рыночных условиях решение проблемы продовольственного обеспечения населения является важным стратегическим направлением, связанным с увеличением объемов производства сельскохозяйственной продукции на основе рационального использования всех имеющихся ресурсов сельскохозяйственных организаций, оценки конкурентных преимуществ [8, 9, 10] и их использования в управлении агробизнесом [11, 12, 13].

Современное развитие сельскохозяйственного производства происходит в условиях разного уровня использования составляющих ресурсного потенциала. В Ульяновской области производством продукции растениеводства занимаются сельскохозяйственные организации 21 муниципальных образований региона, производством продукции животноводства – только 15 муниципальных образований. Климат Ульяновской области в целом благоприятен для возделывания сельскохозяйственных культур и выращивания сельскохозяйственных животных, что положительно характеризует природно-климатическую составляющую ресурсного потенциала. В структуре продукции сельского хозяйства Ульяновской области основной категорией товаропроизводителей являются сельскохозяйственные организации, их удельный вес в 2023 году составил 56,6%; на долю хозяйств населения приходится 25,1%, крестьянских (фермерских) хозяйств – 18,7%; все формы хозяйствования участвуют в формировании продовольственных ресурсов, являются участниками-конкурентами на продовольственном рынке.

Оценка конкурентных возможностей сельскохозяйственных организаций в зависимости от обеспеченности ресурсами была проведена на основе расчетов взаимосвязанных показателей, дающих количественную характеристику степени развития ресурсного потенциала, выделив основные факторы, сгруппировав их в два блока. Показатели обеспеченности сельскохозяйственных организаций муниципальных образований природными и производственными ресурсами (земельными, материальными и трудовыми) и их результативность были сгруппированы в операционный блок, который характеризуют факторы ресурсного потенциала; уровень вложений инвестиции для модернизации материально-технической базы, использования инновационных моделей, меры государственной поддержки на развитие материально-технической базы и субсидировании материальных ресурсов – в инвестиционный блок, который отражает условия формирования и использования ресурсного потенциала, потенциальную способность к использованию новых технологий и расширенному воспроизводству ресурсного потенциала.

Конкурентные возможности селькохозяйственных организаций зависят от совокупности различных факторов, поэтому для их количественной характеристики целесообразно применять сводный интегральный показатель, рассчитанный на основе частных показателей, дающих характеристику отдельных блоков. Ранжирование муниципальных образований по полученному интегральному показателю позволяет оценить их ресурсообеспеченность и конкурентные возможности для эффективного развития сельского хозяйства региона.

Комплексная оценка конкурентных возможностей муниципальных образований Ульяновской области была проведена за 2017 год и 2022 год по показателям, характеризующим операционную и инвестиционную деятельности. Анализ расчетных данных по сумме мест можно провести с помощью инструмента визуализации «ящик с усами» (рис. 1), который показывает, совокупность однородная, так как выбросы, характеризующие нетипичные значения, отсутствуют.

Следует отметить, что по операционной деятельности за анализируемый период времени наблюдается значительно улучшение результатов оценки, распределение стало более равномерным, на что указывают изменения нижней и верхней границ значений. При этом медианные значения по операционной деятельности превышают среднее значение, что говорит о большем количестве муниципальных образований с более высокими рейтингами в этой деятельности. Конкурентные возможности муниципальных образований Ульяновской области в сфере инвестиционной деятельности в 2022 году по сравнению с 2017 годом снизились, на что показывают их рейтинги по сумме мест.

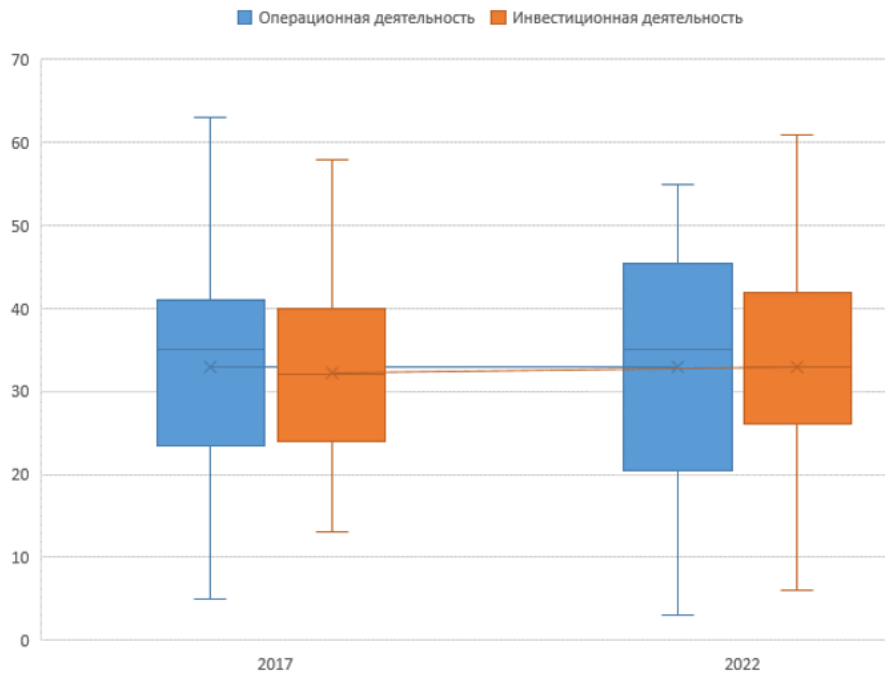


Рис. 1 – Характеристика распределения конкурентных возможностей муниципальных образований Ульяновской области, %

Как показывают результаты комплексной оценки конкурентных возможностей муниципальных образований региона, представленные на рис. 2, в группу лидеров вошли 6 муниципальных образований, что составляет 28,57%, 5 районов вошли в группу кризисных муниципальных образований (23,81%) и наибольшее количество муниципальных образований региона (47,62%) можно отнести к стабильно развивающимся.



Рис. 2 – Результаты комплексной оценки конкурентных возможностей муниципальных образований Ульяновской области за 2022 год

Для оценки влияния ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций и эффективности его использования на формирование конкурентных преимуществ, проведем факторный анализ с использованием метода аналитических группировок, который позволит проанализировать данные взаимосвязи.

В качестве системообразующих ресурсов для сельскохозяйственных организаций были выделены:

- земельные ресурсы, которые определяются количеством и качеством предоставленных земельных угодий для организации сельскохозяйственной деятельности и эффективность их использования;
- трудовые ресурсы, характеризующиеся их количеством, качественным составом и эффективностью использования;
- материально-технические ресурсы, формирующие основные фонды организации;
- оборотные средства в размере материальных затрат, которые характеризуют уровень интенсификации сельскохозяйственного производства.

Таблица 1 - Влияние обеспеченности земельными и трудовыми ресурсами на эффективность деятельности сельскохозяйственных организаций муниципальных образований Ульяновской области (по данным 2022 год)

Показатель	Группы муниципальных образований по трудообеспеченности в сельском хозяйстве, чел.		
	до 0,5	0,5-0,7	более 0,7
Количество МО в группе	5	9	7
Количество работников на 100 га сельхозугодий, чел.	0,44	0,62	0,96
Товарная продукция в расчете на:			
-100 га с.-х. угодий, тыс. руб.	2204,56	2939,97	3913,89
-1 среднегодового работника, тыс. руб.	5010,16	4731,46	4077,32
Прибыль (убыток) в расчете на:			
-100 га с.-х. угодий, тыс. руб.	546,10	659,56	1517,95
-1 среднегодового работника, тыс. руб.	1241,09	1061,47	1581,34

Статистическая группировка оценки зависимости эффективности сельскохозяйственного производства от обеспеченности трудовыми ресурсами в сельскохозяйственных организациях региона позволяет отметить рост показателей эффективности сельскохозяйственного производства с ростом обеспеченности земельными и трудовыми ресурсами. Однако при этом снижается производительность труда работников сельскохозяйственных организаций муниципальных образований, которая в 3 группе ниже на 18,6% по сравнению с муниципальными образованиями, составляющими 1 группу, вследствие более низких темпов роста стоимости товарной продукции по группам, чем рост трудообеспеченности.

Значительную роль в повышении эффективности сельскохозяйственного производства имеет обеспеченность производства основными и оборотными фондами. Аналитическая группировка сельскохозяйственных организаций муниципальных образований Ульяновской области была выполнена по показателю обеспеченности оборотными средствами в размере материальных затрат на единицу селькохозяйственных угодий (табл. 2).

Таблица 2 - Влияние обеспеченности оборотными средствами (в размере материальных затрат) на эффективность деятельности селькохозяйственных организаций муниципальных образований Ульяновской области (по данным 2022 год)

Показатель	Группы муниципальных образований по стоимости оборотных средств (в размере материальных затрат) в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий, тыс. руб.		
	до 2000	2000-3200	свыше 3200
Количество районов в группе	8	6	7
Средняя стоимость оборотных средств на 100 га сельхозугодий, тыс. руб.	1605,61	2660,45	4160,11
Товарная продукция в расчете на:			
-100 га с.-х. угодий, тыс. руб.	1758,40	2648,87	3796,98
-1 среднегодового работника, тыс. руб.	2759,92	4901,81	4927,74
-1 тыс. руб. стоимости основных средств, руб.	726,23	982,32	831,49
-1 тыс. руб. стоимости оборотных средств, руб.	1095,16	995,65	912,71
Прибыль в расчете на:			
-100 га с.-х. угодий, тыс. руб.	359,93	457,88	934,82
-1 среднегодового работника, тыс. руб.	564,93	847,31	1213,21
-1 тыс. руб. оборотных фондов, руб.	224,17	172,10	224,71

Представленные данные статистической группировки свидетельствуют о том, что с ростом уровня вложения материальных затрат повышается экономическая эффективность использования ресурсов сельскохозяйственных организаций. Стоимость товарной продукции на единицу ресурса увеличивается: по земельным ресурсам – в 2,16 раза, по трудовым ресурсам – на 78,54 %, по основным фондам – на 14,49 %. Уменьшение данного показателя наблюдается по группам только по показателю эффективности использования оборотных средств в размере материальных затрат с 1095,16 тыс. руб. в 1 группе до 912,71 тыс. руб. в 3 группе. Следовательно, количественное увеличение стоимости оборотных средств на единицу сельскохозяйственных угодий должно быть экономически обоснованно.

Исследование состава ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций, степень участия каждого вида ресурса в формировании стоимости товарной продукции и финансовых результатов позволит комплексно подходить к обоснованию рекомендаций по его формированию и повышению эффективности использования с учетом наличия ресурсов, возможностей их приобретения, обеспечения их структурной сбалансированности, что положительно отразится на конкурентных возможностях организаций.

Важным условием эффективного использования ресурсного потенциала являются природно-климатические характеристики и территориальное расположение, которые существенно влияют на конкурентоспособность сельскохозяйственного производства. В связи с этим необходимо исследовать влияние ресурсообеспеченности на финансовые результаты деятельности сельскохозяйственных организаций муниципальных образований Ульяновской области в разрезе природно-климатических и экономических зон (табл. 3).

Таблица 3 - Влияние ресурсообеспеченности на финансовые результаты сельскохозяйственных организаций муниципальных образований Ульяновской области по природно-климатическим и экономическим зонам (по данным 2022 год)

Показатели	Природно-климатическая и экономическая зона			
	Центральная	Западная	Южная	Восточная
Удельный вес выручки от продажи продукции растениеводства в структуре выручки организации, %	80,87	56,70	73,42	66,90
Удельный вес выручки от продажи продукции животноводства в структуре выручки организации, %	12,14	34,91	22,12	26,33
Фондообеспеченность на 100 га с.-х. угодий, тыс. руб.	2779,75	4486,42	3144,09	4217,56
Материалообеспеченность на 100 га с.-х. угодий, тыс.руб.	2925,11	3837,36	2709,65	3454,15
Трудообеспеченность на 100 га с.-х. угодий, чел.	0,52	0,67	0,68	0,74
Государственная поддержка на 100 га с-х угодий, тыс. руб.	366,33	471,57	310,87	485,14
Прибыль на 100 га с-х угодий, тыс. руб.	503,20	774,09	509,17	588,72

Производство продукции растениеводства наиболее развито в сельскохозяйственных организациях муниципальных образований центральной (80,87%) и южной (73,42%) природно-экономических зон. Наименьший удельный вес продукции растениеводства приходится на западную экономическую зону – 56,7%, соответственно муниципальные образования данной зоны в большей степени относительно других зон специализируются на производстве животноводческой продукции (34,91%). По показателям обеспеченности всеми видами ресурсов лидирует восточная природно-экономическая зона. Наибольший объем государственной поддержки в 2022 году предоставлен сельскохозяйственным организациям муниципальных образований южной природно-экономической зоны (310,87 тыс. руб. на 100 га с.-х. угодий).

Наиболее высокие финансовые результаты были достигнуты сельскохозяйственными организациями западной природно-экономической зоны, которые характеризуются более равномерным формированием выручки товарными ресурсами растениеводства и животноводства, в большей степени обеспечены основными и оборотными средствами, что дает им конкурентные преимущества на продовольственном рынке, позволяет снизить риски агробизнеса.

Результаты статистического анализа выявили взаимосвязь обеспеченности ресурсами

сельскохозяйственных организаций и эффективности их деятельности, что позволяет определить ресурсный потенциал в качестве их конкурентного преимущества эффективного развития сельского хозяйства. Кластерный анализ путем визуализации результатов с помощью самоорганизующихся карт Кохонена на аналитической платформе Deductor установил наличие четырех кластеров, не связанных по территориальному признаку (рис. 3).

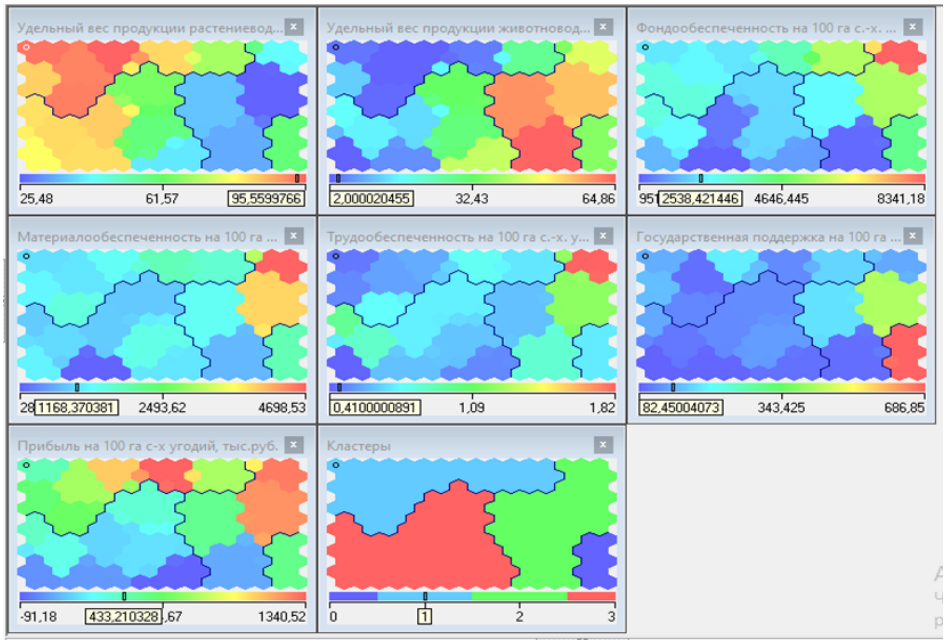


Рис. 3 - Кластеры сельскохозяйственных организаций муниципальных образований региона по составляющим ресурсного потенциала и финансовым результатам

В нулевой кластер вошел Новоспасский район, для которого характерен довольно значительный уровень государственной поддержки в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий, обеспеченности ресурсами и результатами сельскохозяйственной деятельности. Кластер № 1 составили Ульяновский, Цильнинский, Майнский, Карсунский, Николаевский, Старомайнский, Чердаклинский муниципальные образования, которые отличаются высоким уровнем специализации на производстве продукции растениеводства. При средних уровнях обеспеченности основными видами ресурсов имеют достаточно высокие результаты.

В кластер № 2 входят Барышский, Вешкаймский, Сурский, Новомалыклинский муниципальные образования, которые преимущественно имеют животноводческую специализацию. Кластер № 3 образован Кузоватовским, Тереньгульским, Сенгилеевским, Базарносызганским, Инзенским, Павловским, Радищевским, Старокулаткинским и Мелекесским муниципальными образованиями. Он характеризуется высоким уровнем специализации на производстве продукции растениеводства, как и кластер № 1, невысокими уровнями обеспеченности основными видами ресурсов и финансовых результатов.

Результаты кластерного анализа позволили сгруппировать сельскохозяйственные организации по комплексу показателей, характеризующих состав и эффективность использования ресурсного потенциала, что даст возможность обосновать приоритетные направления его сбалансированного развития с учетом имеющихся конкурентных преимуществ.

Выводы. Умение эффективно использовать ресурсный потенциал является одним из основных факторов конкурентоспособности сельскохозяйственных организаций и способствует укреплению их рыночной позиции. Ресурсно-рыночный подход к конкурентным преимуществам нацеливает на расширенное воспроизводство ресурсного потенциала прежде всего по тем направлениям, где ресурсы организации были использованы нерационально, что позволит повысить эффективность деятельности сельскохозяйственных организаций и будет способствовать росту их конкурентоспособности. В цифровой экономике для создания конкурентных преимуществ сельскохозяйственным организациям рекомендуется уделять внимание широкому применению информационных технологий, что улучшит эффективность их деятельности и позволит оптимально управлять ресурсами. «Цифровые» преобразования позволят агропромышленному сектору быстро реагировать на изменения и поддерживать высокую операционную эффективность.

Сведения об источнике финансирования: Исследования проводятся в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ, выполняемых по заданию МСХ РФ в 2024 году. Регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР 124050400003-9.

Литература

1.Дозорова Т. А., Сушкова Т. Ю., Богапова М. Р. Конкурентные возможности сельского хозяйства как показатель оценки эффективности использования ресурсного потенциала // Пермский аграрный вестник. 2015. № 4(12). С. 85-91.

2.Кремлев Н. Д., Шеломенцев А. Г., Мухина Е. Г. Инструментарий оценки потенциальных конкурентных преимуществ региона // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. 2019. № 2(22). С. 62-75.

3.Сагайдак А.Э. Земельная собственность и рента / А. Э. Сагайдак. – М.: Агропромиздат 1991. – 80 с.

4.Смагин Б.И., Акиндинов В.В. Эффективность использования ресурсного потенциала в аграрном производстве. – Мичуринск: Издательство Мичуринского государственного аграрного университета, 2007. – 150 с.

5.Винничек Л.Б. Ресурсный потенциал сельскохозяйственных организаций и эффективность его использования: монография / Л.Б. Винничек, О.А. Зябликова, Г.В. Терзова. - Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – 176 с.

6.Развитие аграрного потенциала сельских территорий [Текст]: монография / Т. В. Савченко, Ю. А. Просянникова, А.В.Улезько. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2015. – 175 с.

7.Волков А.Б. Повышение эффективности использования ресурсного потенциала сельскохозяйственных организаций в регионе (на материалах Новосибирской области): диссертация на соискание ученой степени кандидат наук / А.Б, Волков. Новосибирск, 2016. С 27.

8.Functioning of agroindustrial complex in the conditions of digital economy / E. F. Amirova, O. Y. Voronkova, K. A. Pyurveeva [et al.] // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. Vol. 9. No 12. P. 586-594.

9.Dixon L.E., Bencivenga S., Boden S. A. A new opening for wheat seed production // Journal of Experimental Botany. 2018. Vol. 69. pp. 341–343.

10.Экспортная конкурентоспособность российского АПК: оценка и потенциал роста / Л. А. Александрова, А. А. Анфиногентова, И. П. Глебов, Д. С. Тараскин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16. № 4(79). С. 210-222. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2023_4_210.

11.Eshpulatov D. Qishloq xo‘jaligi korxonalarini innovatsion rivojlantirishning o‘ziga xos xususiyatlari // Iqtisodiyot: Tahlillar va Prognozlar. 2023. No. 1(21). P. 90-98.

12.Михайлова Л. В. Кластерный подход в развитии субъектов малого агробизнеса // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2023. Т. 18. № 1(69). С. 125-130.

13.Особенности формирования и развития многоукладной аграрной экономики России / И. Л. Воротников, Л. Н. Девяткина, А. Ю. Петров, А. Ш. Ситалиев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17. № 2(81). С. 117-125. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2024_2_117.

Сведения об авторах:

Дозорова Татьяна Александровна - доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики, организации и управления на предприятии, e-mail: t.dozorova@yandex.ru

Тарасова Елена Александровна - кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, организации и управления на предприятии, e-mail: eleln-tarasova@yandex.ru

Севастьянова Венера Масхутовна - старший преподаватель кафедры экономики, организации и управления на предприятии, e-mail: venerasev@yandex.ru

Богапова Мярьям Ривалевна - старший преподаватель кафедры экономики, организации и управления на предприятии, e-mail: bogapova-marina@rambler.ru

Ульяновский государственный аграрный университет, г. Ульяновск, Россия

RESOURCE POTENTIAL OF AGRICULTURAL ORGANIZATIONS AS A COMPETITIVE ADVANTAGE OF EFFECTIVE AGRICULTURAL DEVELOPMENT

T. A. Dozorova, E. A. Tarasova, V. M. Sevastyanova, M. R. Bogapova

Abstract. The resource potential of agricultural organizations is a complex system that combines natural, land, material, technical, and labor resources in an optimal ratio in order to increase the efficiency of agricultural production, which determines the competitive advantages of organizations in the agro-food market. The assessment of the competitive capabilities of agricultural organizations in Ulyanovsk region depending on the availability of resources was carried out on the basis of calculations of interrelated indicators for two blocks: operational (characterizes the components of the resource potential) and investment (reflects the conditions for the formation and use of the resource potential). The analysis of the calculated data on the sum of places using the visualization tool “box-and-whisker plot” allows us to note the increase in the importance of the operating unit in 2022 compared to 2017. The highest financial results were achieved by agricultural organizations, which are characterized by a more uniform formation of revenue from commodity resources of crop and livestock production, are better provided with fixed and working capital, which gives them competitive advantages in the food market. Cluster analysis by visualizing the obtained results obtained using self-organizing Kohonen maps on the analytical platform Deductor made it possible to identify four clusters based on a set of indicators characterizing the composition and efficiency of using resource potential. An integrated approach to characterizing the resource potential makes it possible to justify the priority directions of its balanced development, taking into account the existing competitive advantages.

Key words: resource potential, competitive advantage, resource availability, human resources, fixed assets, material costs, specialization, agricultural organizations.

References

1. Dozorova TA, Sushkova TYu, Bogapova MR. [Competitive opportunities of agriculture as an indicator for assessing the efficiency of using resource potential]. Permskiy agrarnuy vestnik. 2015; 4(12). 85-91 p.

2. Kremlev ND, Shelomentsev AG, Mukhina EG. [Tools for assessing the potential competitive advantages of a region]. Aktualnye problemy ekonomiki i menedzhmenta. 2019; 2(22). 62-75 p.

3. Sagaydak AE. Zemelnaya sobstvennost i renta. [Land ownership and rent]. Moscow: Agropromizdat. 1991; 80 p.

4. Smagin BI, Akindinov VV. Effektivnost ispolzovaniya resursnogo potentsiala v agrarnom proizvodstve. [Efficiency of using resource potential in agricultural production]. Michurinsk: Izdatelstvo Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2007; 150 p.

5. Vinnichek LB, Zyablikova OA, Terzova GV. Resursnuy potentsial selskokhozyaystvennykh organizatsiy i effektivnost ego ispolzovaniya: monografiya. [Resource potential of agricultural organizations and the efficiency of its use: monograph]. Penza: RİO PGSKhA. 2015; 176 p.

6. Savchenko TV, Prosyannikova YuA, Ulezko AV. Razvitie agrarnogo potentsiala selskikh territoriy: monografiya. [Development of the agricultural potential of rural areas: monograph]. Voronezh: Izdatelsko-poligraficheskiy tsentr “Nauchnaya

kniga". 2015; 175 p.
7. Volkov AB. [Increasing the efficiency of using the resource potential of agricultural organizations in the region (based on the proceedings of Novosibirsk region): dissertation for the degree of Ph.D. of Agricultural sciences]. Novosibirsk. 2016; 27 p.
8. Amirova EF, Voronkova OY, Pyurveeva KA. Functioning of agroindustrial complex in the conditions of digital economy. International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018; Vol.9. 12. 586-594 p.
9. Dixon LE, Bencivenga S, Boden SA. A new opening for wheat seed production. Journal of Experimental Botany. 2018; Vol.69. 341-343 p.
10. Aleksandrova LA, Anfinogentova AA, Glebov IP, Taraskin DS. [Export competitiveness of the Russian agro-industrial complex: assessment and growth potential]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol. 16. 4 (79). 210-222 p. – doi: 10.53914/issn2071-2243_2023_4_210.
11. Eshpulatov D. Qishloq xo‘jaligi korxonalarini innovatsion rivojlantirishning o‘ziga xos xususiyatlari. Iqtisodiyot: Tahlillar va Prognozlar. 2023; 1(21). 90-98 p. Uzbek.
12. Mikhaylova LV. [Cluster approach in the development of small agribusiness entities]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.18. 1(69). 125-130 p.
13. Vorotnikov IL, Devyatkina LN, Petrov AYu, Sitaliev ASh. [Features of the formation and development of a multi-structural agricultural economy in Russia]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol. 17. 2 (81). 117-125 p. – doi: 10.53914/issn2071-2243_2024_2_117.

Authors:
Dozorova Tatyana Aleksandrovna - Doctor of Economics, Professor, Head of Department of Economics, Organization and Management at the enterprise, e-mail: t.dozorova@yandex.ru
Tarasova Elena Aleksandrovna – Ph.D. in Economics, Associate Professor of Department of Economics, Organization and Management at the enterprise, e-mail: eleln-tarasova@yandex.ru
Sevastyanova Venera Maskhutovna - senior lecturer of Department of Economics, Organization and Management at the enterprise, e-mail: venerasev@yandex.ru
Bogapova Myaryam Rivalevna - senior lecturer of Department of Economics, Organization and Management at the enterprise, e-mail: bogapova-marina@rambler.ru
Ulyanovsk State Agrarian University, Ulyanovsk, Russia

DOI 10.12737/2073-0462-2024-111-118
УДК 332.02

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А. В. Минаков, И. Н.Сафиуллин, Л. В. Михайлова, Г. П. Захарова, Н. М. Асадуллин

Реферат. Обеспечение устойчивых темпов развития сельского хозяйства России требует существенных инвестиционных вложений, которые обусловлены с внедрением цифровых технологий в отрасли. Решение данного вопроса на практике не возможно без реализации государством федеральных проектов и программ. В последние годы в аграрном секторе России достигнуты определенные тенденции увеличения объемов производства продукции, на что положительное влияние оказывают и внедряемые цифровые решения в сельское хозяйство. Особую популярность у аграриев нашей страны получили технологии с быстрой окупаемости: датчики контроля расхода горюче-смазочных материалов; облачные решения, основной целью которых выступает прогнозирование, учет, планирование; цифровые решения для сельскохозяйственных предприятий с индустриальным типом производства; а наименьшую – технологии, связанные с прогнозированием или моделированием ввиду их более длительной окупаемости. К 2022 году прослеживается снижение разрыва в показателях, характеризующих наличие веб-сайтов, использование Интернета, вычислительных сетей в сельскохозяйственных формированиях и средними значениями по всем организациям страны. Разработка и внедрение цифровых технологий в аграрное производство требует использования комплексного подхода, который бы включал взаимодействие государства и бизнеса в отрасли в целях достижения более высоких показателей. В тоже время нельзя забывать о правовом обеспечении, а также необходимо совершенствовать технологическую, организационную, финансовую, кадровую составляющие при решении рассматриваемой проблемы.

Ключевые слова: сельское хозяйство, цифровые технологии, цифровизация, Интернет-технологии, инвестиции, государственная поддержка.

Введение. Одним из приоритетных направлений развития на современном этапе является внедрение цифровых технологий во все сферы хозяйственной деятельности, в том числе и в сельское хозяйство. Активность осуществления перехода на цифровые технологии обусловлена особенностями развития сельскохозяйственной системы в мире, которые заключаются во включенности в тенденции научно-технической динамики, носящей общеэкономический характер, что требует синхронности с промышленными секторами, а также в высокой инновационности отрасли сельского хозяйства [1]. Внедрение и использование цифровых технологий в отрасли является необходимостью, поскольку влечет за собой более устойчивое функционирование и более эффективное за счет более качественного управления относительно всех процессов в отрасли от принятия решений до технологических [2, 3]. В настоящее время достаточно актуальной становится необходимость превращения отрасли сельского хозяйства в высокотехнологичную, что продиктовано потребностью в обеспечении развития экспортного потенциала страны и обеспечении ее продовольственной безопасности в целом [4, 5]. В рамках такой постановки проблемы необходимо изучение развития использования цифровых технологий в отрасли сельского хозяйства.

В последнее время теме цифровизации сельского хозяйства и отраслей хозяйствования в целом уделяется значительное внимание в научном сообществе. К примеру, О.Б. Бородина и др. проводят международный обзор использования цифровых технологий с возможностью их применения в России [6]. Достаточно интересной является работа И.А. Ганиевой, в которой рассматриваются возможности и проблемы в консолидации усилий государства и агробизнеса по переходу сельского хозяйства к внедрению цифровых продуктов, сгруппированных в единую платформу [7]. Многие исследования затрагивают, в целом, какое-либо одно направление, связанное с развитием использования цифровых технологий в сельском хозяйстве России, однако отсутствуют данные о существующих тенденциях, основанных на конкретных показателях.

Цель исследования заключается в оценке перспектив применения цифровых технологий в сельском хозяйстве на современном этапе, с учетом уже имеющихся результатов и цифровой трансформации экономики.

Условия, материалы и методы. В рамках исследования применялись такие общенаучные методы как: анализ, сравнение и синтез. Помимо этого, в работе использовались специальные методы экономических исследований для обработки и анализа статистических данных.

Исследование основано на анализе как теоретического, так и практического материала по вопросам развития сельского хозяйства и применяемых цифровых технологиях в отрасли, на примере соответствующих показателей по стране выявлены основные перспективы дальнейшей цифровизации аграрного сектора экономики.

Для оценки взаимосвязи между развитием сельского хозяйства и цифровизацией производства использовалась следующая система показателей:

- индекс производства продукции сельского хозяйства;
- уровень использования Интернета в

организациях сельского хозяйства и сравнение его со средним уровнем по всем российским организациям;

- доля организаций, имеющих веб-сайт (в сельском хозяйстве и в целом по всем российским организациям);

- доля организаций, использующих локальные вычислительные сети (в сельском хозяйстве и в целом по всем российским организациям) и др.

В целом можно отметить, что развитие отрасли сельского хозяйства можно охарактеризовать значительным набором показателей, однако данное исследование основывается на ограниченном количестве показателей, которые позволят определить основные тенденции развития отрасли, применения цифровых технологий в ней, а также выявить основные перспективы их дальнейшего внедрения.

Основным периодом исследования выступает временной промежуток с 2018 по 2022 годы. Информационную базу составили данные Федеральной службы государственной статистики.

Результаты и обсуждение. В настоящее время перед российской экономикой поставлена задача преодоления цифрового технологического отставания и создания собственной базы цифровых технологий [8].

Если рассматривать стратегический аспект, касающийся цифровизации сельского хозяйства на мировом уровне, то многие институты рассматривают данный процесс как средство, которое через совершенствование процессов «от поля до тарелки» (всей их совокупности), через оптимизацию ресурсов (в частности их использования), через рост производительности таких секторов как перерабатывающий и сырьевой способствует повышению благосостояния населения [9]. Такой контекст предполагает, что на инвестиционную деятельность, ее оптимизацию с учетом цифровых технологий, а именно их применение возлагаются особые надежды [7].

Рассматривая сельское хозяйство как отдельную категорию можно отметить, что это комплекс отраслей (животноводство, растениеводство, промыслы, лесное хозяйство, рыболовство), которые представляют собой одну из сфер мировой экономики имеющих важное стратегическое значение. Связь этих отраслей связана с разработкой ресурсов, как животных, так и растительных [10].

По-другому, данную отрасль можно представить в качестве совокупности подотраслей, обеспечивающих производство сырья для промышленности (обрабатывающей, пищевой), а также обеспечивающих продовольственными товарами население страны. В данном контексте прослеживается роль отрасли и необходимость ее совершенствования и дальнейшего развития, которое должно осуществляться параллельно с развитием других отраслей и общества в целом. Это является предопределяющим фактором в цифровизации сельского хозяйства и делает данное направление одним из перспективных.

В этой связи необходимо отметить ряд особенностей, которыми обладает данная отрасль:

- производственный процесс и его результаты определяют множество факторов (географический и связанный с этим климатический, социальные, экономические и другие). Относительно пространственного и временного размещения данные факторы значительно варьируются, что делает издержки в отрасли значительными (не только в отрасли региона, но и на уровне отдельного хозяйства);

- хозяйствующие субъекты в данной отрасли имеют большую численность и рассредоточены по всей территории страны, в данной ситуации в масштабе отрасли принятие управленческих решений осложняется, соответственно их эффективность может быть снижена;

- сельское хозяйство можно охарактеризовать сложными связями между подотраслями, которые достаточно многосторонни и интенсивны (покупатели, поставщики – партнерские отношения) [11].

