

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭМ-ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОКРЕМНИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ивенин А. В.¹ ✉, Ивенин В. В.², Петров Л. К.¹, Голубев С. М.²

¹Нижегородского научно исследовательского института сельского хозяйства –
отдела Нижегородского государственного агротехнологического университета
им. Л. Я. Флорентьева

(г. Нижний Новгород, Российская Федерация)

²Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л. Я. Флорентьева
(г. Нижний Новгород, Российская Федерация)

✉ a.v.ivenin@mail.ru

Реферат. Исследований проводили с целью поиска энергоэффективных технологий возделывания сортов озимой пшеницы посредством оптимизации систем защиты растений (в том числе с использованием химических и биологических средств) и минерального питания (микро- и макроудобрений). Работу выполняли в 2022–2025 годы в Нижегородской области. Схема полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов: сорт озимой пшеницы (фактор А) – Московская 39 (стандарт), Московская 40, Московская 56, Московская 82, Немчиновская 17, Немчиновская 57, Немчиновская 85; уровень минерального питания (фактор В) – без удобрений (контроль), $N_{10}P_{30}K_{30} + N_{50}$ в подкормку, $N_{20}P_{60}K_{60} + N_{100}$ в подкормку; биологически активные препараты (фактор С) – без обработки, опрыскивание растений Нанокремнием (100 г/га) весной в фазе кущения, предпосевная обработка семян Восток ЭМ-1 (100 мл/т), опрыскивание растений Восток ЭМ-1 (500 мл/га) в фазе кущения. Лидером по продуктивности оказался сорт Московская 82, адаптированный к местным почвенно-климатическим условиям. Его урожайность достигала 7,30 т/га, что превышало величину этого показателя у стандартного сорта Московская 39 на 1,33 т/га (22,3%). Применение минеральных удобрений в дозах $N_{10}P_{30}K_{30} + N_{50}$ и $N_{20}P_{60}K_{60} + N_{100}$ способствовало приросту урожайности, по сравнению с неудобранным фоном, на 0,39 и 0,52 т/га соответственно. Энергетическая оценка технологий показала преимущество использования биопрепарата Восток ЭМ-1. Наибольший в опыте коэффициент энергетической эффективности отмечен при предпосевной инокуляции семян (3,58) и при опрыскивании растений в фазе кущения (3,57), что выше величины этого показателя в вариантах без обработок (3,55) и с применением микроудобрения Нанокремний (3,53).

Ключевые слова: минеральное удобрение, Восток ЭМ-1, Нанокремний, озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), урожайность, коэффициент энергетической эффективности.

Для цитирования: Энергетическая эффективность возделывания сортов озимой пшеницы в зависимости от применения элементов ЭМ-технологий и нанокремния на различных фонах минерального питания в Нижегородской области / А.В. Ивенин, В.В. Ивенин, Л.К. Петров, С.М. Голубев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2026. Т. 21. № 2(82). С. 29-36. doi: 10.31588/2073-0462-2026-21-2-29-36

ENERGY EFFICIENCY OF WINTER WHEAT CULTIVATION DEPENDING ON THE USE OF EM-TECHNOLOGY ELEMENTS AND NANOSILICON ON VARIOUS MINERAL NUTRITION BACKGROUNDS IN NIZHNY NOVGOROD REGION

Ivenin A. V.^a ✉, Ivenin V. V.^b, Petrov L. K.^a, Golubev S. M.^b

^aNizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – Department of Nizhny Novgorod State
Agrotechnological University named after L.Ya. Florentev
(Nizhny Novgorod, Russian Federation)

^bNizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Ya. Florentyev
(Nizhny Novgorod, Russian Federation)

✉ a.v.ivenin@mail.ru

Abstract. The study was conducted to identify energy-efficient technologies for cultivating winter wheat varieties by optimizing plant protection systems (including chemical and biological agents) and mineral nutrition (micro- and macrofertilizers). The work was conducted from 2022 to 2025 in Nizhny Novgorod region. Field experiment scheme included the following options: winter wheat variety (factor A) – Moskovskaya 39 (standard), Moskovskaya 40, Moskovskaya 56, Moskovskaya 82, Nemchinovskaya 17, Nemchinovskaya 57, Nemchinovskaya 85; mineral nutrition level (factor B) – no fertilizers (control), $N_{10}P_{30}K_{30} + N_{50}$ as top dressing, $N_{20}P_{60}K_{60} + N_{100}$ as top dressing; biologically active preparations (factor C) – no treatment, spraying plants with Nanokremnie (100 g/ha) in spring at the

