

**ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИИ НА НАКОПЛЕНИЕ
СУХОГО ВЕЩЕСТВА РАСТЕНИЯМИ ГРЕЧИХИ
В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ****Л. Р. Климова, Ф. З. Кадырова, Г. И. Иматуллина**

Реферат. Исследования проводили в 2018–2023 годах в Республике Татарстан с целью определения закономерностей синтетических процессов у генотипов гречихи, созданных на основе фасциированных форм (К-990) и сорта Батыр, в критические периоды формирования урожая (цветение и плодообразование) в условиях различной гидротермической обеспеченности, для выявления перспективного селекционного материала. Почва опытного участка – серая лесная среднесуглинистая с содержанием гумуса (по Тюрину) 3,2...4,4%, калия и фосфора (по Кирсанову) 110...123 и 145...377 мг/кг соответственно, pH солевой вытяжки 5,3...6,6. Оценку сухой биомассы органов растений проводили в фазы цветения и плодообразования. Массив данных был разделён по годам на два блока: засушливые (гидротермический коэффициент (ГТК) периодов цветения и плодообразования $\leq 0,8$) и благоприятные ($\text{ГТК} \geq 0,9$). В фазе цветения биомасса стебля фасциированного генотипа была меньше, чем у сорта Батыр, на 36 %, а в фазе плодообразования – выше на 31,6%, преимущественно из-за утолщения и развития стебля, а не его длины. В засушливые годы прирост массы плодоземелетов с фазы цветения до фазы плодообразования у фасциированного генотипа был в 2 раза больше, чем у сорта Батыр. В благоприятных условиях складывалась обратная ситуация у сорта Батыр прирост был в 1,5 раза выше, чем у К-990. Отмечена тесная корреляция накопления сухой биомассы плодоземелетов со среднесуточной температурой воздуха в фазе бутонизации ($r = +0,75$) и с суммой осадков в фазе плодообразования (у К-990 $r = +0,98$, у Батыр $r = +0,94$). Особенности биосинтеза в органах фасциированной формы К-990 в разные по гидротермическим условиям годы свидетельствуют о ее теплолюбивости и засухоустойчивости.

Ключевые слова: гречиха (*Fagopyrum esculentum* M.), сорт, гидротермические условия, динамика накопления сухого вещества, корреляция.

Введение. В связи с растущим спросом на гречиху как источника полноценного питания в последние годы активно изучаются особенности роста и развития гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* M.) – культуры, наиболее требовательной к режиму водоснабжения в различных агроклиматических условиях [1, 2, 3].

В условиях абиотического стресса, вызванного высокими среднесуточными температурами, гречиха демонстрирует более эффективное использование водных ресурсов, что обеспечивает выживание растений в условиях засухи [4, 5]. Дневные температуры выше 27°C оказывают негативное воздействие на репродуктивные органы растения гречихи, вызывая остановку эмбрионального развития плодов [6, 7]. Исследования, проведенные на Балканах, показали зависимость высоты растений и урожайности культуры от количества осадков в вегетационный период [8]. Чешские исследователи отметили влияние гидротермических условий в фазе цветения и завязывания семян на формирование эндосперма и околоплодника; экстремально высокие температуры и дефицит влаги могут привести к прекращению развития плодов [9]. В Японии выявлена положительная корреляция вегетативного роста и количества цветков с температурой воздуха и отрицательная – количества оплодотворённых цветков с регулярностью осадков [10]. Также приводят данные о снижении вариабельности морфологических признаков гречихи при увеличении влажности в период вегетации [11].

Республика Татарстан характеризуется

как нестабильная зона для возделывания гречихи из-за частых весенних и весенне-летних засух и резких перепадов температур в критические для формирования урожая периоды. В связи с этим, в Татарском научно-исследовательском институте сельского хозяйства уделялось внимание повышению адаптивного потенциала популяций диплоидной гречихи [12, 13]. Формирование нового генофонда, особенно в условиях меняющегося климата, требует детального изучения адаптивного потенциала по наиболее критическим периодам роста и развития растений.

Цель исследования – установление закономерностей синтетических процессов у генотипов гречихи в критические периоды формирования урожая (цветение и плодообразование) в условиях различной гидротермической обеспеченности для выявления перспективного селекционного материала.

