

Научная статья

УДК 633.1: 631.82

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-30-35

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ЖКУ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА В УСЛОВИЯХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Юлия Юрьевна Епишева^{1✉}, Геннадий Фёдорович Ярцев², Руслан Куандыкович Байкасенов³^{1,2,3} Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия¹ episheva_93@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0006-8338-6253>² g_f_yacev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4441-7345>³ ruskuv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7410-3841>

Резюме. Цель исследований – оптимизация фитометрических показателей посевов озимой и яровой пшеницы за счет применения жидких комплексных удобрений и регулятора роста в условиях Оренбургского Предуралья. Применение органоминеральных удобрений и регулятора роста в посевах озимой и яровой пшеницы на стадии кущения приводит к улучшению фотосинтетической активности растений, что проявляется в увеличении площади ассимиляционного аппарата, коэффициента полезного действия фотосинтетического аппарата и урожая сухой биомассы. Фотосинтетическая деятельность в агроценозе, как основной компонент продукционных процессов, является наиболее информативным критерием при оценке формирования урожайности в различных условиях среды и технологических воздействий на растения. В связи с этим тематика исследований актуальна. Объектами исследований являлись озимая и яровая пшеница. Полевые учеты и наблюдения были проведены по общепринятым методикам. В посевах озимой пшеницы наиболее эффективным является использование жидкого азотного удобрения Carb-N-Humic, что приводит к формированию сухой надземной биомассы на уровне 7,94 т/га и $K_{\text{фар}}$ 1,37%. В случае яровой пшеницы лучшими результатами отличается органоминеральное удобрение в хелатной форме Энергошанс, обеспечивая накопление сухого вещества 2,94 т/га и $K_{\text{фар}}$ 0,77%.

Ключевые слова: яровая пшеница, озимая пшеница, регулятор роста, жидкие комплексные удобрения, площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, сухое вещество, чистая продуктивность фотосинтеза

Для цитирования: Епишева Ю. Ю., Ярцев Г. Ф., Байкасенов Р. К. Фотосинтетическая деятельность посевов озимой и яровой пшеницы в зависимости от применения ЖКУ и регулятора роста в условиях Оренбургского Предуралья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 30-35. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-30-35

Original article

PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF WINTER AND SPRING WHEAT CROPS DEPENDING ON THE USE OF THE LIQUID FERTILIZERS AND GROWTH REGULATOR IN THE CONDITIONS OF THE ORENBURG PRE-URALS REGION

Yulia Yu. Episheva^{1✉}, Gennady F. Yartsev², Ruslan K. Baikasenov³^{1,2,3} Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia¹ episheva_93@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0006-8338-6253>² g_f_yacev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4441-7345>³ ruskuv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7410-3841>

Abstract. The objective of this research is to optimize the phytometric parameters of winter and spring wheat crops through the use of liquid complex fertilizers and a growth regulator in the Orenburg Pre-Urals region. The use of organomineral fertilizers and a growth regulator in winter and spring wheat crops at the tillering stage improves photosynthetic activity, resulting in an increase in the area of the assimilation apparatus, the efficiency of the photosynthetic apparatus, and the dry biomass yield. Photosynthetic activity in an agroecosystem, as a key component of production processes, is the most informative criterion for assessing yield formation under various environmental conditions and technological impacts on plants. Therefore, the research topic is relevant. The objects of the study were winter and spring wheat. Field surveys and observations were conducted using generally accepted methods. For winter wheat, the most effective fertilizer is the liquid nitrogen fertilizer Carb-N-Humic, which results in dry matter accumulation of 7.94 t/ha and a K_{far} of 1.37%. For spring wheat, the best results are achieved with the chelated organomineral fertilizer Energoshans, which provides dry matter accumulation of 2.94 t/ha and a K_{far} of 0.77%.