Все эти особенности можно сделать единым эффективным механизмом в рамках применения цифровых технологий – весь процесс от производства до сбыта сельскохозяйственной продукции, учитывая все взаимосвязанные элементы с учетом сохранения и улучшения показателей эффективности производителей сельскохозяйственной продукции и улучшения ее качества, что будет способствовать к повышению их потребления.

В результате, можно говорить о цифровой трансформации отрасли, которая понимается в качестве преобразования посредством цифровых технологий экономической деятельности в отрасли. Основным предназначением цифровых технологий является получение в форме информации результатов анализа (их трансляция) об объектах сельскохозяйственной экономики и ее субъектах путем генерации данных, их обработки и анализа. Такая информация должна стать фактором, обеспечивающим прорыв в развитии отрасли и фактором, обеспечивающим принятие обоснованных решений в рамках управления отраслью. Именно цифровые технологии могут рассматриваться в качестве катализатора роста производства и производительности в организациях сельского хозяйства [7].

Под нужды деятельности в сельском хозяйстве можно адаптировать значительную часть современных цифровых технологий [6]. В различных странах данный процесс нашел свое применение [12, 13].

В России в рамках цифровизации отрасли сельского хозяйства был разработан ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство», поскольку активное участие государства должно обеспечить наиболее выгодное воплощение потенциала цифровизации,

а также ограничить влияние возможных рисков [14].

Основные цифровые технологии, которые возможно использовать и которые частично нашли свое применение в сельском хозяйстве России, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Цифровые технологии для сельского хозяйства [14, 15]

Технологии	Направление	Примечание
Big Data	Необходимость использования больших данных	Часть технологий используется в различных отраслях сельского хозяйства. Основные препятствия: стоимость; право собственности на большие данные; отсутствие стандартов, правового поля и безопасности; отсутствие знаний у сельских товаропроизводителей
Интернет вещей	Автоматизация, управления процессами и контроль посредством «умных» устройств	
Точное земледелие	Комплекс технологий: GPS, GIS, оценка урожайности и др.	
«Умные» теплицы	Управление процессом полива и регулирования микроклимата	
«Умные» фермы	Контроль точности внесения удобрений, прогнозы погоды, повышения качества выращивания продуктов и др.	
«Умные» хранилища	Мониторинг состояния продукции при хранении	
Мониторинг использования сельхозтехники	GPS	

Часть представленных технологий уже используется хозяйствами («умные фермы», «умные теплицы» в Казанской пригородной зоне Республики Татарстан, в СПК «Колхоз Урал» Ирбитского муниципального района Свердловской области, технологии Big Data – информационной системы в сфере ветеринарии «Меркурий»; точное земледелие – в том же СПК «Колхоз Урал») [16].

Об эффективности применения новых технологий можно судить на основе общих показателей развития сельского хозяйства (рис. 1).

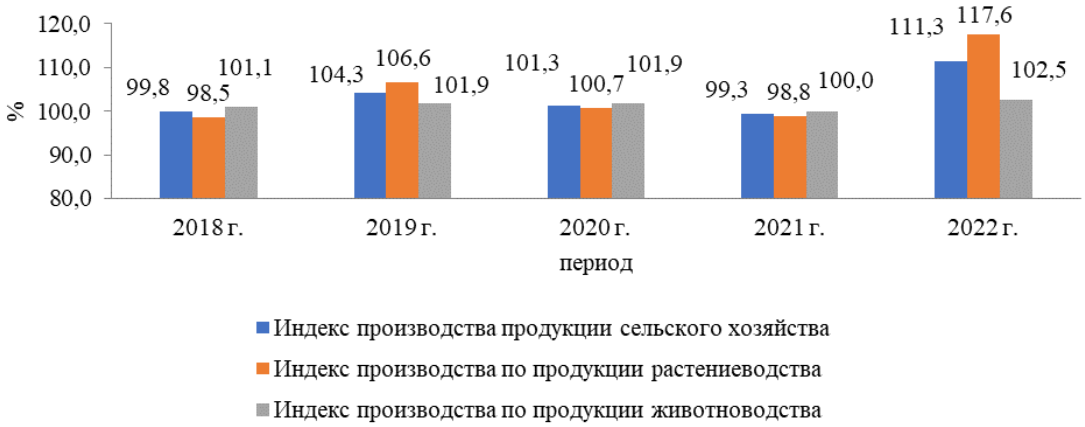


Рис.1 – Динамика индекса производства продукции сельского хозяйства в РФ в 2018-2022 года, % [17]

Прослеживается определенная тенденция увеличения объемов производства продукции сельского хозяйства в целом, так и разрезе растениеводства и животноводства. В 2020-2021 годах некоторое снижение показателя индекса производства продукции обусловлено в первую очередь с пандемией. Существуют также уточненные данные относительно показателя индекса произведенной сельскохозяйственной продукции по отдельным организациям, где отмечается более значительный прирост, несмотря на достаточно сложное положение в мире в 2020 году [17]. В 2021 году же из-за неблагоприятных погодных условий, неурожая и подорожания кормов и кормовых добавок, помимо последствий пандемии, произошло уменьшение продукции сельского хозяйства. В 2022 году ситуация стабилизировалась и значительно выросли объемы производства и в основном за счет растениеводства. Такие тенденции говорят об эффективности отрасли сельского хозяйства, в тоже время в определенной мере обусловленные с переходом на использование цифровых технологий.

Движущей силой развития цифрового потенциала субъекта АПК является наличие современного информационно-коммуникационного обеспечения [18, 19, 20].

За 2018-2022 года доля сельскохозяйственных организаций, имеющих веб-сайт, выросла, однако еще не достигла среднего уровня по всем российским организациям (рис. 2).

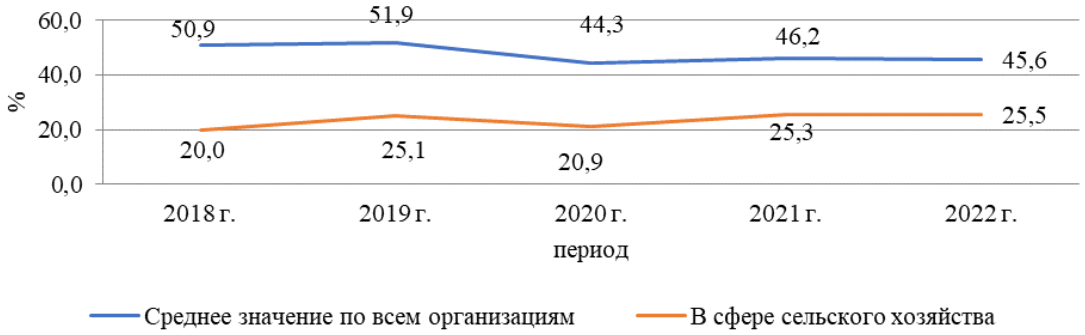


Рис. 2 – Динамика организаций, имевших веб-сайт, в 2018-2022 года, % [17]

Процент использования Интернета организациями сельского хозяйства (рис. 3) ежегодно снижается, что является негативным фактором.

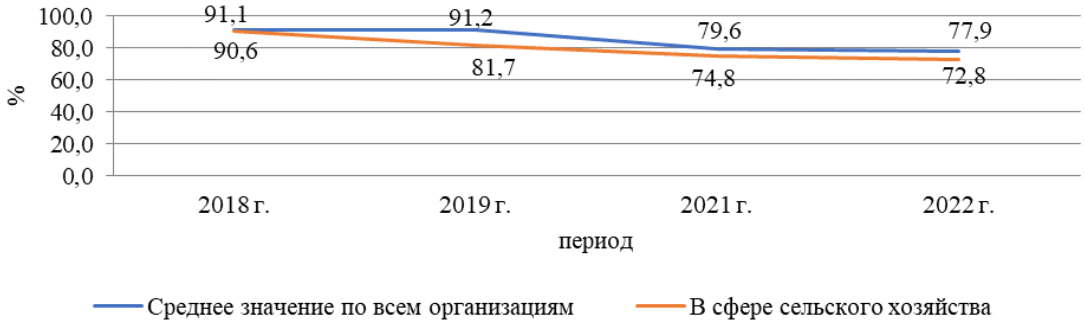


Рис. 3 – Динамика использования сети Интернет в 2018-2022 года, % [17]

Уровень использования фиксированного Интернета в сфере сельского хозяйства рос в 2021 году и несколько снизился в 2022 году (рис. 4).

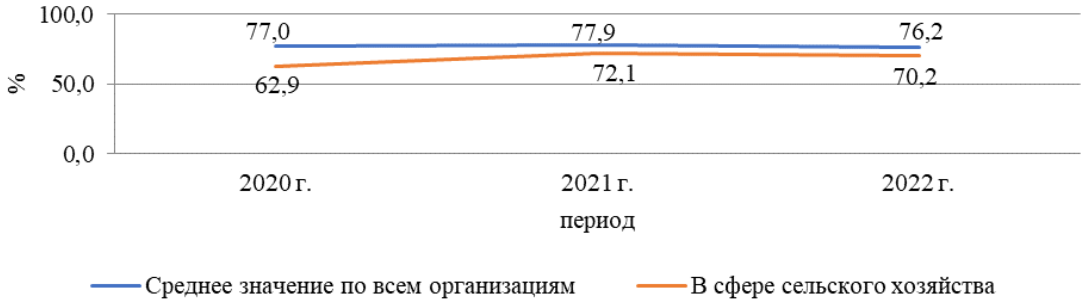


Рис. 4 – Динамика использования фиксированного Интернета в 2020-2022 года, % [17]

Позитивным фактом является ежегодное повышение уровня использования мобильного Интернета в сфере сельского хозяйства. В 2021-2022 годах показатель был выше среднего уровня по всем организациям в стране (рис. 5).

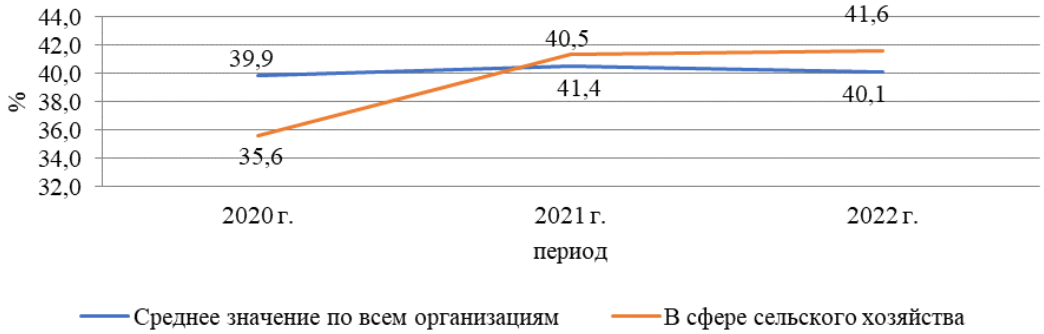


Рис.5 – Динамика использования мобильного Интернета в 2020-2022 года, % [17]

Уровень использования локальных вычислительных сетей в сельском хозяйстве растет в последние годы, однако показатель на протяжении 2018-2022 года был ниже среднего уровня по всем организациям в стране (рис.6).

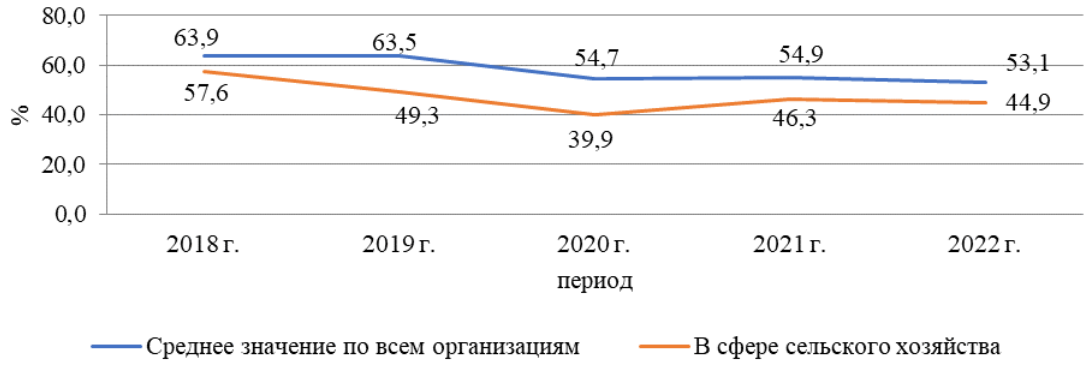


Рис.6 – Динамика использования локальных вычислительных сетей в 2018-2022 гг., % [17].

Что касается использования цифровых технологий, то необходимо отметить их стоимость, которая оказывается за пределами возможности многих сельскохозяйственных формирований [14].

Развитие цифровых технологий в сельском хозяйстве, рост затрат на данную сферу предприятиями отрасли обусловлены потребностью и сложившимися тенденциями не только в экономике и обществе страны, но и в мире в целом. Наибольшим спросом, ввиду своей быстрой окупаемости, пользуются такие технологии как: датчики, предотвращающие хищения техники, датчики контроля расхода горюче-смазочных материалов, помимо этого созданные крупными мировыми вендорами облачные решения (и костомизированные), основной целью которых выступает прогнозирование, учет, планирование. Наименьшая популярность у технологий, связанных с прогнозированием или моделированием ввиду более длительной окупаемости [16].

За последние годы сельское хозяйство в РФ довольно активно развивались такие технологии как: «умные фермы», «умные теплицы», технологии Big Data, точное земледелие и т.д.. Данное развитие идет поступательно, удовлетворяя потребности общества. Однако можно отметить и отрицательный факт – отставание уровня использования ИКТ в сельском хозяйстве от среднего уровня по всем организациям в стране. Одной из основных проблем развития цифровизации сельского хозяйства можно назвать высокие затраты на технологии. Дополнительные трудности связаны с санкциями коллективного Запада, ограничивающими доступ к зарубежными технологиям, нарушением логистических цепочек, ростом затрат в АПК.

Многие результаты исследований показывают высокую необходимость в цифровых технологиях в сельском хозяйстве. Их активное применение позволит повысить производство, качество и обеспечить выход на зарубежные рынки продукции с высокой добавленной стоимостью [21].

Можно отметить наличие разных точек зрения относительно развития цифровых технологий в сельском хозяйстве. Так, Б.А. Воронин с соавторами придерживаются мнения, что в данной ситуации необходима дальнейшая проработка поддержки государства, что касается затрат на приобретение цифровых технологий [16]. Данные моменты уже нашли свое отражение в национальной технологической инициативе, а также в государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в виде грантов, возвратных инвестиций и некоторых других инструментов. А такие авторы как В.В. Годин и др. утверждают, что решить проблему более активного использования цифровых технологий в сельском хозяйстве возможно лишь при комплексном воздействии [14].

По мнению авторов, для активного внедрения цифровых технологий и широкого их применения в деятельность организаций сельского хозяйства требуется время и наличие комплексного подхода. Помимо этого требуется совместная работа и государственного сектора: на данный момент начинают свою работу и государственные программы, и ведомственные проекты, и программы предприятий самого агробизнеса.

Комплексное воздействие заключается в проработке правового поля, которое будет способствовать интенсификации процесса цифровизации, проработке организационных условий и, конечно же, технологических. Последнее предполагает поддержку отечественных производителей на рынке цифровых технологий, развитие инфраструктуры как сетевой, так и вычислительной, и программной. Немаловажная роль в данном комплексе мер должна отводиться и кадровой составляющей, в том числе привлечению высокопрофессиональных специалистов в сельское хозяйство. В целом, как было отмечено ранее, необходима консолидация усилий государств и бизнеса в сельском хозяйстве, что даст возможность определить общую стратегию развития

цифровых технологий в сельском хозяйстве.

Выводы. Необходимости развития цифровизации сельского хозяйства становится все более актуальной на современном этапе. Исследование теоретических аспектов, относительно понимания сельского хозяйства, как одной из отраслей экономики и применения цифровых технологий в этой отрасли, проведенное в работе, опирающееся на статистические данные, которые легли в основу анализа развития сельского хозяйства и расходов предприятий сельского хозяйства на информационно-коммуникационные технологии, дает возможность сделать определенные выводы. Происходит рост производства сельскохозяйственной продукции на фоне роста использования технологий в отрасли, в тоже время основу используемых технологий составляют те, которые быстро окупаются.

К основным проблемам можно отнести то, что рост затрат на использование цифровых технологий в отрасли более интенсивен, несмотря на существующую помощь государства, соответственно можно говорить и о дороговизне самих технологий и о нарушении взаимодействия государства и агробизнеса (отражается в малой эффективности механизма принимаемых программ и проектов в данном направлении).

Практическая значимость статьи заключается в изучении направлений развития цифровых технологий в сельском хозяйстве в условиях развития экономических отношений, развития общества и его потребностей. Для решения задач, стоящих перед сельским хозяйством, необходим комплексный подход, который бы включал взаимодействие государства и бизнеса в отрасли, для разработки более эффективного механизма развития в ней цифровизации (использования технологий). И в тоже время можно говорить о правовой составляющей при решении рассматриваемой проблемы, а также технологической, организационной, финансовой, кадровой.

Развитие цифровых технологий в данном секторе позволит снизить себестоимость и увеличить качество и конкурентоспособность продукции сельского хозяйства с возможностью выхода на мировые рынки.

Одним из перспективных направлений исследований в данной области является изучение возможности развития отечественных разработок и их адаптации для сельского хозяйства с учетом опыта зарубежных стран, что даст возможность обозначить наиболее перспективные направления развития отрасли.

Литература

1. Ревенко Л.С., Ревенко Н.С. Информационные цифровые платформы как фактор повышения транспорентности аграрных рынков // Российский экономический вестник. 2019. №7. С.21-33.

2. Technical and Economic Assessment of Local Power Supply Systems for Agro-Industrial Production in the Digital Economy / V. T. Vodyannikov, E. V. Khudyakova, M. M. Nizamutdinov [et al.] // International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2021) : Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28-29 мая 2021 года. Vol. 37. Kazan: EDP Sciences, 2021. P. 00132.

3. Advanced digital transformations for food security / E. F. Amirova, I. N. Safiullin, O. V. Bakhareva, A. I. Sakhbieva // International Scientific and Practical Conference «Sustainable Development of Traditional and Organic Agriculture in the Concept of Green Economy» (SDGE 2021) : Sustainable Development of Traditional and Organic Agriculture in the Concept of Green Economy (SDGE 2021), Smolensk, 27 ноября 2021 года. Vol. 42. Smolensk: EDP Sciences, 2022. P. 04008.

4. Justification of promising areas of development of agricultural organizations / F. Avkhadiev, N. Asadullin, I. Gainutdinov, L. Mikhailova // Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020), Kazan, 28-30 мая 2020 года. EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. P. 00100.

5. Якушкин Н. М., Гайнутдинов И. Г., Губайдуллин Р. Г. Малые формы хозяйствования в Республике Татарстан: состояние, тенденции и проблемы развития // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 12. С. 72-77.

6. Бородина О.Б. и др. Цифровое сельское хозяйство: настоящее и будущее (обзор международной практики) // Московский экономический журнал. 2021. №4. С.155-162.

7. Ганиева И. А. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: консолидация государства и агробизнеса // Достижения науки и техники АПК. 2019. №4. С.5-7.

8. Вихорева О.М., Карловская С.Б. Тренды цифровизации как источник изменений мировой экономики // Вестник Московского университета. 2022. №5. С. 220-238.

9. World Investment Report 2017. Investment and the Digital Economy // UNCTAD. – http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/wir2017_en.pdf.

10. Раднаева С. Э., Мункуева И. С., Санжиева Д. Д. Анализ современного состояния и динамики развития сельского хозяйства и лекарственного растениеводства в России // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2019. №2. С.66–76.

11. Шарипов Ш.И., Мутуев Ч.М, Курбанов З.М. Цифровая трансформация сельского хозяйства: тенденции и пути стимулирования // Достижения науки и техники АПК. 2019. №11. С.88–90.

12. Bauer V.P., Podvoisky G.L., Kotova N.E. Adaptation strategies for US companies to digitize production areas // World of New Economy. 2018. №12. С.78-89.

13. Ayaz M. и др. Aggoune internet-of-things (iot) based smart agriculture: towards making the fields talk // IEEE Access. 2019. №20. P. 1–34.

14. Годин В.В. и др. Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения // E-Management. 2020. №1. С.4–15.

15. Норалиев Н.Х., Юсупова Ф.Э. Цифровые технологии в сельском хозяйстве // Вопросы науки и образования. 2020. №2. С.4-10.

16. Воронин Б.А. и др. К вопросу о цифровизации российского сельского хозяйства (обзор информационных материалов) // Аграрный вестник Урала. 2019. №2. С. 46-52.
17. Федеральная служба государственной статистики. – https://rosstat.gov.ru.
18. Паштецкий В.С., Тимиргалеева Р.Р., Вердыш М.В. Формирование системы индикаторов оценки агропромышленного потенциала региона в направлении его цифровой трансформации // Аграрный вестник Урала.2023. №5. С. 108-120.
19. Воротников И. Л., Петров А. Ю., Шмелев А. П. Организационно-экономические основы формирования и развития цифрового технологического уклада аграрной экономики России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17. № 2(81). С. 159-167. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2024_2_159.
20. Использование цифровых инструментов и технологий для повышения эффективности деятельности субъектов аграрного сектора ЦФО России / Л. А. Запорожцева, М. К. Измайлов, Е. А. Арбенина, Н. В. Леонова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17. № 2(81). С. 168-175. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2024_2_168.
21. Макаревич Л. О., Улезько А. В. Информационное обеспечение управления сбалансированным развитием регионального агропродовольственного комплекса // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14. № 1(68). С. 79-89. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2021_1_79.

Сведения об авторах:
Минаков Андрей Владимирович – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и бухгалтерского учета, e-mail: minakov-info@yandex.ru
Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя, г. Москва, Россия
Сафиуллин Ильнур Наилевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и организации производства, e-mail: sin.ek.09@mail.ru
Михайлова Лилия Валериковна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и организации производства, e-mail: e-mail: lilmikhajlova@yandex.ru
Захарова Галина Петровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и организации производства, e-mail: chugunovagalya@mail.ru
Асадуллин Наиль Марсилович – кандидат технических наук, доцент кафедры экономики и организации производства, e-mail: slonopotam1963@yandex.ru
Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

DIGITAL TECHNOLOGY DEVELOPMENT TRENDS IN AGRICULTURE

A. V. Minakov, I. N. Safiullin, L. V. Mikhaylova, G. P. Zakharova, N. M. Asadullin

Abstract. Ensuring sustainable rates of Russian agriculture development requires significant investment, which is due to the introduction of digital technologies in the industry. The solution to this issue in practice is impossible without the implementation of federal projects and programs by the state. In recent years, certain trends in increasing production volumes have been achieved in the agricultural sector of Russia, which is also positively influenced by the digital solutions introduced into agriculture. Technologies with a quick payback have become especially popular among farmers of our country: fuel and lubricant consumption monitoring sensors; cloud solutions, the main purpose of which is forecasting, accounting, planning; digital solutions for agricultural enterprises with an industrial type of production; and the least - technologies related to forecasting or modeling due to their longer payback. By 2022, there is a decrease in the gap in the indicators characterizing the availability of websites, use of internet, computer networks in agricultural formations and the average values for all organizations in the country. The development and implementation of digital technologies in agricultural production requires the use of an integrated approach that would include the interaction of the state and business in the industry in order to achieve higher indicators. At the same time, we must not forget about legal support, and it is also necessary to improve the technological, organizational, financial, personnel components in solving the problem under consideration.

Key words: agriculture, digital technologies, digitalization, internet technologies, investments, government support.

References

1. Revenko LS, Revenko NS. [Information digital platforms as a factor in increasing the transparency of agricultural markets]. Rossiyskiy ekonomicheskiy vestnik. 2019; 7. 21-33 p.
2. Vodyannikov VT, Khudyakova EV, Nizamutdinov MM. Technical and economic assessment of local power supply systems for agro-industrial production in the digital economy. International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28-29 maya 2021 goda. Vol.37. Kazan: EDP Sciences. 2021; 00132 p.
3. Amirova EF, Safiullin IN, Bakhareva OV, Sakhbieva AI. Advanced digital transformations for food security. International Scientific and Practical Conference “Sustainable Development of Traditional and Organic Agriculture in the Concept of Green Economy” (SDGE 2021): sustainable development of traditional and organic agriculture in the concept of green economy (SDGE 2021), Smolensk, 27 noyabrya 2021 goda. Vol.42. Smolensk: EDP Sciences. 2022; 04008 p.
4. Avkhadiev F, Asadullin N, Gaynutdinov I, Mikhaylova L. Justification of promising areas of development of agricultural organizations. Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28-30 maya 2020 goda. EDP Sciences: EDP Sciences. 2020; 00100 p.
5. Yakushkin NM, Gaynutdinov IG, Gubaydullin RG. [Small farms in the Republic of Tatarstan: state, trends and problems of development]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017; Vol.31. 12. 72-77 p.
6. Borodina OB. [Digital agriculture: the present and the future (review of international practice)]. Moskovskiy ekonomicheskiy zhurnal. 2021; 4. 155-162 p.
7. Ganieva IA. [Digital transformation of Russian agriculture: consolidation of the state and agribusiness].

Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019; 4. 5-7 p.
8. Vikhoreva OM, Karlovskaya SB. [Digitalization trends as a source of changes in the global economy]. Vestnik Moskovskogo universiteta. 2022; 5. 220-238 p.
9. World Investment Report 2017. Investment and the Digital Economy. [Internet]. UNCTAD. Available from: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/wir2017_en.pdf.
10. Radnaeva SE, Munkueva IS, Sanzhieva DD. [Analysis of the current state and dynamics of development of agriculture and medicinal plant growing in Russia]. Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika i menedzhment. 2019; 2. 66-76 p.
11. Sharipov ShI, Mutuev ChM, Kurbanov ZM. [Digital transformation of agriculture: trends and ways of stimulation]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019; 11. 88-90 p.
12. Bauer VP, Podvoisky GL, Kotova NE. Adaptation strategies for US companies to digitize production areas. World of New Economy. 2018; 12. 78-89 p.
13. Ayaz M. Aggoune internet-of-things (iot) based smart agriculture: towards making the fields talk. IEEE Access. 2019; 20. 1-34 p.
14. Godin VV. [Agriculture in the digital age: challenges and solutions]. E-Management. 2020; 1. 4-15 p.
15. Noraliev NKh, Yusupova FE. [Digital technologies in agriculture]. Voprosy nauki i obrazovaniya. 2020; 2. 4-10 p.
16. Voronin BA. [Digitalization of Russian agriculture (review of information materials)]. Agrarnuy vestnik Urala. 2019; 2. 46-52 p.
17. Federal state statistics service. [Internet]. Available from: https://rosstat.gov.ru.
18. Pashtetskiy VS, Timirgaleeva RR, Verdysh MV. [Formation of a system of indicators for assessing the agro -industrial potential of region in the direction of its digital transformation]. Agrarnuy vestnik Urala.2023; 5. 108-120 p.
19. Vorotnikov IL, Petrov AYu, Shmelev AP. [Organizational and economic foundations for formation and development of digital technological paradigm of the Russian agrarian economy]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol. 17. 2(81). 159-167 p. – doi: 10.53914/issn2071-2243_2024_2_159.
20. Zaporozhtseva LA, Izmaylov MK, Arbenina EA, Leonova NV. [Using digital tools and technologies to improve the efficiency of the subjects of agrarian sector of the central federal district of Russia]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024; Vol. 17. 2(81). 168-175 p. – doi: 610.53914/issn2071-2243_2024_2_168.
21. Makarevich LO, Ulez'ko AV. [Information support for management of balanced development of agro-food complex]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol. 14. 1(68). 79-89 p. – doi: 10.53914/issn2071-2243_2021_1_79.

Authors:

Minakov Andrey Vladimirovich – Doctor of Economics, Professor of Economics and Accounting Department, e-mail: minakov-info@yandex.ru
Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after V.Ya. Kikot, Moscow, Russia
Safiullin Ilnur Nailevich – Ph.D. of Economic Sciences, Associate Professor of Department of Economics and Organization of Production, e-mail: sin.ek.09@mail.ru
Mikhaylova Liliya Valerikovna – Ph.D. in Economics, Associate Professor of Department of Economics and Organization of Production, e-mail: e-mail: lilmikhajlova@yandex.ru
Zakharova Galina Petrovna – Ph.D. in Economics, Associate Professor of Department of Economics and Organization of Production, e-mail: chugunovagalya@mail.ru
Asadullin Nail Marsilovich – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of Department of Economics and Organization of Production, e-mail: slonopotam1963@yandex.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-119-127
УДК 332.14

УСТОЙЧИВОСТЬ РАЗВИТИЯ АГРАРНЫХ РЕГИОНОВ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

М. Р. Сафиуллин, Р. Т. Бурганов, А. М. Мингулов

Реферат. Усиливающиеся санкционные атаки, трансформация внешнеэкономических цепочек поставок, ограничения доступа на глобальные финансовые рынки существенным образом отражаются на параметрах устойчивого развития национальной экономики и ее регионов. При этом эти процессы, относящиеся к категории макроэкономических внешних шоков, проявляются весьма неоднородно в разрезе региональных экономических систем РФ, обладающих различным потенциалом сопротивляемости и адаптации к новым условиям. Особый интерес вызывает потенциал шокоустойчивости (резилиентности) регионов с аграрной специализацией, формирующие потенциал продовольственной безопасности страны и определяющие ключевые фронтиры качества жизни населения. Новизной исследования является предложенная трехмерная модель, предполагающая необходимость изучения исследуемых процессов через призму проявления трех ключевых составляющих (индикаторов). Первая из них характеризует готовность объекта исследования к системным преобразованиям (Res_эфф), а две последующие (экспортозависимость и импортозависимость) (Res_уязв), объединенные в единый, агрегированный показатель, формируют потенциал для оценки уязвимости регионов в условиях трансформации внешнеэкономических связей. Соотношение данных индикаторов между собой и определяет значение интегрального показателя шокоустойчивости региона. Опираясь на разработанный методический инструментарий, а также полагаясь на методы дескриптивного анализа данных для выявления регионов ПФО с повышенным уровнем агропромышленной специализации, идентифицированы две региональные группы со схожими характеристиками агрегированной резилиентности. В первую группу, с умеренным уровнем шокоустойчивости, вошли Республика Башкортостан и Республика Татарстан. Данные субъекты характеризуются повышенным риском устойчивого развития в условиях санкционных атак. Во вторую группу с высоким уровнем резилиентности (Res≥2) вошли Саратовская, Пензенская и Оренбургская области, формирующие каркас аграрных субъектов Приволжского федерального округа с наивысшим уровнем шокоустойчивости.

Ключевые слова: агропромышленные регионы, продовольственная безопасность, шокоустойчивость, экспортозависимость, импортозависимость, эффективность восстановления, системные преобразования.

Введение. Устойчивость развития национальной экономики определяется системой ключевых факторов, к важнейшим из которых необходимо отнести продовольственную безопасность, формирующей базис для общеэкономического развития страны и социальной стабильности в обществе. В этой связи крайне важной повесткой современных научных исследований становятся вопросы, связанные с оценкой развития аграрных регионов, формирующих каркас устойчивого развития национальной экономической системы в целом. Особый уровень актуальности рассматриваемые аспекты приобретают сегодня, в условиях повышенной турбулентности во внешнеэкономической повестке, существенным образом определяющей перспективы развития аграрных регионов исходя из сформировавшихся у них встроенных механизмов адаптации к изменяющейся институционально-конъюнктурной среде.

В этой связи решение вопросов, связанных с исследованием процессов сопротивляемости и адаптации субъектов РФ с аграрным профилем специализации к внешнему давлению, определение на этой основе параметров и перспектив их устойчивого развития, является крайне востребованным направлением современной экономической науки. Более того, поскольку в условиях искусственного деструктивного экзогенного воздействия на региональные и отраслевые экономические системы в рамках санкционного давления на национальную экономику традиционные модели экономической динамики могут проявлять себя в весьма ограниченном формате, требуется поиск новых подходов, направленных на развитие и совершенствование методологической базы исследования регионального экономического роста. Особенно актуальным представляется направление, связанное с разработкой диагностических моделей перспектив устойчивого развития экономики аграрных регионов в условиях новой реальности, сопряженной с наращиванием внешнего давления в виде санкционных атак.

Проблемы изучения региональной экономики, в том числе и в контексте устойчивого развития аграрного сектора, решались в разное время российскими и зарубежными учеными и практиками [1, 2, 3]. Основное внимание сосредотачивалось на вопросах преодоления диспропорций региональных систем, разработки моделей и инструментов их устойчивого роста, эффективного размещения производительных сил, повышения экономической эффективности регионально-отраслевых агропромышленных комплексов, в том числе и в рамках происходящих структурных изменений, системных преобразований и кризисов. Современный исследовательский «фокус» в наибольшей степени сосредотачивает

внимание на вопросах, связанных с разработкой диагностических и прогностических моделей регионального развития в условиях динамично генерирующихся макроэкономических шоков, в том числе и во внешней среде.