tillering stage, pre-sowing seed treatment with Vostok EM-1 (100 ml/t), spraying plants with Vostok EM-1 (500 ml/ha) at the tillering stage. Moskovskaya 82 variety, adapted to local soil and climatic conditions, turned out to be the leader in productivity. Its yield reached 7.30 t/ha, which exceeded the standard Moskovskaya 39 variety by 1.33 t/ha (22.3%). The use of mineral fertilizers at doses of $N_{10}P_{30}K_{30} + N_{50}$ и $N_{20}P_{60}K_{60} + N_{100}$ contributed to an increase in yield, compared to the unfertilized background, by 0.39 and 0.52 t/ha, respectively. An energy assessment of technologies showed the advantage of using Vostok EM-1 biopreparation. The highest energy efficiency coefficient in the experiment was noted with pre-sowing seed inoculation (3.58) and when spraying plants during the tillering phase (3.57), which is higher than the value of this indicator in the variants without treatment (3.55) and with the use of Nanokremniy microfertilizer (3.53).

Key words: mineral fertilizers, Vostok EM-1, Nanosilicon, winter wheat (*Triticum aestivum* L.), productivity, energy efficiency coefficient.

For citation: Ivenin AV, Ivenin VV, Petrov LK, Golubev SM. [Energy efficiency of winter wheat cultivation depending on the use of EM-technology elements and nanosilicon on various mineral nutrition backgrounds in Nizhny Novgorod region]. Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2026; Vol. 21. 2(82). 29-36 p. doi: 10.31588/2073-0462-2026-21-2-29-36

Введение. Ключевым условием прогресса зерновой отрасли служит внедрение в сельскохозяйственную практику высокопродуктивных сортов, максимально адаптированных к местным почвенно-климатическим условиям, а также постоянное совершенствование агротехнологий их возделывания. В последние годы существенным сдерживающим фактором на пути роста валовых сборов и улучшения качественных показателей зерна выступает дефицит применения минеральных удобрений, в первую очередь азотной группы. Это приводит к формированию отрицательного баланса питательных веществ в почве и, как следствие, к снижению ее плодородия. Одним из перспективных направлений решения этой проблемы – использование биологических препаратов, которые способны улучшить питание растений и оздоровить агроэкологическое состояние посевов. Вместе с тем, ключевая роль в преодолении сложившейся ситуации отводится оптимизации системы минерального питания [1, 2, 3].

Для полного раскрытия генетического потенциала перспективных сортов озимой пшеницы требуется создание технологий возделывания, учитывающих специфику зонально-экологических условий Нижегородской области. Базовым принципом таких технологий должно стать дифференцированное применение всех производственных ресурсов, включая макро- и микроудобрения, биопрепараты, а также современные средства защиты растений [4, 5, 6].

Главным критерием эффективности ведения сельского хозяйства выступает окупаемость вложенных затрат. В современной экономической реальности дать объективную оценку эффективности возделывания культур достаточно сложно из-за устойчивой тенденции удорожания горюче-смазочных материалов, энергоносителей, удобрений, пестицидов и семенного материала высоких репродукций. Ситуация усугубляется значительным колебанием цен на сельскохозяйственную продукцию в разные годы [7]. В связи с этим более объективную картину позволяет получить метод энергетической оценки. Этот подход

базируется на сопоставлении количества энергии, аккумулированной в урожае, с энергозатратами на его производство. Энергетический анализ дает возможность точнее сопоставлять отдельные элементы технологии производства по критерию энергоемкости и выявлять потенциальные резервы для экономии техногенной энергии в растениеводстве [8, 9].

Цель исследований – разработать энергетически выгодную технологию возделывания различных сортов озимой пшеницы с рациональным использованием средств химической и биологической защиты, минеральных микро- и макроудобрений в почвенно-климатических условиях Нижегородской области.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли на опытном поле ФГБОУ ВО Нижегородского государственного агротехнологического университета им. Л. Я. Флорентьева в 2022–2025 годы. Почва участка – светло-серая лесная, среднесуглинистая, с содержанием гумуса 1,43%. Пахотный слой характеризуется очень высоким содержанием подвижного (по Кирсанову) фосфора (252 мг/кг), высоким – калия (221 мг/кг) и слабокислой реакцией среды (pH_{KCl} 5,1).