Keywords: spring wheat, winter wheat, growth regulator, liquid complex fertilizers, leaf surface area, photosynthetic potential, dry matter, net photosynthetic productivity

For citation: Episheva, Yu. Yu., Yartsev, G. F. & Baikasenov, R. K. (2025). Photosynthetic activity of winter and spring wheat crops depending on the use of the liquid fertilizers and growth regulator in the conditions of the Orenburg Pre-Urals region. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 30-35. (In Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-30-35

Фотосинтез – это ключевой процесс производства, который происходит в растениях. Информация о его элементах позволяет оценить эффективность агротехнических приемов, применяемых для формирования урожая сельскохозяйственных культур. Этот физиологический процесс играет решающую роль в определении уровня урожайности, так как именно благодаря фотосинтезу образуется 90–95% сухого вещества растений [1–4]. К наиболее значимым фитометрическим показателям посевов, определяющим эффективность фотосинтеза, принято относить площадь листьев, фотосинтетический потенциал (ФП) и чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Значения этих показателей в определенной степени отражают сортовые характеристики, влияющие на уровень урожайности [5–7]. Для достижения высокого урожая зерновых культур необходимо обеспечить высокий фотосинтетический потенциал посевов. Это достигается путем формирования такой густоты стояния

растений, при которой площадь ассимилирующей поверхности листьев в 4-5 раз превышает площадь, занимаемую растениями на поле. Этот показатель называется индексом листовой поверхности [8]. Для зерновых культур его оптимальной величиной считается 4-5 м²/м², при этом фотосинтетический потенциал не должен быть ниже 1,8 млн м² дней/га. Согласно данным Шатилова И. С., максимальная площадь листовой поверхности зерновых культур может достигать 40-50 тыс. м²/га.

Цель исследований: оптимизация фитометрических показателей посевов озимой и яровой пшеницы за счет применения жидких комплексных удобрений и регулятора роста в условиях Оренбургского Предуралья.

Задача исследований: изучить влияние жидких комплексных удобрений и регулятора роста на фитометрические показатели посевов озимой и яровой пшеницы.

Материалы и методы исследований. В течении трех лет (2017-2019 гг.) проводились исследования на учебно-опытном поле Оренбургского государственного аграрного университета на черноземах южных Оренбургского Предуралья. Агротехника соответствовала зональной. Сроки посева были оптимальные для данной зоны, норма высева озимой пшеницы – 5,0 млн всхожих семян на 1 гектар, яровой пшеницы – 4,0 млн/га. Полевые учеты и наблюдения были проведены по общепринятым методикам.

Схема эксперимента включала двухфакторный опыт: фактор А – формы развития пшеницы: озимая и яровая. Фактор В – листовые подкормки комбинациями удобрений: Carb-N-Humik (2 л/га); Carb-N-Humik (2 л/га) + Альбит (40 г/га); Carb-N-Humik (2 л/га) + Альбит (40 г/га) + Hydro Mix (0,5 л/га); Полишанс (1,0 л/га); Энергошанс (0,2 л/га). Опыт проводился в четырехкратной повторности, учётная площадь делянки 40 м².

Результаты исследований. В среднем за годы исследований наибольшая площадь листовой поверхности озимой пшеницы, составившая 36,03 тыс. м²/га, отмечена на варианте с внесением Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix, а наименьшая (34,93 тыс. м²/га) – на варианте с Carb-N-Humic. На контрольном варианте площадь листьев в среднем составила 31,08 тыс. м²/га, что на 4,95 тыс. м²/га или 13,7% оказалось ниже, чем на варианте с Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix (рис. 1).

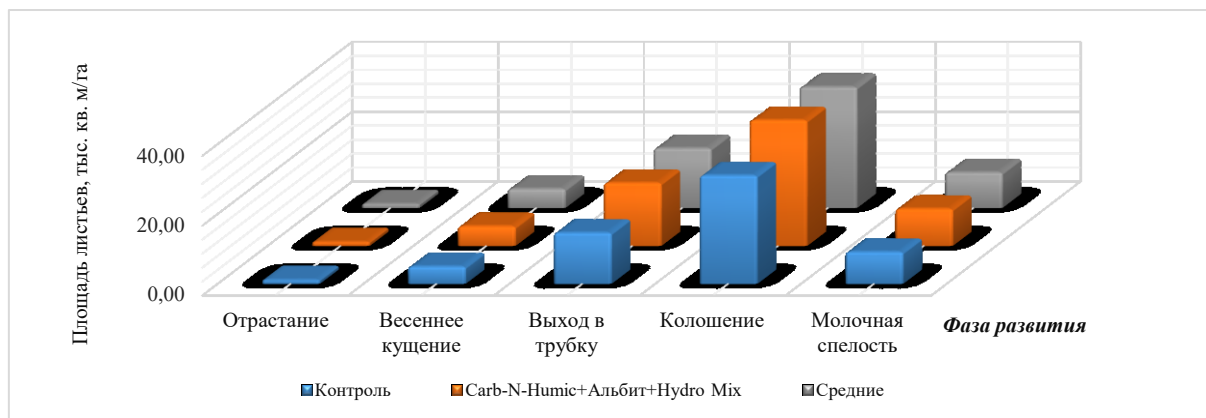


Рис. 1. Динамика площади листовой поверхности озимой пшеницы по вариантам опыта в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области (среднее за 2017-2019 гг.).