Условия, материалы и методы. Работу проводили в Лаишевском муниципальном районе Республики Татарстан в 2018–2023 годах. Почва опытного участка – серая лесная среднесуглинистая. Содержание в пахотном слое гумуса (по Тюрину) составляло 3,2...4,4 %, подвижных форм калия и фосфора (по Кирсанову) – 110...123 мг/кг и 145...377 мг/кг соответственно. Кислотность почвенного раствора в солевой вытяжке – 5,3...6,6 ед. pH. Предшественник – озимая рожь, озимая пшеница.

Посев проводили селекционной сеялкой рядовым способом с нормой высева 2,0 млн всхожих семян на 1 га при наступлении теплой антициклональной погоды и прогревании

почвы на глубину заделки семян до 10°C. Технология обработки почвы и ухода за посевами соответствовала общепринятой для Республики Татарстан [14].

Объектами исследования служили сорт Батыр (сортотип «Краснострелецкий») и гибридная популяция К-990, сформированная на основе форм с фасциями стебля и генеративной зоны.

В течении всего периода вегетации гречихи обыкновенной оптимальный диапазон для роста и развития растений среднесуточных температур для Республики Татарстан лежит в пределах +18...+20°C (рис. 1) [15]. В фазе бутонизации, когда происходит формирование вегетативных узлов и побегов среднесуточная температура находилась в оптимальном диапазоне в 2018 году (+18,2°C) и в 2020 году (+18,3°C). В остальные годы среднесуточная температура в фазе бутонизации была вне оптимального диапазона среднесуточных температур. Так, в 2019 год среднесуточная температура в фазе бутонизации достигала +20,5°C,

что на 0,5°C выше верхней границы оптимального значения. В 2021, 2022 и 2023 годах среднесуточная температура воздуха в фазе бутонизации была ниже нижнего значения оптимального значения на 1,4°C, 1,2°C и 2,7°C соответственно.

Наиболее важен температурный режим в фазе цветения и плодообразования. В фазе цветения среднесуточная температура была в оптимальных пределах в 2019 году (+19,3°C), в 2021 году (+19,4°C) и 2023 году (+18,7°C). Среднесуточная температура была выше верхней границы оптимального значения в 2018 году на 1,3°C и в 2022 году на 3,5°C.

В фазе плодообразования среднесуточная температура ни в одном из анализируемых годов не находилась в оптимальном диапазоне. Так наиболее неблагоприятными были 2021 и 2022 года, когда превышение критического значения дневных температур для генеративных органов гречихи + 25°C составило +5,3°C и +3,2°C соответственно.

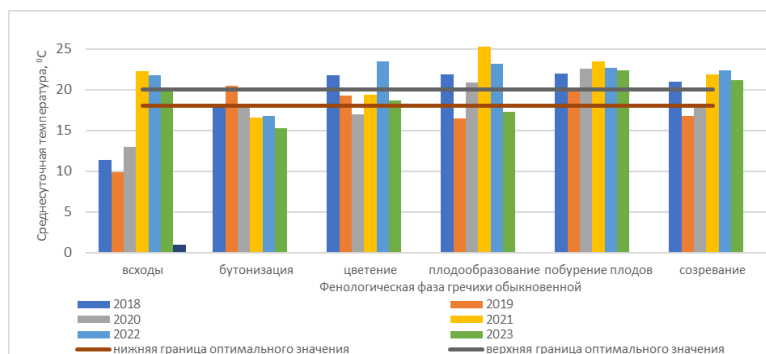


Рис. 1 – Среднесуточная температура за годы проведения исследования, °C

В критически важные для формирования продуктивности периоды (бутонизация, цветение и плодообразование)

количество выпавших осадков было ниже оптимального значения во все годы исследования (рис. 2).

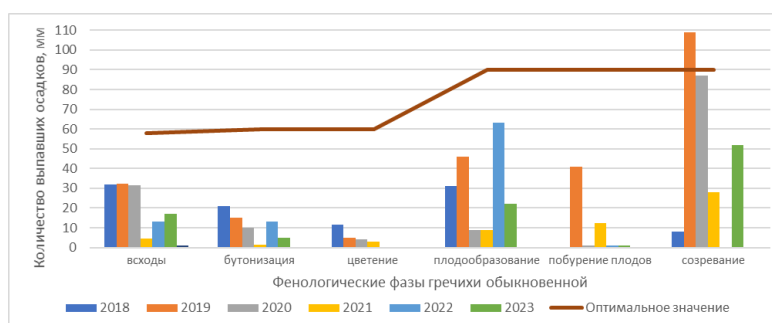


Рис. 2 – Количество выпавших осадков за годы проведения исследования, мм

В фазе бутонизации количество осадков в процентах от средней многолетней нормы (60 мм) составило: в 2018 году – 35%, в 2019 году – 25%, в 2020 году – 16,7%, в 2021 году – 2,5%, в 2022 году – 2,7%, в 2023 году – 8,3%. В фазе цветения доля выпавших осадков от нормы составила: в 2018 году – 19,2%, в 2019 году – 8%, в 2020 году – 6,7%, в 2021 году – 5%. В 2022 и 2023 годах осадки в фазе цветения не отмечали. В фазе плодоношения