Схема полевого опыта предполагала изучение следующих вариантов: сорта озимой пшеницы (фактор А) – Московская 39 (стандарт), Московская 40, Московская 56, Московская 82, Немчиновская 17, Немчиновская 57, Немчиновская 85; уровень минерального питания (фактор В) – без удобрений; $N_{10}P_{30}K_{30} + N_{50}$ в подкормку, $N_{20}P_{60}K_{60} + N_{100}$ в подкормку; биологически активные препараты (фактор С) – без обработки, Нанокремний (обработка растений в фазе кушения весной 0,1 кг/га), Восток ЭМ-1 (инокуляция семян перед посевом 0,1 л/т), Восток ЭМ-1 (обработка растений в фазе кушения весной 0,5 л/га).

Полевой опыт проводили методом систематического размещения делянок при четырехкратной повторности. Общая площадь делянки – 12 м², учетная – 11 м². Предшественником озимой пшеницы выступал чистый пар, обрабатываемый по общепринятой

для Нижегородской области технологии. Использование минеральных удобрений осуществляли в два приема. Основное внесение (диаммофоска 10:26:26) выполняли осенью под предпосевную культивацию агрегатом АКШ-4,2 на глубину заделки семян (4...6 см) в дозах согласно схеме опыта ($N_{10}P_{30}K_{30}$ и $N_{20}P_{60}K_{60}$). Весеннюю подкормку проводили аммиачной селитрой (34,4%) в дозах N_{50} и N_{100} соответственно, поделяночно вручную. Посевной материал всех вариантов подвергался предпосевной обработке: протравливанию фунгицидом Стингер Трио (0,5 л/т) и инсектицидом Имидор Про (1 л/т). За сутки до высева семена инокулировали препаратом Восток ЭМ-1, согласно схеме опыта. Нормы высева – 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Посев осуществляли сеялкой ССФК-7 в оптимальные агротехнические сроки – 1 сентября 2022 году, 7 сентября 2023 году и 4 сентября 2024 году. В комплекс работ по уходу входили следующие агроприемы: ранневесенняя подкормка аммиачной селитрой согласно схеме опыта с ручным поделяночным внесением (20.04.2023; 11.04.2024; 14.04.2025) и последующим боронованием; обработка посевов в фазе кущения баковой смесью, включающей фунгицид Альпари (0,5 л/га) и гербициды Гренери (20 г/га) и Примадонна (0,6 л/га) в фазе кущения; некорневая подкормка изучаемыми препаратами (Восток ЭМ-1 и Нанокремний) (ранцевым опрыскивателем) за день до пестицидной обработки. Урожай учитывали сплошным методом при прямом комбайнировании Сампо 130 с каждой делянки индивидуально в следующие сроки: 28.07.2023 году, 24.07.2024 году, 30.07.2025 году.

Препарат Восток ЭМ-1 – это биологический препарат нового поколения, основу которого составляет комплекс молочнокислых бактерий и дрожжей (не менее 1×10 КОЕ /см³ каждого), а также продукты их метаболизма. Вспомогательными компонентами выступают вода, сахар и патока. Нанокремний – препарат обогащен биодоступными наночастицами кремния (50%) и микроэлементами в хелатной форме, включая железо (6%), медь (1%) и цинк (0,5%).

Энергетическую эффективность производства определяли расчетно-аналитическим методом на базе технологических карт и системы энергетических эквивалентов. В качестве нормативной основы использованы показатели энергосодержания основной и побочной продукции согласно методическому пособию по определению энергозатрат при производстве продовольственных ресурсов и кормов для условий Северо-Востока Европейской части РФ, на основе технологических карт с применением энергетических эквивалентов [10]. Энергетический эквивалент продукции озимой пшеницы равен 34,4 МДж/кг; минеральных удобрений: аммиачной селитры 1 кг физической массы – 29,95 МДж/га (одинарная доза – 145 кг/га;

двойная – 290 кг/га); диаммофоски – 41,93 МДж/га (одинарная доза – 109 кг/га; двойная – 218 кг/га); применение биопрепарата – 230 МДж/га (Восток ЭМ-1 на гектарную дозу. При инокуляции семян затраты соответственно составили 15 МДж/га); микроудобрение – 460 МДж/га (Нанокремний).

Математическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы статистической обработки Statist.