Динамика площади листовой поверхности яровой пшеницы от фазы всходов до фазы колошения имела аналогичную направленность – постепенно возрастала до фазы колошения, а затем более стремительно снижалась в период налива и созревания зерна. По сравнению с озимой пшеницей площадь листовой поверхности яровой пшеницы была невысокой, но типичной для засушливого Оренбуржья, и в среднем по вариантам опыта за годы исследований составила 15,59 тыс. м²/га. Наибольшая площадь листовой поверхности яровой пшеницы была отмечена на варианте с внесением препарата Carb-N-Humic + Альбит, где она составила 16,19 тыс. м²/га (рис. 2).

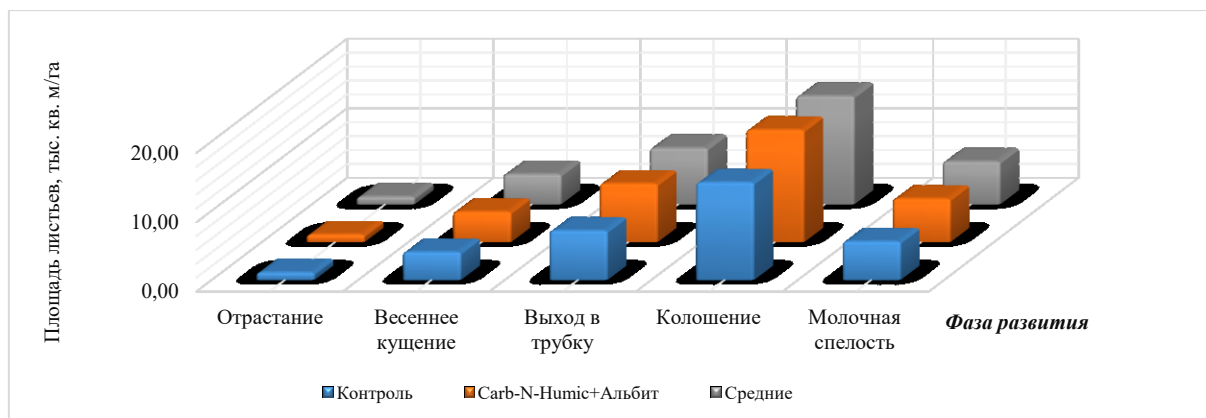


Рис. 2. Динамика площади листовой поверхности яровой пшеницы по вариантам опыта в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области (среднее за 2017-2019 гг.).

Как известно, продуктивность растений зависит не только от размеров ассимиляционного аппарата, а также продолжительности его работы, что в совокупности характеризует фотосинтетический потенциал посевов (ФП). Фотосинтетический потенциал показывает суммарную площадь листовой поверхности на единице площади посева за вегетационный период в целом или какой-либо его отдельный этап.

На контрольном варианте в исследованиях с озимой пшеницей в среднем за три года фотосинтетический потенциал составил 1,025 млн м²*дней/га, а на вариантах с подкормками в фазу кущения он варьировал от 1,162 до 1,203 млн м²*дней/га (табл. 1).

На варианте с Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix наибольшие значения ФП были отмечены и в среднем за три года. Прибавка к контрольному варианту составила 0,178 млн м²*дней/га или 17,4%.

Некорневые подкормки, примененные в фазу кущения яровой пшеницы, значительно повлияли на фотосинтетический потенциал посевов. В среднем за период исследований фотосинтетический потенциал с использованием органоминеральных удобрений и регулятора роста колебался от 0,452 до 0,503 млн м²*дней/га, тогда как в контрольном варианте он составил лишь 0,413 млн м²*дней/га. Таким образом, фотосинтетический потенциал в изучаемых вариантах превышал контрольные показатели на 9,4-21,8%.

Наибольшие значения ФП отмечены при проведении некорневых подкормок на вариантах Carb-N-Humic (0,477 млн м²*дней/га) и Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix (0,503 млн м²*дней/га). Прибавка к контролю составила 0,064-0,090 млн м²*дней/га или 15,5- 21,8% соответственно (табл. 1).