наибольшее количество осадков выпало в 2022 году – 63 мм, что на 27 мм ниже оптимального значения.

Анализ гидротермических условий в годы исследования свидетельствует о том, что за прошедшие шесть лет рост и развитие растений гречихи обыкновенной в условиях Среднего Поволжья проходили в условиях высоких среднесуточных температур и при дефиците осадков. По совокупности

гидротермических условий годы исследований были условно дифференцированы на благоприятные (2019, 2020 и 2022 года) со значениями гидротермических коэффициентов 1,46; 0,92; и 1,26 соответственно. К числу засушливых, не благоприятных для роста и развития гречихи, мы отнесли 2018, 2021, 2023 годы с ГТК 0,62; 0,29; 0,79.

Для определения сухой биомассы растений отбирали по 10 типичных растений в трехкратной повторности в период завершения вегетативного роста (массовое цветение) и массового плодообразования. Накопление сухого вещества определяли отдельно, для стеблей, листьев и плодоеlementов путем высушивания в сушильном шкафу образцов до абсолютно сухой массы при температуре 105°C.

Полученные в ходе исследований данные были обработаны с помощью пакета программ, входящих в состав Microsoft Excel (дисперсионный анализ, корреляционный анализ по Пирсону).

Результаты и обсуждение. В годы с неблагоприятными гидротермическими условиями в фазе цветения сорт Батыр интенсивнее накапливал органическую массу стебля, листьев и плодоеlementов, по сравнению с популяцией К-990. У популяции К-990, состоящей в основном из фасцированных растений, накопление сухой органической массы в тот же период в стеблях, листьях и плодах было на 26,6%, 29,6% и 38,1% меньше соответственно, по сравнению с сортом Батыр (рис. 3).

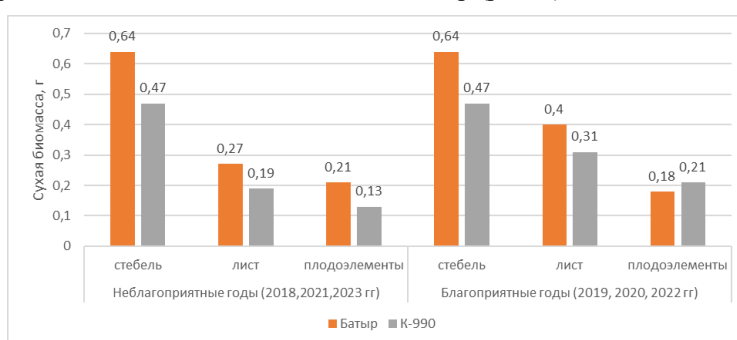


Рис. 3 – Сухая биомасса органов растений гречихи в фазе цветения, г (для сорта Батыр $НСР_{05}$ (листья)=0,02 г, $НСР_{05}$ (плодоеlementы)=0,02 г; для сортообразца К-990 $НСР_{05}$ (листья)=0,06 г, $НСР_{05}$ (плодоеlementы)=0,04 г)

Масса стеблей обоих сортов в этой фазе в среднем находилась на одном уровне как в благоприятные, так и в неблагоприятные годы, не подвергаясь действию негативных факторов. Так средняя масса стебля сорта Батыр в фазе цветения в благоприятные и неблагоприятные годы составила 0,64 г, а масса стебля растений популяции К-990 соответственно – 0,47 г.

В благоприятные по гидротермическому режиму годы у сорта Батыр в фазе цветения наблюдали увеличение массы листьев относительно того же периода в засушливые годы на 42%, но массы плодоеlementов при обилии тепла и влаги накапливалось меньше на 9,5%.