Для анализа погодных условий вегетации озимой пшеницы были обработаны данные метеостанции, расположенной в Ройке (Кстовский район), за период 2023–2025 годы, предоставляемые согласно договору № 25 А/2026 от 22 января 2026. Сравнение с среднемноголетними значениями выявило устойчивую тенденцию к повышению температуры и увеличению количества осадков в зимне-весенние периоды всех трех лет. Однако последствия этой тенденции для озимой пшеницы разнились – если в 2023 и 2025 годы это способствовало успешной перезимовке, то в 2024 году спровоцировало всплеск грибковых заболеваний (снежная плесень) и выпревание растений. В 2023 году при средней за вегетационный период величине ГТК=1,3 (при среднемноголетнем значении ГТК=1,3) отмечена сильная дифференциация по месяцам – засушливые май и июнь (0,6 и 0,8, при среднемноголетних значениях в эти периоды – 1,3) сменились влажным июлем (2,2, среднемноголетнее значение – 1,3), что оказалось критически важным для налива зерна. Вегетационный период 2024 году, несмотря на общий избыток влаги (ГТК=1,6), включал в себя длительную засуху (с конца мая до середины июля) с последующими обильными осадками третьей декады июля (ГТК=2,9). В отличие от предыдущих лет, вегетация 2025 году проходила в условиях стабильного и равномерного увлажнения, превышающего норму – величина ГТК за сезон составила 2,0, а помесечные значения варьировали от 1,3 до 2,9, что обеспечило идеальные условия для роста и развития растений и, как следствие, получения высокой урожайности.

Результаты и обсуждение. Результаты трехлетних исследований демонстрируют существенное преимущество сорта Московская 82. Его средняя урожайность составила 7,30 т/га, что достоверно превышает величину этого показателя у контрольного сорта Московская 39 (5,97 т/га) на 1,33 т/га, или на 22,3% (НСР₀₅ по фактору А = 0,21). Высокая продуктивность сорта обусловлена двумя факторами: во-первых, это сорт интенсивного типа, максимально реализующий свой потенциал при внесении удобрений и использовании биопрепаратов; во-вторых, он обладает высоким уровнем адаптивности к местным почвенно-климатическим условиям, так как выведен в зональных условиях региона

проведения полевого опыта, в результате сотрудничества ФИЦ «Немчиновка» и Нижегородского НИИСХ.

Применение минеральных удобрений в дозах $N_{10}P_{30}K_{30}+N_{50}$ и $N_{20}P_{60}K_{60}+N_{100}$ повышает урожайность озимой пшеницы соответственно на 0,39 (на 6,1%) и 0,52 (на 8,2%) т/га по сравнению с фоном без удобрений (HCP_{05} по фактору $B=0,13$) (табл. 1).

При этом использование двойной дозы минерального питания $N_{20}P_{60}K_{60}+N_{100}$ достоверно превышает урожайность пшеницы на 0,13 т/га (1,9%), по сравнению с применением одинарной ($N_{10}P_{30}K_{30}+N_{50}$) дозы. Применение биопрепарата Восток ЭМ-1 (как при инокуляции семян, так и при обработке вегетирующих растений в фазе кущения при весеннем отрастании) и некорневой

подкормке препаратом Нанокремний способствует существенному росту продуктивности озимой пшеницы: прибавка урожайности относительно контроля варьируют в интервале 0,22...0,55 т/га, или на 3,4...8,6% (HCP_{05} по фактору $C = 0,12$ т/га). Кроме того, применение биопрепарата Восток ЭМ-1 изучаемыми способами повышает урожайность пшеницы по сравнению с вариантом использования Нанокремния на 0,20...0,33 т/га (на 3,0...5,0%) (HCP_{05} по фактору $C=0,16$ т/га). Применение биопрепарата Восток ЭМ-1 в виде некорневой подкормки более эффективно, чем инокуляция этим препаратом семян, перед посевом: выявлено достоверное увеличение урожайности на 0,13 т/га (1,9%) (HCP_{05} по фактору $C=0,12$ т/га) (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность сортов озимой пшеницы в зависимости от применения минеральных удобрений и биопрепарата (среднее за 2023–2025 годы)

Table 1 – Yield of winter wheat varieties depending on the use of mineral fertilizers and a biopreparation (average for 2023–2025)