Не менее важным показателем для оценки фотосинтетической продуктивности посевов полевых культур является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Показатель чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) отражает объем сухой надземной биомассы, которую растения накапливают за день на каждый квадратный метр листовой поверхности.

Таблица 1

Фотосинтетическая деятельность посевов озимой и яровой пшеницы (среднее за 2017-2019 гг.).

Варианты		Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал, млн м ² *дней/га	Накопление сухого вещества, т/га	ЧПФ, г/м ² в сутки
Биологическая форма развития	Обработка посевов в фазу кущения				
Озимая пшеница	1. Контроль	31,09	1,025	7,23	6,88
	2. Carb-N-Humic	34,93	1,162	7,94	6,68
	3. Carb-N-Humic+Альбит	35,03	1,162	7,80	6,58
	4. Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix	36,03	1,203	7,72	6,23
	5. Полишанс	35,81	1,188	7,57	6,18
	6. Энергошанс	35,30	1,174	7,63	6,31
средние		34,70	1,150	7,65	6,48
Яровая пшеница	1. Контроль	14,09	0,413	2,36	5,62
	2. Carb-N-Humic	15,85	0,477	2,60	5,33
	3. Carb-N-Humic+Альбит	16,19	0,469	2,59	5,46
	4. Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix	15,81	0,503	2,60	5,05
	5. Полишанс	15,93	0,455	2,80	6,14
	6. Энергошанс	15,65	0,452	2,94	6,46
средние		15,59	0,457	2,65	5,68

При изучении яровой пшеницы в среднем за годы исследований наибольшее значение чистой продуктивности фотосинтеза, составившее 6,46 г/м² в сутки, наблюдалось на варианте с Энергошансом, что указывает на повышение продуктивности работы листового аппарата под действием данного препарата. Выше величины контрольного варианта (5,62 г/м² в сутки) значение ЧПФ отмечено и при применении Полишанса (6,14 г/м² в сутки), а наименьшие значения (5,05 г/м² в сутки) получены на варианте с Carb-N-Humic+ Альбит + Hydro Mix (табл. 1).

Уровень урожайности полевых культур, складывающийся из массы основной и побочной продукции на единице площади, определяется накоплением сухого вещества в процессе фотосинтеза. Его динамика в наших исследованиях значительно варьировала по вариантам опыта, как в посевах озимой, так и яровой пшеницы.

Так в исследованиях с озимой пшеницей на вариантах с органоминеральными удобрениями и регулятором роста растений отмечалось опережающее накопление сухого вещества по сравнению с контрольным вариантом (рис. 3).

Максимальный урожай сухого вещества в среднем за три года исследований сформировался на вариантах Carb-N-Humic, Carb-N-Humic+Альбит, Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix. Он составил за годы исследований соответственно 7,94, 7,80 и 7,72 т/га и превысил контрольный вариант на 0,71, 0,57 и 0,49 т/га или 9,8, 7,9 и 6,7 %.