В этой связи, одно из ключевых мест на текущем этапе развития региональной экономики занимает теория шокоустойчивости, или, как ее определяют, в англоязычной литературе – теория резилиентности. Это название прочно укоренилось после выхода трудов К. Фостер [4], Е. Хилл [5], В.В.Климанова, С.М.Казаковой, А.А. Михайловой [6], Е.А. Коломак [7], М.Ю. Малкиной [8].

Несмотря на наличие научных работ, публикуемых российскими и зарубежными учеными по проблемам шокоустойчивости, все же следует констатировать о том, что данная теория, в контексте региональной экономики, не получила должного развития к настоящему моменту времени. Между тем усиливающиеся в последние годы процессы санкционного внешнего давления на национальные экономические системы требуют повышенного внимания к данному исследовательскому «фокусу» в свете существенной диверсификации регионов с точки зрения их устойчивого развития в условиях системных преобразований.

При этом особый интерес вызывают вопросы, связанные с исследованием потенциала шокоустойчивости аграрных регионов, поскольку именно они определяют базис и перспективы развития национальной экономики в целом и уровень ее социального благополучия. Отдельные исследования, посвященные этим аспектам, можно встретить как в трудах российских, так и зарубежных авторов [9, 10, 11]. Однако следует отметить, что, как правило, исследовательский фокус ученых сосредотачивается в сторону дескриптивного анализа комплекса статистических параметров, определяющих особенности развития региональных агропромышленных комплексов. Между тем крайне важной научно-исследовательской задачей является системная, многомерная оценка перспектив и потенциала устойчивого развития регионов с агропромышленным профилем в условиях генерирующихся санкционных шоков. Попытке решения данной задачи и посвящено настоящее исследование, целью которого является разработка и апробация, на примере агропромышленных регионов Приволжского федерального округа, методического инструментария эмпирической оценки их шокоустойчивости в условиях трансформации внешнеэкономической конъюнктуры.

Условия, материалы и методы. Методическая основа исследования базируется на эконометрическом анализе данных, агрегировании и декомпозиции, а также дескриптивных методах анализа.

Эмпирическую базу исследования составили данные федеральной и региональной статистики, определяющие агропромышленную профилизацию субъектов Приволжского федерального округа с целью идентификации аграрных регионов и последующего анализа их шокоустойчивости.

Исследование многомерного состояния шокоустойчивости региональных экономических систем предлагается реализовать в рамках оценки и последующей агрегации следующих ключевых характеристик резилентности «Импортозависимость ($Res^{имп}$)» - «Экспортозависимость($Res^{эксп}$)» - «Эффективность восстановления ($Res^{эфф}$)».

Интегральный показатель шокоустойчивости рассчитывается как соотношение потенциала восстановления региональной экономической системы к агрегированному значению ее уязвимости (определяемой на основе формализованного анализа интеграции региона в систему транснациональных кооперационных связей). Данный подход обусловлен необходимостью формирования относительной оценки резилиентности, что формирует потенциал для повышения объективности результатов и их последующей интерпретации.

В формальном виде интегральный показатель резилиентности региона будет рассчитываться по формуле 1:

$$\mathrm{Re}s = \frac{\mathrm{Re}s\_эфф}{\mathrm{Re}s\_уязв} \quad (1)$$

где:

Res - интегральная оценка уровня шокоустройчивости региона

Res_эфф – интегральный показатель, характеризующий уровень эффективности восстановления региона;

Res_уязв – интегральный показатель, характеризующий уровень готовности региональной экономической системы к кризисным шокам (Preparation Resilience).

В целях конкретизации предлагаемого концептуального подхода представляется целесообразным раскрыть итерационную последовательность расчетов отдельных составляющих агрегированного индекса резилиентности региона (Res эксп, Res имп, Res эфф).

Оценка импорто- и экспортозависимости региональной экономической системы (Res эксп).

В качестве методической основы оценки экспортозависимости региона применяется анализ доли экспортируемой продукции региона в недружественные страны в общем объеме ВРП (Формула 2).

$$\mathrm{Re}s\ эксп = \frac{Объем\ экспорта\ из\ недружественных\ стран}{ВРП} \quad (2)$$

Аналогичным образом осуществляется оценка импортозависимости региональных экономических систем (формула 3):

$$\mathrm{Re}s\ имп = \frac{Объем\ импорта\ из\ недружественных\ стран}{ВРП} \quad (3)$$

В целях унификации полученных значений и последующего сопоставления их между собой с последующей интеграцией данных в трехмерную модель резилиентности, все полученные оценки (индексы) нормируются.

В целях определения агрегированного значения уязвимости региональной экономической системы от уровня интеграции в международные цепочки поставок определяется интегральный индекс Res_уязв на основе оценки среднегеометрического значения параметров, характеризующих импорто- и экспортозависимость объекта исследования (формула 4):

$$Res\ уязвимость = \sqrt{Res\ имп \cdot Res\ эксп} \quad (4)$$

В качестве статистической основы для оценки экспорто- и импортозависимости регионов применяются данные за 2021 год. Это обусловлено необходимостью исследования докризисных значений рассматриваемых параметров, а также лоскутностью официальных данных, раскрывающих информацию об экспортно-импортных операциях в последующие годы в региональном разрезе.

Интегральная оценка эффективности восстановления.

В качестве методической базы для проведения оценки потенциала эффективности восстановления региона, в настоящей работе предлагается использовать инструментарий, предложенный М.Ю. Малкиной [8]. В обобщенной форме определение интегрального значения шокоустойчивости региональных экономических систем осуществляется в рамках реализации четырех шагов.

1. В разрезе каждого анализируемого индикатора строится линейная регрессия с включением фактора времени. Период временного ряда определяется докризисными значениями (формула 5).

$$\hat{y} = \alpha + \beta t + e \quad (5)$$

где

$\hat{y}$ – прогнозируемое значение;

α,β – значения коэффициентов регрессии;

t – фактор времени;

e – ошибка регрессии.

2. Определяется прогнозируемое значение индикатора в фазе кризиса (применительно к санкционным шокам 2022 года).

2. Рассчитывается индекс шокоустойчивости региона по направлению «Эффективность восстановления». Производится сопоставление предсказанного по линейной регрессии значения анализируемого индикатора с его фактическим уровнем, наблюдаемым в посткризисный (восстановительный) период (формула 6).

$$Ri = \hat{y} / y - 1 \quad (6)$$

где:

Ri– значение индикатора *i*, участвующего в построении агрегированного значения интегрального индекса резилиентности;

$\hat{y}$ – прогнозируемое значение индекса в период кризиса;

y – фактическое значение индекса в период кризиса.

Показатели (индикаторы), участвующие в оценке резилиентности регионов по направлению «Эффективность восстановления» представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели, используемые для оценки шокоустойчивости региональных экономических систем по направлению «Эффективность восстановления»

№	Индикатор
Качество жизни населения региона	
1	Реальная начисленная заработная плата
2	Численность населения
3	Уровень бедности
4	Занятость населения
Бюджетная устойчивость региона	
4	Профицит/дефицит консолидированного бюджета субъекта РФ

Источник: разработано авторами

3. По каждому анализируемому индикатору производится нормирование (стандартизация) значений.

4. Определение интегрального значения (Res_эфф) индекса шокоустойчивости региона, оценивающего эффективность восстановления, на основе расчета среднегеометрического значения частных значений нормируемых анализируемых индикаторов ($\sqrt[i]{Ri норм}$).

Основу для проведения статистического анализа и построения регрессионных уравнений составили данные Росстата за период с 2012 по 2022 года.

Интегральная оценка шокоустойчивости региона.

Алгоритмическая концепция реализации последовательности действий для эмпирической оценки и анализа шокоустойчивости региона представлена на рисунке 1.

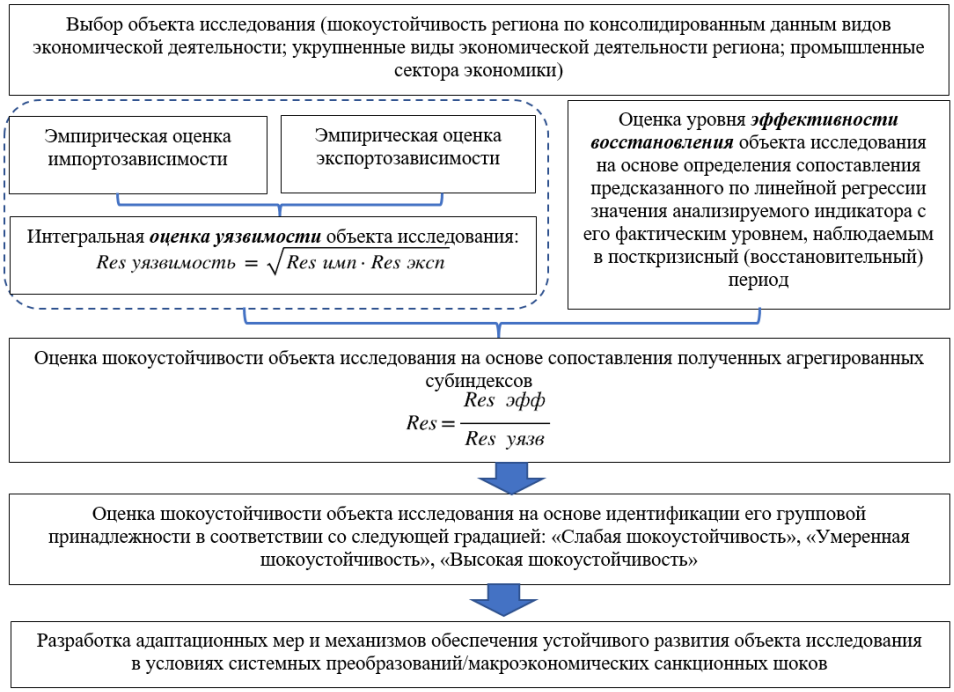


Рис. 1 - Алгоритм эмпирической оценки шокоустойчивости региональных секторов экономики в соответствии с концепцией 3D моделирования резилиентности

Источник: разработано авторами

В соответствии с предложенной методикой исследования резилиентности, региональные системы, имеющие низкие значения такого индикатора, как «Эффективность восстановления» будут иметь относительно низкие интегральные оценки шокоустойчивости. И это несмотря на возможное наличие слабой зависимости от внешнеэкономической конъюнктуры.

Результаты и обсуждение. В укрупненном формате аграрный сектор экономики состоит из двух базовых комплексов: животноводство и растениеводство, при этом последний выступает в роли фундамента всего АПК. Основываясь на данный постулат, идентификацию субъектов Приволжского федерального округа с агропромышленной специализацией целесообразно осуществить по критерию оценки удельного веса растениеводческого комплекса в общем его объеме в округе. При этом в качестве статистического фильтра предлагается использовать параметр, оценивающий валовой сбор зерна. По данным Росстата к лидерам по данному показателю в ПФО относятся Саратовская область, Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Оренбургская, Самарская и Пензенская области (табл. 2). В этой связи дальнейшие аналитические оценки, раскрывающие шокоустойчивость регионов ПФО, будут реализованы для данных идентифицированных субъектов.

Таблица 2 - Валовой сбор зерна в субъектах Приволжского федерального округа в 2022 году, тыс. тонн (в порядке убывания)

	Сбор зерна	В % к предыдущему году
РФ в целом, млн т	153,8	126,7
ПФО	36917.2	189,9
Саратовская область	6484,2	175,3
Республика Башкортостан	5555,7	в 2,7 раза
Республика Татарстан	5184,1	в 2,2 раза
Оренбургская область	4010,1	в 2,6 раза
Самарская область	3575,5	183,2
Пензенская область	3161,6	140,4
Ульяновская область	2082,1	178,0
Нижегородская область	1748,8	143,7
Республика Мордовия	1646,5	144,8
Чувашская Республика	1006,5	181,2
Удмуртская Республика	888,9	183,4
Кировская область	747,3	143,2
Пермский край	444,2	172,2
Республика Марий Эл	381,8	182,6

Источник: Росстат [12]

Прежде чем приступить к конструированию моделей, обеспечивающих возможность эмпирической оценки шокоустойчивости исследуемых регионов с агропромышленной специализацией в экономике Приволжского федерального округа, представляется целесообразным представить основные параметры, характеризующие экспорто- и импортозависимость исследуемых субъектов РФ (табл. 3).

Таблица 3 - Оценка уязвимости регионов Приволжского федерального округа от экспортно-импортных операций с недружественными странами

	Объем импорта из недружественных стран, млн.долл.	Объем экспорта в недружественные страны, млн.долл.	ВРП, млн. руб.	Доля импорта из недружественных стран в ВРП региона, в %	Доля экспорта в недружественные страны в ВРП региона, в %
Приволжский федеральный округ	9789,2	21810,4	16878414,5	4,3	9,5
Республика Татарстан	3560,5	9183,3	3 454 700,0	7,6	19,6
Республика Башкортостан	470,2	1392	2 000 037,9	1,7	5,1
Оренбургская область	70,5	984,6	1 394 280,3	0,4	5,2
Пензенская область	195,5	131,1	537 290,0	2,7	1,8
Саратовская область	328	528,4	1 005 800,9	2,4	3,9

Источник: рассчитано авторами по данным [12, 13]

Оперируя полученными результатами, а также опираясь на предложенный методический инструментарий, значения экспорто- и импортозависимости в разрезе исследуемой региональной группы подверглись процедуре нормирования. Результаты данного итерационного действия представлены на рисунке 2. Процесс стандартизации предполагает приведение размерности показателей в диапазон от 0 до 1. При этом максимальное значение свидетельствует о высоком уровне уязвимости региональной экономической системы от внешних кооперационных связей с недружественными странами.

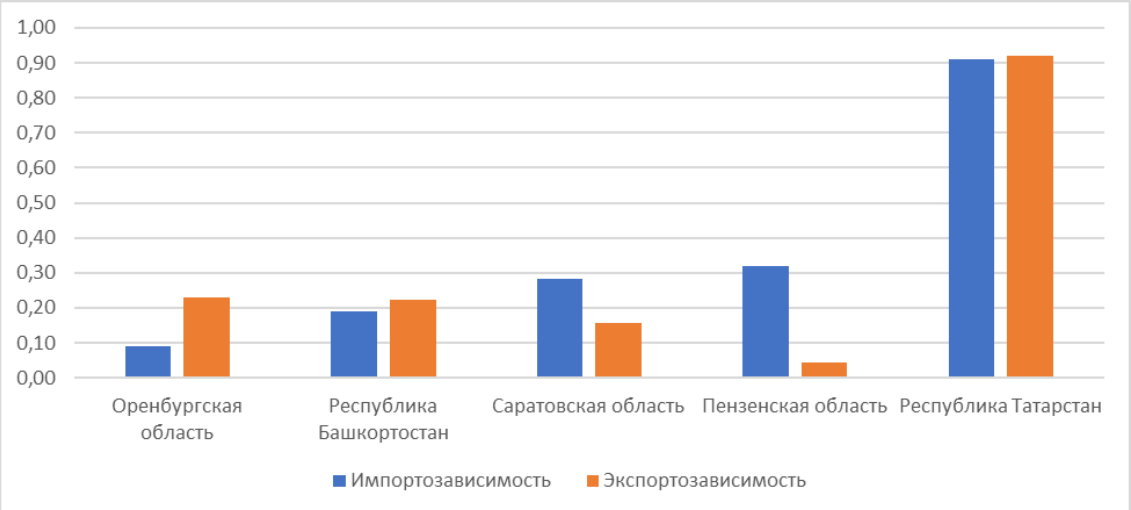


Рис. 2 - Нормированные (стандартизированные) значения, характеризующие уровень экспорто- и импортозависимость регионов Приволжского федерального округа

Источник: рассчитано авторами по данным [12, 13]

Интегральные оценки, характеризующие общий уровень уязвимости регионов Приволжского федерального округа в результате трансформации внешнеэкономических связей с недружественными странами, представлены на рисунке 3.

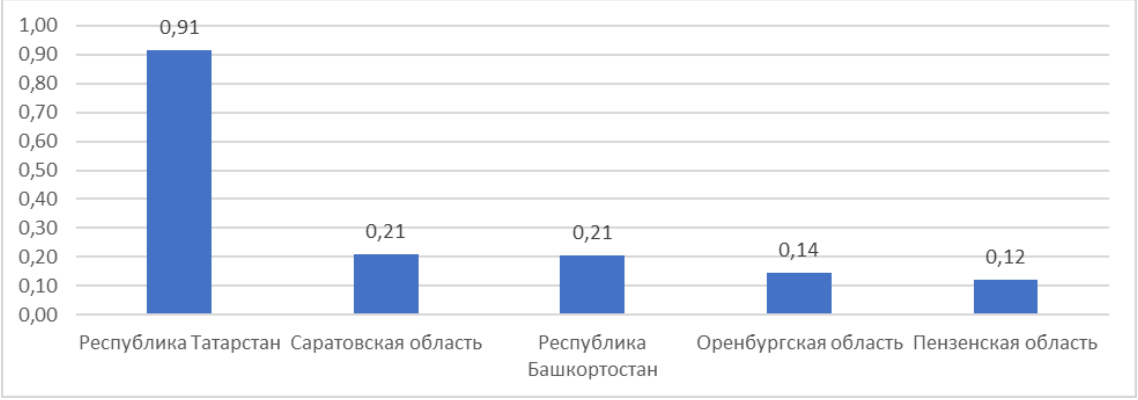


Рис. 3 - Значения интегрального индекса уязвимости (Iуязв) регионов Приволжского федерального округа

Источник: рассчитано авторами

На втором этапе исследования, следуя в фарватере разработанного методического инструментария, реализованы оценки второй составляющей резилиентности регионов – «Эффективноть восстановления».

Для примера, в таблице 4 представлены результаты полученных оценок, для индикатора «Реальная начисленная заработная плата в процентах к соответствующему периоду предыдущего года», участвующего в определении значения субиндекса «Качество жизни населения региона» (табл. 4).

Таблица 4 - Оценка эффективности восстановления региона по параметру «Реальная начисленная заработная плата в процентах к соответствующему периоду предыдущего года»

№	Регион	Прогнозируемое значение ($\hat{y}$)	Фактическое значение ( ), y2022 год	Значение частного индекса резилиентности (Ri) ($\frac{\ddot{y}}{y}-1$)	Нормированное значение индикатора ($Ri_{норм}$)
1	Республика Башкортостан	103,0	100,8	-0,021	0,36
2	Республика Татарстан	102,3	100,1	-0,021	0,36
3	Оренбургская область	102,5	99	-0,034	0,15
4	Пензенская область	101,7	100,2	-0,015	0,46
5	Саратовская область	103,6	101	-0,025	0,30

Источник: рассчитано авторами по данным Росстата [12]

Аналогичные итерационные действия были произведены и в разрезе других индикаторов, участвующих в интегральной оценке агрегированного параметра «Качество жизни населения» (Rкж), выступающего в роли одного из двух составных элементов, определяющих характеристику эффективности восстановления региона (табл. 5).

Таблица 5 - Интегральные значения (Rкж) индекса эффективности восстановления регионов Приволжского федерального округа по параметру «Качество жизни населения региона»

№	Регион	Реальная начисленная заработная плата	Занятость населения	Численность населения	Уровень бедности	R интеграл
1	Республика Башкортостан	0,36	0,85	0,99	0,50	0,68
2	Республика Татарстан	0,36	0,41	1,00	1,00	0,69
3	Оренбургская область	0,15	0,18	0,37	0,12	0,20
4	Пензенская область	0,46	0,00	0,53	0,03	0,25
5	Саратовская область	0,30	0,84	0,79	0,14	0,52

Источник: рассчитано авторами

Полученные оценки позволяют идентифицировать исследуемые субъекты ПФО по степени потенциала сохранения качества жизни в условиях острой фазы воздействия санкционных шоков.

Разработанная методика оценки резилиентности регионов предусматривает концентрацию исследовательского внимания не только на параметрах устойчивости субъектов РФ, характеризующих изменение качества жизни в условиях кризиса, но и на такую важную составляющую, определяющую уровень сопротивляемости экономических систем к шокам как бюджетная устойчивость. Результаты оценки данного параметра, в соответствии с предложенным алгоритмом исследования резилиентности, представлены на рисунке 4.



Рис. 4 - Интегральные значения (Rинтеграл) индекса эффективности восстановления регионов Приволжского федерального округа по параметру «Бюджетная устойчивость»

Источник: рассчитано автором по данным[12]

Полученные результаты, раскрывающие специфические особенности реагирования региональных экономических систем к внешним санкционным шокам в разрезе двух проявлений устойчивости (качество жизни населения региона и бюджетная эффективность) формируют основу для построения интегрального индекса резилиентности по направлению «Эффективность восстановления». Результаты расчетов представлены на рисунке 5.



Рис. 5 - Интегральные значения индекса резилиентности регионов Приволжского федерального округа по направлению «Эффективность восстановления» (R интеграл)

Источник: рассчитано автором по данным[12, 14]

Полученные стандартизированные оценки, формируют базис для расчета интегральных показателей резилиентности субъектов ПФО. Полагаясь на ранее представленный инструментарий такой оценки, в таблице 5, рисунке 6 представлены итоговые расчеты.

Таблица 6 - Интегральная оценка шокоустойчивости регионов Приволжского федерального округа

Регион	Iуязв	Iэфф	Res
Саратовская область	0,21	0,91	4,77
Пензенская область	0,12	0,54	4,52
Оренбургская область	0,14	0,48	3,36
Республика Башкортостан	0,21	0,35	1,68
Республика Татарстан	0,85	0,86	1,02

Источник: рассчитано авторами

Выводы. Разработанный методический инструментарий исследования шокоустойчивости регионов в условиях турбулентности на внешних рынках формирует новый взгляд к вопросу о проведении эмпирической оценки резилентности экономических систем мезо уровня. Принципиальным отличием предложенного подхода от существующих в теории и практике, является необходимость определения шокоустойчивости на основе соотношения индикаторов, характеризующих, с одной стороны, потенциал эффективности восстановления экономики региона к внешним шокам, а с другой – уязвимость, проявляющейся в степени интеграции экономических систем в систему международных цепей

поставок.

Полученные, с использованием предложенного методического аппарата, результаты исследования свидетельствуют о наличии весьма высокого уровня потенциала шокоустойчивости регионов Приволжского федерального округа с агропромышленной специализацией. Это означает, что внешняя турбулентность не способна оказать существенного воздействия на параметры развития исследуемых субъектов. Это, в свою очередь, во многом будет предопределять устойчивость всех секторов экономики исследуемых субъектов ПФО, включая и аграрный, формирующий каркас продовольственной безопасности страны.

Важным результирующим итогом работы является также и то, что реализованные оценки шокоустойчивости аграрных регионов Приволжского федерального округа, формируют основу для выработки решений в сфере реализации региональной политики в условиях системных преобразований.

Сведения об источнике финансирования. Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности по проекту № FZSM – 2023 – 0017 «Экономика импортозамещения региона в условиях трансформации логистических цепочек и деглобализации».

Литература

1. Гранберг, А.Г. Основы региональной экономики – М.: ГУ ВШЭ, 2001. – 471с.
2. Тюнен, И. Изолированное государство. – М.: Экономическая жизнь, 1926. – 326с.
3. Christaller, W. The central locations in southern Germany [Die zentralen Orte in Süddeutschland]. – Darmstadt: wbg academic, 2009. – 342p.
4. Foster K.A. A Case Study Approach to Understanding Regional Resilience / Institute of Urban and Regional Development, University of California, Berkeley, Working Paper 2007-08. 2007. 41 p. URL: https://www.econstor.eu/obitstream/10419/59413/1/592535347.pdf (дата обращения: 12.12.2023).
5. Hill E.W., Wial H., Wolman H. Exploring Regional Economic Resilience / Institute of Urban and Regional Development, Berkeley, Working Paper 2008-04. 2008. 15 p. https://doi. org/10.13140/RG.2.1.5099.4000
6. Климанов В.В., Казакова С.М., Михайлова А.А. Ретроспективный анализ устойчивости регионов России как социально-экономических систем // Вопросы экономики. 2019. № 5. С. 46–64. https://doi.org/10.32609/0042-8736-2019-5-46-64
7. Kolomak E. Economic Effects of Pandemic-Related Restrictions in Russia and their Spatial Heterogeneity // R-Economy. 2020. Vol. 6. No. 3. Pp. 154–161. https://doi.org/10.15826/ recon.2020.6.3.013
8. Малкина М.Ю. Оценка устойчивости развития региональных экономик на основе расстояний Махаланобиса // Terra Economicus. 2020. Т. 18. № 3. С. 140–159. https:// doi.org/10.18522/2073-6606-2020-18-3-140-159
9. Карпова О. И. Оценка экспортного потенциала аграрного сектора экономики региона / О. И. Карпова // Региональная экономика: теория и практика. – 2022. – Т. 20, № 11(506). – С. 2142-2159.
10. Svanidze M., Götz L. Spatial Market Efficiency of Grain Markets in Russia: Implications of High Trade Costs for Export Potential. Global Food Security, 2019, vol. 21, pp. 60-68. DOI:10.1016/j.gfs.2019.07.004
11. Gorbunov S.I., Sukhanova I.F., Lyavina M.Y. Development Prospects of the Food Export Potential of Russia in Terms of Import Substitution. The Journal of Social Sciences Research, 2018, sp. iss. 3, pp. 115-120. DOI: 10.32861/jssr.spi3.115.120.
12. Регионы России. Социально-экономические показатели, 2023г. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2023.pdf (Дата обращения: 17.04.2024)
13. Таможенная статистика Приволжского таможенного управления. URL: https://ptu.customs.gov.ru/folder/146699 (Дата обращения: 15.04.2024).
14. ЕМИСС. Расходы консолидированного бюджета субъекта РФ и территориального государственного внебюджетного фонда, исполнено. URL: https://www.fedstat.ru/indicator/58441 (дата обращения 05.02.2024)

Сведения об авторах:
Сафиуллин Марат Рашитович - доктор экономических наук, проректор по вопросам экономического и стратегического развития, вице-президент Академии наук Республики Татарстан, e-mail: Marat.Safiullin@tatar.ru
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия
Академия наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия
Бурганов Рафис Тимерханович - доктор экономических наук, ректор, e-mail: info@sportacadem.ru
Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, г. Казань, Россия
Мингулов Алмаз Минвазыхович - исполняющий обязанности руководителя Исполнительного комитета Аксубаевского муниципального района, аспирант, e-mail: C.p@tatar.ru
Центр перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия

SUSTAINABILITY OF AGRARIAN REGIONS DEVELOPMENT IN THE CONDITIONS OF FOREIGN ECONOMIC TURBULENCE

M. R. Safiullin, R. T. Burganov, A. M. Mingulov

Abstract. The increasing sanctions attacks, the transformation of foreign economic supply chains, and restrictions on access to global financial markets have a significant impact on the parameters of sustainable development of the national economy and its regions. At the same time, these processes, which belong to the category of macroeconomic external shocks, manifest themselves very heterogeneously in the context of the regional economic systems of the Russian Federation, which have different potential for resistance and adaptation to new conditions. Of particular interest is the potential for shock resistance (resilience) of regions with agricultural specialization, which form the potential for food security of the country and determine the key frontiers of the quality of life of the population. The novelty of the study is the proposed three-dimensional model, which assumes the need to study the processes under study through the prism of the manifestation of three key components (indicators). The first one characterizes the readiness of the research object for systemic transformations (Res_eff), and the two following ones (export dependence and import dependence) (Res_uyazv), combined into a single, aggregated indicator, form the potential for assessing the vulnerability of regions in the context of the transformation of foreign economic relations. The ratio of these indicators to each other determines the value of the

integral indicator of the shock resistance of the region. Based on the developed methodological tools, as well as relying on descriptive data analysis methods to identify regions of Volga Federal District with an increased level of agro-industrial specialization, two regional groups with similar characteristics of aggregated resistance were identified. The first group, with a moderate level of shock resistance, included the Republic of Bashkortostan and the Republic of Tatarstan. These entities are characterized by an increased risk of sustainable development in the context of sanctions attacks. The second group with a high level of resistance (Res ≥2) included Saratov, Penza and Orenburg regions, forming the framework of agricultural subjects of Volga Federal District with the highest level of shock resistance.

Key words: agro-industrial regions, food security, shock resistance, export dependence, import dependence, recovery efficiency, systemic transformations.

References

1. Granberg AG. Osnovy regionalnoy ekonomiki. [Fundamentals of regional economics]. Moscow: GU VShE. 2001; 471p.

2. Tyunen I. Izolirovannoe gosudarstvo. [Isolated state]. Moscow: Ekonomicheskaya zhizn. 1926; 326 p.

3. Christaller W. The central locations in southern Germany. [Die zentralen Orte in Süddeutschland]. Darmstadt: wbg academic. 2009; 342p.

4. Foster KA. A case study approach to understanding regional resilience. Institute of Urban and Regional Development, University of California, Berkeley, working paper 2007-08. 2007; 41 p. [cited 2023, December 12]. Available from: https://www.econstor.eu/obitstre am/10419/59413/1/592535347.pdf.

5. Hill EW, Wial H, Wolman H. Exploring regional economic resilience. Institute of Urban and Regional Development, Berkeley, Working Paper 2008-04. 2008; 15 p. https://doi. org/10.13140/RG.2.1.5099.4000

6. Klimanov VV, Kazakova SM, Mikhaylova AA. [Retrospective analysis of the sustainability of Russian regions as social and economic systems]. Voprosy ekonomiki. 2019; 5. 46-64 p. https://doi.org/10.32609/0042-8736-2019-5-46-64

7. Kolomak E. Economic effects of pandemic-related restrictions in Russia and their spatial heterogeneity. R-Economy. 2020; Vol.6. 3. 154-161 p. https://doi.org/10.15826/ recon.2020.6.3.013

8. Malkina MYu. [Assessing the sustainability of regional economic development based on Mahalanobis distances]. Terra Economicus. 2020; Vol.18. 3. 140-159 p. https:// doi.org/10.18522/2073-6606-2020-18-3-140-159

9. Karpova OI. [Assessment of the export potential of the agricultural sector of the regional economy]. Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika. 2022; Vol.20. 11(506). 2142-2159 p.

10. Svanidze M, Gotz L. Spatial market efficiency of grain markets in Russia: Implications of high trade costs for export potential. Global Food Security. 2019; Vol.21. 60-68 p. DOI:10.1016/j.gfs.2019.07.004

11. Gorbunov SI, Sukhanova IF, Lyavina MY. Development prospects of the food export potential of Russia in terms of import substitution. The Journal of social sciences research. 2018; sp. iss. 3, 115-120 p. DOI: 10.32861/jssr.spi3.115.120.

12. Regions of Russia. Social and economic indicators 2023. [Internet]. [cited 2024, April 17]. Available from: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2023.pdf

13. Customs statistics of the Volga Customs Administration. [Internet]. [cited 2024, April 15]. Available from: https://ptu.customs.gov.ru/folder/146699.

14. EMISS. Expenditures of the consolidated budget of the constituent entity of the Russian Federation and the territorial state extra-budgetary fund, executed. [Internet]. [cited 2024, February 05]. Available from: https://www.fedstat.ru/indicator/58441

Authors:

Safiullin Marat Rashitovich - Doctor of Economics, Vice-Rector for Economic and Strategic Development, Vice-President of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, e-mail: Marat.Safiullin@tatar.ru
Kazan (Volga) Federal University, Kazan, Russia
State National Budgetary Institution “Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan”, Kazan, Russia
Burganov Rafis Timerkhanovich - Doctor of Economics, Rector, e-mail: info@sportacadem.ru
Volga State University of Physical Education, Sports and Tourism, Kazan, Russia
Mingulov Almaz Minvazykhovich - acting head of the executive committee of Aksubaevskiy municipal district, postgraduate student, e-mail: C.p@tatar.ru
Center for advanced economic research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-128-134
УДК 332.133.6

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ХМЕЛЕВОДСТВА В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

М. Л. Толстова, А. Е. Корнилова

Реферат. Пивоваренная промышленность Российской Федерации на современном этапе характеризуется высоким уровнем сырьевой зависимости от поставок сырья, в частности хмеля, из зарубежных стран. Чувашская Республика является регионом, в котором не только производится наибольший объем хмеля в стране, но и территорией, где формируются условия для интенсификации этой важнейшей отрасли. На основании исследования периода становления и развития хмелеводческой отрасли в регионе авторами выявлены причины снижения производства хмеля, большинство из которых напрямую связаны с деятельностью предприятий пивоваренной промышленности. Разрыв производственно-экономических связей между сельскохозяйственными производителями и переработчиками стал главной причиной кризиса хмелеводческой отрасли Российской Федерации. Состояние современного потенциала развития хмелеводства в Чувашской Республике оценивается экспертами как достаточно устойчивое. В регионе сохранены научно-образовательные компетенции, которые реализуются как в направлении селекции и семеноводства, так и в инженерно-технологическом обеспечении, формируется машиностроительный кластер по локализации производства машин, агрегатов и оборудования для хмелеводства. В настоящее время в Чувашской Республике реализуется первый в стране крупный инвестиционный проект в хмелеводстве, инициатором которого выступила пивоваренная компания «Балтика». Авторы считают данную инвестиционную модель ключевой для развития хмелеводства в стране, поскольку наряду с производством хмеля происходит развитие смежных отраслей, а также формирование новых точек генерации производственных мощностей переработки хмеля. Важнейшим направлением реализации потенциала развития хмелеводства является государственная поддержка развития отрасли, которая охватывает все производственно-технологические процессы возделывания и переработки хмеля. Интенсификация хмелеводства в регионе является важнейшей задачей социально-экономического развития Чувашской Республики, а также обеспечения технологического суверенитета в этой отрасли.