Фон удобрений (фактор В)	Обработка препаратами (фактор С)	Сорт (фактор А)							
		Московская 39	Московская 40	Московская 56	Московская 82	Немчиновская 17	Немчиновская 57	Немчиновская 85	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Без удобрений	без обработки	5,43	5,72	5,98	6,98	5,88	6,01	6,17	6,02
	Нанокремний ***	5,76	6,01	6,32	7,11	6,02	6,35	6,33	6,27
	Восток ЭМ-1 *	5,91	6,04	6,52	7,19	6,23	6,68	6,43	6,43
	Восток ЭМ-1 ***	5,85	6,25	6,67	7,29	6,51	6,82	6,61	6,57
	среднее	5,74	6,01	6,37	7,14	6,16	6,47	6,39	6,32
$N_{10}P_{30}K_{30}+N_{50}$	без обработки	5,80	6,22	6,24	7,11	6,33	6,72	6,55	7,50
	Нанокремний ***	5,94	6,35	6,48	7,34	6,91	6,89	6,72	6,66
	Восток ЭМ-1 *	6,19	6,63	6,69	7,51	7,09	7,04	6,70	6,84
	Восток ЭМ-1 ***	6,20	6,80	6,86	7,53	7,27	7,13	6,85	6,95
	среднее	6,03	6,50	6,57	6,57	6,90	6,95	6,71	6,71
$N_{20}P_{60}K_{60}+N_{100}$	без обработки	6,01	6,29	6,26	7,16	6,49	6,75	6,80	6,54
	Нанокремний ***	6,12	6,42	6,46	7,35	6,84	6,98	6,93	6,73
	Восток ЭМ-1 *	6,23	6,60	6,97	7,43	7,17	7,45	6,96	6,97
	Восток ЭМ-1 ***	6,20	6,75	7,09	7,62	7,39	7,76	7,06	7,12
	среднее	6,14	6,52	6,70	7,39	6,97	7,24	6,94	6,84

Продолжение таблицы 1 / Table 1 (continued)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Среднее	без обработки	5,75	6,08	6,16	7,08	6,23	6,49	6,51	6,33
	Нано-кремний ***	5,94	6,26	6,42	7,27	6,59	6,74	6,66	6,55
	Восток ЭМ-1 *	6,11	6,42	6,73	7,38	6,83	7,06	6,70	6,75
	Восток ЭМ-1 ***	6,08	6,60	6,87	7,48	7,06	7,24	6,84	6,88
	среднее	5,97	6,34	6,55	7,30	6,68	6,88	6,68	6,63
НСР ₀₅ для факторов		A=0,21; B=0,13; C=0,12; AB=0,28; AC=0,43; BC=0,37; ABC=0,74							

* инокуляция семян

** прикорневая подкормка в фазе кущения (весной)

*** некорневая подкормка в фазе кущения (весной)

* seed inoculation

** root feeding at the tillering stage (in spring)

*** foliar feeding at the tillering stage (in spring)

Результаты энергетической оценки за трехлетний период демонстрируют высокую эффективность местного сорта озимой пшеницы Московская 82. Именно он лидирует по величине окупаемости совокупных энергозатрат.

Величина коэффициента энергетической эффективности (КЭЭ) для этого сорта в среднем составила 3,60, что на 2,9% (или 0,10 единицы) превышает результат сорта-стандарта Московская 39 (табл. 2).

Таблица 2 – Коэффициенты энергетической эффективности возделывания сортов озимой пшеницы при комплексном использовании минеральных удобрений и биопрепарата (среднее за 2023–2025 годы)

Table 2 – Energy efficiency coefficients for the cultivation of winter wheat varieties with the integrated use of mineral fertilizers and a biopreparation (average for 2023–2025)

Фон удобрений (фактор В)	Обработка препаратами (фактор С)	Сорт (фактор А)							
		Московская 39	Московская 40	Московская 56	Московская 82	Немчиновская 17	Немчиновская 57	Немчиновская 85	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Без удобрений	без обработки	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14
	Нано-кремний ***	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11
	Восток ЭМ-1 *	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14
	Восток ЭМ-1 ***	4,13	4,12	4,13	4,13	4,12	4,13	4,13	4,13
	среднее	4,13	4,13	4,13	4,13	4,13	4,13	4,13	4,13
N ₁₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₅₀	без обработки	3,50	3,53	3,54	3,60	3,54	3,57	3,74	3,57
	Нано-кремний ***	3,48	3,52	3,53	3,59	3,56	3,56	3,55	3,54
	Восток ЭМ-1 *	3,53	3,57	3,57	3,63	3,60	3,60	3,57	3,58
	Восток ЭМ-1 ***	3,52	3,57	3,57	3,61	3,60	3,59	3,57	3,58
	среднее	3,51	3,55	3,55	3,61	3,58	3,58	3,60	3,57
N ₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₀₀	без обработки	3,05	3,09	3,09	3,19	3,11	3,14	3,15	3,12
	Нано-кремний ***	3,05	3,09	3,09	3,19	3,13	3,15	3,14	3,12