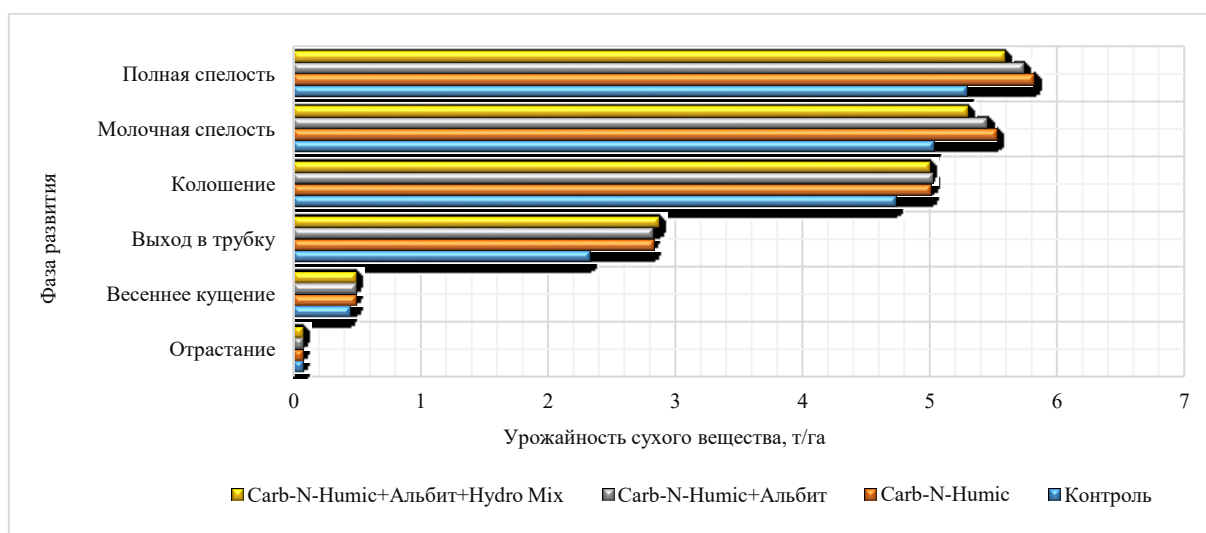


Рис. 3. Динамика накопления сухого вещества озимой пшеницей по вариантам опыта в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области (средние за 2018–2019 гг.).

При изучении яровой пшеницы также наблюдалось опережающее, относительно контроля, накопление сухого вещества на экспериментальных вариантах, что подтверждает эффективность действия препаратов (рис. 4).

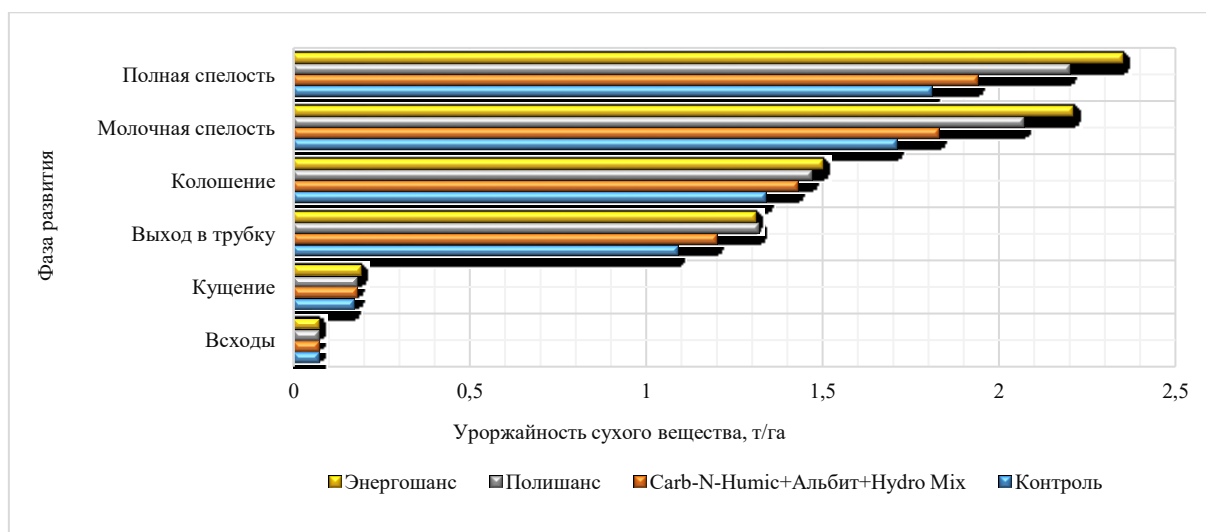


Рис. 4. Динамика накопления сухого вещества яровой пшеницы по вариантам опыта в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области, средние за 2018-2019 гг.

При этом из трёх вариантов с органоминеральными удобрениями и регуляторами роста растений, показавших лучший урожай на озимой пшенице, только один подтвердил эффективность и на яровой пшенице, причём с меньшим, среди двух других вариантов, эффектом – Carb-N-Humic+ Альбит + Hydro Mix (2,60 т/га), с прибавкой к контролю 0,24 т/га или 10,2%.

Более высокие сборы сухого вещества, на уровне 2,80-2,94 т/га, превысившие контрольный вариант на 0,44-0,58 или 18,6-24,6%, получены на вариантах с Полишансом и Энергошансом соответственно.

Комплексным показателем оценки эффективности применения различных технологических решений, направленных на более полную реализацию урожайного потенциала полевых культур, является коэффициент использования фотосинтетически активной радиации ($K_{ф\text{ар}}$). Он представляет собой выраженное в процентах отношение количества энергии, запасённой в урожае сединцы площади, к количеству поступившей на эту же площадь фотосинтетически активной солнечной радиации (ФАР), с длиной волны в диапазоне 380-710 нм.