У фасцированного сортотипа в аналогичных условиях зафиксировано увеличение массы листьев по сравнению с периодом цветения в неблагоприятные годы на 40,0% и массы плодоеlementов на 38,1%. Таким образом, доля плодоеlementов в общей биомассе растения в фазе цветения в благоприятные годы у фасцированного сортотипа превышала аналогичный показатель сорта Батыр на 6,4%, что свидетельствует о преобладании у фасцированной формы накопления массы генеративных органов в общей массе растения, в то время как у сорта Батыр доминировала доля вегетативных органов (табл. 1).

Таблица 1 – Распределение элементов пластики в растениях сортов гречихи по периодам вегетации

Вариант	Цветение				Плодообразование			
	средняя сухая мас- са расте- ния, г	доля сухой массы органа в целом растении,%			средняя сухая мас- са расте- ния, г	доля сухой массы органа в целом растении,%		
		стебель	лист	плоды		стебель	лист	плоды
В среднем по неблагоприятным годам (2018,2021,2023 года)								
Батыр	1,12	57,1	24,1	18,8	1,63	41,1	17,2	41,7
К-990	0,79	59,5	24,1	16,5	2,05	47,8	12,2	40,0
В среднем по благоприятным годам (2019, 2020, 2022 года)								
Батыр	1,22	52,5	32,8	14,8	2,57	26,1	22,2	51,8
К-990	0,99	47,5	31,3	21,2	2,44	40,2	16,4	43,4
НСР ₀₅	0.08	-	-	-	0.25	-	-	-

В благоприятных условиях фазы цветения у сорта Батыр формирование соцветий сопровождалось продолжением вегетативного роста и образованием новых метамеров, что способствовало перераспределению питательных элементов в пользу вегетативных органов. В то же время у генотипа К-990, характеризующегося генетической детерминированностью роста и ветвления, отмечали интенсификацию накопления сухого вещества в генеративных органах.

В фазе плодообразования рост стеблей у сорта Батыр отставал от сортотипа К-990 на 31,6% как в засушливые, так и в умеренные по гидротермическому режиму годы (рис. 4). Накопление органической массы в стеблях, очевидно, генетически детерминировано, и этот процесс протекает более интенсивно у сортов с проявлением стеблевых фасциаций. При этом доля массы стебля оставалась стабильной у обоих сортов в различных гидротермических условиях как во время цветения,

так и во время плодоношения.

У популяции К-990 отмечали увеличение синтеза органической массы стебля в обеих группах лет на 47,9% с периода цветения до массового плодообразования. Таким образом, у фасцированного генотипа до цветения в связи с редукцией роста и ветвления отмечали замедленное накопление сухого вещества в стеблях, а к фазе плодообразования происходило усиление прироста органической массы в стеблях, причем не из-за увеличения высоты растений и закладки новых метамеров, а главным образом благодаря утолщению и выполненности стебля, согласно полученным нами ранее данным [12]. В засушливые годы доля стебля в общей биомассе фасцированного генотипа составляла 47,8%, в то время как у сорта Батыр этот показатель был равен 41,1%. В благоприятные по гидротермическому режиму годы доля стебля у фасцированного генотипа снижалась до 40,2% от общей биомассы, у сортотипа К-990 до 26,1%.

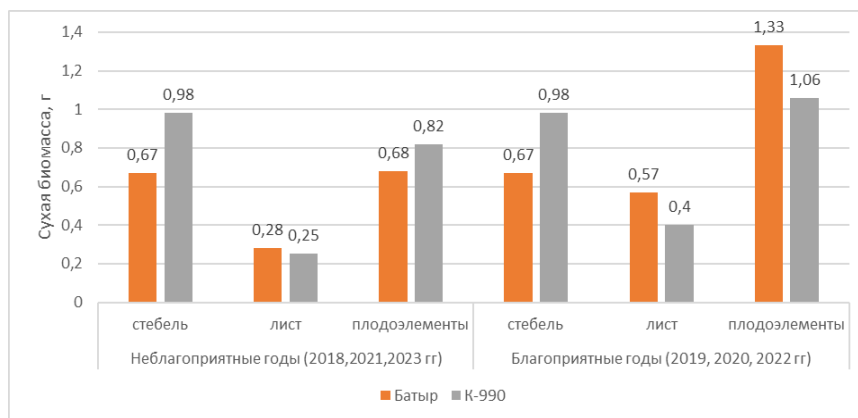


Рис. 4 – Сухая биомасса органов растений сортов гречихи в фазе плодообразования, г (для сорта Батыр $HCP_{05}(\text{листья})=0,15$ г, $HCP_{05}(\text{плодоэлементы})=0,34$ г; для сортотипа К-990 $HCP_{05}(\text{листья})=0,09$ г, $HCP_{05}(\text{плодоэлементы})=0,13$ г)

У сорта Батыр в неблагоприятные годы прирост листьев с момента цветения до фазы плодообразования составил лишь 0,01 г, а в благоприятных условиях накопление листовых массы за тот же промежуток времени составил 0,17 г/растение. Генотип К-990 сохранял темпы прироста массы листьев, как в засушливые годы (+24%), так и в благоприятные годы (+22,5%).