Ключевые слова: хмелеводство, интенсификация, селекция, государственная поддержка, технологический суверенитет.

Введение. В контексте обеспечения продовольственной независимости Российской Федерации хмелеводство является одной из самых наименее защищенных подотраслей растениеводства в стране. По данным Росстата, валовой сбор хмеля в сельскохозяйственных организациях в 2023 году составил 292 т, в то время как потребность пивоваренной отрасли страны в сырье по оценкам экспертов составляет от не менее 7-8 тыс. т по данным Торгово-промышленной палаты [1] до 9-10 тыс. т по мнению аналитиков АО Россельхозбанк [2]. Объемы отечественного производства хмеля покрывают производственные запросы отрасли всего лишь на 3%, что в свою очередь свидетельствует о высокой доле импорта хмелесырья и критическом уровне зависимости пивоваренной индустрии от зарубежных поставок. В этой связи одной их важнейших задач в агропромышленном комплексе следует рассматривать обеспечение импортозамещения хмеля и организацию его производства и первичной переработки на территории страны.

Чувашская Республика исторически являлась основным регионом по хмелеводству в стране и продолжает занимать лидирующие позиции в производстве хмеля в Российской Федерации. Опыт региона представляется целесообразным распространить на другие субъекты страны с учетом природно-климатических, экономических и отраслевых особенностей территорий. В этой связи важнейшим направлением современной аграрной науки видится формирование комплексной программы развития хмелеводства в контексте расширенного импортозамещения. Вместе с тем следует отметить, что в современной отраслевой экономической литературе в незначительном объеме представлены исследования тенденций развития производства хмеля в стране.

Научная и прикладная значимость обеспечения технологического суверенитета в отечественном хмелеводстве существенно актуализирует поиск новых форм поддержки отрасли, разработку инструментов развития с учетом имеющегося потенциала и современных вызовов. Целью исследования является изучение современного состояния отрасли хмелеводства и поиск перспективных направлений ее интенсификации.

Условия, материалы и методы. В процессе исследования были применены общенаучные методы, проанализированы работы отечественных и зарубежных ученых в области выращивания и переработки хмеля, для определения тенденций развития отрасли широко использовался метод ситуационно-структурного анализа. В качестве информационно-аналитических источников информации были использованы данные Росстата, Министерства сельского хозяйства Чувашской Республики, Министерства сельского хозяйства

Российской Федерации, открытые источники информации, размещенные в сети Интернет, экспертные исследования.

Результаты и обсуждение. Хмелеводство в Чувашской Республике начало активно развиваться в 30-е годы 20 века. Региональной аграрной специализацией данное направление было выбрано с учетом благоприятных для возделывания хмеля природно-климатических условий, а также высокой плотности населения в сельской местности. В Чувашии хмель называют «зеленым золотом», подчеркивая тем самым важность, ценность данной культуры и трудоемкость ее возделывания. В 1985 году Чувашская Республика произвела более 3200 тонн хмеля, обеспечивая тем самым более чем на 80% потребность пивоваренной промышленности Советского Союза, а площадь хмелеплантаций приблизилась к 3000 га.

В регионе возделывались сорта хмеля отечественной селекции горько-ароматической группы – «Подвязный», «Московский ранний», «Смолистый». В Чувашии функционировал всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт хмелеводства, который был упразднен в 2010 году. Преобладающее большинство специализированной техники (хмелеуборочные и хмелесушильные комплексы) для отрасли производилось в Чехословакии. Достаточно большой объем хмеля -сырца производился в личных подсобных хозяйствах, в Чувашской АССР осуществляли свою деятельность 170 специализированных хмелеводческих хозяйств [3].

90-е годы 20 века оказались переломными для развития отечественного хмелеводства, существенный спад наступил и для этого важнейшего производственного направления в Чувашии. Происходит существенное снижение площадей под хмельниками, сокращается валовой сбор хмеля, а также количество хмелеводческих хозяйств. По мнению экспертов основными причинами спада в отрасли могут являться следующие обстоятельства [4]:

- реализация мероприятий антиалкогольной кампании 1985-1987 года, снижение производства алкогольной продукции;
- агрессивная экспансия зарубежных пивоваренных компаний на только что сформировавшийся российский рынок;
- формирование предприятий пивоваренной промышленности со 100 процентным участием иностранного капитала, отказ от использования отечественного хмеля на таких предприятиях;
- внедрение в технологии пивоварения горьких сортов хмеля вместо традиционных ароматических.

Все вышеуказанные причины негативно повлияли на востребованность чувашского хмеля у предприятий пивоваренной промышленности, что, в свою очередь, повлекло за собой значительное снижение производства «зеленого золота».

Таблица 1 – Производственные показатели отрасли хмелеводства в РФ

Показатель	1990 год	2021 год	2022 год	2023 год
Площадь возделывания (включая неплодоносящие насаждения), га	4800	256,8	286,5	311,8
Валовой сбор, т	3800	194,4	215,3	293,1
Урожайность, т/га	0,9	1,5	1,5	1,3

Информация, представленная в таблице 1, объективно указывает одновременно и на результаты затяжного спада в отечественном хмелеводстве, но в тоже время и на незначительный рост производственных показателей за последние несколько лет, что свидетельствует о наличии определенного потенциала для интенсификации хмелеводства на перспективу.

По-нашему мнению, в Чувашской Республике созданы условия для обеспечения импортозамещения и технологического суверенитета в хмелеводстве.

Первой важной составляющей, обеспечивающей реализацию программы интенсификации хмелеводства, являются кадры и профессиональные компетенции. В Чувашии система кадрового обеспечения хмелеводства представлена Чувашским государственным аграрным университетом(Чувашский ГАУ) и Чувашским научно-исследовательским институтом сельского хозяйства – филиалом ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (Чувашский НИИСХ) [5]. Обе организации обеспечивают научно-технологическое сопровождение широкого спектра технологических процессов в производстве и первичной переработке хмеля.

В 2021 году на базе аграрного университета сформирован региональный Центр компетенций – «Чувашия – центр производства хмеля», основной задачей которого является консолидация усилий всех заинтересованных лиц в развитии хмелеводства в масштабе страны. Важнейшим направлением деятельности Центра является профессиональная подготовка специалистов в области хмелеводства для Чувашской Республики и других регионов страны.

Так, например, за два предыдущих года на базе вуза профессиональную переподготовку прошли слушатели более чем из 20 регионов страны. С 2025 года планируется начало реализации специализированных программ магистратуры в области хмелеводства (растениеводство и инжиниринг) в рамках отраслевого проекта «Школа пивоваров».

Центр обладает высокоразвитой лабораторной инфраструктурой, позволяющей осуществлять весь комплекс необходимых исследований в хмелеводстве. Важной задачей

ученых центра является разработка новых методик исследований, востребованных не только производителями хмеля, но и предприятиями перерабатывающей промышленности. Работа исследователей ориентирована на создание и совершенствование первой отечественной системы фитосанитарного мониторинга посадочного материала хмеля по основным вирусным и бактериальным болезням.

Актуальным направлением деятельности является разработка отечественной аналитической методики для подтверждения сортовой принадлежности хмеля [6]. Решение этих двух задач очень востребовано бизнесом, поскольку существенно снижает риски производственно-экономической неэффективности инвестиционного проекта. На базе лабораторий центра также проводятся исследования по расширению номенклатуры методик определения биохимических показателей хмеля по заказу переработчиков сырья. Кроме этого,в вузе функционирует лаборатория по микроклональному размножению для целей подготовки оздоровленного посадочного материала, что также актуально для отрасли.

Для создания биохимических паспортов районированных и вновь создаваемых сортов научными сотрудниками центра освоена методика определения горьких веществ (альфа-кислоты, бета-кислоты) на спектрофотометре, эфирных масел: мирцена, кариофиллена, фарнезена, гумулена в шишках хмеля методом капиллярной газовой хроматографии.

Благодаря активной научно-практической деятельности коллектива Центра компетенций в 2024 году впервые в стране пятом потоке образовательного проекта АО «Россельхозбанк» «Школа фермера» было реализовано направление «Хмелеводство».

Чувашский НИИСХ является единственным в стране научным учреждением, которое занимается питомниководством и селекцией хмеля. На его базе располагается одна из трех мировых коллекций сортов хмеля, которая насчитывает более 250 сортообразцов из различных регионов Российской Федерации и зарубежных стран.

Коллекция генофонда хмеля – это систематизированное и документированное собрание сортообразцов, представляющих ценность, сохраняемых в живом виде в естественных местах произрастания. Других методов сохранения генетического разнообразия этой культуры не существует [7].

Реализация научного потенциала Чувашского НИИСХ направлена на разработку новых научно-обоснованных приемов технологии возделывания хмеля и питомниководства, обеспечивающих снижение энерго- и ресурсозатрат и увеличение объема производства, а также пополнение, изучение и поддержание генетической коллекции хмеля новыми генетическими источниками и создание новых сортов ароматического и горького типов. В организации создана группа агротехники хмеля, которая также осуществляет научное сопровождение инвестиционных проектов в области хмелеводства.

Следующей важной составляющей регионального потенциала развития хмелеводства являются компетенции в области селекции и обеспечения посадочным материалом. По мнению экспертов, потребность организаций пивоваренной промышленности в хмелесырье подразделяется на горькие и горько-ароматические сорта примерно в равном соотношении. В Чувашской Республике традиционно выращиваются ароматические и горько-ароматические сорта. Следует отметить, что горькие сорта хмеля в силу природно-климатических условий в регионе не возделываются, но возможны к производству в условиях Липецкой области, Республики Алтай, Краснодарского края.

Специалистами считается, что чувашский хмель – самый экологически чистый хмель в мире. Благодаря тому, что Чувашская Республика – это самый северный регион возделывания хмеля, большинство зимующих форм «хмелевых» вредителей погибает и всего за сезон производится только 2-3 химических обработки плантаций. На выходе получается оздоровленный и безвирусный посадочный материал и продукт для переработки [8].

Вопрос обеспечения посадочным материалов процессов интенсификации развития хмелеводства в регионе является очень актуальным. Текущих мощностей по поставке саженцев (черенков) хмеля для закладки новых хмельников в рамках реализации инвестиционных проектов в отрасли в регионе явно недостаточно. Также представляется необходимым усилить работу по созданию новых конкурентоспособных сортов хмеля, востребованных переработчиками [9].

В целях увеличения ассортимента и качественных показателей сортов Чувашским ГАУ проводятся селекционные исследования по созданию сортов высокосмолистого, ароматического - на уровне чешских сортов и крафтового (специфическим ароматом) шишек хмеля. Для этого проводятся исследования по интродукции сортов зарубежной селекции. Выделены 12 сортообразцов пригодных для выращивания в условиях Волго-Вятской зоны и дальнейшей селекционной работы. В 2024 году внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию два сорта хмеля:«Сувар» и «Ароматный».

В рамках данного направления Чувашский НИИСХ осуществляет работу по созданию генетических паспортов сортов хмеля, входящих в коллекцию, для селекции новых сортов. Также научная организация является базой для обеспечения хмелеводческих хозяйств высококачественным посадочным материалом.

Важным обстоятельством повышения качества селекционной работы является

присутствие в регионе специализированных хмелеводческих предприятий, тем более если речь идет о пивоваренных компаниях, которые заходят в область производства хмеля. В Чувашской Республике реализован первый опыт участия предприятия пивоваренной промышленности непосредственно в производстве хмеля, то есть сырья для переработки.Пивоваренная компания «Балтика» с 2024 года реализует в регионе инвестиционный проект в области выращивания хмеля, который в 2025 году уже будет реализован на площади 60 га.

В настоящее время предприятие принимает участие в реализации процессов импортозамещения хмеля, существенно погружается во все стадии производства и переработки хмеля, начиная с активного участия подготовки квалифицированных кадров в Чувашском государственном аграрном университете. Кроме того, компания произвела закладку собственных хмелеплантаций, заключила договор на поставку первого отечественного хмелеуборочного и хмелесушильного комплекса, произведенного в Чувашии, запустила на одном из заводов цех по глубокой переработке чувашского хмеля.Это первый в стране опыт появления крупных компаний в производстве хмеля и появление таких предприятий, безусловно, задает новые стандарты и требования в отрасли, в том числе и к качеству производимого сырья.

Чувашская Республика как основной регион по производству хмеля в стране активно продвигает стратегию технологического суверенитета в области инженерно-технологического обеспечения хмелеводства. Как уже ранее отмечалось, большинство машин и оборудования для производства и переработки хмеля произведено в зарубежных странах и характеризуется высокой степенью технологического износа. Так, например, средняя степень износа хмелесушильных комплексов составляет 80-90%, что в свою очередь требует от предприятий осуществления значительных затрат на ремонт и модернизацию оборудования посредством приобретения импортных запасных частей и комплектующих.

Таким же образом можно охарактеризовать состояние хмелеуборочных комплексов, которые в основном, произведены в Чехии и Германии. Машины и агрегаты, используемые при возделывании хмеля, не представляют собой определенной линейки оборудования, произведены частично в Российской Федерации, частично – импортного производства, что приводит к существенным различиям в агротехнике производства хмеля в зависимости от инженерного оснащения конкретного хозяйства.Именно в этой связи Чувашской Республикой был взят курс на локализацию производства всей линейки инженерно-технологического оборудования для хмелеводства на территории региона [10].

Машиностроительными предприятиями региона проделана масштабная работа по проектированию и производству опытного образца хмелесушильного и хмелеуборочного комплекса, успешно прошедшего заводские испытания и рекомендованного к промышленной эксплуатации.

Первый российский хмелесушильный комплекс был разработан и произведен АО «41 Центральный завод железнодорожной техники» (г. Люберцы, Московская область). Комплекс ХС-400 был разработан для промышленной первичной переработки (сушки) хмеля в хозяйствах с площадью насаждений до 20 га. Основной задачей разработки ХС-400 было замещение аналогичного импортного чешского оборудования, а также повышение эффективности технологических процессов.

Вторым этапом технологической модернизации хмелеводства стала интеграция хмелесушильного и хмелеуборочного комплексов в единую производственную линию.

Отечественный хмелеуборочный комбайн МХ-450 «Аван», разработанный в компании «Техмашхолдинг» и хмелесушильная машина «Феникс-450Х» установлены на территории Центра компетенций. Стоит отметить, что по мнению экспертов [11], в контексте соотношения «цена-качество» отечественный комплекс существенно превосходит зарубежные аналоги. Предприятие уже обеспечено заказами на изготовление новых хмелесушильных и хмелеуборочных комплексов. По мнению специалистов хмелеводческих хозяйств, качество технологических процессов уборки позволяет на выходе обеспечить сырье с минимальным количеством примесей, кроме этого, за счет снижения вибрации существенно сокращены потери альфа-кислоты.

Специалисты отмечают, что использование механизма реверс-инжиниринга для обеспечения инженерно-технических потребностей отрасли, позволило выявить необходимость существенной модернизации иностранных образцов техники и агрегатов под природно-климатические условия регионов Российской Федерации, типы почв и др.

В регионе сосредоточены значительные мощности по гранулированию хмеля, которыми располагает старейшее специализированное предприятие Чувашской Республики ОАО «ЧувашХмельПром». Производственные характеристики гранулятора позволяют переработать весь производимый хмель в регионе и имеют существенные резервы в случае увеличения объемов выращенного сырья.

Хмелеводство представляет собой отрасль с высоким уровнем инвестиционной емкости и существенным сроком окупаемости [12].Характеристика основных мер государственной поддержки хмелеводческой отрасли за счет федерального и республиканского бюджета Чувашской Республики представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Меры поддержки хмелеводства в Российской Федерации и Чувашской Республике

Производственно-экономический процесс	Форма поддержки	Размер поддержки
Закладка хмельников	Субсидия на строительство и реконструкция шпалер (региональная)	1346,4 тыс. руб./га, но ≤ 40% затрат
Закладка хмельников	Субсидии на приобретение посадочного материала (федеральная)	501,1 тыс. руб./га, но ≤ 80% затрат (российские саженцы); 978,9 тыс. руб./га, но ≤ 30% затрат (иностранные саженцы)
Закладка хмельников	Субсидии на приобретение посадочного материала (региональная)	≤ 80% (в составе субсидий на закладку многолетних насаждений)
Уход за хмельниками	Субсидия на приобретение удобрений, средств защиты растений (федеральная)	265,7 тыс. руб./га, но ≤ 80% затрат
Уход за хмельниками, уборка, сушка	Субсидии на приобретение техники, оборудования (региональная)	50% затрат (хмелеуборочных комбайнов, сушилок и спецтехники), 45% затрат (прочей техники)
Уход за хмельниками	Субсидии на мелиоративные мероприятия (федеральная)	≤ 50% затрат (машины и оборудование), ≤ 50% затрат (культуртехнические мероприятия)

Важным обстоятельством является то, что меры поддержки отражают все составляющие интенсификации производства хмеля, в том числе и сопутствующие основному направлению деятельности. Отраслевые эксперты указывают на то обстоятельство, что за последние 10 лет срок окупаемости инвестиционных проектов снизился с 14 до 6 лет. Это стало возможным за счет беспрецедентной государственной поддержки, которая охватывает все основные производственно-технологические процессы развития хмелеводства [13].

Следует отметить, что в таблице представлены лишь основные формы государственной поддержки хмелеводства. Также на федеральном и региональном уровнях существуют механизмы стимулирования инвестиционной деятельности в рассматриваемом направлении. Так, например, за счет бюджета Чувашской Республики производителям хмеля выплачивается субсидия на тонну реализованного хмеля (ставка 106,9 тыс. руб./тонна), реализуется программа предоставления гранта «Агростартап». Меры поддержки за счет федерального бюджета позволяют специализированным хозяйствам, в том числе и малым формам хозяйствования, привлекать льготные кредиты и участвовать в программах льготного лизинга.

Направление хмелеводство в 2024 году включено как важнейшая составляющая в индивидуальную программу социально-экономического развития региона (ИПСЭР) с выделением соответствующего финансирования на развитие отрасли. С учетом объединения ресурсов государственной программы развития сельского хозяйства региона и ИПСЭР в регионе предполагается к 2030 году обеспечить площади хмельников на уровне 2000 га, что будет достаточным для обеспечения пивоваренной промышленности отечественным сырьем хмеля ароматических и горько-ароматических сортов.

Выводы. В Чувашской Республике накоплен существенный потенциал для запуска нового этапа развития хмелеводства в стране, основанного на интенсификации производства хмеля. В регионе сформирован научно-образовательный кластер для обеспечения кадрами процессов развития отрасли, созданы условия для реализации мероприятий по обеспечению технологического суверенитета отрасли и расширенного импортозамещения. Особое значение имеет наличие в стране и в регионе широкого спектра мер поддержки, охватывающих все стадии производства и переработки хмеля. В целом, Чувашскую Республику можно отнести к регионам-драйверам роста по данной специализации, где формируются лучшие практики по интенсификации отрасли, которые в перспективе допустимо масштабировать на другие субъекты Российской Федерации.

Сведения об источнике финансирования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-20500, https://rscf.ru/project/24-28-20500//

Литература

1. Афанасьева О.Г., Иванов Е.А., Макушев А.Е. Исследование мировой торговли хмелем и определение места России в товарообороте продукции // Аграрный вестник Урала. Специальный выпуск «Экономика». 2022. С. 2-17.

2. Как пивовары замещают импортный хмель российским [Электронный ресурс] // РБК Вино. 2024. URL: https://www.rbc.ru/wine/news/66dafef79a7947bc500eda51?ysclid=m2iimz6dg868247909 (Дата доступа:

09.10.2024).

3. Инженерно-технологические резервы интенсификации возделывания хмеля в Чувашской Республике: монография / Н. Н. Пушкаренко, П. А. Смирнов, А. В. Коротков [и др.]. – Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2018. – 356 с.

4. Пиво с горчинкой: почему Россия почти не производит свой собственный хмель//[Электронный ресурс] // URL: https://www.forbes.ru/prodovolstvennaya-bezopasnost/494994-pivo-s-gorcinkoj-pocemu-rossia-pocti-ne-proizvodit-sobstvennyj-hmel?ysclid=m40v3rnhfq666403686 (дата доступа: 01.10.2024).

5. Макушев А. Е., Владимиров В.В., Захаров А.И. Возможности развития хмелеводства в Чувашской Республике // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 11. № 4 (42).С. 15-19.

6. Šrédl K. et al. Hop production in the Czech Republic and its international aspects // Heliyon. 2020. Vol. 6, № 7.P. e04371. – doi: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04371 (дата обращения: 07.10.2024)

7. Materna K. et al. How microbreweries flooded Europe: mapping a new phenomenon in the beer industry // Journal of Maps. 2022. Vol. 18, № 1. P. 18–25. - https://doi.org/10.1080/17445647.2021.2012536 (дата обращения: 20.12.2023)

8. Коротков А. В., Короткова З. П., Пушкаренко Н. Н. Интродукция зарубежных сортов хмеля в условиях юго-восточной части Волго-Вятской зоны // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (24). С. 9-14.

9. Mozny M. et al. Climate-induced decline in the quality and quantity of European hops calls for immediate adaptation measures // Nat Commun. 2023. Vol. 14, № 1.P. 6028. – doi: https://doi.org/10.1038/s41467-023-41474-5 (дата обращения: 22.10.2024)

10. Машинные технологии для возделывания хмеля / Ю. П. Дмитриев, В. И. Медведев, А. П. Акимов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 2 (49).С. 86-92.

11. Главе Чувашии представили первый российский хмелеуборочный комплекс [Электронный ресурс] // URL: https://www. https://km.cap.ru/news/2024/09/05/glave-chuvashii-predstavi?ysclid=m46jw59c1h971043881 (Дата доступа: 08.10.2024).

12. Иванов Е. А., Малинина Л. Ю., Пушкаренко Н. Н. Учетное обеспечение обоснования затрат хмелеводства при его государственном субсидировании (на примере Чувашской Республики) // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 4 (64). С. 96-104.

13. Хмелеводство в Чувашии продолжает комплексно развиваться [Электронный ресурс] // ФГБУ «Центр Агроаналитики». 2024. URL: https://specagro.ru/news/202306/kompleksnyy-podkhod-k-razvitiyu-khmelevodstva-v-chuvashskoy-respublike-pozvolyaet (дата доступа: 01.10.2024).

Сведения об авторах:

Толстова Мария Леонидовна – кандидат экономических наук, заведующий кафедрой финансового права, e-mail: maryaleon@yandex.ru

Корнилова Александра Евгеньевна – старший преподаватель кафедры гражданско-правовых дисциплин, e-mail: kornilova_aleksandra@bk.ru

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия

STATE AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF HOP GROWING IN THE CHUVASH REPUBLIC

M. L. Tolstova, A. E. Kornilova

Abstract. The brewing industry of the Russian Federation at the present stage is characterized by a high level of raw material dependence on supplies of raw materials, in particular hops, from foreign countries. The Chuvash Republic is a region that not only produces the largest volume of hops in the country, but also a territory where conditions are formed for the intensification of this important industry. Based on the study of the period of formation and development of the hop-growing industry in the region, the authors identified the reasons for the decline in hop production, most of which are directly related to the activities of brewing industry enterprises. The breakdown of production and economic ties between agricultural producers and processors has become the main reason for the crisis in the hop-growing industry of the Russian Federation. The state of the current potential for the development of hop growing in the Chuvash Republic is assessed by experts as quite stable. The region has preserved scientific and educational competencies that are implemented both in the field of selection and seed production, and in engineering and technological support; a machine-building cluster is being formed to localize the production of machines, units and equipment for hop growing. Currently, the first large investment project in hop growing in the country is being implemented in the Chuvash Republic, initiated by the Baltika brewing company. The authors believe that this investment model is key to the development of hop growing in the country, since along with the production of hops, related industries are developing, as well as new points of generation of production capacities for hop processing are being formed. The most important direction for realizing the potential for the development of hop growing is state support for the development of the industry, which covers all production and technological processes of hop cultivation and processing. Intensification of hop growing in the region is the most important task of the socio-economic development of the Chuvash Republic, as well as ensuring technological sovereignty in this industry.

Key words: hop growing, intensification, selection, state support, technological sovereignty.

References

1. Afanaseva OG, Ivanov EA, Makushev AE. [Study of world trade in hops and determination of Russia’s place in commodity turnover]. Agrarnuy vestnik Urala. Spetsialunuy vypusk “Ekonomika”. 2022; 2-17 p.

2. How brewers replace imported hops with Russian ones. [Internet]. RBK Vino. 2024; [cited 2024, October 09]. Available from: https://www.rbc.ru/wine/news/66dafef79a7947bc500eda51?ysclid=m2iimz6dg868247909.

3. Pushkarenko NN, Smirnov PA, Korotkov AV. Inzhenerno-tekhnologicheskie rezervy intensifikatsii vozdelyvaniya khmelya v Chuvashskoi Respublike: monografiya. [Engineering and technological reserves for the intensification of hop cultivation in the Chuvash Republic: monograph]. Cheboksary: Chuvashskaya GSKhA. 2018; 356 p.

4. Beer with bitterness: why Russia almost never produces its own hops? [Internet]. [cited 2024, October 01]. Available from: https://www.forbes.ru/prodovolstvennaya-bezopasnost/494994-pivo-s-gorcinkoj-pocemu-rossia-pocti-ne-proizvodit-sobstvennyj-hmel?ysclid=m40v3rnhfq666403686.

5. Makushev AE, Vladimirov VV, Zakharov AI. [Possibilities of hop growing development in the Chuvash Republic]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017; Vol.11. 4 (42). 15-19 p.

6. Sredl K. Hop production in the Czech Republic and its international aspects. Heliyon. 2020; Vol.6. 7. e04371 p. doi: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04371

7. Materna K. How microbreweries flooded Europe: mapping a new phenomenon in the beer industry. Journal of Maps. 2022; Vol.18. 1. 18-25 p. - https://doi.org/10.1080/17445647.2021.2012536

8. Korotkov AV, Korotkova ZP, Pushkarenko NN. [Introduction of foreign hop varieties in the southeastern part of Volga-Vyatka zone]. Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; 1 (24). 9-14 p.

9. Mozny M. Climate-induced decline in the quality and quantity of European hops calls for immediate adaptation measures. Nat Commun. 2023; Vol.14. 1. 6028 p. doi: https://doi.org/10.1038/s41467-023-41474-5

10. Dmitriev YuP, Medvedev VI, Akimov AP. [Machine technologies for hop cultivation]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018; Vol.13. 2 (49). 86-92 p.

11. The first Russian hop-harvesting complex was presented to the head of Chuvashia. [Internet]. [cited 2024, October 08]. Available from: https://www. https://km.cap.ru/news/2024/09/05/glave-chuvashii-predstavi?ysclid=m46jw59c1h971043881.

12. Ivanov EA, Malinina LYu, Pushkarenko NN. [Accounting support for justifying the costs of hop growing with its state subsidies (on the example of the Chuvash Republic)]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 4 (64). 96-104 p.

13. Hop growing in Chuvashia continues to develop comprehensively. [Internet]. FGBU “Tsentr Agroanalitiki”. 2024; [cited 2024, October 01]. Available from: https://specagro.ru/news/202306/kompleksnyy-podkhod-k-razvitiyu-khmelevodstva-v-chuvashskoy-respublike-pozvolyaet.

Authors:

Tolstova Maria Leonidovna – Ph.D. of Economic sciences, Head of Financial law Department, e-mail: maryaleon@yandex.ru

Kornilova Aleksandra Evgenevna – senior lecturer of Civil law disciplines Department, e-mail: kornilova_aleksandra@bk.ru

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-135-143
УДК 332.14

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ИННОВАЦИОННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ РЕГИОНА

Т. Н. Тополева

Реферат. Инновационная парадигма определяет экосистемный подход в качестве одного из фронтирных направлений теории и практики развития сложных социально-экономических систем. Характерной чертой современного этапа является лидирующая роль российского финансового сектора в создании экосистем. При этом для достижения технологического суверенитета и наращивания конкурентных преимуществ актуально внедрение экосистемного подхода в реальном секторе экономики с участием акторов, относящихся к отраслям материального производства (промышленность и АПК). Усиливается значение инновационных экосистем регионального уровня, т.к. территории, обладающие значительным научно-технологическим, производственным, интеллектуальным потенциалом, становятся локомотивами текущих и будущих преобразований. Инновационная производственная экосистема региона (ИПЭР) является современным форматом взаимодействия акторов, позволяющим реализовать синергию партнерств государства, бизнеса, науки и реального сектора экономики на основе сетевых взаимодействий, что особенно важно в повестке устойчивого инновационно-ориентированного роста. Особенностью ИПЭР в сфере аграрного производства (и АПК в целом) является более высокий уровень их системной сложности, что обусловлено значительным спектром факторного влияния, включающим не только комплексное ресурсное обеспечение, но и природно-климатические условия. Цифровая трансформация определена одной из ключевых национальных целей развития до 2030 года, количество проектов в данной сфере увеличилось в России за последние пять лет на 27%, потенциал роста сохраняется. Уровень достижения цифровой зрелости по итогам 2023 года составил 74,7% при планируемом показателе 64,2%. Представленный алгоритм цифрового перехода ИПЭР предполагает поэтапное стратегирование процесса с определением целевых ориентиров, оценкой рисков и возможных реалистичных сценариев. Взаимодействие акторов на основе совместного использования ресурсов, согласование интересов в рамках ИПЭР с перспективой платформизации направлено как на достижение их индивидуальных целей, так и на повышение устойчивости всей экосистемы, с проекцией на региональное развитие и укрепление позиций на национальном и международном уровнях.

Ключевые слова: инновационная производственная экосистема региона, цифровая трансформация, платформизация, инновации, инновационный актор, развитие региона.

Введение. Современный этап трансформации международных отношений, характеризующийся геополитической фрагментацией и экономической нестабильностью, с одной стороны, создает существенные риски для российской экономики, а с другой – открывает новые возможности и перспективы реализации инновационной парадигмы. Новая стратегия научно-технологического развития России позиционирует в качестве одной из ключевых задач необходимость формирования эффективной системы взаимодействия науки, технологий и производства, а также создание условий для развития наукоемкого предпринимательства в интересах достижения технологического суверенитета и инновационно-ориентированного экономического роста. Цифровая трансформация российской экономики соответствует мейнстриму мирового экономического развития. Активное внедрение сквозных цифровых технологий, ресурсов и сервисов способствует реорганизации бизнес-процессов, значительно улучшая их количественные и качественные характеристики [1]. В контексте сотрудничества инновационных акторов в последние два десятилетия значимую концептуальную и прикладную проработку в отечественном и зарубежном сегментах получил экосистемный подход.

Истоки термина «экосистема» восходят к единству функционирования живых организмов и средовых аспектов их обитания [2]. Перенос экосистемного формата из области естественных наук в экономические исследования относится к началу 90-х годов прошлого столетия. Дж. Ф Мур ввел в оборот понятие предпринимательская экосистема – инициированное компанией-лидером сообщество субъектов, созидающих и получающих новое содержание на основе динамичного конкурентного взаимодействия [3]. Концепция инновационных экосистем сформировалась в результате развития авторских подходов, детерминирующих инновации, как основную движущую силу роста конкурентоспособности.

Теоретико-методологический базис концепции инновационных экосистем детально проработан в зарубежных исследованиях Р.У. Айреса, Р. Аднера, Ч. Весснера, Е.Г. Караяниса, М. Рассела, Л. Динга, М. Холгесона и др. Российский вклад представлен работами Г.Б. Клейнера, А.Ю. Яковлевой, О.В. Дударевой, Л.А. Раменской и др. Развитие экосистем на цифровых платформах рассматривали С. Киборра, М. Дж. Якобидес, А Гавер, А.М. Макаров, Е.В. Васильева, А.В. Золкин и др.

Г.Б. Клейнер предложил рассматривать экосистемы с точки зрения их организационно-структурной, бизнеспроцессной, инфраструктурной и инновационной составляющих [4].

Дискурс формирования экосистем на различных пространственных уровнях (мировом, национальном, региональном, локальном) и их типизация способствовали выделению соответствующих концептуальных направлений. В частности, положения концепции региональной инновационной системы (РИС) Ф. Кука во многом явились отправной точкой для развития исследовательского экосистемного вектора в региональной экономике [5]. Особенности развития региональных инновационных экосистем представлены в работах Б. Меркана, Дж. Занга, Я. Ли, Н.В. Смородинской, В.В. Акбердиной, Е.В. Янченко, А.И. Сутыгина и др.

Так, Б. Меркан и Д. Гоктач рассматривают инновационную экосистему как «сообщество экономических агентов, их отношений и неэкономических составляющих (технологии, институты, социум), а также как гибридную модель различных систем и сетей. Функционал экосистемы может формироваться на основе уже существующих организационных форм взаимодействия (кластерные системы), но при этом существенно расширять ее» [6]. Н.А. Маслюк и Н.В. Медведева отмечают, что «инновационная экосистема, как сложноорганизованный организм гораздо шире, чем просто динамичная совокупность организаций и институтов, поскольку она дополнена многомерностью их внутренних связей» [7].