Изучаемые нами органоминеральные удобрения и регулятор роста растений оказали заметное влияние на накопление солнечной энергии в урожае сухой биомассы озимой и яровой пшеницы и величину $K_{ф\text{ар}}$.

В среднем за три года полевого эксперимента наибольшее накопление солнечной энергии в урожае озимой пшеницы отмечено на вариантах с Carb-N-Humic (173,1 ГДж/га), Carb-N-Humic+Альбит (170,0 ГДж/га) и Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix (168,3 ГДж/га), где превышение над контролем составило за годы исследований 15,5, 12,4 и 10,7 ГДж/га или 6,4, 5,1 и 4,4% соответственно.

В среднем за три года на этих же вариантах отмечено наибольшее накопление солнечной энергии в урожае, превысившее контроль на 12,6, 9,1 и 5,2 ГДж/га или 24,7, 17,8 и 10,2%.

Аналогичные изменения по годам исследований и вариантам опыта отмечены и в отношении $K_{\text{фар}}$. В среднем же за три года исследований наиболее эффективное использование солнечной энергии на формирование урожая, с $K_{\text{фар}}$ на уровне 0,77%, наблюдалось при применении Энергошанса. Вторым по эффективности оказалось применение Полишанса (0,73%), а при использовании Carb-N-Humic в чистом виде или в сочетании с Альбитом и Hydro Mix $K_{\text{фар}}$ оказался равен 0,69% (рис. 5).

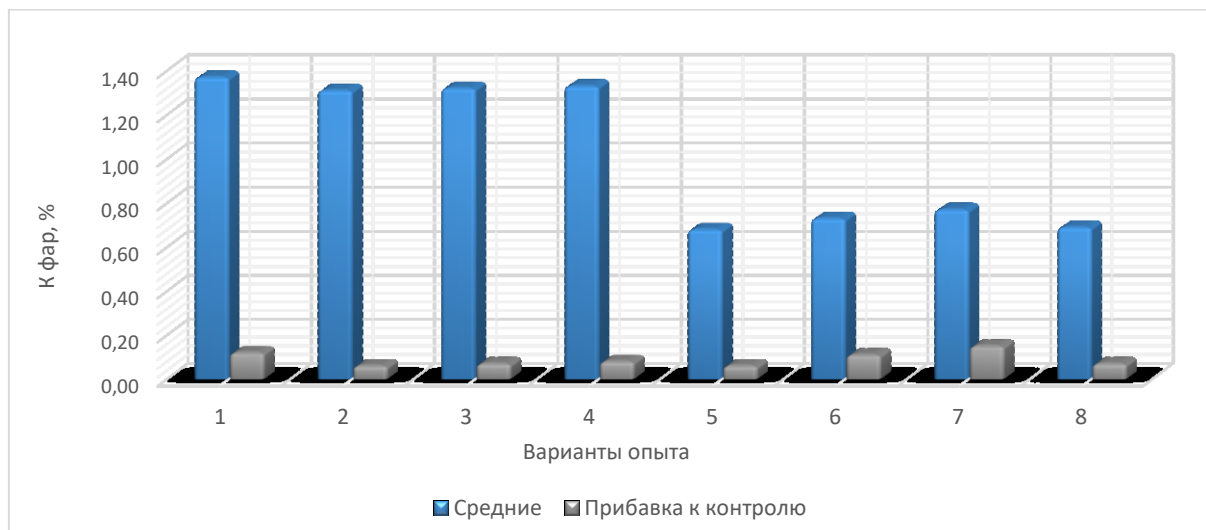


Рис. 5. Динамика величин $K_{\text{фар}}$ и прибавки к контролю по вариантам опыта с озимой (1, 2, 3, 4) и яровой (5, 6, 7, 8) пшеницей в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области (1,5–Carb-N-Humic, 2,6–Полишанс, 3,7–Энергошанс, 4,8 – средние), (средние данные за 2017–2019 гг.).

Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза характеризует величину зерна в надземной фитомассе и выражает расход метаболитов фотосинтеза и усвоенных минеральных удобрений. Минеральные удобрения оказывают существенное влияние на урожайность зерна пшеницы [9-11].