У изучаемых сортов в фазе цветения в листьях накапливалась равная доля от общей биомассы растений. С переходом к фазе плодообразования у сортов количество биомассы листьев от общей доли снизилось. При этом у популяции К-990 доля листьев относительно общей массы растений уступало сорту Батыр на 5% в засушливые, и на 6% в годы с обилием тепла и влаги.

В этой фазе основная доля ассимилятов накапливалась уже в плодах. Так, в неблагоприятные годы у сорта Батыр в фазе цветения доля плодах в общей массе растения составила 18,8%, в благоприятные –

14,8%. У генотипа К-990 в засушливые годы доля плодах, наоборот, была выше и достигала 21,2%, а в неблагоприятные составляла только 16,5%. В благоприятные годы отток ассимилятов в репродуктивную сферу растений был активнее, причем у сорта Батыр сильнее, чем у фасцированного генотипа, на 8,4%, или 0,27 г.

Прирост массы плодах с момента цветения до фазы плодообразования в засушливые годы у сорта Батыр составил 3,2 раза, у популяции К-990 – 6,3 раза. В годы с благоприятным гидротермическим режимом интенсивность накопления сухого вещества в репродуктивной зоне растений сорта Батыр была выше и составила 7,3 раза, по сравнению с фазой цветения. Нередуцированное ветвление, сочетающееся с закладкой большого количества побегов и соцветий, способствовало увеличению массы плодах. У фасцированного сортотипа К-990 с ограниченным побегообразованием количество соцветий с бутонами, цветками и молодой завязью

увеличилось с момента начала цветения всего в 5,0 раз.

В связи с проведенным анализом представляет интерес изучения взаимосвязи синтетических процессов в органах растений сортов с гидротермическими условиями периодов вегетации. С этой целью нами проведен корреляционный анализ сухой биомассы в органах растений со среднесуточной температурой и количеством

осадков (табл. 2).

По нашим данным признак «масса плодозлементов» высоко и отрицательно коррелирует со среднесуточной температурой воздуха в фазе плодобразования у сорта Батыр ($r=-0,92$) и популяции К-990 ($r=-0,82$). Также, высока зависимость массы плодозлементов от количества выпавших осадков в фазе плодобразования как у сорта Батыр ($r=+0,94$), так и популяции К-990 ($r=+0,98$).

Таблица 2 – Влияние гидротермических факторов на формирование массы органов растений сортов гречихи (2018–2023 года)¹

Гидротермический фактор	Период развития растений	Коэффициент корреляции с признаками*		
		масса стебля	масса ли- стьев	масса плодэле- ментов
Батыр				
Среднесуточная тем- пература воздуха	бутонизация	-	-	+0,75*
	плодообразование	-	-	-0,92*
Количество осадков	плодообразование	-	-	+0,94**
К-990				
Среднесуточная тем- пература воздуха	бутонизация	+0,89**	+0,96**	0,76**
	цветение	-0,86*	-	-0,71*
	плодообразование	-0,92**	-0,93**	-0,82*
Количество осадков	плодообразование	+0,94**	-	+0,98*

¹ в таблице приведены только значимые корреляции; *коэффициент корреляции значим на 5% уровне; **коэффициент корреляции значим на 1% уровне

Влияние гидротермических условий на накопление сухого вещества в стебле и листьях сорта Батыр было незначительным. Однако у популяции К-990 была выявлена сильная корреляция между массой стебля и среднесуточной температурой воздуха в фазе бутонизации (+0,89), в фазе цветения (-0,86) и в фазе плодобразования (-0,92). Также была выявлена сильная взаимосвязь между массой листьев и среднесуточной температурой в фазе бутонизации (+0,96) и в фазе плодобразования (-0,93). Сухая биомасса стебля у популяции К-990 имела сильную положительную взаимосвязь с количеством осадков в фазе плодобразования (+0,94). Совокупность полученных данных о синтетических процессах и корреляционных связях с гидротермическими факторами характеризует популяцию К-990 как теплолюбивый на ранних этапах развития, не жаростойкий, но засухоустойчивый генотип в период генеративного развития, что указывает на перспективность использования фасцированных форм в селекции сортов этого направления.