В исследовании Е.В. Янченко региональная инновационная экосистема определена как «сеть предприятий, организаций, отдельных субъектов, объединенных для содействия инновационным процессам и стимулирования экономического роста в определенной географической области» [8].

В условиях запроса на обеспечение технологического суверенитета России стратегическая ставка государства сделана на технологическую модернизацию и инновационное развитие отраслей реального сектора экономики, преодоление его многолетней разомкнутости с наукой. В этой связи значительно усиливается роль российских регионов с высоким уровнем производственного, научно-технологического и кадрового потенциалов [9, 10]. Активизируются научные исследования в области эффективных организационных форм взаимодействия участников инновационных процессов и перехода линейных компаний в цифровое пространство [11, 12, 13]. В.В. Акбердина с коллегами отмечают, что «сохраняющаяся неоднородность цифровизации российских регионов обусловлена действием множества факторов, связанных с общим уровнем социально-экономического развития территорий» [14].

В целях дополнения теории и методологии экосистемного подхода на региональном уровне, автор вводит понятие инновационной производственной экосистемы региона (ИПЭР) и рассматривает ее как совокупность локализованных генераторов и репликаторов инновационной деятельности в отраслях материального производства, относящихся к ядру реального сектора экономики, а также секторальных институтов (в совокупности – акторы ИПЭР), взаимодействующих в процессе трансформации знаний в новые материалы, продукты, технологические процессы на основе динамизма и саморазвития, обеспечивающих условия для распространения инноваций. К ядру реального сектора относятся, главным образом, промышленность и АПК. В пространственном контексте ИПЭР следует рассматривать как часть региональной инновационной экосистемы.

Актуальность исследования определяется, с одной стороны, трендами экосистемной трансформации корпоративных, региональных и национальных систем, с другой – возрастающим значением цифровых технологий и платформенных решений в обеспечении инновационно-ориентированного экономического роста.

Целью исследования является моделирование цифровой платформы ИПЭР, формирующей единое цифровое пространство взаимодействия инновационных акторов. Платформизация ИПЭР выступает логическим этапом цифровой трансформации на региональном уровне и воплощением технической инновационной инфраструктуры экосистемы. Результативный переход экосистемы в цифровой статус позволит инновационным акторам переформатировать традиционные бизнес-модели и в полной мере использовать возможности цифровой экономики, масштабируя положительные эффекты.

Условия, материалы и методы. Исследование проведено на основе контент-анализа отечественных и зарубежных научных исследований по проблематике экосистемного развития в экономике, формирования инновационных и платформенных экосистем различных уровней. Это позволило выработать авторское представление об основных нарративах и трендах инновационной направленности экосистем, акцентировать внимание на инновационных акторах, относящихся к отраслям реального сектора региональной экономики, особенно на их взаимодействии с другими (в т.ч. институциональными акторами) в организационном формате ИПЭР. С применением метода декомпозиции разработан алгоритм перехода ИПЭР в статус цифровой экосистемы. Метод концептуального моделирования позволил сформировать модель ИПЭР с детализацией разнонаправленных преимуществ инновационных акторов, а также сервисного, инструментального и технического наполнения экосистемы. В процессе исследования использованы общенаучные методы: монографический, аналитический, логический, описание, интерпретация, метод графического представления.

Результаты и обсуждение. Ключевой целью ИПЭР является обеспечение синергии

взаимовыгодных партнерств региональных инновационных акторов на основе сетевых взаимодействий, в результате которых обеспечивается устойчивость развития экосистемы и удовлетворение общественных запросов в сфере инноваций.

Конфигурация ИПЭР представлена акторами, которые разделены по 6-ти секторальным группам: производственный сектор; предпринимательский сектор; государственный сектор; научно-исследовательский и образовательный сектор, сектор инновационной инфраструктуры, общественный сектор.

Центральное место в структуре ИПЭР занимает лидирующий актор – оркестратор экосистемы, координирующий системные процессы на внутреннем и внешнем контурах. В качестве оркестратора ИПЭР может выступать системообразующее региональное предприятие, подразделение холдинга, высокотехнологичная компания, научно-исследовательский центр. Государство также может быть оркестратором ИПЭР в лице организационной структуры регионального уровня (министерства, ведомства, агентства по инновационному развитию).

При прочих равных условиях акторы ИПЭР должны осознавать и проникаться своей причастностью к экосистеме, дифференцировать свой ролевой статус в ней. В данном контексте индивидуальные стратегии акторов выстраиваются в русле общего целеполагания, т.к. должны предусматривать последствия управленческих, организационных, политических и иных решений для развития всей экосистемы. Вхождение акторов в ИПЭР способствует ее ресурсному наполнению и включает привлечение всех видов ресурсов: финансовых, технологических, кадровых, интеллектуальных и др. Инновационная специфика экосистемы предполагает соответствующий уровень компетенций у персонала, привлекаемого к реализации проектов. Включаясь в сетевое взаимодействие, отдельные акторы приобретают конкурентные преимущества, т.к. перекрывают недостающие компетенции и ресурсы за счет синергии экосистемы.

Оркестратор экосистемы, как правило, возлагает на себя определенный управленческий функционал в части стратегирования, планирования проектных взаимодействий, регуляции связей с внешней средой экосистемы, ее платформизации. Поскольку в экосистеме саморегуляция преобладает над иерархией управления, то административный контекст смещается в сферу оркестрации – комплекса целенаправленных действий по обеспечению экосистемной стабильности, соблюдения акторами ИПЭР общих правил [15]. Оптимальная структура экосистемы формируется постепенно в соответствии с принципом эволюционного развития, она не может быть раз и навсегда заданной [16, 17].

Для каждой отраслевой ИПЭР характерна специфика, обусловленная особенностями цепочек формирования стоимости. Можно утверждать, что ИПЭР в сфере аграрного производства (и АПК в целом) обладают более высоким уровнем системной сложности относительно других отраслевых экосистем. Так, в работе А.И. Сутыгиной отмечено, что в аграрном производстве воедино связаны земельные, трудовые, материально-технические и технологические ресурсы. Кроме того, на результаты производства существенное влияние оказывают погодные условия и природно-климатические факторы. В процессе деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей формируются отдельные агробиоценозы, которые служат основой успешного функционирования агропроизводственных экосистем [18]. Оркестратором ИПЭР могут выступать как предприятия перерабатывающей промышленности, так и региональные министерства и ведомства.

Важнейшими свойствами экосистемы являются синергия и коэволюция акторов. В сфере аграрного производства, если оркестратором позиционируется перерабатывающее предприятие, возможно несовпадение целеполагания акторов экосистемы. Это выливается в определенные экономические противоречия. Зачастую оркестратор экосистемы, используя свое монопольное положение, в вопросах ценообразования ставит собственные интересы превыше интересов сельскохозяйственных товаропроизводителей. В качестве примера можно привести ситуацию в молочном комплексе с низкими закупочными ценами на сырое молоко и высокими отпускными ценами на продукты его переработки. Здесь проявляется экосистемное свойство взаимозависимости акторов. В интересах обеспечения экосистемной стабильности, сохранения действующих и привлечения новых акторов, оркестратор может использовать инструментарий поддержки, например, кредитование сельскохозяйственных товаропроизводителей на выполнение комплекса весенне-полевых работ в счет будущих поставок сырья.

В рамках ИПЭР акторы находятся в динамическом состоянии ресурсного, социального, технологического, инфраструктурного взаимодействия, выстраивая коллаборационные партнерства. Портфель отраслевых проектов ИПЭР выступает важнейшей составляющей ее функционирования, поскольку эффективность реализации проектов отождествляется с эффективностью всей экосистемы. Результатом взаимодействий акторов ИПЭР являются не только инновационные продукты (технологии), получившие импульс для коммерциализации и сумевшие занять рыночные ниши, но и ряд эффектов, имеющих региональное значение: экономический, социальный, научно-технический, экологический, политический. Соответственно, в зависимости от уровня технологичности, отраслевой принадлежности и востребованности инноваций, данные эффекты могут быть спроецированы как

на национальный, так и на международный уровень.

Основное намерение инновационных акторов региона при проектировании перехода ИПЭР в статус цифровой экосистемы связано с усилением ее конкурентных преимуществ, поскольку в результате платформизации:

- ускоряются и оптимизируются коммуникации акторов;
- повышаются результативность и эффективность процессов;
- формируются долгосрочные конкурентные преимущества акторов и экосистемы в целом;
- повышается устойчивость экосистемы, что оказывает положительное влияние на реализацию региональной стратегии устойчивого развития.

Проект платформизации ИПЭР должен характеризоваться целесообразностью и нести экономическую выгоду акторам. В настоящее время сформировался достаточно большой пул исследований (в т. ч. проведенных авторитетными аналитиками McKinsey&Company, Bureau of Economic Analyssis, Accenture, НИУ Высшей школы экономики, Konica Minolta Business Solutions Russia), свидетельствующих, что использование цифровых технологий и платформизация оказывают положительное влияние на динамику показателей хозяйственной деятельности предприятий. Инвестиции в цифровые решения окупаются сравнительно быстро, а лидеры цифровизации наращивают доходы значительно более высокими темпами относительно других компаний. Так, по данным исследования Accenture, были опрошены 1100 отраслевых лидеров в 11 странах мира и 13 отраслях. Экономический эффект рассчитывался на основе финансовой отчетности более 800 предприятий. Результаты показали, что даже на фоне сохраняющейся экономической нестабильности компании с более высоким уровнем цифровой зрелости были на 7,6% эффективнее в части операционных расходов, а их прибыль была выше в среднем в 2,8 раза. Инновационный спектр технологий опосредован Индустрией 4.0: облачные технологии и приложения, искусственный интеллект, масштабируемая автоматизация, умные данные и др. [19].

Институт статистических исследований и экономики НИУ Высшая школа экономики в конце 2022 года оценил влияние платформизации на бизнес-процессы российских предприятий. Выборка составила 350 предприятий-пользователей цифровых платформ. Исследование показало высокий уровень востребованности и значимости цифровых платформ и экосистем: 78% обследованных предприятий используют платформенные и экосистемные решения, 80% посредством платформизации взаимодействуют с партнерами, поставщиками и органами власти, 10% применяют платформы для проектной коллаборации, 57% создают собственные цифровые платформы. Кроме того, 49% предприятий снизили организационные издержки, 44% повысили доходность в результате платформизации [20].

Следует отметить, что цифровой переход влечет за собой определенные риски, связанные с инвестиционными возможностями оркестратора, т.к. цифровизация процессов предполагает существенные финансовые вложения. Проект платформизации ИПЭР может быть реализован как за счет бюджетного финансирования, так и за счет средств предпринимательского сектора, либо в формате государственно-частного партнерства. Поскольку государство ориентировано на использование отечественных цифровых решений и программного обеспечения (в т.ч. из-за проблем с ПО, не поддерживаемого зарубежными вендорами из-за санкционного режима), предприятиям предоставляется возможность льготного кредитования по ставкам 1-3% (до 5 млрд. на одиночные проекты и до 10 млрд. на комплексные проекты цифровизации). Кроме того, риски несет тот факт, что отечественные цифровые решения в настоящее время не всегда и не в полной мере способны обеспечить ожидаемый уровень технологичности и надежности [21]. Поэтому подготовка проекта и его реализация должны быть тщательно проработаны с учетом специфики экосистемных процессов, предотвращения несанкционированного доступа, утечек баз данных и т.п. Безусловно важным является готовность акторов экосистемы к осуществлению деятельности по управлению цифровыми активами [22].

Изначально уровень цифровизации акторов ИПЭР может быть достаточно дифференцирован, что предполагает определенные шаги оркестратора и соответствующих акторов экосистемы по преодолению цифрового неравенства. Отставание от ожидаемого общего уровня цифровизации может стать ограничительным фактором для развития и устойчивости ИПЭР. Мотивированность и компетентность персонала предприятий и организаций для работы с цифровыми технологиями, последовательное формирование цифрового поведения также во многом определяет успех развития ИПЭР.

Учитывая специфику ИПЭР, ее цифровую платформу можно идентифицировать как гибридную, т.к. в ее основу будут составлять инструментальные компоненты – программные комплексы для обработки информации с использованием сквозных технологий, инфраструктурные – на платформу будут выведены различные сервисы, а также прикладные – платформа как площадка обмена ценностями (ресурсами) акторов.

Этапы цифровой трансформации ИПЭР (переход в статус цифровой экосистемы) представлены на рис. 1.



Рис. 1 – Алгоритм перехода инновационной производственной экосистемы региона на цифровую платформу

Успех платформизации требует комплексного подхода, включая планирование, обеспечение инфраструктуры, развитие компетенций пользователей и обеспечение кибербезопасности.

Цифровая платформа ИПЭР может быть сегментирована в зависимости от функционала интегрированных цифровых сервисов (субпорталов). Концептуальная модель цифровой платформы ИПЭР представлена на рис 2.

Основные платформенные сервисы:

Информационный сервис. Для акторов ИПЭР данный сервис используется как информационная система с разнонаправленными потоками (знаний, информации, баз данных). Организационные структуры государственного сектора в интересах стимулирования инновационной деятельности размещают на платформе информацию о действующих программах поддержки инноваторов, работе государственных акселераторов, региональных грантах и т.п. Промышленные парки, технопарки, управляющие компании ОЭЗ и ТОСЭР, как акторы инфраструктурного сектора ИПЭР, предоставляют сведения о возможностях преференциальных режимов для потенциальных резидентов. Производственный и предпринимательский сектора используют сервис для корпоративного продвижения, презентуют инновационные проекты различных стадий готовности. Научно-образовательный сектор информирует о текущих и планируемых НИОКР, результатах интеллектуальной деятельности (РИД), актуальных образовательных программах и интенсивах в области инноватики и технологического развития. Общественный сектор размещает результаты публичных обсуждений и экспертизу проектов.

Инвестиционный сервис. На площадке сервиса может размещаться реестр действующих партнерских договоров, а также инвесторов, специализированных фондов поддержки инновационной деятельности. Кроме того, могут быть презентованы уже реализованные проекты экосистемы, истории успеха инвесторов, стартапов. Сервисная платформа предоставляет возможность взаимодействия инвесторов и интересантов инновационных проектов по каналам крауд-технологий (краудлендинга, краудинвестинга), что особенно актуально для малого и среднего инновационного бизнеса.

Сервис поддержки инновационного предпринимательства – это информационная платформенная система, на которой сгруппированы меры информационной и консалтинговой поддержки бизнеса по основным организационным, нормативно-правовым, налоговым и др. аспектам деятельности. Агрегаторы подобного рода используют популярный формат «одного окна».

Образовательный сервис. Включает информационный контент по программам бизнес-образования и проектного продвижения. Сервис также может предоставлять возможности

обучения с использованием дистанционных информационно-коммуникационных технологий. Организаторами дистанционного обучения могут быть акторы партнерской сети ИПЭР, относящиеся к научно-образовательному сектору.

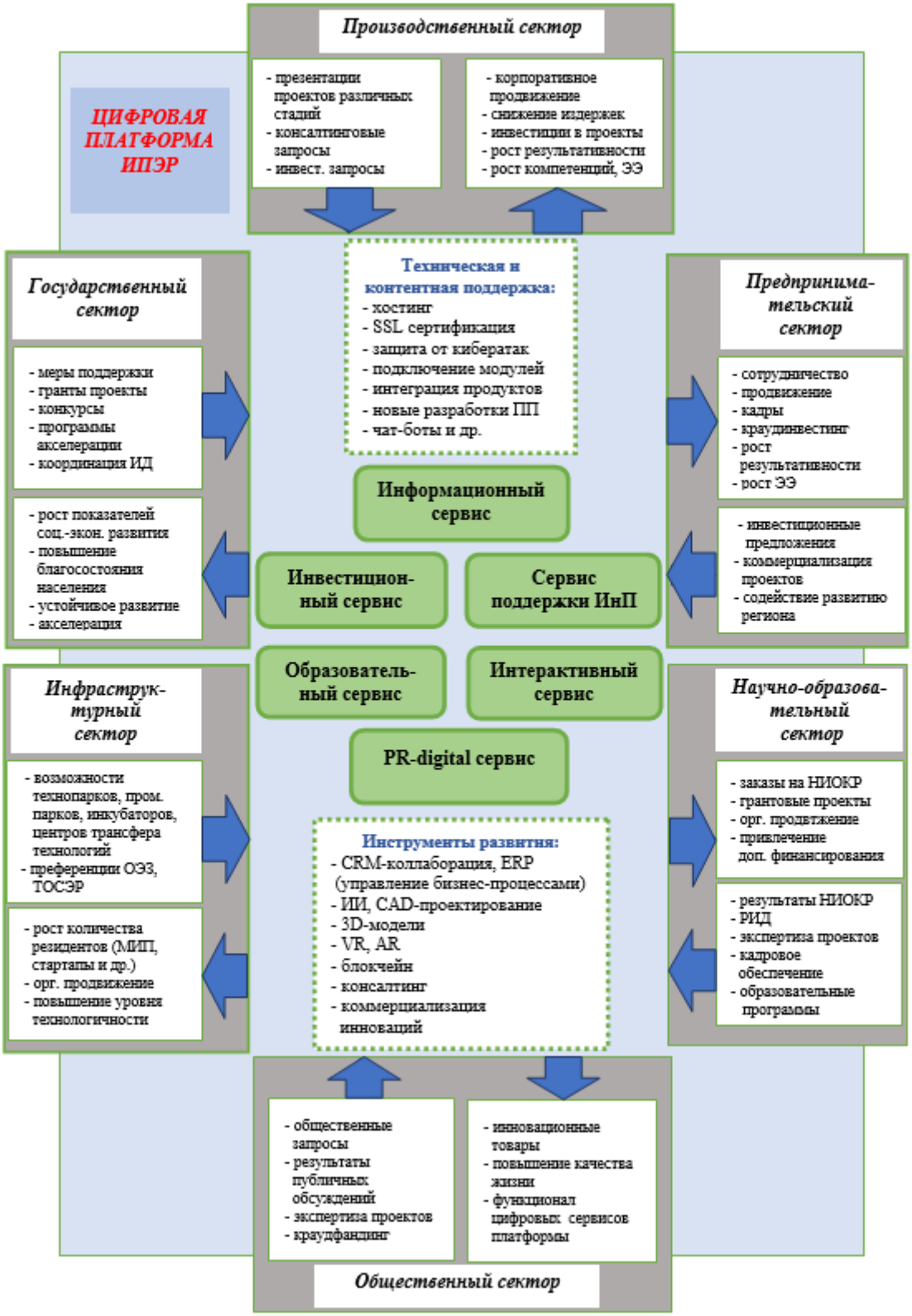


Рис. 2 – Концептуальная модель цифровой платформы инновационной производственной экосистемы региона

Интерактивный сервис. Посредством данной информационной системы обеспечивается онлайн-взаимодействие акторов ИПЭР. Информационный обмен в рамках проектной и

иной деятельности, управление инновационными процессами осуществляется в режиме реального времени. Видео и фото-контент, стримы, текстовые и голосовые сообщения, комментарии проходят профессиональную модерацию в интересах обеспечения законности информации и безопасности пользователей, а также поддержания имиджа и идеологии платформы.

Digital PR-сервис. Обеспечивает реализацию маркетинговой онлайн-стратегии для роста присутствия заинтересованных акторов ИПЭР в сети Интернет. Получение высоких позиций в поисковой выдаче способствует более высокому охвату целевой аудитории, дает возможность заявить о проектах в авторитетных источниках, привлечь новых инвесторов и партнеров.

Таким образом, в совокупности обозначенные сервисы, как отдельные платформы с различным функционалом, формируют многоуровневую модульную структуру – цифровую экосистему, способную объединять значительное число пользователей. Платформизация обеспечивает конструкт технологической площадки прямого взаимодействия акторов без посредничества и излишних транзакций. Уровень открытости цифровой ИПЭР определяется ее акторами. Открытые цифровые экосистемы, как правило, реализуют политику открытых инноваций и являются более конкурентоспособными за счет большего количества сетевых эффектов. В то же время, повышается их уязвимость в цифровом пространстве. Большинство отраслевых игроков реального сектора экономики России в ситуации текущего геополитического кризиса будут использовать закрытый, либо ограниченный формат взаимодействий с внешней средой и усилят внимание к кибербезопасности экосистем.

Развитие ИПЭР, как цифровой экосистемы, будет происходить за счет расширения сервисного наполнения и технологического усиления: CRM-коллаборации (управление коммуникациями, документооборотом и проектным контентом, автоматизация процессов) с перспективой полного перехода на российское ПО, комплексного управления бизнес-процессами (ERP), автоматизированного проектирования (CAD), а также искусственного интеллекта, виртуальной и дополненной реальности (VR, AR), 3-d моделирования, блокчейн и др. Цифровой статус экосистемы позволит акторам использовать платформу для ускорения процессов прохождения стадий инновационного цикла, повышать возможности коммерциализации инноваций.

Специфика цифрового перехода ИПЭР в сфере аграрного производства тесно связана с проактивной позицией Минсельхоза РФ, являющегося правообладателем федеральных информационных систем и цифровых платформ АПК и рыбохозяйственного комплекса. В последние годы запущены в эксплуатацию федеральные государственные информационные системы (ФГИС): «Зерно» (оборот зерна и продуктов его переработки), «Меркурий» (сертификация, отслеживание, государственный ветеринарный надзор грузов), Учета и регистрации тракторов, самоходных машин и прицепов к ним, «Аргус Фито» (автоматизация оформления и учет в сфере фитосанитарного надзора) и др. С 2018 года действует Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН). Холдинговая структура «Росэлектроника» госкорпорации «Ростех» разработала цифровую платформу для точного земледелия «Ваш урожай». На основе цифровых решений формируются карты-задания для сельскохозяйственной техники, осуществляется планирование посевных работ и посевных площадей, производится расчет использования удобрений. Таким образом, данная цифровая платформа представляет собой интеллектуальный масштабируемый инструмент управления аграрным производством на основе отечественного ПО. Ее внедрение направлено на увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, сокращение простоев техники, расходов на семена и удобрения.

С 2019 года реализуется ведомственный проект Минсельхоза РФ «Цифровое сельское хозяйство», направленный на ускоренное внедрение цифровых решений, искусственного интеллекта, интернета вещей, интеграцию, алгоритмизацию данных и платформизацию. Предполагается, что акторы региональных ИПЭР в сфере аграрного производства, используя преимущества платформизации, значительно повысят уровень и качество взаимодействия с федеральным уровнем управляющей системы, смогут оперативно проводить анализ и определять потребности национального рынка в продукции АПК, моделировать формирование ресурсов продовольствия, прогнозировать объемы экспортных потоков, ускорять инновационные циклы от идеи до потребления, усиливая тем самым как собственные конкурентные преимущества, так и устойчивость экосистемы и региона в целом.

Важным аспектом для достижения цифровой зрелости является формирование цифровых компетенций акторов ИПЭР. Проблема усугубляется недостатком финансовых ресурсов у сельскохозяйственных товаропроизводителей на приобретение цифровых технологий, особенно у фермерских хозяйств и индивидуальных предпринимателей. Сохраняется дефицит отечественных разработок сквозной цифровизации отраслей сельского хозяйства.

Перспективы развития ИПЭР в Российской Федерации безусловно связаны с регионами-лидерами, в которых в настоящее время формируются наиболее эффективные инновационные экосистемы: Республика Татарстан, Московская, Нижегородская, Самарская, Свердловская области, Республика Башкортостан, Краснодарский край.

Выводы. Представленная модель цифровой платформы ИПЭР позволяет инновационным акторам использовать полный спектр возможностей и преимуществ цифровой экономики, обеспечивать высокую скорость и надежность коммуникаций, повышать проектную и бизнес-процессную эффективность. На основе внедрения платформенной инфраструктуры и новых технологий в рамках ИПЭР могут формироваться новые механизмы создания ценностей (инноваций), при этом роль географических, трансграничных, временных, управленческих и иных барьеров нивелируется самой сутью экосистемы, как саморегулирующегося и саморазвивающегося объекта экономики в цифровом пространстве.

Переход ИПЭР в статус цифровой экосистемы вместе с комплексом эффектов (повышение конкурентоспособности, ускорение экономического роста, имиджевый статус инновационных территорий и др.) позволит управляющим системам регионов своевременно корректировать меры и инструментарий инновационной политики, повышать эффективность управления инновационными процессами в интересах регионального развития.

Для процессов цифровизации и платформизации ИПЭР в сфере аграрного производства на современном этапе необходима государственная поддержка, вовлеченность институциональных акторов в проблематику сельскохозяйственных товаропроизводителей в контексте цифровизации (кадровое обеспечение, цифровые компетенции, разработка отечественного ПО, учитывающего факторы сезонности производства, влияния погодных условий и др.). Цифровое «отставание» акторов ИПЭР может привести не только к утрате конкурентных преимуществ, но и к усилению региональной пространственной поляризации.

Более детальные особенности формирования ИПЭР в российских регионах, а также в отдельных отраслях и комплексах являются предметом будущих исследований автора.

Сведения об источнике финансирования. Исследование выполнено в рамках выполнения государственного задания Института экономики Уральского отделения РАН «Методология формирования и развития инновационных производственных экосистем регионов в условиях цифровой трансформации экономики», НИОКТР № 0327-2024-0022 при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

Литература

1. Аврамчикова Н.Т., Рукосуев А.О. Цифровая трансформация экономики на региональном уровне: стратегия и специфика // E-Management. 2022. Т. 5. № 4. С. 64-71. doi:10.26425/2658-3445-2022-5-4-64-71.

2. Danilov-Danilyan V.I., Klyuev N.N., Kotlyakov V.M. Russia in the global natural and ecological space // Regional Research of Russia. 2023. Vol. 13. No. 1. P. 34-57. doi:10.1134/S2079970522700472.

3. Moor J. Predators and prey: A new ecology of competition // Harvard Business Review. 1993. Vol.71.No.3.P.75-86.

4. Клейнер Г.Б. Экономика экосистем: шаг в будущее // Экономическое возрождение России. 2019. № 1(59). С. 40-45.

5. Cooke P., Gomez Uranga M., Etxebarria G. Regional innovation systems: institutional and organizational dimensions // Research Policy. 1997. Vol. 26, No. 4-5. P. 475-491.

6. Mercan B., Goktas D. Components of innovation ecosystems: a cross-country study: international research // Journal of Finance and Economics. 2011. Vol. 76. No. 16. P. 102-112.

7. Маслюк Н.А., Медведева Н.В. Инновационная экосистема: региональный аспект // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10. № 4. С. 1893-1910. doi: 10.18334/vinec.10.4.111175.

8. Янченко Е.В. Региональная инновационная экосистема: оценка эффективности функционирования в условиях цифровизации // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13. № 2. С. 881-900. doi: 10.18334/vinec.13.2.117913.

9. Овчинникова А.В., Зимин С.Д. Развитие предприятий оборонно-промышленного комплекса на основе экосистемного подхода // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. 2022. Т. 32. № 2. С. 261-272. doi:10.35634/2412-9593-2022-32-2-261-272.

10. Данейкин Ю.В. Региональная экосистема технологического предпринимательства: модель и методика оценки результативности (на примере Новгородской области) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. 2023. Т. 22. №3. С. 337-365. http://doi.org/10.21638/11701/spbu08.2023.304.

11. Батов Г.Х. Цифровизация как детерминант преобразования реального сектора экономики макрорегиона (на примере Северо-Кавказского федерального округа) // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2024. Т. 15. № 1. С. 27-42. doi:10.18184/2079-4665.2024.15.1.27-42.

12. Миронов В.В., Кузнецов А.О. Цифровизация как детерминанта выбора экономической политики: российские реалии и мировой опыт // Вопросы экономики. 2024. № 4. С. 38-69. doi:10.32609/0042-8736-2024-4-38-69.

13. Никонец О.Е., Дмитриев С.Г. Развитие бизнес-экосистемы через дизайн-ориентированную стратегию // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2023. Т. 58. № 6. С. 97-108. doi:10.55959/MSU0130-0105-6-58-6-6.

14. Акбердина В. В., Наумов И. В., Красных С.С. Цифровое пространство регионов Российской Федерации: оценка факторов развития и взаимного влияния на социально-экономический рост // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22. № 2. С. 294-322. doi:10.15826/vestnik.2023.22.2.013.

15. Дударева, О.В. Управление устойчивым развитием промышленных экосистем в условиях технологических трансформаций / О.В. Дударева. Курск: «Университетская книга». 2023. 401 с.

16. Голова И.М. Экосистемный подход к управлению инновационными процессами в российских регионах // Экономика региона. 2021. Т. 17. № 4. С. 1346–1360. doi:10.17059/экономика.рег.2021-4

17. Раменская, Л.А. Применение концепции экосистем в экономико-управленческих исследованиях // Управленец. 2020. Т. 11. №4. С. 16-28. doi:10.29141/2218-5003-2020-11-4-2.

18. Сутыгина А.И. Агропроизводственные экосистемы и их особенности // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 7. С. 32-38. doi:10.32651/247-32

19. Accenture назвала самые цифровые компании мира. URL: https://frankmedia.ru/36128?ysclid=m416hk17cy759930815 (дата обращения 14.05.2024).

20. Исследование рынка цифровых экосистем и платформ по заказу ПАО «Ростелеком», проведенное Институтом статистических исследований и экономики НИУ ВШЭ. 2022. URL: https://issek.hse.ru/news/820948356.html (дата обращения 13.05.2024)

21. Дегтярев П.А. Особенности формирования цифровой экосистемы промышленных предприятий в целях обеспечения их устойчивого развития // Journal of Economic Regulation. 2023. Т. 14. №. 3. С. 32-42. doi: 10.17835/2078-

5429.2023.14.3.032-042.

22. Коковихин А.Ю., Плахин А.Е., Огородников Е.С. Факторы интенсивности использования цифровых платформ населением Российской Федерации // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22. № 4. С. 1087-1112. doi: 10.15826/vestnik.2023.22.4.042.

Сведения об авторах:

Тополева Татьяна Николаевна - кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, e-mail: tn-topoleva@mail.ru
Удмуртский филиал Института экономики Уральского отделения РАН, г. Ижевск, Россия

MODELING OF A DIGITAL PLATFORM OF AN INNOVATIVE PRODUCTION ECOSYSTEM OF THE REGION

T. N. Topoleva

Abstract. The innovation paradigm defines the ecosystem approach as one of the frontier directions in the theory and practice of the development of complex social and economic systems. A characteristic feature of the current stage is the leading role of the Russian financial sector in the creation of ecosystems. At the same time, in order to achieve technological sovereignty and increase competitive advantages, it is important to introduce an ecosystem approach in the real sector of the economy with the participation of actors belonging to sectors of material production industries (industry and agro-industrial complex). The importance of regional-level innovation ecosystems is increasing, because territories with significant scientific, technological, production, and intellectual potential are becoming the locomotives of current and future transformations. The regional innovative production ecosystem (IPER) is a modern format for interaction between actors that allows for the synergy of partnerships between the state, business, science and the real sector of the economy based on network interactions, which is especially important in the agenda of sustainable innovation-oriented growth. A feature of the IPER in the sphere of agricultural production (and the agro-industrial complex as a whole) is a higher level of systemic complexity, which is due to a significant range of factor influence, including not only complex resource provision, but also natural and climatic conditions. Digital transformation is defined as one of the key national development goals until 2030, the number of projects in this area has increased in Russia by 27% over the past five years, and growth potential remains. The level of achievement of digital maturity at the end of 2023 was 74.7% against the planned indicator of 64.2%. The presented algorithm for the digital transition of IPER involves a step-by-step strategizing of the process with the identification of targets, risk assessment and possible realistic scenarios. The interaction of actors based on the joint of resources, the coordination of interests within the framework of IPER with the prospect of platformization is aimed both at achieving their individual goals and at increasing the sustainability of the entire ecosystem, with a projection on regional development and strengthening positions at the national and international levels.

Key words: innovative production ecosystem of the region, digital transformation, platformization, innovation, innovative actor, regional development.

References

1. Avramchikova NT, Rukosuev AO. [Digital transformation of the economy at the regional level: strategy and specifics]. E-Management. 2022; Vol.5. 4. 64-71 p. doi:10.26425/2658-3445-2022-5-4-64-71.

2. Danilov-Danilyan VI, Klyuev NN, Kotlyakov VM. Russia in the global natural and ecological space. Regional Research of Russia. 2023; Vol.13. 1. 34-57 p. doi:10.1134/S2079970522700472.

3. Moor J. Predators and prey: A new ecology of competition. Harvard Business Review. 1993; Vol.71. 3. 75-86 p.

4. Kleyner GB. [Ecosystem economics: a step into the future]. Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii. 2019; 1(59). 40-45 p.

5. Cooke P, Gomez Uranga M, Etxebarria G. Regional innovation systems: institutional and organizational dimensions. Research Policy. 1997; Vol.26. 4-5. 475-491 p.

6. Mercan B, Goktas D. Components of innovation ecosystems: a cross-country study: international research. Journal of Finance and Economics. 2011; Vol.76. 16. 102-112 p.

7. Maslyuk NA, Medvedeva NV. [Innovation ecosystem: regional aspect]. Voprosy innovatsionnoy ekonomiki. 2020; Vol.10. 4. 1893-1910 p. doi: 10.18334/vinec.10.4.111175.