Расчет коэффициента хозяйственной эффективности существенно не отличалось по опытам озимой и яровой пшеницы. Так, например, для озимой пшеницы $K_{\text{хоз}}$ составило 0,40 ед, а для яровой пшеницы варьировало в пределах от 0,43 до 0,44 ед.

Заключение. Использование органоминеральных удобрений и регуляторов роста растений в посевах озимой и яровой пшеницы на стадии кушения приводит к улучшению фотосинтетической активности растений, что проявляется в увеличении площади ассимиляционного аппарата, коэффициента полезного действия фотосинтетического аппарата и урожая сухой биомассы. В посевах озимой пшеницы наиболее эффективным является использование жидкого азотного удобрения Carb-N-Humic, что приводит к урожайности сухой надземной биомассы 7,94 т/га и $K_{\text{фар}}$ 1,37%. В случае яровой пшеницы лучшими результатами отличается органоминеральное удобрение в хелатной форме Энергошанс, обеспечивая накопление сухого вещества 2,94 т/га и $K_{\text{фар}}$ 0,77%.

Список источников

1. Ничипорович А. А. Некоторые принципы комплексной оптимизации фотосинтетической деятельности и продуктивности растений // Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. М.: Изд-во АН СССР, 1970. С. 6-22.
2. Гулянов Ю. А. Продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы // Земледелие. 2006. № 6. С. 30-31. EDN: [HVTEBR](#)
3. Васин В. Г., Стрижаков А. О., Рухлевич Н. В., Смирнов А. С. Влияние системы применения удобрительных смесей мега-микс на фотосинтетическую деятельность и продуктивность посевов яровой пшеницы // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. (1 (45)), 89-96. DOI: [10.24412/2309-348X-2023-1-89-96](#) EDN: [SRUIOJ](#)
4. Ничипорович А. А. и др. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: АН СССР. 1961. EDN: [GWSUZW](#)
5. Ничипорович А. А., Куперман Ф. М. Фотосинтез и вопросы повышения урожайности растений // Вестник сельскохозяйственной науки. 1966. № 2. С. 1-12.
6. Балакшина В. И., Диканев Г. П., Богданенко Е. М., Ляхов А. Н. Фотосинтетическая продуктивность агроценозов яровой пшеницы в условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия для засушливых условий Нижнего Поволжья. 2005. С.150-154.
7. Синеговская, В.Т., Абросимова Т. Е. Активизация фотосинтетической деятельности яровой пшеницы при длительном применении удобрений // Вестник РАСХН. 2006. №5. С.43-45. EDN: [YAPJWX](#)
8. Щукин В. Б., Громов А. А., Щукина Н. В. Фотосинтетический потенциал посева озимой пшеницы и его окупаемость зерном при различных сроках внесения микроэлементов в условиях степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2007. Т. 2. № 14-1. С. 29-31. EDN: [MGWFDL](#)
9. Ibragimova R. R., Yartsev G. F., Baikasenov R. K., Aysuvakova T. P., Kartabayeva B. B., Tseiko V. I., Kosolapov V. M. Productivity and quality of spring soft wheat grain depending on root feeding with liquid nitrogen fertilizers on black soils of south Orenburg region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2. Sep. "2nd All-Russian Conference with International Participation "Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants"". 2021. С. 012061. DOI: [10.1088/1755-1315/901/1/012061](#) EDN: [WINSIP](#)

10. Yartsev G. F., Baikasenov R. K., Kolesnikov A. A., Akhmetgaliev A. T., Episheva Yu. Yu. Improvement of elements of cultivation technology for winter crops and chickpea on chernozems of southern and dark chestnut soils of the Orenburg region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Practical Conference: Food and Environmental Security in Modern Geopolitical Conditions: Problems and Solutions (EPFS-2023). IOP Publishing Ltd. 2023. C. 012034. DOI: [10.1088/1755-1315/1206/1/012034](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1206/1/012034) EDN: [ZNQTHI](https://www.edn.ru/znqthi)
11. Yartsev G. F., Baikasenov R. K., Aysuvakova T. P., Kartabayeva B. B., Sidorenko A. V., Kostomakhin M. N., Kosolapov V. M. Influence of root feeding fertilizers on yield and quality of winter wheat grain in conditions of the central zone of Orenburg region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2. Ser. "2nd All-Russian Conference with International Participation "Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants". 2021. C. 012040.