Выводы. Накопление органической массы стебля генетически детерминировано и более

интенсивно протекает у сортов с проявлением стеблевых фасциаций. В фазе цветения биомасса стебля фасцированного генотипа на 36% меньше, чем у не фасцированного. Однако к фазе плодобразования ситуация меняется на противоположную и его превосходство достигает 31,6%, преимущественно благодаря утолщению и развитию стебля.

В засушливые годы прирост массы плодозлементов с фазы цветения до фазы плодобразования у фасцированного генотипа был в 2 раза больше, чем у сорта Батыр. В благоприятных условиях складывалась обратная ситуация у сорта Батыр прирост был в 1,5 раза выше, чем у К-990.

Установлена тесная корреляция накопления сухой биомассы плодозлементов со среднесуточной температурой воздуха в фазе бутонизации ($r = +0,75$) и с суммой осадков в фазе плодобразования ($r = +0,98$ у К-990, $r = +0,94$ у Батыра).

Особенности биосинтеза в органах растений популяции К-990 в годы с различным гидротермическим режимом характеризуют ее как теплолюбивый и засухоустойчивый генотип.

Литература

1. Cheng A. Shaping a sustainable food future by rediscovering long-forgotten ancient grains // Plant Science. 2018. Vol. 269. P. 136–142.
2. Ainsworth E. A., Long S. P. 30 years of free-air carbon dioxide enrichment (FACE): What have we learned about future crop productivity and its potential for adaptation? // Global change biology. 2021. Vol. 27. No 1. P. 27–49.
3. Martínez-Goñi X. S., Miranda-Apodaca J., Pérez-López U. Could buckwheat and spelt be alternatives to wheat under future environmental conditions? Study of their physiological response to drought // Agricultural Water Management. 2023. Vol. 278. Article 108176. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377423000410> (дата обращения: 01.04.2025). doi: 10.1016/j.agwat.2023.108176.
4. Generating plants with improved water use efficiency / Blankenagel S., Yang, Z., Avramova, V. et al. //

Agronomy. 2018. Vol. 8. No. 9. Article 194. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/8/9/194> (дата обращения: 01.04.2025). doi: 10.3390/agronomy8090194.

5. Martínez-Goñi X. S., Miranda-Apodaca J., Pérez-López U. Enhanced photosynthesis, transpiration regulation, water use-efficiency and growth in buckwheat outperforms wheat response to high [CO₂], high temperature and drought // *Environmental and Experimental Botany*. 2024. Vol. 222. Article 105756. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009884722400114X> (дата обращения: 01.04.2025). doi: 10.1016/j.envexpbot.2024.105756.

6. Effects of High Temperature on Embryological Development and Hormone Profile in Flowers and Leaves of Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) / A. Plažek, A. Slomka, P. Kopeć, et al. // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. Vol. 20. No. 7. Article 1705. URL: <https://www.mdpi.com/1422-0067/20/7/1705> (дата обращения: 01.04.2025). doi: 10.3390/ijms20071705.

7. Comparison of high temperature resistance in two buckwheat species *Fagopyrum esculentum* and *Fagopyrum tataricum* / L. Aubert, D. Konrádová, S. Kebbas, et al. // *Journal of Plant Physiology*. 2020. No. 251. Article 153222. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0176161720301127> (дата обращения: 01.04.2025). doi: 10.1016/j.jplph.2020.153222.

8. Maletić R., Jevdjović R. The influence of meteorological conditions on major quantitative and qualitative traits of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) // *Journal of Agricultural Sciences*. 2003. Vol. 48. No. 1. P. 11–19.

9. Kalinová J., Moudrý J., Čurn V. Technological quality of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) // *Rostlinna výroba*. 2002. Vol. 48. No. 6. P. 279–284.

10. Preliminary study for modeling seed production in common buckwheat / N. Inoue, M. Hagiwara, H. Y. Kim, et al. // *Fagopyrum*. 1998. No. 15. P. 35–41.

11. Romanovskaja D., Razukas A., Asakaviciute R. Impact of hydrothermal conditions on common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) productivity // *Applied Ecology and Environmental Research*. 2016. Vol. 14. No. 2. P. 137–150.