8. Yanchenko EV. [Regional innovation ecosystem: assessing the effectiveness of functioning in the context of digitalization]. Voprosy innovatsionnoy ekonomiki. 2023; Vol.13. 2. 881-900 p. doi: 10.18334/vinec.13.2.117913.

9. Ovchinnikova AV, Zimin SD. [Development of enterprises of the military-industrial complex based on an ecosystem approach]. Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Ekonomika i Pravo. 2022; Vol.32. 2. 261-272 p. doi:10.35634/2412-9593-2022-32-2-261-272.

10. Daneykin YuV. [Regional ecosystem of technological entrepreneurship: model and methodology for assessing performance (using the example of Novgorod region)]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Menedzhment. 2023; Vol. 22. 3. 337-365 p. http://doi.org/10.21638/11701/spbu08.2023.304.

11. Batov GKh. [Digitalization as a determinant of transformation of the real sector of the economy of a macroregion (using the example of the North Caucasus Federal District)]. MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitie). 2024; Vol.15. 1. 27-42 p. doi:10.18184/2079-4665.2024.15.1.27-42.

12. Mironov VV, Kuznetsov AO. [Digitalization as a determinant of economic policy choice: Russian realities and global experience]. Voprosy ekonomiki. 2024; 4. 38-69 p. doi:10.32609/0042-8736-2024-4-38-69.

13. Nikonets OE, Dmitriev SG. [Development of a business ecosystem through a design-oriented strategy]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika. 2023; Vol. 58. 6. 97-108 p. doi:10.55959/MSU0130-0105-6-58-6-6.

14. Akberdina VV, Naumov IV, Krasnykh SS. [Digital space of the regions of the Russian Federation: assessment of development factors and mutual influence on social and economic growth]. Journal of Applied Economic Research. 2023; Vol.22. 2. 294-322 p. doi:10.15826/vestnik.2023.22.2.013.

15. Dudareva OV. Upravlenie ustoychivym razvitiem promyshlennykh ekosistem v usloviyakh tekhnologicheskikh transformatsiy. [Managing the sustainable development of industrial ecosystems in the context of technological transformations]. Kursk: “Universitetskaya kniga”. 2023; 401 p.

16. Golova IM. [Ecosystem approach to managing innovation processes in Russian regions]. Ekonomika regiona. 2021; Vol.17. 4. 1346-1360 p. doi:10.17059/ekonomika.reg.2021-4

17. Ramenskaya LA. [Application of the ecosystem concept in economic and management research]. Upravlenets. 2020; Vol.11. 4. 16-28 p. doi:10.29141/2218-5003-2020-11-4-2.

18. Sutygina AI. [Agro-production ecosystems and their features]. Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii. 2024;7. 32-38 p. doi:10.32651/247-32

19. Accenture names world’s most digital companies. [Internet]. Frankmedia. [cited 2024, May 5]. Available from: https://frankmedia.ru/36128?ysclid=m416hk17cy759930815

20. Research of digital ecosystems and platforms market commissioned by Rostelecom, conducted by Institute of Statistical Research and Economics of the National Research University Higher School of Economics. 2022; [cited 2024, May 13]. Available from: https://issek.hse.ru/news/820948356.

21. Degtyarev PA. [Features of the formation of a digital ecosystem of industrial enterprises in order to ensure their sustainable development]. Journal of Economic Regulation. 2023; Vol.14. 3. 32-42 p. doi: 10.17835/2078-5429.2023.14.3.032-042.

22. Kokovikhin AYu, Plakhin AE, Ogorodnikov ES. [Factors of intensity of digital platforms use by the population of the Russian Federation]. Journal of Applied Economic Research. 2023; Vol.22. 4. 1087-1112 p. doi: 10.15826/vestnik.2023.22.4.042.

Authors:

Topoleva Tatyana Nikolaevna – Ph.D. of Economy sciences, Associate Professor, senior researcher, e-mail: tn-topoleva@mail.ru
Udmurt branch of Institute of Economics of Ural Branch of Russian Academy of Science, Izhevsk, Izhevsk, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-144-152
УДК 334.735:303.64

МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ НА СЕЛЬСКОМ СЕГМЕНТЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО РЫНКА

О.А. Чистякова

Реферат. Устойчивость потребительской кооперации является важной качественной характеристикой деятельности кооперативной системы, к особенностям которой относятся некоммерческий характер, социальная ориентация на удовлетворение потребностей пайщиков, преобладающее функционирование в сельской местности. Социальная ответственность выступает одним из показателей конкурентоспособности организаций потребительской кооперации, что позволяет рассматривать социально-экономическую устойчивость как определяющий вид устойчивости. Для формирования стратегии обеспечения устойчивости потребительской кооперации на сельском рынке услуг важен методический инструментарий, позволяющий провести оценку уровня социально-экономической устойчивости деятельности потребительской кооперации на сельском сегменте рынка, на основе структуризации системы показателей социальной ответственности потребительской кооперации. Предлагаемая методика учитывает особенности деятельности потребительской кооперации, а также позволяет проводить оценку устойчивости в целом по системе потребительской кооперации и по отдельным хозяйствующим субъектам регионального и местного уровня. В ходе реализации представленного методического подхода определен уровень обеспечения социально-экономической устойчивости Новосибирского областного потребительского союза (в размере 93,6% от целевого уровня), а также выделено особо важное для обеспечения устойчивости направления социальной ответственности потребительской кооперации – повышение уровня жизни сельского населения, среди факторов существенное влияние оказывает стоимость услуг потребительской кооперации в расчете на одного человека. Значимость предлагаемого подхода заключается в возможности его применения для обоснования решений о взаимодействии организаций потребительской кооперации, осуществляющих свою деятельность в сельской местности и ориентированной на сельских жителей, с местными органами власти с целью развития сельского рынка услуг.

Ключевые слова: сфера услуг, сельский рынок услуг, потребительская кооперация, устойчивое развитие, социальная деятельность.

Введение. Проблема снижения устойчивости региональных организаций потребительской кооперацией в условиях цифровой трансформации экономики страны, нестабильности внешней среды, усиления конкуренции носит сложный характер, требует разработки методического инструментария обеспечения устойчивости кооперативных субъектов хозяйствования. Система потребительской кооперации характеризуется как институт социально-ответственного бизнеса, функционирующий на принципах самоорганизации, самоуправления, самоконтроля и самофинансирования. Специфические особенности и значение кооперации основываются на ее уникальности как системы некоммерческих самостоятельно организованных населением субъектов хозяйствования, создаваемых в форме взаимопомощи населению в удовлетворении потребности в товарах и услугах [1].

Социально-ответственный устойчивый характер деятельности потребительской кооперации, функционирующей исторически в основном в сельской местности, позволяет ей иметь больше возможности влиять на социально-экономическое состояние села, способствовать повышению уровня жизни населения и решению других социальных проблем. Мультипликативный эффект обеспечения устойчивости потребительской кооперации касается не только уровня благосостояния сельского и городского населения, но развития потребительского рынка в части решения проблем производства, переработки и сбыта сельскохозяйственной продукции, появления новых несельскохозяйственных отраслей деятельности.

Сущность экономической устойчивости как качественной характеристики деятельности экономических систем, проблемы ее обеспечения находятся в области активных исследований отечественных и зарубежных ученых в последние тридцать лет, но первоначально устойчивость рассматривалась как междисциплинарный термин в контексте оценки экономических потерь от техногенных и природных катастроф [2].

Впоследствии ведущими отечественными учеными, такими как Акберина В.В. [2], Белошицкий А.В. [3], Климанов В.В.[4], Малкина М.Ю. [5] и др. обоснованы и развиты основы теории экономической устойчивости экономических систем, относительно которой отдельными учеными применяется переводной термин «резилиентность».

В отечественных научных исследованиях сущность устойчивости экономических систем, принципы и причины возникновения неустойчивости, методики оценки рассматриваются относительно экономических систем разного уровня – национального [2], регионального [4, 5,], отраслевого [6, 7, 8]. В теоретическом и прикладном аспекте проведены обширные научные изыскания характеристик

отдельных видов устойчивости – социальной [9, 10], финансовой [11], экологической [12, 13] и экономической [14, 15].

Важным направлением исследований остается разработка инструментария количественной оценки устойчивости как качественной характеристики деятельности. Здесь Щепакин М.В. [16], Асанова Н.А., Исачкова Л.Н., Хут С.Ю. [17] и ряд других ученых отмечают, что в основе изучения устойчивости необходимо использовать системный подход. Парсонс Т. [18] делает акцент на синергетическом подходе, суть которого сводится к изучению устойчивости в рамках определённого хозяйственного цикла. Kumari A., Singh M. [19] выделяют социально-ориентированный подход к данной проблематике, затрагивающий многогранные стороны парадигмы, используемой для решения таких проблем как изменение климата, утилизации промышленных отходов, социальное благополучие.

Обобщение многочисленных научных взглядов как зарубежных, так и отечественных ученых показало, что, несмотря на многочисленность исследований и выводов, проблема обеспечения устойчивости на сельском сегменте рынка услуг до сих пор содержит много дискуссионных суждений. В настоящее время среди основных задач, объявленных государством и реализуемых потребительской кооперацией для сельского населения, является социальная защита и удовлетворение потребностей пайщиков, которые являются главными учредителями организаций потребительской кооперации. Следовательно, по нашему мнению, целесообразно обеспечивать устойчивое состояние кооперативного предприятия через гармонизацию решения социально-экономической, финансовой и экологической проблем, тем самым обеспечивая устойчивое развитие на сельском сегменте рынка услуг региона. В условиях развития цифровизации и современных экономических кризисов значение устойчивого развития сельского сегмента рынка услуг усиливается при одновременном становлении как участника экономических отношений региона.

Поэтому цель данной статьи состоит в обобщении концептуальных основ обеспечения устойчивости потребительской кооперации, а именно обоснования теоретических аспектов и разработке методического инструментария оценки устойчивости организации потребительской кооперации с учетом специфики их деятельности на сельском сегменте потребительского рынка.

Условия, материалы и методы. Для совершенствования инструментария определения устойчивого развития сельского рынка услуг в основном используются методы системного анализа, ориентированные на решение проблемы и базирующиеся на научных положениях и эмпирических данных, методы математического моделирования.

Системный анализ, как и любое аналитическое исследование, представляет собой совокупность взаимосвязанных процедур. На первом этапе организуется описание параметров деятельности потребительской кооперации с учетом взаимосвязи между отдельными их элементами, характеристиками и свойствами. На следующем этапе проводится исследование объекта по результатам осуществленного параметрического описания для выяснения взаимодействия отдельных свойств и признаков объекта. Заканчивается системный анализ определением и описанием функциональной зависимости между охарактеризованными ранее параметрами объекта.

Информационной базой послужили аналитические материалы Центросоюза РФ [20].

Результаты и обсуждение. Цифровая трансформация экономики в условиях глобализации и повышения объема информации способствует развитию субъектов потребительской кооперации под влиянием инновационных факторов, воздействующих на ресурсный потенциал кооперативной организации.

Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации до 2030 г. установила ключевые индикаторы политики государства, в том числе формирование цифровой экономики, характеризуемой как «хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде» [21]. В целях выполнения данной Стратегии Правительством РФ разработана программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [22], направленная на «реализацию следующих ключевых направлений преобразования экономики и социальной сферы:

- формирование новой регуляторной среды отношений граждан, бизнеса и государства, возникающих с развитием цифровой экономики;
- создание современной высокоскоростной инфраструктуры хранения, обработки и передачи данных, обеспечение устойчивости и безопасности ее функционирования;
- формирование системы подготовки кадров для цифровой экономики;
- поддержка развития перспективных «сквозных» цифровых технологий и проектов по их внедрению;
- повышение эффективности государственного управления и оказания государственных услуг посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений» [23].

Отмеченные аспекты находят отражение в процессе обоснования и реализации стратегии обеспечения устойчивости потребительской кооперации на сельском сегменте рынка.

Потребительская кооперация России традиционно представлена как сложноорганизованный комплекс, отдельные отрасли которого обеспечивают этапы воспроизводственного процесса в экономике – торговая, заготовительная и производственная деятельность с значительным преобладанием розничной

торговли (в 2022 году 59% от общего объема деятельности) [20].

Система потребительской кооперации обладает противоречиями как внутреннего, так и внешнего характера. Основным же противоречием выступает ее экономический характер и социальная ориентированность. Однако согласно закона единства и борьбы противоположностей именно единство этих противоположностей является локомотивом развития самой системы. Это единство достигается посредством разработки и реализации эффективных управленческих решений [24].

Устойчивость кооперативной системы с одной стороны обеспечивается достижением устойчивого развития каждой из ее отраслей, что в свою очередь способствует более эффективному и устойчивому развитию субъектов внешней среды не только региона функционирования, но и страны в целом. С другой стороны, устойчивая внешняя среда оказывает непосредственное благоприятное влияние на состояние потребительской кооперации.

К числу важнейших задач потребительской кооперации относится устойчивое развитие сельского сегмента потребительского рынка. Однако влияние потребительской кооперации на развитие сельского хозяйства и сельских территорий затрудняется ввиду отсутствия целевой государственной программы [25].

Современное развитие сельского сегмента рынка услуг диктует новый подход к управлению обеспечения устойчивости организации потребительской кооперации на основе формирования и развития многоформатной инфраструктуры оптовой торговли продуктами питания для обеспечения продовольственной безопасности страны и стабилизации цен на внутреннем рынке. Как показывает зарубежный опыт, важнейшей задачей оптовых продовольственных рынков является решение проблемы сбыта продукции малых и средних сельхозпредприятий на внутреннем рынке, которые, в условиях недобросовестной конкуренции и внешних угроз, еще в большей степени нуждаются в эффективной государственной поддержке [26].

Формирование и корректировка региональной социально-экономической политики по отношению к сельскому рынку услуг строится на постулатах экономического роста, т.е. уровень устойчивости зависит от различных внешних и внутренних факторов (рис.1). Изучение факторов, оказывающих воздействие на устойчивость, дает возможность получить информацию о причинах, вследствие которых устойчивость предприятия может быть достижимой или нет.



Рис. 1 – Факторы устойчивости организации потребительской кооперации на сельском сегменте рынке услуг

Примечание: Составлено автором

Помимо традиционных объяснений термина «устойчивое развитие» в докладе ООН «Навстречу «зеленой» экономике: путь к устойчивому развитию и искоренению бедности» сформировалась современная трактовка, включающая в себя: социальное развитие, комплексную экологизацию экономического роста и рациональное распределение ресурсов, включая вопросы занятости населения.

На наш взгляд, для обеспечения устойчивости развития на сельском сегменте рынке услуг потребительской кооперации необходимо реализовывать мероприятия, направленные на обеспечение экономической, социальной и экологической устойчивости.

При этом ключевой задачей является не только достижение экономических показателей, но и сохранение благоприятной окружающей среды и возможность удовлетворять потребности текущего и будущего поколений. В статье З.А. Капелюк утверждается, что в Российской Федерации происходящая трансформация хозяйственной деятельности субъектов экономики в сельской местности привела к усложнению жизни сельского населения, поскольку обострилась проблема занятости и низкого уровня доходов жителей села [27]. Вызывает тревогу снижение уровня качества удовлетворения потребностей населения, что наряду с другими факторами оказывает

негативное влияние на продовольственную безопасность страны и удовлетворение социальных потребностей пайщиков.

Отмеченное позволяет выделить социально-экономические факторы обеспечения устойчивости потребительской кооперации как основные, поскольку именно они оказывают существенное влияние на кооперативную систему, в основе которой находятся отношения с пайщиком [28]. Финансовые и экологические факторы, находясь во взаимосвязи с социально-экономическими, по-разному оказывают влияние на устойчивое развитие на сельском рынке услуг.

Социальная справедливость и социальная ответственность являются основными составляющими социальной стратегии потребительской кооперации. Социальная справедливость предполагает справедливое распределение социальных благ и доходов между членами кооперативной организации. Однако потребительская кооперация, по своей сути являясь социально-ориентированной системой, наряду с социальной справедливостью должна придерживаться принципов социальной ответственности. Социальная справедливость выступает в роли лишь составляющей социальной ответственности, которая предусматривает более широкий охват. Так, социальная ответственность декларирует стремление к повышению благосостояния не только членов организации, но и всего населения, проживающего в зоне ее ответственности. Сама миссия потребительской кооперации предполагает ее социальную ответственность.

В основе выполнения социальных установок потребительской кооперации лежит социальная политика, которая включает научно обоснованный комплекс мер, направленный на отдельные аспекты социальной деятельности кооперации через воздействие на благосостояние граждан и развитие инфраструктуры региона путем реализации социальной ответственности кооперативной системы.

Ограниченность применения традиционных методик для оценки социальной эффективности деятельности предприятий системы заключается в использовании информации статичного характера, моментных данных, а также остается не учтённой специфика услуг потребительской кооперации, характеризующаяся целевой направленностью на удовлетворение потребностей пайщиков.

Предлагаемый методический подход к оценке социально-экономической устойчивости потребительской кооперации устраняет отмеченные недостатки и представляет собой последовательность следующих этапов.

Этап 1. Формирование системы показателей, учитывающих социальную ответственность потребительской кооперации.

Поскольку социальная ответственность потребительской кооперации базируется на ее социальной деятельности, то возникает необходимость в количественной оценке данной деятельности. Такая оценка предполагает формирование системы показателей, значения которых могут выступать в виде абсолютных, относительных и средних величин (рис.2).

Каждый блок показателей содержит свои характерные индикаторы, раскрывающие характеристики отдельных направлений социальной деятельности потребительской кооперации, определение значимости которых осуществляется в дальнейшем [29]. При этом, поскольку розничная торговля является преобладающим направлением деятельности, некоторые показатели связаны с особенностями кооперативной торговли в сельской местности. Так, например, реализация социальной миссии характеризуется суммой льгот, предоставленных сельскому населению.

Этап 2. Расчет комплексной оценки социальной ответственности потребительской кооперации по отдельным направлениям социальной деятельности, т.е. на основе показателей отдельных блоков (обеспечение занятости населения, создание возможностей роста доходов населения, улучшение условий существования, развитие инфраструктуры села).

Для этого производятся следующие аналитические процедуры. Сначала рассчитывается мера достижения конкретным показателем отдельного блока целевого значения, определенного для каждого блока отдельно (1):

Пусть x_{jk}^{0} – фактическое значение j-го показателя к-го блока;

x_{jk}^{*} – целевое значение j-го показателя к-го блока.

$$\alpha_{jk} = \frac{x_{jk}^{0}}{x_{jk}^{*}}, \qquad (1)$$

где α_{jk} - относительная мера достижения j-ым показателем k-го блока целевого значения.

Затем осуществляется расчет значимости отдельного показателя в комплексной оценке по блоку показателей (2):

$$\beta_{jk} = \frac{\alpha_{jk}}{\sum_{i=1}^{m} \alpha_{jk}} \qquad (2)$$

где β_{jk} – значимость j-го показателя k-го блока;

m – количество показателей, которые лучше оценивают значения потенциальной функции по годам.

После этого на основании полученных данных рассчитывается комплексная оценка по каждому блоку отдельно (3):

$$C_{k}^{0} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} \alpha_{jk} \qquad (3)$$

где – комплексная оценка k-го блока.

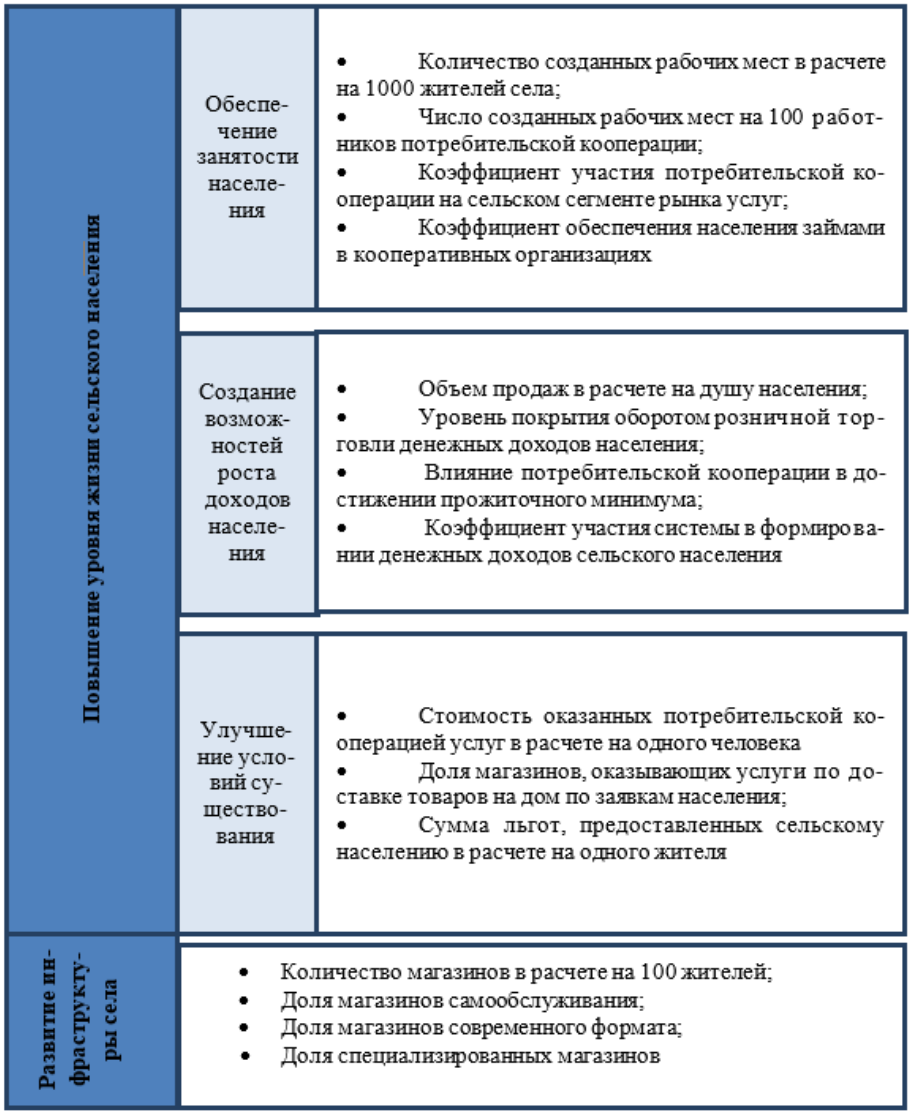


Рис. 2. - Система показателей для оценки социальной ответственности организации потребительской кооперации

Источник: составлено автором на основании [29]

Этап 3. Определение интегральной оценки социальной ответственности потребительской кооперации в целом по всем направлениям социальной деятельности, т.е. по всем группам показателей в целом.

Для этого осуществляется расчет относительной меры достижения отдельным блоком показателей целевого значения (4):

$$\beta_k = \frac{C_k^0}{C_k^*} \quad (4)$$

где $\beta_к$ – относительная мера достижения k-ым блоком целевого значения.

Далее определяется значимость конкретного направления деятельности, т.е. блока показателей, в интегральной оценке (5):

$$\alpha_k = \frac{\beta_k}{\sum_{k=1}^{m} \beta_k} \quad (5)$$

где $\alpha_к$ – значимость k-го блока в интегральной оценке.

На основании полученных данных затем осуществляется расчет интегральной оценки социальной ответственности потребительской кооперации, которая позволяет оценивать социально-экономическую устойчивость потребительской кооперации (6):

$$C^0 = \frac{1}{m\sum_{k=1}^{m} C_k^0} \quad (6)$$

где C_0 – интегральная оценка системы по всему комплексу блоков.

При наличии трех, четырех и более уровней алгоритма, процедура повторяется в рамках второго уровня, а первый не изменяется.

Достигнутые значения определяются на основании отчетных данных организации, желаемые значения, представляющие собой целевые показатели, являются ориентиром

развития, определяются на основании планирования вышестоящими организациями, а также при невозможности использования таких данных могут быть обоснованы аналитиком на основании его экспертного мнения с учетом опыта работы в системе потребительской кооперации. Низкая доля магазинов современных форматов связана с тем, что кооперативная торговля в основном осуществляется в отдаленных, труднодоступных сельских поселениях с небольшим количеством жителей.

Этап 4. Оценка социально-экономической устойчивости на основе системно-структурного анализа социальной ответственности потребительской кооперации.

Полученные в ходе интегральной оценки данные о социальной ответственности потребительской кооперации используются для выделения значение каждого блока показателей и их значимости в общем отклонении социальной ответственности от желаемого уровня с использованием метода структуризации.

В таблице представлены полученные в ходе расчета показателей результаты по значимости каждого фактора в формировании блока показателей, а также вклад каждого блока в направление социальной ответственности потребительской кооперации, а также взаимосвязь комплексной и интегральной оценки.

Таблица - Результаты оценки уровня социально-экономической устойчивости по показателям социальной ответственности Новосибирского областного потребительского союза за 2023 год

Показатели	Интегральная оценка, %	Комплексная оценка, %	Значимость, %
Социальная ответственность потребительской кооперации	93,6	х	х
А. Повышение уровня жизни сельского населения	х	94,8	65,4
Блок 1. Обеспечение занятости	*х*	*85,7*	*32,7*
Новые рабочие места в расчете на 1000 сельских жителей	х	х	23,3
Новые рабочие места в расчете на 100 работников потребительской кооперации	х	х	18,9
Уровень участия потребительской кооперации в сельском рынке труда	х	х	25,2
Уровень обеспечения населения занятостью в сельском рынке труда	х	х	25,7
Блок 2. Формирование доходов	*х*	*92,7*	*35,4*
Оборот розничной торговли на душу населения	х	х	26,3
Охват денежных доходов населения оборотом розничной торговли	х	х	24,3
Коэффициент участи потребительской кооперации в достижении прожиточного минимума	х	х	24,5
Коэффициент участия потребительской кооперации в формировании денежных доходов сельского населения	х	х	24,5
Блок 3. Улучшение условий существования	*х*	*83,6*	*31,9*
Стоимость оказанных потребительской кооперацией услуг в расчете на одного человека	х	х	43,2
Доля магазинов, оказывающих услуги по доставке товаров на дом по заявкам населения	х	х	21,5
Сумма льгот, предоставленных сельскому населению в расчете на одного жителя	х	х	27,8
Б. Развитие инфраструктуры села	х	91,5	34,6
Количество магазинов в расчете на 100 жителей	х	х	27,3
Доля магазинов самообслуживания	х	х	25,8
Доля магазинов современного формата	х	х	24,3
Доля специализированных магазинов	х	х	22,6

Примечание: Составлено автором

Полученные в ходе анализа показатели позволяют сделать вывод о недостаточном уровне социально-экономической устойчивости Новосибирского областного потребительского союза – в 2023 году составила 93,6%, что свидетельствует об отклонении от целевых значений на 6,4 (100-93,6) по группам и отдельным показателям. При этом отдельные области социальной ответственности также не характеризуются достаточной устойчивостью – социально-экономическая устойчивость в части повышения уровня жизни сельского населения составляет 94,8% (неустойчиво соответственно на 5,2) и на 8,5 недостаточна в части развития инфраструктуры села.

Наряду с этим расчет на основании полученных значений значимости отражает вклад каждого направления социально-экономической деятельности потребительской кооперации Новосибирской области

в обеспечение устойчивости областной кооперативной системы, а также отдельных факторов. Так, отмечается равномерное участие направлений повышения уровня жизни сельского населения в обеспечении сложившейся устойчивости субъекта хозяйствования (обеспечение занятости, формирование доходов и улучшение условий существования обеспечили влияние в общем уровне соответственно в размере 32,7%, 35,4% и 31,9%). Для более конкретных выводов используется информация о влиянии каждого показателя-фактора на устойчивость. Здесь видно, что наиболее сильное влияние оказывает стоимость оказанных потребительской кооперацией услуг в расчете на одного человека (43,2%), что позволяет в дальнейшем учитывать данный фактор как существенный.

Использование полученных данных позволяет принимать обоснованные и действенные решения для выявления направлений обеспечения социально-экономической устойчивости потребительской кооперации путем воздействия на те сферы социальной ответственности потребительской кооперации, которые оказывают более значимое влияние на устойчивость.

Выводы. Для потребительской кооперации, характеризующейся высоким уровнем социальной ответственности деятельности, преимущественным функционированием на сельском сегменте потребительского рынка, обеспечение устойчивости функционирования является стратегически важным. Социально-экономический характер деятельности, взаимоотношения с пайщиками определяют необходимость обеспечения социально-экономической устойчивости, что невозможно без оценки уровня ее достижения, определения вклада отдельных факторов в сложившуюся ситуацию. Предлагаемый методический подход, основанный на выявлении комплексной и интегральной оценки социальной ответственности субъекта хозяйствования по специфическим для потребительской кооперации показателям, структуризации социально-экономической устойчивости, позволяет не только провести оценку уровня устойчивости кооперативной организации в части социальной составляющей деятельности, но и определить влияние факторов, что в результате способствует разработке системы мероприятий по обеспечению устойчивости.

Литература

1. Ахметов, В. Я. Возрождение и устойчивое развитие потребительской кооперации как фактор развития депрессивных сельских территорий / В. Я. Ахметов, Р. Ф. Гатауллин // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 11. С. 87-93.

2. Акбердина В.В. Факторы резильентности в российской экономике: сравнительный анализ за период 2000-2020 гг. // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. №17(8). С. 1412-1432.

3. Белошицкий, А. В. Проблемы экономической устойчивости нефтесервисных компаний в условиях высокотурбулентной среды / А. В. Белошицкий // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. Т. 25, № 1(75). С. 7-16.

4. Климанов, В. В. Региональная резилиентность: теоретические основы постановки вопроса / В. В. Климанов, А. А. Михайлова, С. М. Казакова // Экономическая политика. 2018. Т. 13, № 6. С. 164-187.

5. Малкина, М. Ю. Устойчивость экономик российских регионов к пандемии 2020 / М. Ю. Малкина // Пространственная экономика. 2022. Т. 18, № 1. – С. 101-124.

6. Ускова, А. Ю. Оценка факторов устойчивости обрабатывающих производств в индустриальных регионах России / А. Ю. Ускова, Ю. В. Саломатова // Экономика промышленности. 2023. Т. 16, № 1. С. 77-85.

7. Romanova, O. A. The structural factor of regional economic stability in Russia during the coronacrisis period / O. A. Romanova, A. O. Ponomareva // R-Economy. 2021. Vol. 7, No. 3. P. 158-169.

8. Nedosekin, A. O. Strategic approach to assessing economic sustainability objects of mineral resources sector of Russia / A. O. Nedosekin, E. I. Rejshahrit, A. N. Kozlovskiy // Journal of Mining Institute. – 2019. – Vol. 237. – P. 354-360.

9. Корчак Е.А. Социальные риски достижения устойчивого развития Арктического региона // Арктика и Север. 2024. № 54. С. 38-53.

10. Рябова, Л. А. Социальная устойчивость развития муниципальных образований российской Арктики: теория и практика / Л. А. Рябова // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2013. № 6(37). С. 4-14.

11. Чистякова О. А. Факторы финансовой устойчивости организаций потребительской кооперации / О. А. Чистякова, А. А. Чурикова // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2022. № 12. С. 503-505.

12. Выборова, Е. Н. Анализ экологической устойчивости / Е. Н. Выборова, М. А. Акулинина // Экономика сельского хозяйства России. 2019. № 2. С. 28-32.

13. Яшина, М. Л. Оценка социально-экономической и экологической устойчивости субъектов Приволжского федерального округа / М. Л. Яшина, М. С. Бадашин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 126-134.

14. Чистякова О. А. Экономическая устойчивость малого и среднего бизнеса в условиях мобильной экономики / О. А. Чистякова, Е. Ю. Надточина // Вестник Сибирского университета потребительской кооперации. 2023. № 1(43). С. 12-23.

15. Korneeva, E. The role of the information and communication technologies in the institutional and economic sustainability of the post-pandemic small and medium enterprises / E. Korneeva, W. Strielkowski // Terra Economicus. 2023. Vol. 21, No. 1. P. 80-93.

16. Щепакин, М. Б. Управление конкурентоустойчивостью бизнеса посредством инновационных преобразований в условиях мобилизационной экономики / М. Б. Щепакин // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13. № 3. С. 601-628.

17. Асанова Н.А., Исачкова Л.Н., Хут С.Ю. Устойчивое развитие потребительской кооперации как инновационная модель развития сельских территорий в условиях цифровизации экономики [Электронный ресурс]// ЕГИ. 2021. №5 (37). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivoe–razvitie–potrebitelskoy–kooperatsii–kak–

innovatsionnaya–model–razvitiya–selskih–territoriy–v–usloviyah–tsifrovizatsii (дата обращения: 02.10.2024).

18. Парсонс Т. Система современных обществ/под ред. М.С. Ковалевой. М.: Аспект Пресс, 1998. 254 с.

19. Kumari A., Singh M. P. A journey of social sustainability in organization during MDG & SDG period: A bibliometric analysis. Socio-Economic Planning Sciences, 2023. Vol. 88.101668

20. Основные показатели хозяйственной деятельности потребительской кооперации России.2022 // Официальный сайт Сибирского университета потребительской кооперации. URL: https://sibupk.sharepoint.com/zao/SitePages/Stat.aspx (дата обращения: 02.10.2024).

21. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы: Указ Президента РФ от 09 мая 2017 г. № 203. [Электронный ресурс]. URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/570570/#1000 (дата обращения: 02.10.2024)

22. Цифровая экономика Российской Федерации: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р [Электронный ресурс]. URL: http://digital.ac.gov.ru/ (дата обращения: 02.10.2024)

23. Об утверждении Концепции цифрового развития экономики Удмуртской Республики в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» на 2019 – 2024 годы»: Указ Главы Удмурской Республики от 31 марта 2020 года № 74 [Электронный ресурс]. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1800202004070002?ysclid=lsd7guv680129247349 (дата обращения: 02.10.2024)

24. Чистякова, О. А. Оценка конкурентной среды потребительской кооперации как фактор обеспечения устойчивого развития сельской местности / О. А. Чистякова // АПК: экономика, управление. 2024. № 5. С. 33-45.

25. Потребительская кооперация: основы модели функционирования и ключевые тенденции развития в России / Л. В. Матраева, О. В. Каурова, Е. С. Васютина, Н. А. Королькова // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2022. № 1. С. 44-49.

26. Холина В.Н. Позиции России и Франции на мировом рынке продовольствия: тенденции и перспективы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. 2011. № 5. С. 221-228.

27. Капелюк З.А., Васильева Т.О. Сельский рынок труда Новосибирской области: состояние и проблемы развития // Экономика труда. 2020. Том 7. № 5. С. 44-49.

28. Наговицина Л.П. О программе развития потребительской кооперации / Л.П. Наговицина, В.И. Бакайтис // Вестник Сибирского университета потребительской кооперации. 2023. № 1. С. 3-11.

29. Храмцова Т.Г., Копайгора А.В. Социальная деятельность потребительской кооперации: содержание и оценка. Новосибирск: СибУПК, 2007. 148 с.

Сведения об авторах:

Чистякова Ольга Александровна - кандидат экономических наук, декан факультета экономики и управления, email: chistiakowa.ol@yandex.ru

Сибирский университет потребительской кооперации, г. Новосибирск, Россия

METHODOLOGICAL APPROACH TO ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE ORGANIZATION OF CONSUMER COOPERATION IN THE RURAL SERVICES MARKET

O. A. Chistyakova

Abstract. The sustainability of consumer cooperation is an important qualitative characteristic of the cooperative system, the features of which include a non-commercial nature, a social orientation to meet the needs of shareholders, and the predominant functioning in rural areas. Social responsibility is one of the indicators of competitiveness of consumer cooperation organizations, which allows us to consider social and economic sustainability as a significant type of sustainability. In order to form a strategy for ensuring the sustainability of consumer cooperation in the rural services market, it is important to have methodological tools that allow us to assess the level of socio-economic sustainability of consumer cooperation in the rural segment of the market, based on the structuring of the system of indicators of social responsibility of consumer cooperation. The proposed methodology takes into account the specifics of consumer cooperation activities and allows for assessing sustainability in general for the consumer cooperation system and for individual economic entities at the regional and local levels. During the implementation of the presented methodological approach, the level of ensuring social and economic sustainability of Novosibirsk regional consumer union was determined (in the amount of 93.6% of the target level), and a particularly important direction for ensuring sustainability of consumer cooperation social responsibility was identified - improving the standard of living of the rural population, among the factors significantly influenced by the cost of consumer cooperation services per person. The significance of the proposed approach lies in the possibility of its application to substantiate decisions on the interaction of consumer cooperation organizations operating in rural areas and focused on rural residents with local authorities in order to develop the rural services market.

Key words: service sector, rural services market, consumer cooperation, sustainable development, social activities

References

1. Akhmetov VYa, Gataullin RF. [Revival and sustainable development of consumer cooperation as a factor in the development of depressed rural areas]. Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii. 2020; 11. 87-93 p.

2. Akberdina VV. [Resilience factors in the Russian economy: a comparative analysis for the period 2000-2020]. Natsionalnue interesu: prioritetu i bezopasnost. 2021; 17(8). 1412-1432 p.

3. Beloshitskiy AV. [Problems of economic sustainability of oil service companies in a highly turbulent environment]. Sever i rynok: formirovanie ekonomicheskogo poryadka. 2022; Vol.25. 1(75). 7-16 p.

4. Klimanov VV, Mikhaylova AA, Kazakova SM. [Regional resilience: theoretical foundations for posing the question]. Ekonomicheskaya politika. 2018; Vol.13. 6. 164-187 p.

5. Malkina MYu. [Resilience of the economies of Russian regions to the 2020 pandemic]. Prostranstvennaya ekonomika. 2022; Vol.18. 1. 101-124 p.

6. Uskova AYu, Salomatova YuV. [Assessment of sustainability factors of manufacturing industries in industrial regions of Russia]. Ekonomika promyshlennosti. 2023; Vol.16. 1. 77-85 p.

7. Romanova OA, Ponomareva AO. The structural factor of regional economic stability in Russia during the coronacrisis period. Economy. 2021; Vol.7. 3. 158-169 p.

8. Nedosekin AO, Rejshahrit EI, Kozlovskiy AN. Strategic approach to assessing economic sustainability objects of mineral resources sector of Russia. Journal of Mining Institute. 2019; Vol.237. 354-360 p.

9. Korchak EA. [Social risks of achieving sustainable development of the Arctic region]. Arktika i Sever. 2024; 54. 38-53 p.

10. Ryabova LA. [Social sustainability of development of municipalities of the Russian Arctic: theory and practice]. Sever i runok: formirovanie ekonomicheskogo poryadka. 2013; 6(37). 4-14 p.

11. Chistyakova OA, Churikova AA. [Factors of financial stability of consumer cooperation organizations]. Konkurentosposobnost v globalnom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii. 2022; 12. 503-505 p.

12. Vuborova EN, Akulinina MA. [Analysis of environmental sustainability]. Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii. 2019; 2. 28-32 p.

13. Yashina ML, Badashin MS. [Assessment of social and economic and environmental sustainability of the subjects of Volga Federal District]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.14. 4(71). 126-134 p.

14. Chistyakova OA, Nadtochina EYu. [Economic sustainability of small and medium businesses in the context of a mobile economy]. Vestnik Sibirskogo universiteta potrebitelskoy kooperatsii. 2023; 1(43). 12-23 p.

15. Korneeva E, Strielkowski W. The role of the information and communication technologies in the institutional and economic sustainability of the post-pandemic small and medium enterprises. Terra Economicus. 2023; Vol.21. 1. 80-93 p.

16. Shchepakin MB. [Managing the competitiveness of business through innovative transformations in a mobilization economy]. Ekonomika, predprenimatelctvo i pravo. 2023; Vol. 13. 3. 601-628 p.

17. Asanova NA, Isachkova LN, Khut SYu. [Sustainable development of consumer cooperation as an innovative model for the development of rural areas in the conditions of digitalization of the economy]. [Internet]. EGI. 2021; 5 (37). [cited 2024, October 02]. Available from: https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivoe–razvitie–potrebitelskoy–kooperatsii–kak–innovatsionnaya–model–razvitiya–selskih–territoriy–v–usloviyah–tsifrovizatsii.

18. Parsons T. Sistema sovremennykh obshchestv. [The system of modern societies]. Edited by M.S.Kovalevoy. M.: Aspekt Press, 1998. 254 p.

19. Kumari A, Singh MP. A journey of social sustainability in organization during MDG & SDG period: a bibliometric analysis. Socio-Economic Planning Sciences, 2023; Vol.88. 101668.

20. Key indicators of economic activity of consumer cooperation in Russia. 2022. [Internet]. Official website of Siberian University of Consumer Cooperatives. [cited 2024, October 02]. Available from: https://sibupk.sharepoint.com/zao/SitePages/Stat.aspx.

21. Strategy for the development of the information society in the Russian Federation for 2017-2030: Decree of the President of the Russian Federation of May 9, 2017 No. 203. [Internet]. [cited 2024, October 02]. Available from: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/570570/#1000

25. Digital economy of the Russian Federation: Order of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 No. 1632 -r. [Internet]. [cited 2024, October 02]. Available from: http://digital.ac.gov.ru/ (data obrashcheniya: 02.10.2024)

23. On approval of the Concept of digital development of the economy of the Udmurt Republic within the framework of the national program "Digital Economy of the Russian Federation for 2019 – 2024". [Internet]. Decree of the Head of the Udmurt Republic dated March 31, 2020 No. 74 [cited 2024, October 02]. Available from: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1800202004070002?ysclid=lsd7guv680129247349

24. Chistyakova OA. [Assessment of the competitive environment of consumer cooperatives as a factor in ensuring sustainable development of rural areas]. APK: ekonomika, upravlenie. 2024; 5. 33-45 p.

25. Matraeva LV, Kaurova OV, Vasyutina ES, Korolkova NA. [Consumer cooperation: basics of the operating model and key development trends in Russia]. Fundamentalnue i prikladnue issledovaniya kooperativnogo sektora ekonomiki. 2022; 1. 44-49 p.

26. Kholina VN. [Positions of Russia and France in the world food market: trends and prospects]. Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekonomika. 2011; 5. 221-228 p.

27. Kapelyuk ZA, Vasileva TO. [Rural labor market of Novosibirsk region: state and problems of development]. Ekonomika truda. 2020; Vol.7. 5. 44-49 p.

28. Nagovitsina LP, Bakaytis VI. [On the consumer cooperation development program]. Vestnik Sibirskogo universiteta potrebitelskoy kooperatsii. 2023; 1. 3-11 p.

29. Khramtsova TG, Kopaygora AV. Sotsialnaya deyatelnost potrebitelskoy kooperatsii: soderzhanie i otsenka. [Social activities of consumer cooperation: content and assessment]. Novosibirsk: SibUPK. 2007; 148 p.

Authors:

Chistyakova Olga Aleksandrovna - Ph.D. in Economic sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Economics and Management, email: chistiakowa.ol@yandex.ru

Siberian University of Consumer Cooperatives, Novosibirsk, Russia.

DOI 10.12737/2073-0462-2024-153-160
УДК 311:322

ПРОИЗВОДСТВО ПОДСОЛНЕЧНИКА И ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА В РФ: ТЕНДЕНЦИИ И ПРОГНОЗЫ

Э. Ю. Чурилова

Реферат. В настоящее время в мире перед странами остро стоит проблема обеспечения населения продовольствием. Масличные культуры имеют стратегическое значение для Российской Федерации для обеспечения продовольственной безопасности страны. Среди масличных культур главной является подсолнечник. Подсолнечное масло занимает важное место во внутреннем потреблении страны, на него приходится 75% от всего потребления растительного масла. Увеличение экспорта подсолнечного масла относится к важным экономическим задачам. Производство подсолнечника и подсолнечного масла имеют устойчивые линейные тенденции во времени. Трендовые модели с фиктивными переменными, характеризующими погодные условия, дали следующие прогнозные значения: валовой сбор подсолнечника в 2024 году прогнозируется в пределах от 13011 до 17445 тыс. т, в 2025 году – от 13497 до 17932 тыс. т; урожайность в 2024 году – от 15,5 до 19,2 ц/га, в 2025 году – от 15,8 до 19,6 ц/га; производство подсолнечного масла в 2024 году – от 5,96 до 6,56 млн т, в 2025 году – от 6,2 до 6,8 млн т; экспорт подсолнечного масла в 2024 году – от 2,9 до 3,94 млн т, от 3,06 до 4,1 млн т. Анализ динамики структуры производства подсолнечника по федеральным округам на основе коэффициента Гатева, индексов Салаи и В.М. Рябцева показал, что структуры производства 2020 год, 2021 год и 2022 год не имеют статистически значимых различий по сравнению со структурой 2015 года, т.е. территориальное распределение производственных мощностей за исследуемый период в динамике является относительно стабильным.

Ключевые слова: валовой сбор подсолнечника, урожайность подсолнечника, производство подсолнечного масла, экспорт подсолнечного масла, прогноз производства подсолнечника и подсолнечного масла.

Введение. В 2022-2023 годах в мире вспыхнул крупнейший продовольственный кризис, затронувший более 80 стран. Проблемы продовольственной безопасности, таким образом, вышли на первый план и стали еще более актуальными, чем ранее [1, 2]. В нашей стране Указом Президента Российской Федерации от 21.01.2020 № 20 утверждена новая Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, представляющая собой «совокупность официальных взглядов на цели, задачи и основные направления государственной экономической политики в области обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации» [3].

Целью данного исследования явился анализ динамики показателей производства и переработки подсолнечника в России за период 2000-2023 года Научная новизна заключается в построении прогнозов производства и урожайности подсолнечника, производства и экспорта подсолнечного масла на 2024 год и 2025 год Актуальность исследования определяется требованием обеспеченности Российской Федерации основными продуктами питания согласно Доктрине продовольственной безопасности страны, предписывающей своевременное прогнозирование запасов стратегических пищевых продуктов. В этом плане подсолнечное масло является одним из ключевых продуктов аграрной промышленности России.

Условия, материалы и методы. Вопросы продовольственной безопасности стран интенсивно изучают ученые во всем мире. Так, О.В. Черкасова [4] посвятила свой труд Таджикистану, Н. Гаврилова [5] исследовала Восточную Африку, Табе-Оджонг [6] – Западную Африку, П. Гриффитс [7] – Азиатско-Тихоокеанский регион, Л. Хао [8] – страны Центральной Азии. В научном труде К. Дельгадо [9] рассматривается продовольственная безопасность как гуманитарная проблема мира. В работе Дж. Л. Эскобар-Алегрия [10] дается политический аспект продовольственной безопасности стран.

В основу данного исследования легли официальные сведения Росстата, касающиеся валового сбора и урожайности подсолнечника, а также производства и экспорта подсолнечного масла [11]. В качестве основного метода прогнозирования использовался регрессионный анализ временных рядов, расчеты проводились в пакете прикладных программ STATISTICA. Также применялся структурный анализ на основе коэффициента Гатева и индексов Салаи и В.М. Рябцева.

Результаты и обсуждение. Российская Федерация, Украина и Европейский союз являются главными производителями подсолнечника в мире, их валовой сбор в 2023 году составил 16,7, 13,4 и 10,0 млн т соответственно. К крупным производителям подсолнечника также относят Аргентину, Китай и Турцию. Среди стран-экспортеров первое место принадлежит Украине (около 46% всего мирового экспорта), второе – России (около 15%) и третье – Европейскому союзу (11%). По данным Масложирового Союза России крупными экспортерами подсолнечника в ближайшем будущем также могут стать Китай и Молдова. Половина всего мирового импорта подсолнечника идет в страны Евросоюза (53%), более 20 % – в Турцию, в Китай и США (около 3-4%).

К наиболее широко распространенным растительным маслам в мире относят пальмовое, соевое, подсолнечное, хлопковое,

оливковое, кукурузное, арахисовое и рапсовое. Наибольшую долю в мировых продажах имеют пальмовое и соевое масла, себестоимость производства которых намного ниже, чем подсолнечного масла. На мировом рынке четыре производителя (РФ, Украина, Европейский союз, Аргентина) обеспечивают более 80% всего производства подсолнечного масла, лидирующие позиции у Украины – 35% и РФ – 28%. К основным импортерам относят Европейский Союз, Турцию, Китай и Индию, которые суммарно потребляют около 60% всего мирового экспорта. Размер посевных площадей подсолнечника в РФ в 2023 году в хозяйствах всех категорий достиг 9,8 млн га (рис. 1), превысив в 2,1 раза значение 2000 года. Среднегодовой темп прироста за период 2000-2023 года составил 3,3%. С 2000 год по 2005 год засеянная площадь увеличилась в 1,2 раза, с 2005 года по 2010 год – в 1,3 раза. С 2010 год по 2015 год размер посевной площади менялся мало, колеблясь в пределах 7,2-6,5 млн га. Затем в период с 2015 года до 2020 год произошел очередной рост показателя в 1,2 раза. Максимальный размер посевной площади подсолнечника наблюдался в 2022 году, когда было засеяно свыше 10 млн га.

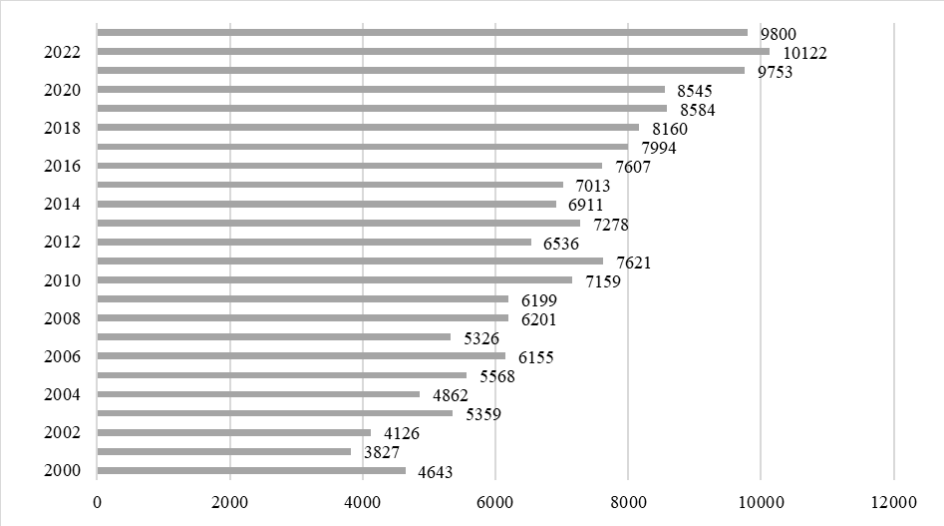


Рис. 1 – Посевные площади подсолнечника в РФ с 2000 год по 2023 год., тыс. га

Еще более высокими темпами, чем посевная площадь, рос валовый сбор подсолнечника (рис. 2). С 2000 год по 2005 год показатель увеличился в 1,7 раза, с 2006 год по 2011 год – в 1,3 раза, с 2011 год по 2015 год – в 1,02 раза, с 2015 год по 2023 год – в 1,8 раза. В целом с 2000 год по 2023 год валовой сбор подсолнечника вырос в 4,3 раза, имея среднегодовые темпы прироста 6,5% с учетом засушливого и неурожайного 2010 года.

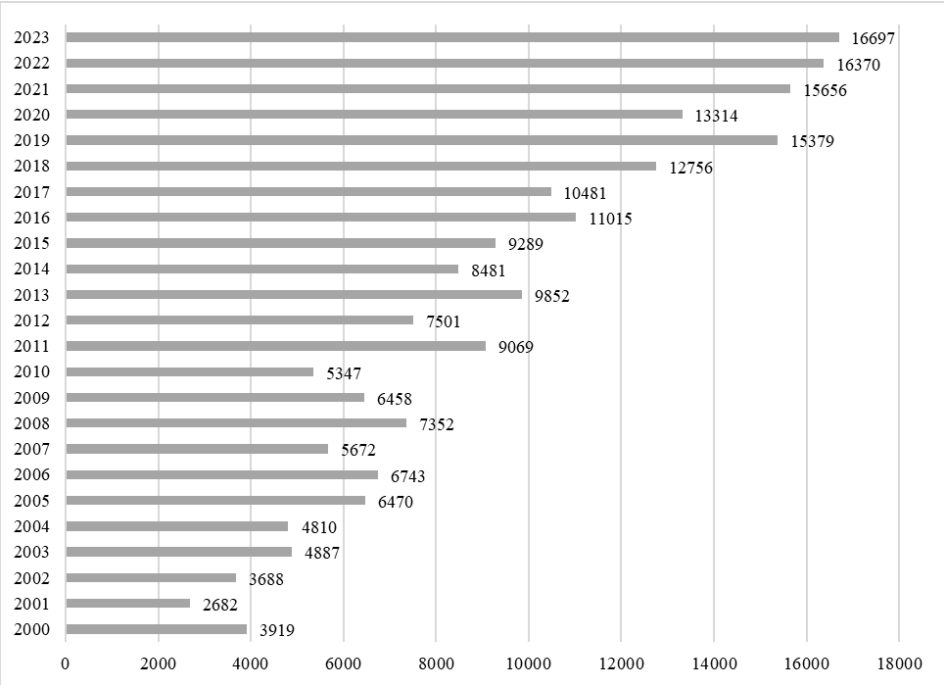


Рис. 2 – Валовой сбор подсолнечника в РФ с 2000 год по 2023 год, тыс. т.

Получение столь большого валового сбора объясняется не столько увеличением посевных площадей, сколько ростом урожайности подсолнечника (рис. 3). Самыми урожайными выдались последние пять лет, когда с одного гектара убранной площади было собрано 18,3 ц в 2019 году, 17,8 ц в 2022 году и 18,6 ц в 2023 году. В целом урожайность 2023 года в 2,1 раза превысила показатель 2000 года, что объясняется как крайне благоприятными погодными условиями, так и достижениями российской селекции в получении хороших гибридов семян подсолнечника [12]. Динамика изменения урожайности в хозяйствах всех категорий внутри периода 2000-2023 ггод была следующей: с 2000 год по 2005 год урожайность увеличилась на 32,2%, с 2005 год по 2011 год – на 12,6%, с 2011 год по 2020 год – на 50,7 %, с 2020 год по 2023 год – на 21,6%. Среднегодовой прирост урожайности в период 2000-2023 года составил 3,2% (с учетом неблагоприятного 2010 года).

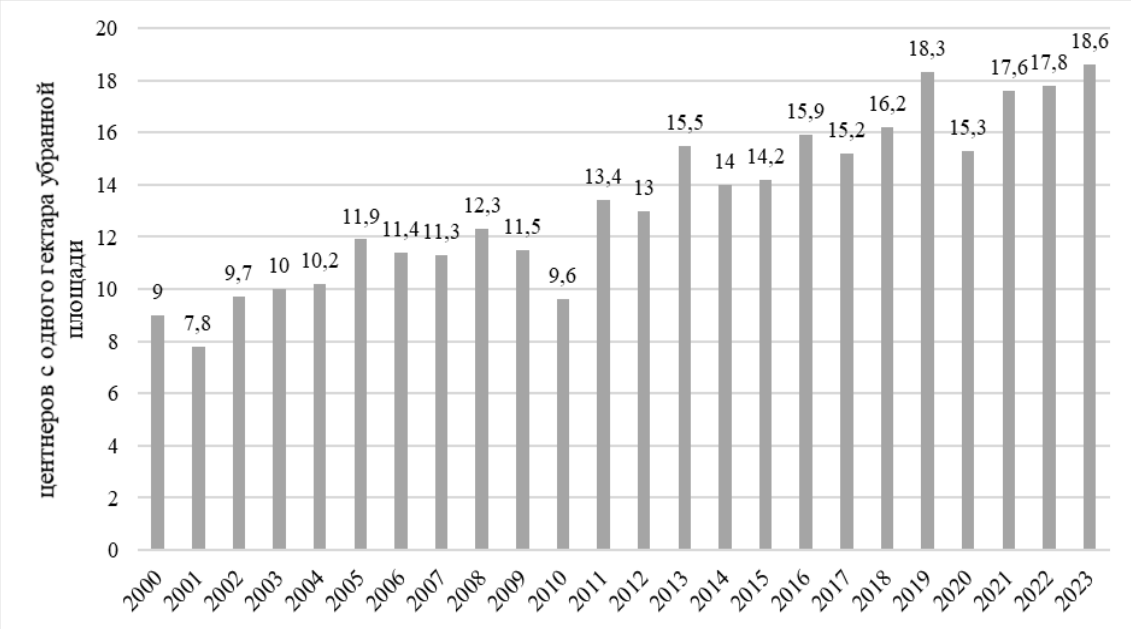


Рис. 3 – Урожайность подсолнечника в РФ с 2000 год по 2023 год

Динамика производства подсолнечного масла представлена на рисунке 4. В среднем ежегодно показатель увеличивался со среднегодовыми темпами прироста равными 10,5%. Тем не менее были года, когда производство незначительно снижалось в результате колебаний получаемых объемов валового сбора подсолнечника. Так, самые значительные снижения наблюдались в 2008 году в связи с низким валовым сбором 2007 года (отрицательный прирост по сравнению с предыдущим годом составил 18,3%) и в 2010 году из-за аномальной жары, которая стояла практически на всей территории РФ (отрицательный прирост по сравнению с предыдущим годом составил 17,4%).

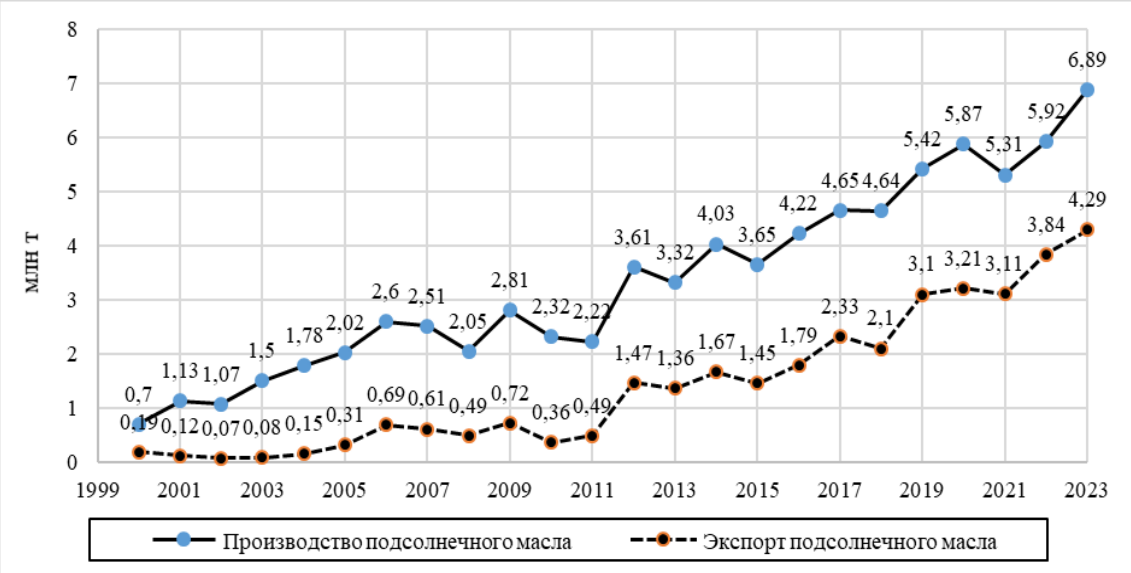


Рис. 4 – Динамика производства подсолнечного масла и его экспорт в РФ в 2000-2023 года

В целом за период 2000-2023 года в производстве подсолнечного масла наблюдается устойчивая тенденция к росту. В 2023 году показатель достиг значения 6,89 млн тонн, превысив данные 2000 года почти в десять раз (в 9,8 раз), а показатель 2015 года – почти в 2 раза (в 1,9 раз). В среднем с 2019 год по 2023 год производилось более 5 млн тонн подсолнечного масла ежегодно.

Интенсивное целенаправленное увеличение производства растительного масла в России связано с двумя обстоятельствами. Во-первых, традиционно данный продукт занимает важное место в кулинарных традициях страны (75% от всего потребления растительного масла приходится на подсолнечное), что определяет высокий внутренний спрос населения. Во-вторых, подсолнечное масло – это продукт, расширение экспорта которого является важной экономической задачей. Желание удовлетворить внутренние продовольственные потребности населения и нарастить экспорт согласуется с получаемыми высокими валовыми сборами подсолнечника последних пяти лет в результате использования новых гибридных сортов с хорошей урожайностью, прироста посевных площадей и благоприятными погодными условиями 2019-2023 года.

Наибольшую долю в производстве подсолнечного масла имеет Центральный федеральный округ (33,8%), с небольшим отрывом от него на втором месте находится Южный федеральный округ (31,5%), на третьем месте – Приволжский федеральный округ (28,9%), т.е. почти все производственные мощности располагаются в регионах выращивания подсолнечника. Вклад остальных федеральных округов в производство подсолнечного масла довольно незначительный, он составляет около 5,8%.

Увеличение интенсивности производства подсолнечного масла в России вместе с его высокой конкурентоспособностью на мировом рынке, связанной с более низкой себестоимостью выращивания подсолнечника, позволили нарастить экспорт подсолнечного масла в 2023 году до 4,29 млн тонн, т.е. увеличить в 22,6 раза по сравнению с 2000 годом и в 3 раза по сравнению с 2015 годом. Подобное укрепление позиций страны на мировом рынке является несомненным достижением. Более того, по прогнозам Масложирового Союза России в 2024 году РФ имеет все шансы стать лидером по экспорту подсолнечного масла в мире. Три крупнейшие компании ГК «Эфко», «Юг России» и «Астон» осуществляют 50% всех экспортных сделок по российскому подсолнечному маслу, эти же компании контролируют и внутренний рынок страны. Надо сказать, что помимо экспорта подсолнечного масла, в 2024 году Россия планирует увеличить экспорт и других видов растительных масел, например, рапсового и соевого, однако их объемы планируются быть более скромными: по данным Масложирового союза России, они составят 1,1 и 0,85 млн тонн соответственно.

Доля экспорта подсолнечного масла в общем объеме его производства в 2000 году составляла 27,1%, к 2003 году она снизилась до 5,3% (до минимального значения за весь период 2000-2023 года). Начиная с 2004 года наметился рост показателя, и в период 2006-2011 года доля экспорта уже находилась в пределах 23-26% за исключением 2010 года, когда показатель упал до 15,7% в связи с неурожаем из-за аномальной жары. В 2012 году доля экспорта подсолнечного масла в общем объеме его производства составила уже более 40% и продержалась приблизительно на этом уровне до 2016 года. Начиная с 2017 года показатель начинает стремительно расти (рис. 5), достигнув в 2022 году значения 65,1% и в 2023 году – 62,2%.

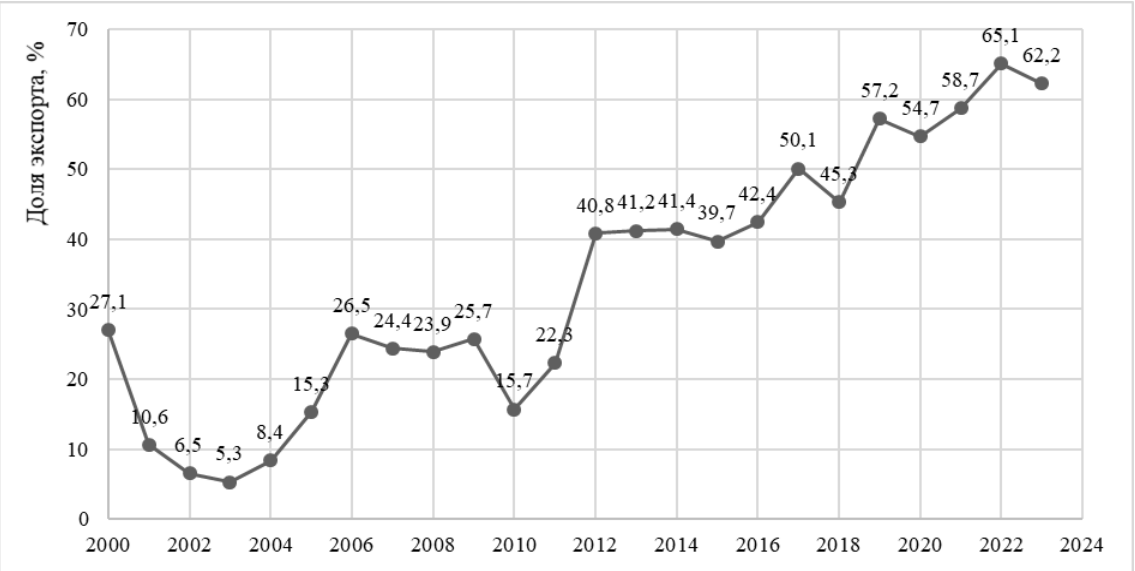


Рис. 5 – Динамика доли экспорта подсолнечного масла в общем объеме его производства в РФ в 2000-2023 года

Проведенный анализ производства и переработки подсолнечника позволил получить прогнозы валового сбора подсолнечника, урожайности подсолнечника, производства подсолнечного масла и экспорта подсолнечного масла на 2024 год и 2025 год Прогнозы строились по трендовым моделям с использованием фиктивных переменных на основе официальных данных Росстата за 2000-2023 года со следующими условными обозначениями:

x_1 – валовой сбор подсолнечника, тыс. т;

x_2 – урожайность подсолнечника, ц/га;

x_3 – производство подсолнечного масла, млн т;

x_4 – экспорт подсолнечного масла, млн т;

t – показатель времени (t = 1, 2, …, 24);

d_1 – фиктивная переменная, обозначающая годы с неблагоприятными погодными условиями (2001 год, 2010 год):

$$d_1 = \begin{cases} 1, \text{при } t = 2,11; \\ 0, \text{при } t \neq 2,11. \end{cases}$$

d_2 – фиктивная переменная, обозначающая годы с благоприятными погодными условиями (2019 год, 2022 год, 2023 год):

$$d_2 = \begin{cases} 1, \text{при } t = 20,23,24; \\ 0, \text{при } t \neq 20,23,24. \end{cases}$$

Модель, описывающая изменение валового сбора подсолнечника в зависимости от времени и погодных условий, имеет следующий вид:

$$x_1 = 2654,29 + 486,28t - 1800,6d_1 + 2634,13d_2$$

Характеристики качества полученной модели: коэффициент детерминации – 0,953 (полученное уравнение описывает изменение валового сбора в зависимости от времени и погодных условий на 95,3%), уравнение значимо на уровне 0,05 по критерию Фишера (F (3,20)=137,67 с рассчитанным уровнем значимости p<0,000000031), регрессионные коэффициенты значимы по критерию Стьюдента на уровне 0,05 ($t_0(20)$=5,704 и p_0<0,000014; t_1 (20)=13,813 и p_1<0,000002; $t_2(20)$=-2,405 и p_2<0,025979; $t_3(20)$=3,679 и p_3<0,001487); автокорреляция в остатках уравнения по критерию Дарбина-Уотсона отсутствует.

Зависимость урожайности подсолнечника от времени и погодных условий, описывается следующей трендовой моделью:

$$x_2 = 8,802 + 0,36528t - 2,47636d_1 + 1,27344d_2$$

Характеристики качества полученной модели: коэффициент детерминации – 0,946 (полученное уравнение описывает изменение урожайности в зависимости от времени и погодных условий на 94,6%), уравнение значимо на уровне 0,05 по критерию Фишера (F(3,20) =134,73; рассчитанный уровень значимости p<0,000000017), регрессионные коэффициенты значимы по критерию Стьюдента на уровне 0,05 ($t_0(20)$=25,096 и p_0<0,000002; $t_1(20)$=13,765 и p_1<0,000031; $t_2(20)$=-4,388 и p_2<0,000284; $t_3(20)$=2,36 и p_3<0,028558); автокорреляция в остатках по критерию Дарбина-Уотсона отсутствует.

Трендовая модель производства подсолнечного масла, учитывающая в том числе объем валового сбора подсолнечника, имеет вид:

$$x_3 = 0,168331t + 0,000135x_1$$

Характеристики качества полученной модели: коэффициент детерминации – 0,989 (полученное уравнение описывает изменение производства подсолнечного масла в зависимости от времени и валового сбора на 98,9%), уравнение значимо на уровне 0,05 по критерию Фишера (F(2,22)=965,66; рассчитанный уровень значимости p<0,000004), регрессионные коэффициенты значимы по критерию Стьюдента на уровне 0,05 ($t_1(22)$=4,348614 и p_1<0,000257; $t_2(22)$=2,399 и p_2<0,025328); автокорреляция в остатках по критерию Дарбина-Уотсона отсутствует. Коэффициент корреляции Пирсона между производством подсолнечного масла и валовым сбором высокий (0,948), что определило включение последнего показателя в модель.

Трендовая модель экспорта подсолнечного масла включает помимо временного показателя валовой сбор подсолнечника и объем производства растительного масла. Модель имеет вид:

$$x_4 = -1,24306 - 0,08402t + 0,00013x_1 + 0,76237x_3$$

Характеристики качества полученной модели: коэффициент детерминации – 0,973 (полученное уравнение описывает изменение объема экспорта подсолнечного масла в зависимости от времени, валового сбора и размера производства подсолнечного масла на 97,3%), уравнение значимо на уровне 0,05 по критерию Фишера (F(3,20)=236,47; рассчитанный уровень значимости p<0,000000012), регрессионные коэффициенты значимы по критерию Стьюдента на уровне 0,05 ($t_0(20)$=10,364 и p_0<0,0000003; $t_1(20)$=0,015 и p_1<0,000257; $t_2(20)$=3,299 и p_2<0,003611; $t_3(20)$=6,314 и p_3<0,0000004;); автокорреляция в остатках по критерию Дарбина-Уотсона отсутствует. Коэффициенты корреляции Пирсона между экспортом подсолнечного масла и его производством составил 0,977; между экспортом подсолнечного масла и размером валового сбора равен 0,954. Высокие значения коэффициентов повлияли на решение включить их в прогнозную модель.

Прогнозы валового сбора подсолнечника, урожайности подсолнечника, производства подсолнечного масла и его экспорта на 2024 год и 2025 год при разных погодных условиях (благоприятных, типичных и неблагоприятных) представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Прогнозы валового сбора и урожайности подсолнечника, производства и экспорта подсолнечного масла в РФ на 2024-2025 года

Прогнозные годы	Значение прогноза при неблагоприятных погодных условиях	Значение прогноза при типичных погодных условиях	Значение прогноза при благоприятных погодных условиях
Валовой сбор подсолнечника, тыс. тонн			
2024	13011	14811	17445
2025	13497	15298	17932
Урожайность подсолнечника, ц/га			
2024	15,5	17,9	19,2
2025	15,8	18,3	19,6
Производство подсолнечного масла, млн т			
2024	5,96	6,21	6,56
2025	6,20	6,44	6,80
Экспорт подсолнечного масла, млн т			
2024	2,90	3,32	3,94
2025	3,06	3,48	4,10

Структура производства подсолнечника по федеральным округам России носит неравномерный характер, что связано с климатическими условиями регионов (табл. 2). Наибольшая доля (37,8% в 2022 году) производства приходится на Приволжский федеральный округ. Второе место по валовому сбору занимает Южный федеральный округ (28,1% в 2022 году). На третьем месте находится Центральный федеральный округ (23% в 2022 году). На эти федеральные округа приходилось 89% всего производства подсолнечника в 2022 году. Небольшое производство подсолнечника имеют Сибирский и Северо-Кавказский федеральные округа, их доли в 2022 году составили 5,9% и 4,1% соответственно. Практически неразвито культивирование подсолнечника в Северо-Западном, Уральском и Дальневосточном федеральных округах, вместе они занимают чуть больше 1 % всего валового сбора по стране.

Таблица 2 - Структура производства подсолнечника по федеральным округам РФ, %*

Федеральный округ	2015	2020	2021	2022
Приволжский	30,289	36,350	33,680	37,794
Южный	29,730	26,821	28,780	28,149
Центральный	30,376	28,088	26,420	23,008
Сибирский	4,262	5,205	6,341	5,880
Северо-Кавказский	4,805	2,976	3,997	4,094
Уральский	0,539	0,560	0,768	1,040
Дальневосточный	0,001	0,000	0,007	0,024
Северо-Западный	0,000	0,000	0,009	0,011
Российская Федерация	*100*	*100*	*100*	*100*

*Расчеты сделаны автором на основе официальных данных Росстата (https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Reg_Rus_Pokaz_2023.htm)

В структуре производства подсолнечника со временем происходят определенные сдвиги. Так, выросла доля Приволжского федерального округа на 6,1 п.п. в 2020 году по сравнению с 2015 годом, затем доля снизилась на 2,7 п.п. в 2021 году и вновь увеличилась на 4,1 п.п. в 2022 году. При этом Приволжский федеральный округ на протяжении периода с 2015 год. по 2022 год продолжает оставаться лидером по валовому сбору подсолнечника с большим отрывом от других федеральных округов.

Довольно стабильна доля Южного федерального округа в общем производстве подсолнечника, она колеблется в пределах 26,8-29,7%.

Наметилась тенденция к снижению доли в общем объеме производства у Центрального федерального округа: в 2020 году по сравнению с 2015 годом она уменьшилась на 2,3 п.п., через год – еще на 1,7 п.п., а в 2022 году произошло уже существенное снижение на 3,4 п.п.

Небольшое увеличение доли в общем объеме производства подсолнечника замечено у Дальневосточного, Уральского и Северо-Западного федеральных округов, что связано не столько с увеличением посевных площадей, сколько с ростом урожайности в следствие благоприятных погодных условий 2020-2022 года и активным использованием гибридных семян для посевов с лучшей урожайностью. Однако вклад этих округов в общее производство подсолнечника продолжает оставаться незначительным в пределах 1-1,5 %.

В ходе исследования была проведена оценка величины структурных различий

с помощью интегрального коэффициента Гатева, индекса Салаи и индекса В.М. Рябцева (табл. 3). Первые два показателя позволяют охарактеризовать интенсивность изменения структуры, которая оценивается по шкале от 0 до 1. Так, по сравнению с 2015 годом наименьшие изменения структуры наблюдались в 2021 году, наибольшие – в 2022 году.

Таблица 3 - Показатели структурных различий производства подсолнечника по федеральным округам России

Показатель структурных различий	По сравнению со структурой 2015 г.		
	2020 год	2021 год	2022 год
Коэффициент Гатева	0,139	0,109	0,204
Индекс Салаи	0,468	0,457	0,499
Индекс В.М. Рябцева	0,069	0,055	0,102

Интерпретация результатов осуществлялась по шкале В.М. Рябцева для оценки меры существенности различий структур. В соответствии с нею 2020 год и 2015 год, а также 2021 год и 2015 год имеют «весьма низкий уровень» различий структур. Более заметные различия структур («низкий уровень») наблюдается у 2022 год и 2015 год. Таким образом, можно сделать вывод, что структура производства подсолнечника по федеральным округам России за период 2015-2022 года не претерпела каких-либо существенных изменений.

К разряду обсуждаемых вопросов и дальнейших исследований можно отнести определение и анализ факторов улучшения достигнутых показателей производства и переработки подсолнечника. В этой связи важное значение имеет определение оптимальных размеров посевных площадей с точки зрения «затраты-результат». При этом немаловажным фактором становится совершенствование самих агротехнических приемов возделывания масличных культур.

Выводы. Производство масличных культур имеет стратегическое значение для Российской Федерации в плане обеспечения продовольственной безопасности страны. Главной масличной культурой в нашей стране является подсолнечник. Продукт его переработки – подсолнечное масло занимает важное место не только во внутреннем потреблении страны, но и относится к важнейшим экспортным продуктам.

Анализ тенденций в производстве подсолнечника и подсолнечного масла позволил сделать вывод о наличии устойчивой линейной тенденции к росту валового сбора подсолнечника за счет увеличения посевных площадей и улучшения урожайности в результате использования гибридных семян и, как следствие, также наличие устойчивых линейных тенденций к росту производства подсолнечного масла и его экспорта в другие страны. Поскольку данные показатели во многом зависят от погодных условий того или иного года, то для прогнозирования были выбраны трендовые модели с фиктивными переменными. Таким образом, согласно полученным моделям можно ожидать значение валового сбора подсолнечника в 2024 году в пределах от 13011 до 17445 тыс. т, в 2025 году – от 13497 до 17932 тыс. т; урожайности в 2024 году – от 15,5 до 19,2 ц/га, в 2025 году – от 15,8 до 19,6 ц/га; производства подсолнечного масла в 2024 году – от 5,96 до 6,56 млн т, в 2025 году – от 6,2 до 6,8 млн т; экспорта подсолнечного масла в 2024 году – от 2,9 до 3,94 млн т, от 3,06 до 4,1 млн т.

Динамика структуры производства подсолнечника по федеральным округам в 2020-2022 года не имеет статистически значимых различий по сравнению со структурой 2015 год на основе коэффициента Гатева, индексов Салаи и В.М. Рябцева, т.е. территориальное распределение производственных мощностей за исследуемый период (2015-2023 года) в динамике относительно стабильно.

Литература

1. Щетинина И. В. Обострение проблем продовольственной безопасности в современных международных условиях // ЭКО. 2023. № 8(590). С. 77-103.

2. Цветков В. А., Анищенко А. Н. Продовольственная безопасность - глобальная проблема в условиях геополитической напряженности // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 11. С. 2-5.

3. Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. N 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».

4. Черкасова О. В., Цветнов Е. В., Оймахмадова К. Б. Основные проблемы обеспечения продовольственной безопасности Республики Таджикистан // Экономика сельского хозяйства России. 2019. № 1. С. 79-86.

5. Gavrilova N., Kostelyanets S. Food security in East Africa // Pathways to Peace and Security. 2022. No. 2(63). P. 82-98.

6. Tabe-Ojong, M. P. Jr. “Climate-smart agriculture and food security: Cross-country evidence from West Africa” / M. P. Jr. Tabe-Ojong, G. B. D. Aihounton, J. C. Lokossou // Global Environmental Change. 2023. Vol. 81. P. 102697.

7. A conceptual framework of urban food security and nutrition in low- and middle-income country settings applied to the Asia-Pacific region / P. Griffiths, E. Rousham, S. Goudet [et al.] // Maternal and Child Nutrition. 2023.

8. An integrative analytical framework of water-energy-food security for sustainable development at the country scale: A case study of five Central Asian countries / L. Hao, P. Wang, J. Yu, H. Ruan // Journal of Hydrology. 2022. Vol. 607. P. 127530.

9. Delgado C., Tschunkert K. Food Security in Conflict and Peacebuilding settings: beyond a humanitarian concern // Pathways to Peace and Security. 2022. No. 2(63). P. 38-61.

10. Escobar-Alegria, J. L. How country policy actors understand sustainability of food and nutrition security policy / J. L. Escobar-Alegria, E. A. Frongillo, Ch. E. Blake // Global Food Security. 2022. Vol. 32. P. 100603.
11. Федеральная служба государственной статистики. https://rosstat.gov.ru/folder/10705.
12. Продуктивность подсолнечника в условиях Центрального региона России / В. М. Никифоров, М. И. Никифоров, Н. М. Пасечник [и др.] // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1 (95). С. 42-47.

Сведения об авторах:
Чурилова Эльвира Юрьевна - кандидат экономических наук, доцент кафедры бизнес-аналитики факультета налогов, аудита и бизнес-анализа, e-mail: EChurilova@fa.ru
Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва, Россия

SUNFLOWER AND SUNFLOWER OIL PRODUCTION IN THE RUSSIAN FEDERATION: TRENDS AND FORECASTS

E. Yu. Churilova

Abstract. Currently, countries in the world are facing an acute problem of providing the population with food. Oil crops are of strategic importance for the Russian Federation to ensure food security of the country. Among oil crops, the main one is sunflower. Sunflower oil occupies an important place in the domestic consumption of the country, accounting for 75% of the total consumption of vegetable oil. Increasing the export of sunflower oil is an important economic task. The production of sunflower and sunflower oil have stable linear trends over time. Trend models with dummy variables characterizing weather conditions yielded the following forecast values: gross sunflower harvest in 2024 is forecast to be within the range of 13 011 to 17 445 thousand tons, in 2025 – from 13 497 to 17 932 thousand tons; yield in 2024 – from 15.5 to 19.2 c/ha, in 2025 – from 15.8 to 19.6 c/ha; sunflower oil production in 2024 – from 5.96 to 6.56 million tons, in 2025 – from 6.2 to 6.8 million tons; sunflower oil exports in 2024 – from 2.9 to 3.94 million tons, from 3.06 to 4.1 million tons. Analysis of the dynamics of the sunflower production structure by federal districts based on the Gatev coefficient, the Salai and V.M.Ryabtsev indices showed that the production structures of 2020, 2021 and 2022 do not have statistically significant differences compared to the structure of 2015, i.e. the territorial distribution of production capacities for the period under study is relatively stable in dynamics.

Key words: gross sunflower harvest, sunflower yield, sunflower oil production, sunflower oil exports, forecast for the production of sunflower and sunflower oil.

References

1. Shchetinina IV. [Aggravation of food security problems in modern international conditions]. EKO. 2023; 8(590). 77-103 p.
2. Tsvetkov VA, Anishchenko AN. [Food security - a global problem in the context of geopolitical tension]. Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii. 2023; 11. 2-5 p.
3. Ukaz Prezidenta RF ot 21 yanvarya 2020 g. № 20 “Ob utverzhdenii Doktriny prodovolstvennoy bezopasnosti Rossiiskoy Federatsii”. [Decree of the President of the Russian Federation of January 21, 2020 №20 “On approval of the Doctrine of food security of the Russian Federation”].
4. Cherkasova OV, Tsvetnov EV, Oymakhmadova KB. [The main problems of ensuring food security of the Republic of Tajikistan]. Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii. 2019; 1. 79-86 p.
5. Gavrilova N, Kostelyanets S. Food security in East Africa. Pathways to peace and security. 2022; 2(63). 82-98 p.
6. Tabe-Ojong MPJr., Aihounton GBD, Lokossou JC. “Climate-smart agriculture and food security: Cross-country evidence from West Africa”. Global Environmental Change. 2023; Vol.81. 102697 p.
7. Griffiths P, Rousham E, Goudet S. A conceptual framework of urban food security and nutrition in low- and middle-income country settings applied to the Asia-Pacific region. Maternal and child nutrition. 2023.
8. Hao L, Wang P, Yu J, Ruan H. An integrative analytical framework of water-energy-food security for sustainable development at the country scale: A case study of five Central Asian countries. Journal of Hydrology. 2022; Vol.607. 127530 p.
9. Delgado C, Tschunkert K. Food security in conflict and peacebuilding settings: beyond a humanitarian concern. Pathways to peace and security. 2022; 2(63). 38-61 p.
10. Escobar-Alegria JL, Frongillo EA, Blake ChE. How country policy actors understand sustainability of food and nutrition security policy. Global Food Security. 2022; Vol.32. 100603 p.
11. Federal State Statistics Service. [Internet]. Available from: https://rosstat.gov.ru/folder/10705.
12. Nikiforov VM, Nikiforov MI, Pasechnik NM. [Sunflower productivity in the conditions of the Central region of Russia]. Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. 2023; 1(95). 42-47 p.

Authors:
Churilova Elvira Yurevna – Ph.D. in Economics, Associate Professor of Business analytics Department of the Faculty of Taxes, Audit and Business analysis, e-mail: EChurilova@fa.ru
Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia.

К сведению авторов

Предоставляемые к публикации статьи, должны содержать результаты научных исследований в области экономики агропромышленного комплекса, механизации и технического сервиса, агрономии. Статьи проходят отбор на критерий актуальности и новизны рассматриваемых научных проблем.

Предполагается проверка предоставленного авторами материала в системе «Антиплагиат». Рекомендуемый объем статьи, включая приложения, должен составлять не менее 9 и не более 14 страниц. Статьи должны быть оформлены на листах формата А4, шрифт – Times New Roman, размер – 14 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля (обычные) сверху и снизу – 2 см, слева – 3 см справа – 1,5 см, абзац (отступ) – 0,5 см (не задавать пробелами), формат – книжный.

Если статья была или будет отправлена в другое издание необходимо сообщить об этом редакции.

Оформление статьи.

1. Слева в верхнем углу без абзаца печатается УДК статьи (проверяйте корректность выбранного УДК на сайте Всероссийского Института Научной и Технической Информации – ВИНиТИ).

2. Ниже, по-центру строки название статьи (название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким) жирным шрифтом заглавными буквами.

3. Затем жирными строчными буквами –инициалы и фамилия автора (ов). Пропускается одна строка.

4. После этого через пробел – реферат статьи (рекомендуемый объем – 200–250 слов) отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований с использованием цифровых данных. Запрещается разбивка реферата на абзацы, использование вводных слов и оборотов. Реферат может публиковаться самостоятельно и, следовательно, должна быть понятной без обращения к тексту статьи. По реферату публикации читатель должен иметь возможность определить, стоит ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации.

5. С нового абзаца – ключевые слова (не более 9 слов).

Слева строчными буквами печатается «Ключевые слова:» (без кавычек) и через запятую приводятся ключевые слова или словосочетания. Пропускается одна строка.

6. При написании научной статьи необходимо придерживаться следующей структуры изложения: «Введение», «Условия, материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Выводы».

7. В случае если ваша статья подготовлена при выполнении гранта и есть необходимость прописать данный источник, добавляем после выводов раздел, «**Сведения об источнике финансирования». К примеру – Сведения об источнике финансирования:** Работа выполнена по государственному заданию НИОКТР № 0477–2019–0005 при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

В разделе «Введение» предлагается постановка проблемы, должна быть сформулирована и обоснована цель работы и, если необходимо, рассмотрена ее связь с важными научными и практическими направлениями, дается теоретическое обоснование исследования. Должны присутствовать ссылки на публикации последних лет, в данной области включая зарубежных авторов.

В следующем разделе раскрываются особенности данного исследования, приводятся условия, материалы и методы исследований. Место исследования уточняется до области (края). Следует отразить время, место, методику и условия проведения опытов.

Главный раздел статьи посвящается представлению, анализу и обсуждению результатов. Полученные результаты должны быть освещены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.

В завершении представляются выводы и рекомендации.

Подзаголовки и заголовки набираются жирным шрифтом с заглавной буквы. Нумерация ссылок на библиографический список в тексте располагается в порядке упоминания источников. Ссылки на литературу в тексте приводятся в квадратных скобках, например: [1].

8. После основного текста статьи пропускается одна строка и по центру печатается заглавие «Литература» (без кавычек). Через одну строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту. Список литературы (не менее **десяти** источников, в том числе не менее **трех** зарубежных) оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008 и требованиями журнала, тщательно проверяется авторами и приводится в конце статьи. Нумерация ссылок в списке приводится в соответствии с порядком их упоминания в тексте. В одном пункте перечня следует указывать только один источник информации. Злоупотребление самоцитированием не допускается. Доля ссылок на собственные публикации авторов должна составлять не более 30% списка литературы. Цитирование работ какого-либо одного автора, не входящего в состав авторского коллектива рукописи, также не должно превышать 30%. Рекомендуется ссылаться не более чем на 2 публикации каждого из авторов. Доля ссылок на источники старше 10 лет не должна превышать 30% списка литературы, доля ссылок на публикации в журналах из ядра РИНЦ за последние 8 лет должна составлять не менее 50% списка литературы. Ссылки на учебники, учебные пособия, авторефераты диссертаций не принимаются. Также не принимаются ссылки на материалы конференций старше 2 лет. Число источников в «сериальных» ссылках должно быть не более трех.

Все источники должны иметь ссылку в тексте статьи.

9. «Сведения об авторах» Ф.И.О. (полностью), ученая степень, учёное звание, должность, указать кафедру или отдел, адрес для связи, e-mail и полное наименование организации.

Пропускается одна строка.

10. На английском языке печатается по центру печатается название статьи.

Так же на английском языке слева печатается реферат, затем ключевые слова.

11. Приводится библиографический список на латинице (путем транслитерации) под заголовком References. (Переводить только названия статей, остальное – в латинской транслитерации)

12. «Authors:» – информация на английском языке.

Иллюстрации к статье (при наличии) в формате JPEG, PNG, TIF должны быть четко выполненными, хорошего качества, наглядно иллюстрирующими текст. В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Нумерация рисунков производится в порядке ссылок по тексту. Нумерационный заголовок набирается выравниванием по центру. Тематический заголовок в той же строке, сразу после нумерационного (например: Рис. 1 –. Ссылка на рисунок в основном тексте оформляется в скобках: (рис. 1), если а тексте только один рисунок, то не нумеруется.

Таблицы представляются в редакторе WORD. Нумерация таблиц производится в порядке ссылок по тексту. В тексте статьи обязательно должны быть указаны ссылки на все представленные таблицы. Нумерационный заголовок набирается с выравниванием по центру (например: Таблица 1. …). Ссылка на таблицу в основном тексте оформляется в скобках, например: (табл. 1), если в тексте только одна таблица, то не нумеруется.

Простые **формулы**, не содержащие специальных символов (отсутствующих на клавиатуре), должны быть набраны символами с клавиатуры без использования специальных редакторов. Формулы, содержащие специальные символы (отсутствующие на клавиатуре), а также сложные и многострочные формулы должны быть целиком набраны в редакторе формул Microsoft Equation 2.0, 3.0 или MathType equation. Не допускается набор части формулы символами, а части – в редакторе формул. Не рекомендуется вставлять в текст формулы в виде рисунков. Ссылка на формулы в основном тексте оформляется в скобках, например: (1). В тексте обязательно должны быть указаны ссылки на все представленные формулы. Если в тексте статьи формулы нумеруются, то эту нумерацию следует выполнить ручным набором чисел. Автоматическая нумерация не допускается.

Авторы предоставляют в редакцию (одновременно):

– электронная версия статьи (по электронной почте: vestnik@kazgau.com) (шаблон ниже). Файл со статьей следует называть по фамилии первого автора (Иванов И.И. – Определение силы);

– сведения об авторах (в электронном виде): Ф.И.О. (полностью), ученая степень, учёное звание, должность, указать кафедру или отдел, адрес для связи, телефон, e-mail и полное наименование организации, эти же сведения на английском языке.

Звездочкой отмечается фамилия автора, с которым необходимо вести переписку;

– сопроводительное письмо на имя главного редактора журнала на бланке направляющей организации с заключением об актуальности работы и рекомендациями к опубликованию, с подписью руководителя учреждения.

– аспиранты предоставляют справку подтверждающую место учебы.

Поступившие и принятые к публикации статьи не возвращаются.

При условии выполнения формальных требований к материалам на публикацию, предоставленная автором рукопись статьи рецензируется, согласно установленного порядка рецензирования рукописей, поступающих в редакцию журнала. Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается главным редактором (заместителями главного редактора), а при необходимости – редколлегией в целом.

Редакция оставляет за собой право не регистрировать статьи, не отвечающие настоящим требованиям, а также право на воспроизведение материалов (опубликование, тиражирование) без ограничения тиража. Рукописи статей подвергаются редакционной обработке. Редакция оставляет за собой право вносить изменения, имеющие редакционный характер и не затрагивающие содержания статьи. Все статьи проходят институт рецензирования (экспертной оценки), по результатам которого редакционная коллегия принимает окончательное решение о целесообразности опубликования. За содержание статей юридическую и иную ответственность несут авторы. Статьи, направленные в редакцию без выполнения основных требований к публикуемым статьям, не рассматриваются. В случае отклонения статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

Публикация статей в журнале для аспирантов бесплатна соответственно доли участия, остальные авторы статьи оплачивают по стандартной тарификации.

Статьи отправлять на электронный адрес: vestnik@kazgau.com

For Authors

Articles submitted for publication must contain the results of scientific research in the field of economics of the agro-industrial complex, mechanization and technical service, agronomy. Articles are selected for the criterion of relevance and novelty of the scientific problems under consideration.

It is supposed to check the material provided by the authors in the "Antiplagiat" system. The recommended length of an article, including annexes, should be at least 9 and no more than 14 pages. Articles should be formatted on A4 sheets, font - Times New Roman, size - 14 pt, line spacing - 1.0. Margins (usual) above and below - 2 cm, on the left - 3 cm on the right - 1.5 cm, paragraph (indentation) - 0.5 cm (do not use spaces), format - book.

If the article was or will be sent to another publication, it is necessary to notify the editorial office about it.

Article design.

1. In the upper left corner, without a paragraph, the UDC of the article is printed (check the correctness of the selected UDC on the website of the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information - VINiTI).

2. Below, in the center of the line, the title of the article (the title of the article should reflect the main idea of the research, be as short as possible) in bold capital letters.

3. Then, in bold lowercase letters, the initials and surname of the author (s). One line is skipped.

4. After that, through a gap - the abstract of the article (the recommended volume is 200–250 words) reflects the topic of the article, value, novelty, main provisions and conclusions of research using digital data. It is forbidden to break the abstract into paragraphs, the use of introductory words and phrases. The abstract can be published independently and, therefore, should be understandable without referring to the text of the article. According to the abstract of the publication, the reader should be able to determine whether it is worth referring to the full text of the article to obtain more detailed information of interest to him.

5. From a new paragraph - keywords (no more than 9 words).

On the left, “Keywords:” is printed in lowercase letters (without quotes) and keywords or phrases are separated by commas. One line is skipped.

6. When writing a scientific article, it is necessary to adhere to the following structure of presentation: "Introduction", "Conditions, materials and methods", "Results and discussion", "Conclusions".

7. If your article was prepared during the implementation of the grant and there is a need to register this source, add the section "Information about the source of funding" after the conclusions. For example - Information about the source of funding: The work was carried out according to the state order of R&D

No. 0477–2019–0005 with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

In the "Introduction" section, a statement of the problem is proposed, the purpose of the work should be formulated and substantiated, and, if necessary, its connection with important scientific and practical areas should be considered, and a theoretical basis for the study is given. There should be links to publications of recent years, in this area, including foreign authors.

In the next section, the features of this research are revealed, conditions, materials and research methods are given. The place of research is specified to the area (edge). The time, place, methodology and conditions of the experiments should be reflected.

The main section of the article is devoted to the presentation, analysis and discussion of the results. The results obtained should be highlighted from the point of view of their scientific novelty and compared with the corresponding known data.

Finally, conclusions and recommendations are presented.

Subheadings and headings are capitalized in bold type. The numbering of references to the bibliographic list in the text is arranged in the order in which the sources are mentioned. Literature references in the text are given in square brackets, for example: [1].

8. After the main text of the article, one line is skipped and the title "Literature" is printed in the center (without quotes). A numbered list of sources in the order of links in the text is placed in one line. The list of literature (at least ten sources, including at least three foreign) is drawn up in accordance with GOST R 7.0.5-2008 and the requirements of the journal, carefully checked by the authors and given at the end of the article. References are numbered in the list in accordance with the order in which they appear in the text. Only one source of information should be indicated in one item on the list. Abuse of self-citation is not allowed. The share of references to the authors' own publications should be no more than 30% of the list of references. Citation of the works of any one author who is not part of the author's collective of the manuscript should also not exceed 30%. It is recommended to refer to no more than 2 publications of each of the authors. The share of references to sources older than 10 years should not exceed 30% of the list of references, the share of references to publications in journals from the RSCI core over the past 8 years should be at least 50% of the list of references. Links to textbooks, teaching aids, dissertation abstracts are not accepted. Also, links to materials are not accepted. conferences over 2 years old. The number of sources in "serial" links should be no more than three.

All sources must have a link in the text of the article.

9. "Information about the authors" (in full), academic degree, academic title, position, indicate the department or department, contact address, e-mail and full name of the organization

One line is skipped.

10. In English, the title of the article is printed in the center.

The abstract is also printed in English on the left, then the keywords.

11. There is a bibliographic list in Latin (by transliteration) under the heading References. (Translate only the titles of articles, the rest - in Latin transliteration)

12. "Authors:" - information in English.

Illustrations for the article (if any) in JPEG, PNG, TIF format must be clearly executed, of good quality, clearly illustrating the text. The text of the article must contain links to the presented figures. Figures are numbered in the order of references in the text. The numbered heading is set by center alignment. Thematic heading in the same line, immediately after the numbering (for example: Fig. 1 -. The link to the figure in the main text is made out in brackets: (Fig. 1), if there is only one figure in the text, then it is not numbered.

Tables are presented in a WORD editor. Tables are numbered in the order of links in the text. The text of the article must contain references to all the tables presented. The numbered heading is set with center alignment (for example: Table 1.…). The link to the table in the main text is made in brackets, for example: (Table 1), if there is only one table in the text, then it is not numbered.

Simple formulas that do not contain special characters (absent on the keyboard) must be typed in characters from the keyboard without using special editors. Formulas containing special characters (absent on the keyboard), as well as complex and multi-line formulas must be typed entirely in the Microsoft Equation 2.0, 3.0 or Math-Type equation editor. It is not allowed to type a part of a formula with symbols, and a part in the formula editor. It is not recommended to insert formulas in the form of pictures into the text. References to formulas in the main text are made in brackets, for example: (1). The text must contain references to all presented formulas. If formulas are numbered in the text of the article, then this numbering should be performed by manually dialing numbers. Automatic numbering is not allowed.

The authors submit to the editor (at the same time):

- an electronic version of the article (by e-mail: vestnik@kazgau.com) (template below). The file with the article should be named by the name of the first author (Ivanov I.I. - Determination of force);
- information about the authors (in electronic form): full name (in full), academic degree, academic rank, position, indicate the department or department, contact address, telephone, e-mail and full name of the organization, the same information in English.

The asterisk marks the surname of the author with whom it is necessary to carry out the census

- a cover letter addressed to the editor-in-chief of the journal on the letterhead of the sending organization with a conclusion on the relevance of the work and recommendations for publication, signed by the head of the institution.
- graduate students provide a certificate confirming the place of study.

Articles received and accepted for publication will not be returned.

Subject to the fulfillment of the formal requirements for the materials for publication, the manuscript of the article provided by the author is reviewed in accordance with the established procedure for reviewing manuscripts submitted to the editorial office of the journal. The decision on the expediency of publication after reviewing is made by the editor-in-chief (deputy editor-in-chief), and, if necessary, by the editorial board as a whole.

The editors reserve the right not to register articles that do not meet these requirements, as well as the right to reproduce materials (publication, duplication) without limiting the circulation. Manuscripts of articles are subject to editorial processing. The editors reserve the right to make changes that are editorial in nature and do not affect the content of the article. All articles go through the institute of peer review (peer review), as a result of which the editorial board makes the final decision on the appropriateness of the publication. The authors are legally and otherwise responsible for the content of the articles. Articles sent to the editorial office without fulfilling the basic requirements for published articles are not considered. In case of rejection of the article, the editorial board sends a reasoned refusal to the author.

The publication of articles in the journal for graduate students is free, according to the participation share, the rest of the authors of the article pay according to the standard tariffication.

Articles should be sent to the email address: vestnik@kazgau.com

Ежеквартальный научный журнал

Вестник Казанского ГАУ

№ 4 (76), декабрь 2024 г.

Редактор – Михайлова Л.В.
Технический редактор – Шумков Т.А.
Коррекция переводов – Галлямова Н.Р.
Корректор – Барсукова Р.С.



Формат 60x84/8. Тираж 500. Дата выхода в свет: 27.12.2024
Печать офсетная. Усл. п. л. 20,75 Заказ 73. Цена свободная.
Издательство Казанского ГАУ / 420015 г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65.
Лицензия на издательскую деятельность код 221 ИД № 06342 от 28.11.2001.
Отпечатано в типографии Казанского ГАУ.
420015 г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65.
Казанский государственный аграрный университет