References

1. Nichiporovich, A. A. (1970). Some principles of complex optimization of photosynthetic activity and plant productivity. *The most important problems of photosynthesis in crop production*. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. (In Russian).
2. Gulyanov, Yu. A. (2006). Productivity of photosynthesis of winter wheat. *Agriculture*. 6. 30-31. (In Russian). EDN: [HVTEBR](https://www.edn.ru/hvtebr)
3. Vasin, V. G., Strizhakov, A. O., Rukhlevich, N. V. & Smirnov A. S. (2023). The influence of the mega-mix fertilizer application system on photosynthetic activity and productivity of spring wheat crops. *Legumes and cereals*. (1 (45)), 89-96. (In Russian). DOI: [10.24412/2309-348X-2023-1-89-96](https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-1-89-96) EDN: [SRUIOJ](https://www.edn.ru/sruioj)
4. Nichiporovich, A. A., Stroganova, L. E., Chmora, S. N., & Vlasova, M. P. (1961). Photosynthetic activity of plants in crops. M.: USSR Academy of Sciences, 6-19. (In Russian). EDN: [GWSUZW](https://www.edn.ru/gwsuzw)
5. Nichiporovich, A. A. & Kuperman, F. M. (1966). Photosynthesis and issues of increasing plant productivity. *Bulletin of Agricultural Science*. 2. 1-12. (In Russian).
6. Balakshina, V. I. Dikanev, G. P., Bogdanenko, E. M. & Lyakhov A. N. (2005). Photosynthetic productivity of agroecosystems of spring wheat in the conditions of the dry-steppe zone of the Lower Volga region. *Adaptive landscape farming systems for arid conditions of the Lower Volga region*. 150-154. (In Russian).
7. Sinogovskaya, V. T. & Abrosimova, T. E. (2006). Activation of photosynthetic activity of spring wheat with prolonged application of fertilizers // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 5. 43-45. (In Russian). EDN: [YAPJWX](https://www.edn.ru/yapjwx)
8. Shchukin, V. B., Gromov, A. A. & Shchukina, N. V. (2007). Photosynthetic potential of winter wheat sowing and its payback by grain at various periods of application of trace elements in the conditions of the steppe zone of the Southern Urals. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2. 14-1. 29-31. (In Russian). EDN: [MGWFDL](https://www.edn.ru/mgwfdl)
9. Ibragimova, R. R., Yartsev, G. F., Baikasenov, R. K., Aysuvakova, T. P., Kartabayeva, B. B., Tseiko, V. I. & Kosolapov, V. M. (2021). Productivity and quality of spring soft wheat grain depending on root feeding with liquid nitrogen fertilizers on black soils of south Orenburg region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2. Ser. "2nd All-Russian Conference with International Participation "Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants". 012061. DOI: [10.1088/1755-1315/901/1/012061](https://doi.org/10.1088/1755-1315/901/1/012061) EDN: [WINSIP](https://www.edn.ru/winsip)
10. Yartsev, G. F., Baikasenov, R. K., Kolesnikov, A. A., Akhmetgaliev, A. T. & Episheva, Yu. Yu. (2023). Improvement of elements of cultivation technology for winter crops and chickpea on chernozems of southern and dark chestnut soils of the Orenburg region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. International Scientific and Practical Conference: Food and Environmental Security in Modern Geopolitical Conditions: Problems and Solutions (EPFS-2023). IOP Publishing Ltd. 012034. DOI: [10.1088/1755-1315/1206/1/012034](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1206/1/012034) EDN: [ZNQTHI](https://www.edn.ru/znqthi)
11. Yartsev, G. F., Baikasenov, R. K., Aysuvakova, T. P., Kartabayeva, B. B., Sidorenko, A. V., Kostomakhin, M. N. & Kosolapov, V. M. (2021). Influence of root feeding fertilizers on yield and quality of winter wheat grain in conditions of the central zone of Orenburg region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2. Ser. "2nd All-Russian Conference with International Participation "Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants". 012040.

Информация об авторах:

Ю. Ю. Епишева – соискатель;
Г. Ф. Ярцев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Р. К. Байкасенов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors:

Y. Y. Episheva – Applicant;
G. F. Yartsev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
R. K. Baykasenov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 2.09.2025; одобрена после рецензирования 29.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
The article was submitted 2.09.2025; approved after reviewing 29.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.