12. Эффективность использования новых морфобиотипов гречихи в селекции для засушливых условий среднего Поволжья / Ф. З. Кадырова, Л. Р. Климова, Г. И. Иматуллина и др. // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2024. Т. 19. № 2(74). С. 12–17. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.

13. Климова Л. Р., Кадырова Ф. З. Продуктивность и адаптивная способность генотипов гречихи обыкновенной в условиях Предкамья Республики Татарстан // *Достижения и перспективы развития АПК России: Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной памяти Р.Г. Гареева*, Казань: Академия наук Республики Татарстан, 2023. С. 68–71. doi: 10.37071/conferencearticle_658173349173d4.55466049.

14. Агротехнологии полевых кормовых культур / М. Ф. Амиров, И. Р. Валеев, А. Р. Валиев и др. // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том Часть 2. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. С. 251–280.

15. Петелина, Савинова Г. В., Шакурова Ф. З. К вопросу о влиянии максимальной температуры воздуха на плодоношение гречихи / Орел: НТБ ВНИИЗБК, 1972. Вып. III. С. 7–13.

Сведения об авторах:

Климова Лилия Рафкатовна – младший научный сотрудник, заведующая лабораторией селекции крупяных культур, e-mail: li21@mail.ru

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение «Федерального исследовательского центра «Казанского научного центра Российской академии наук», Казань, Россия

Кадырова Фануся Загитовна - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: fanusa51@rambler.ru

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

Иматуллина Гульназ Илфатовна – младший научный сотрудник лаборатории селекции крупяных культур, e-mail: morozisummer@gmail.com

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение «Федерального исследовательского центра «Казанского научного центра Российской академии наук», Казань, Россия

INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS OF VEGETATION ON DRY MATTER ACCUMULATION BY BUCKWHEAT PLANTS IN THE MIDDLE VOLGA REGION

L. R. Klimova, F. Z. Kadyrova, G. I. Imatullina

Abstract. The studies were conducted in 2018–2023 in the Republic of Tatarstan to determine the patterns of synthetic processes in buckwheat genotypes created on the basis of fasciated forms (K-990) and Batyr variety, during critical periods of crop formation (flowering and fruiting) under conditions of varying hydrothermal availability, to identify promising breeding material. The soil of the experimental plot was grey forest medium loamy with a humus content (according to Tyurin) of 3.2...4.4%, potassium and phosphorus (according to Kirsanov) of 110...123 and 145...377 mg/kg, respectively, and a salt extract pH of 5.3...6.6. The dry biomass of plant organs was assessed during the flowering and fruiting phases. The data set was divided by year into two blocks: dry (hydrothermal coefficient (HTC) of the flowering and fruiting periods ≤ 0.8) and favorable (HTC ≥ 0.9). In the flowering phase, the stem biomass of the fasciated genotype was 36% less than that of Batyr variety, and in the fruiting phase, it was 31.6% higher, mainly due to the thickening and development of the stem, rather than its length. In dry years, the increase in the mass of fruit elements from the flowering phase to the fruit formation phase in the fasciated genotype was 2 times greater than in Batyr variety. In favorable conditions, the opposite situation developed: in Batyr variety, the increase was 1.5 times higher than in K-990. A close correlation was noted between the accumulation of dry biomass of fruit elements with the average daily air temperature in the budding phase ($r = +0.75$) and with the amount of precipitation in the fruit formation phase (in K-990, $r = +0.98$, in Batyr, $r = +0.94$). The features of biosynthesis in the organs of the fasciated form of K-990 in years with different hydrothermal conditions indicate its thermophilicity and drought resistance.

Key words: buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.), variety, hydrothermal conditions, dynamics of dry matter

accumulation, correlation.