Продолжение таблицы 2 / Table 2 (continued)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N ₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₀₀	Восток ЭМ-1 *	3,08	3,13	3,17	3,21	3,19	3,22	3,17	3,17
	Восток ЭМ-1 ***	3,07	3,13	3,17	3,22	3,20	3,24	3,17	3,17
	среднее	3,06	3,11	3,13	3,20	3,16	3,19	3,16	3,15
Среднее	без обра- ботки	3,56	3,59	3,59	3,64	3,60	3,62	3,68	3,61
	Нано- кремний ***	3,55	3,57	3,58	3,63	3,60	3,61	3,60	3,59
	Восток ЭМ-1 *	3,58	3,61	3,63	3,65	3,65	3,66	3,63	3,63
	Восток ЭМ-1 ***	3,57	3,61	3,62	3,65	3,64	3,64	3,62	3,62
	среднее	3,57	3,60	3,61	3,64	3,62	3,63	3,63	3,61

* инокуляция семян

** прикорневая подкормка в фазе кущения (весной)

*** некорневая подкормка в фазе кущения (весной)

* seed inoculation

** root feeding at the tillering stage (in spring)

*** foliar feeding at the tillering stage (in spring)

Расчет энергетических затрат показал, что внесение минеральных удобрений в дозах N₁₀P₃₀K₃₀ + N₅₀ и N₂₀P₆₀K₆₀ + N₁₀₀ выступает энергосэкономным способом повышения урожайности. Прирост энергии в урожае не покрывает антропогенных энергосэкономных затрат на его производство, вследствие чего максимальная энергетическая отдача (КЭЭ = 4,13) достигается исключительно благодаря мобилизации почвенных ресурсов (вариант без удобрений). Энергетический эффект становился меньше с увеличением доз минеральных удобрений: КЭЭ в варианте с применением N₁₀P₃₀K₃₀ + N₅₀ составлял 3,57, а в варианте N₂₀P₆₀K₆₀ + N₁₀₀ – 3,15. Это связано с неблагоприятными условиями вегетации растений озимой пшеницы в 2023 и 2024 годы, что повлияло на усвояемость элементов питания из минеральных удобрений и величину прибавки от их применения (табл. 2).

Применение биопрепарата Восток ЭМ-1 (как в виде инокуляции семян, так и в виде некорневой обработки в фазе кущения) обеспечило повышение энергетической окупаемости затрат при возделывании сортов озимой пшеницы по сравнению с вариантом полевого опыта без проведения обработок и варианта с некорневой подкормкой препаратом Нанокремний, содержащим микроэлементы: КЭЭ соответственно составили 3,63 и 3,62 (табл. 2).

Выводы. Максимальная в опыте урожайность озимой пшеницы (7,30 т/га) зафиксирована у сорта Московская 82. Превышение над стандартом Московская 39 составило 1,33 т/га (22,3 %). Улучшение условий минерального питания путем внесения N₁₀P₃₀K₃₀ + N₅₀ и N₂₀P₆₀K₆₀ + N₁₀₀ способствовало росту продуктивности на 0,39 и 0,52 т/га (на 6,1...8,2%) соответственно к фону без их использования. Применение при возделывании озимой пшеницы биопрепарата Восток ЭМ-1 (как для

предпосевной инокуляции семян, так и для опрыскивания вегетирующих растений пшеницы в фазе кущения) и некорневой подкормки препаратом Нанокремний, содержащим микроэлементы, увеличило урожайность, по сравнению с контрольным вариантом, на 0,22...0,55 т/га (3,4...8,6%). Использование Восток ЭМ-1 в виде некорневой подкормки более эффективно, чем инокуляция этим препаратом семян, перед посевом. Статистически значимое увеличение урожайности составляло 0,13 т/га (1,9%).

Наибольшую в опыте окупаемость затрат энергии отмечали при выращивании сорта Московская 82 – коэффициент энергетической эффективности в среднем за три года исследований составил 3,60, что на 0,10 единицы выше, чем у стандартного сорта Московская 39. Самая высокая энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы в опыте (КЭЭ=4,13) достигалась на неудобренном фоне, при внесении минеральных удобрений в дозах N₁₀P₃₀K₃₀ + N₅₀ и N₂₀P₆₀K₆₀ + N₁₀₀ она снижалась до 3,57 и 3,15 соответственно. Обработка озимой пшеницы препаратом Восток ЭМ-1 позволяет повысить рентабельность использования энергоресурсов, по сравнению с вариантами без обработки (КЭЭ=3,61) и с применением препарата Нанокремний (КЭЭ=3,59): энергетическая окупаемость затрат возрастает как при протравливании семян (КЭЭ = 3,63), так и при опрыскивании посевов в фазе кущения (КЭЭ = 3,62).

Сведения о финансировании. Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания «Создание конкурентоспособных сортов зерновых, зернобобовых и крупяных культур, устойчивых к стрессовым факторам» Рег. № НИОКТР124112200091-3; Рег. № ИКРБС И224120700011-0.

Литература

1. A study of the responsiveness of crops to fertilizers by zones of stable intra-field heterogeneity based on big satellite data analysis / N. B. Khitrov, D. I. Rukhovich, P. V. Koroleva, et al. // Archives of Agronomy and Soil Science. 2019. No. 12. P. 1963–1975. Published online. doi:10.1080/03650340.2019.1703957.
2. Динамика агрохимических показателей почвы в зависимости от применения азотсодержащих минеральных удобрений при возделывании озимых зерновых культур в условиях Северо-Запада РФ / А. Н. Воловский, М. Д. Трубяков, А. О. Рыбаков и др. // Известия Великолукской ГСХА. 2019. № 1. С. 13–26.
3. Bondar V., Makarenko N. Winter wheat growing in Ukraine: ecological assessment of technologies by the influence on soil fertility // Acta Agriculturae Slovenica. 2020. Vol. 115. № 1. P. 67–78. doi: 10.14720/aas.2020.115.1.982.
4. Черкасов Г. Н., Пыхтин И. Г., Гостев А. В. Современный подход к систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 30 (1). С. 5–8.
5. Boyce Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability – A Review / P. Vejan, R. Abdullah, T. Khadiran, et al. // Molecules. 2016. Vol. 21. No. 5. P. 1–17. URL: <https://www.mdpi.com/1420-3049/21/5/573> (дата обращения: 15.02.2026). doi: 10.14720/aas.2020.115.1.982
6. Влияние технологий возделывания яровой пшеницы на засоренность ее посевов и урожайность в условиях Нижегородской области / А. В. Ивенин, В. В. Ивенин, Ю. А. Богомолова и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. № 4. С. 655–663.
7. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов / А. П. Карабутов, В. Д. Соловichenko, В. В. Никитин и др. // Земледелие. 2019. № 2. С. 3–7.
8. Чудиновских В. М. Пути снижения энергоемкости вспашки // Земледелие. 1998. № 1. С. 50–52.
9. Улучшенная ресурсосберегающая технология обработки почвы и применения биопрепаратов под яровые зерновые культуры в условиях центральной зоны Северо-Востока европейской части России / Л. М. Козлова, Ф. А. Попов, Е. Н. Носкова и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. №3(58). С. 43–48.
10. Методические указания по расчету экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ для условий Северо-Востока европейской части РФ. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2008. 66 с.

References

1. Khitrov NB, Rukhovich DI, Koroleva PV. A study of the responsiveness of crops to fertilizers by zones of stable intra-field heterogeneity based on big satellite data analysis. Archives of Agronomy and Soil Science. 2019; No.12. 1963-1975 p. Published online. doi:10.1080/03650340.2019.1703957.
2. Volosevich AN, Trubnyakov MD, Rybakov AO. [Dynamics of soil agrochemical parameters depending on the use of nitrogen-containing mineral fertilizers in the cultivation of winter grain crops in the conditions of north-west of the Russian Federation]. Izvestiya Velikolukskoy GSKhA. 2019; 1. 13-26 p.
3. Bondar V, Makarenko N. Winter wheat growing in Ukraine: ecological assessment of technologies by the influence on soil fertility. Acta Agriculturae Slovenica. 2020; Vol.115. 1. 67-78 p. doi: 10.14720/aas.2020.115.1.982.
4. Cherkasov GN, Pykhtin IG, Gostev AV. [A modern approach to systematizing soil cultivation in new-generation agricultural technologies]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016; 30 (1). 5-8 p.
5. Vejan P, Abdullah R, Khadiran T. Boyce role of plant growth promoting Rhizobacteria in agricultural sustainability – a review. [Internet]. Molecules. 2016; Vol.21. No.5. 1-17 p. [cited 2026, February 15]. Available from: <https://www.mdpi.com/1420-3049/21/5/573>. doi: 10.14720/aas.2020.115.1.982
6. Ivenin AV, Ivenin VV, Bogomolova YuA. [Influence of spring wheat cultivation technologies on weed infestation and crop yield in Nizhny Novgorod region]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2024; 4. 655-663 p.
7. Karabutov AP, Solovichenko VD, Nikitin VV. [Soil fertility restoration, productivity and energy efficiency of crop rotations]. Zemledelie. 2019; 2. 3-7 p.
8. Chudinovskikh VM. [Ways to reduce the energy intensity of plowing]. Zemledelie. 1998; 1. 50-52 p.
9. Kozlova LM, Popov FA, Noskova EN. [Improved resource-saving technology of soil cultivation and the use of biopreparations for spring grain crops in the conditions of the central zone of North-East of the European part of Russia]. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2017; 3(58). 43-48 p.
10. Metodicheskie ukazaniya po raschetu ekonomicheskoy effektivnosti ispolzovaniya v selskom khozyaystve rezultatov nauchno-issledovatel'skikh rabot dlya usloviy Severo-Vostoka evropeyskoy chasti RF. [Methodological guidelines for calculating the economic efficiency of using research results in agriculture for the conditions of North-East of the European Part of the Russian Federation]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2008; 66 p.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах:

Ивенин Алексей Валентинович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия и растениеводства Нижегородского научно исследовательского института сельского хозяйства – отдела Нижегородского государственного агротехнологического университета им. Л. Я. Флорентьева (603107, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 97, корпус 1), e-mail: a.v.ivenin@mail.ru, ORCID 0000-0001-7072-4029

Ивенин Валентин Васильевич – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой земледелия и растениеводства Нижегородского государственного агротехнологического университета им. Л. Я. Флорентьева (603107, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 97, корпус 1), e-mail: iveninv@mail.ru, ORCID 0000-0001-6903-8312

Петров Леонид Кириллович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Нижегородского научно исследовательского института сельского хозяйства – отдела Нижегородского государственного агротехнологического университета им. Л. Я. Флорентьева (603107, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 97, корпус 1), e-mail: petrovlk@mail.ru, ORCID 0000-0002-2836-7491

Голубев Сергей Михайлович – аспирант кафедры земледелия и растениеводства Нижегородского

государственного агротехнологического университета им. Л. Я. Флорентьева (603107, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 97, корпус 1), e-mail: golubevvvsergey@gmail.com, ORCID 0009-0000-0458-4267

Вклад авторов:

А.В. Ивенин – формулирование идеи, гипотезы, цели исследования, проведение экспериментов, сбор данных, написание первоначального текста статьи, редактирование, доработка текста;

В.В. Ивенин – формулирование идеи, гипотезы, цели исследования, редактирование, доработка текста, научное руководство проектом;

Л.К. Петров – формулирование идеи, гипотезы, цели исследования, проведение экспериментов, сбор данных;

С.М. Голубев – формулирование идеи, гипотезы, цели исследования, статистический или теоретический анализ данных, проведение экспериментов, сбор данных, написание первоначального текста статьи.

Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант рукописи.

Поступила 10.02.2026; одобрена после рецензирования 10.06.2026; принята к публикации 25.06.2026.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Authors:

Ivenin Aleksey Valentinovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Agriculture and Crop Production Department of Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – Department of Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Ya.Florentev (97, building 1, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation), e-mail: a.v.ivenin@mail.ru, ORCID 0000-0001-7072-4029

Ivenin Valentin Vasilevich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Agriculture and Crop Production Department of Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – Department of Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Ya.Florentev (97, building 1, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation), e-mail: iveninvv@mail.ru, ORCID 0000-0001-6903-8312

Petrov Leonid Kirillovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, senior researcher of Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – Department of Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Ya.Florentev (97, building 1, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation), e-mail: petrovlk@mail.ru, ORCID 0000-0002-2836-7491

Golubev Sergey Mikhayloviya – post-graduate student of Agriculture and Crop Production Department Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Ya.Florentev (97, building 1, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation), e-mail: golubevvvsergey@gmail.com, ORCID 0009-0000-0458-4267

Contribution of the authors:

A.V. Ivenin – Formulation of the idea, Hypothesis, and research objectives, Conducting experiments, Data collection, Writing the initial draft of the article, Editing and revising the text;

V.V. Ivenin – Formulation of the idea, Hypothesis, and research objectives, Editing and revising the text, Scientific supervision of the project;

L.K. Petrov – Formulation of the idea, Hypothesis and research objectives, Conducting experiments, Data collection;

S.M. Golubev – Formulation of the idea, Hypothesis and research objectives, Statistical or theoretical data analysis, Conducting experiments, Data collection, Writing the initial draft of the article.

The authors have reviewed and approved the final manuscript.

Submitted 10.02.2026; revised 10.06.2026; accepted 25.06.2026.