References

1. Cheng A. Shaping a sustainable food future by rediscovering long-forgotten ancient grains. *Plant Science*. 2018; Vol.269. 136-142 p.
2. Ainsworth EA, Long SP. 30 years of free-air carbon dioxide enrichment (FACE): What have we learned about future crop productivity and its potential for adaptation? *Global change biology*. 2021; Vol.27. No.1. 27-49 p.
3. Martinez-Goni XS, Miranda-Apodaca J, Perez-Lopez U. Could buckwheat and spelt be alternatives to wheat under future environmental conditions? Study of their physiological response to drought. [Internet]. *Agricultural Water Management*. 2023. Vol. 278. Article 108176. [cited 2025, April 01]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377423000410>. doi: 10.1016/j.agwat.2023.108176.
4. Blankenagel S, Yang Z, Avramova V. Generating plants with improved water use efficiency. [Internet]. *Agronomy*. 2018; Vol.8. No.9. Article 194. [cited 2025, April 01]. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4395/8/9/194>. doi: 10.3390/agronomy8090194.
5. Martinez-Goni XS, Miranda-Apodaca J, Perez-Lopez U. Enhanced photosynthesis, transpiration regulation, water use-efficiency and growth in buckwheat outperforms wheat response to high [CO₂], high temperature and drought. [Internet]. *Environmental and Experimental Botany*. 2024; Vol.222. Article 105756. [cited 2025, April 01]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009884722400114X>. doi: 10.1016/j.envexpbot.2024.105756.
6. Plazek A, Słomka A, Kopec P. Effects of high temperature on embryological development and hormone profile in flowers and leaves of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*). [Internet]. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019; Vol.20. No.7. Article 1705. [cited 2025, April 01]. Available from: <https://www.mdpi.com/1422-0067/20/7/1705>. doi: 10.3390/ijms20071705.
7. Aubert L, Konradova D, Kebbas S. Comparison of high temperature resistance in two buckwheat species *Fagopyrum esculentum* and *Fagopyrum tataricum*. [Internet]. *Journal of Plant Physiology*. 2020; No.251. Article 153222. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0176161720301127>. doi: 10.1016/j.jplph.2020.153222.
8. Maletic R, Jevdjovic R. The influence of meteorological conditions on major quantitative and qualitative traits of buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*). *Journal of Agricultural Sciences*. 2003; Vol.48. No.1. 11-19 p.
9. Kalinova J, Moudry J, Curn V. Technological quality of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*). *Rostlinna vyroba*. 2002; Vol.48. No.6. 279-284 p.
10. Inoue N, Hagiwara M, Kim HY. Preliminary study for modeling seed production in common buckwheat. *Fagopyrum*. 1998; No.15. 35-41 p.
11. Romanovskaja D, Razukas A, Asakavičiute R. Impact of hydrothermal conditions on common buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*.) productivity. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2016; Vol.14. No.2. 137-150 p.
12. Kadyrova FZ, Klimova LR, Imatullina GI. [Efficiency of using new buckwheat morphobiotypes in breeding for arid conditions of middle Volga region]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024; Vol.19. 2 (74). 12-17 p. doi: 10.12737/2073-0462-2024-12-17.
13. Klimova LR, Kadyrova FZ. [Productivity and adaptive capacity of common buckwheat genotypes in the conditions of Kama region of the Republic of Tatarstan. Achievements and prospects for the development of the agro-industrial complex of Russia]. *Dostizheniya i perspektivy razvitiya APK Rossii: Materialy XIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy pamyati R.G.Gareeva*, Kazan: Akademiya nauk Respubliki Tatarstan. 2023; 68-71 p. doi: 10.37071/conferencearticle_658173349173d4.55466049.
14. Amirov MF, Valeev IR, Valiev AR. Agrotekhnologii polevykh kormovykh kultur. *Sistema zemledeliya Respubliki Tatarstan*. [Agrotechnologies of field forage crops. *Sistema zemledeliya Respubliki Tatarstan*]. V 3-kh chastyakh. Tom Chast 2. Kazan: Kazanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. 2014; 251-280 p.
15. Petelina, Savinova GV, Shakurova FZ. K voprosu o vliyaniy maksimalnoy temperatury vozdukh na plodonoshenie grechikhi. [On the influence of maximum air temperature on buckwheat fruiting]. *Orel: NTB VNIIZBK*. 1972; Issue III. 7-13 p.

Authors:

Klimova Liliya Rafkatovna – Junior Researcher, Head of Cereal Crops Selection Laboratory, e-mail: li21@mail.ru
 Tatar Research Institute of Agriculture – a separate structural division of Federal Research Center of Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia
 Kadyrova Fanusya Zagitovna – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of General Agriculture, Plant Protection and Selection Department, e-mail: fanusa51@rambler.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
 Imatullina Gulnaz Ilfatovna – Junior Researcher of Cereal Crops Selection Laboratory, e-mail: morozisummer@gmail.com
 Tatar Research Institute of Agriculture – a separate structural division of Federal Research Center of Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia.