

Научная статья

УДК 631.11

doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-3-29-38

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН И ПОСЕВОВ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Марат Фуатович Амиров^{1✉}, Айрат Ягъфарович Сафиуллин²

^{1,2} Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

¹m.f.amirof@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8585-1186>

²airatsafiullin1996@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2044-1676>

Резюме. Исследования проводили с целью изучения особенностей влияния минеральных удобрений и концентрированных органоминеральных комплексных жидких удобрений на фотосинтетическую деятельность посевов яровой мягкой пшеницы сорта Ульяновская 105. Работу выполняли в 2021-2023 годы в Предкамье Республики Татарстан. Почва опытного участка светло-серая лесная, среднесуглинистая. Агрохимические показатели: содержание гумуса по Тюрину составляло 1,9%, подвижного фосфора и калия по Кирсанову в модификации ЦИНАО – соответственно 145 мг/кг и 127 мг/кг, кислотность почвы – 6,4 рН. Дозы внесения минеральных удобрений устанавливали расчётно-балансовым методом на урожайность зерна 3 т/га, которые составили $N_{106}P_{27}K_{41}$. Кроме минеральных удобрений оценивали влияние концентрированных органоминеральных комплексных жидких удобрений *Batr Gum*, *Batr MaX* производства «Сервис Агро». Применение расчётных доз минеральных удобрений существенно увеличило площадь листовой поверхности по сравнению с контролем. Максимальная площадь листовой поверхности в среднем за три года отмечалась в фазе колошения и достигала в варианте НРК на получение 3 т/га зерна + *Batr* (0,5 л/т + 1 л/га + 1 л/га) – 34,06 тыс. м²/га. Наибольшее значение ЛФП за вегетацию яровой пшеницы в 2023 году получили при внесении минеральных удобрений и использовании *Batr Gum*, *Batr MaX* – 1491 тыс. м²/суток на 1 га. Показатель чистой продуктивности фотосинтеза очень динамичен. Он зависит от условий внешней среды, состояния самих растений, в первую очередь от ассимиляционной работы листьев и площади их поверхности. При внесении НРК в расчете на получение 3 т/га зерна происходило увеличение площади листьев, а средневзвешенная за вегетацию ЧПФ за годы исследований уменьшалась на 0,8...0,4 г/м² в сутки. Самая высокая прибавка урожайности яровой пшеницы сорта Ульяновская 105 в среднем за 2021-2023 гг. была при использовании минеральных удобрений, препаратов *Batr Gum* и *Batr MaX* и составила 1,39 т/га.

Ключевые слова: яровая пшеница (*Triticum aestivum* L), сорта, обработка семян, удобрения, опрыскивание растений, площадь листьев, фотосинтетический потенциал, урожайность

Для цитирования: Амиров М. Ф., Сафиуллин А. Я. Влияние удобрений и предпосевной обработки семян и посевов на фотосинтетическую деятельность посевов яровой пшеницы в условиях Предкамья Республики Татарстан // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3. С. 29-38. doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-3-29-38

Original article

THE EFFECT OF FERTILIZERS AND PRE-SOWING TREATMENT OF SEEDS AND CROPS ON THE PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF SPRING WHEAT CROPS IN THE CONDITIONS OF THE KAMA REGION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Marat F. Amirov^{1✉}, Airat Ya. Safiullin²

^{1,2} Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

¹m.f.amirof@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8585-1186>

²airatsafiullin1996@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2044-1676>

Abstract. The research was carried out in order to study the peculiarities of the effect of mineral fertilizers and concentrated organomineral complex liquid fertilizers on the photosynthetic activity of spring soft wheat crops of the Ulyanovsk 105 variety. The work was carried out in 2021-2023 in the Kama region of the Republic of Tatarstan.

The soil of the experimental site is light gray forest, medium loamy. Agrochemical indicators: the content of humus according to Tyurin was 1.9%, mobile phosphorus and potassium according to Kirsanov in the modification of TSINAO – 145 mg/kg and 127 mg/kg, respectively, soil acidity – 6.4 pH. The doses of mineral fertilizers were determined by the calculation and balance method for grain yield of 3 t/ha, which amounted to N₁₀₆P₂₇K₄₁. In addition to mineral fertilizers, the effect of concentrated organomineral complex liquid fertilizers Batr Gum, Batr MaX produced by Service Agro was evaluated. The use of calculated doses of mineral fertilizers significantly increased the leaf surface area compared to the control. The maximum leaf surface area over an average of three years was observed in the earing phase and reached in the NPK variant for 3 t/ha of grain + Batr (0.5 l/t + 1 l/ha + 1 l/ha) - 34.06 thousand m²/ha. The highest value of the LFP for the growing season of spring wheat in 2023 was obtained when applying mineral fertilizers and using Batr Gum, Batr MaX – 1491 thousand m² / day per 1 hectare. The indicator of the net productivity of photosynthesis is very dynamic. It depends on both the environmental conditions and the condition of the plants themselves, primarily on the assimilation work of the leaves and their surface area. When NPK was applied in order to obtain 3 tons/ha of grain, the leaf area increased, and the weighted average for the vegetation of the NPK decreased by 0.8...0.4 g/m² per day over the years of research. The highest increase in the yield of spring wheat of the Ulyanovsk 105 variety on average for 2021-2023 was with the use of mineral fertilizers, Batr Gum and Batr MaX preparations amounting to 1.39 t/ha.

Keywords: spring wheat (*Triticum aestivum* L), varieties, seed treatment, fertilizers, plant spraying, leaf area, photosynthetic potential, yield

For citation: Amirov, M. F. & Safiullin, A. Ya. (2024). The effect of fertilizers and pre-sowing treatment of seeds and crops on the photosynthetic activity of spring wheat crops in the conditions of the Kama region of the Republic of Tatarstan. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 3, 29-38 (in Russ.). doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-3-29-38

Высокий урожай зерновых можно получить при выращивании посевов с высоким фотосинтетическим потенциалом. Для этого необходимо сформировать посеvy с такой густотой стояния растений, чтобы площадь их листьев в 4-5 раз превышала площадь поля [1,2,3]. Поэтому для зерновых культур оптимальным индексом листовой поверхности (площадь листьев на единицу площади посева) считается 4-5 м²/м², а фотосинтетический потенциал – не менее 1,8 млн*м²сутки/га. В создании урожая фотосинтезу принадлежит ведущая роль, и все агротехнические приемы должны быть направлены на обеспечение оптимальных условий для лучшего использования растением солнечной энергии и протекания процесса фотосинтеза. Продуктивность фотосинтеза зависит от многих показателей: интенсивности протекания процесса, биологических особенностей сорта, размера и продолжительности работы ассимиляционной поверхности, уровня минерального питания [4] и применения на посевах концентрированных органоминеральных комплексных жидких удобрений. Таким образом, изучение влияния минеральных удобрений совместно с новыми регуляторами роста на нарастание ассимиляционной поверхности, изучение оптимального хода ее формирования, является актуальной проблемой и перспективным направлением повышения продуктивности растений [5, 6, 7].

Фотосинтез – основной процесс питания растений, в результате его образуется до 90-95% сухой массы урожая. Быстрота развития, размеры листового аппарата, продолжительность его работы – важные показатели, отражающие продуктивность посевов [8, 9, 10].

По данным А. А. Ничипоровича (1963), М. К. Каюмова (1977), величина урожая зерна находится в тесной зависимости от размеров и продуктивности листовой поверхности. Они считают, что для формирования высоких урожаев зерновых культур листовая поверхность должна довольно быстро достигнуть максимума, сохраниться какое-то время на этой высоте, а затем отмереть с одновременной передачей пластических веществ в репродуктивные органы [11, 12].

Цель исследований – установление степени влияния минеральных удобрений и концентрированных органоминеральных комплексных жидких удобрений на фотосинтетическую деятельность посевов яровой мягкой пшеницы сорта Ульяновская 105.

Задачи исследований – определение площади листьев по фазам развития и чистой продуктивности фотосинтеза на посевах яровой пшеницы.

Материал и методы исследований. Работу выполняли в 2021-2023 годы на поле ООО АФ «Аю» Арского района Республики Татарстан (РТ). Почва участка, на котором проводили опыт, светло-серая лесная, по гранулометрическому составу – среднесуглинистая. В пахотном слое содержание гумуса по Тюрину составляло 1,9% (ГОСТ 26213-74 «Почвы. Методы определения органического вещества»), подвижного фосфора и калия по Кирсанову в модификации ЦИНАО – соответственно 145 мг/кг и 127 мг/кг (ГОСТ 26207-84 «Почвы. Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО»), кислотность почвы – 6,4 рН (ионометрическим методом, ГОСТ 24483-85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО»). Дозы внесения минеральных удобрений устанавливали расчётно-балансовым методом на урожайность зерна 3 т/га, которые составили $N_{106}P_{27}K_{41}$. Материалом для исследований являлся сорт яровой мягкой пшеницы Ульяновская 105, который размещали в севообороте со следующим чередованием культур: чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – яровой ячмень – овёс. Используемая в полевых опытах агротехника общепринятая в РТ, за исключением изучаемых вариантов. Оценивали влияние минеральных удобрений и концентрированных органоминеральных комплексных жидких удобрений Batr Gum, Batr MaX производства «Сервис Агро», регистрационный номер: 483-13-1908-1.

В состав препарата Batr Gum входят аминокислоты – 5%, MgO – 0,5%, SO_3 – 1,2%, Zn – 0,05%, Cu – 0,05%, Fe – 0,02%, Mn – 0,05%, B – 0,18%, Mo – 0,05%, Se – 0,001%. Batr MaX содержит N – 5%, P_2O_5 – 6%, K_2O – 9%, MgO – 0,15%, SO_3 – 2,3%, Zn – 0,05%, Cu – 0,05%, Fe – 0,02%, Mn – 0,05%, B – 0,018%, Mo – 0,02%, Se – 0,001%.

Схема полевого опыта предусматривала следующие варианты:

1) без удобрений, без предпосевной обработки семян, опрыскивание в фазе кущения яровой пшеницы гербицидом, опрыскивание в фазе выхода в трубку инсектицидом – контроль;

2) без удобрений, обработка семян препаратом Batr Gum в дозе 0,5 л/т, опрыскивание в фазе кущения гербицидом + Batr MaX 1 л/га, опрыскивание в фазе выхода в трубку инсектицидом + Batr MaX 1 л/га;

3) NPK на 3 т/га зерна, без предпосевной обработки семян, опрыскивание в фазе кущения яровой пшеницы гербицидом, опрыскивание в фазе выхода в трубку инсектицидом;

4) NPK на 3 т/га зерна, обработка семян препаратом Batr Gum в дозе 0,5 л/т, опрыскивание в фазе кущения гербицидом + Batr MaX 1 л/га, опрыскивание в фазе выхода в трубку инсектицидом + Batr MaX 1 л/га.

Яровую пшеницу высевали рядовым способом с нормой 6 млн всхожих семян на 1 га на глубину 5 см сеялкой СЗП-3,6А. Обработку семян проводили за один день до посева. Площадь делянки – 54×250 м. Повторность опытов трёхкратная. Обработку посевов выполняли прицепным опрыскивателем ОМПШ-2500. Наблюдения за ростом и развитием растений в посевах осуществляли по методике Государственного сортоиспытания: отмечали календарные даты посева, начала и полных всходов. Анализ биологического урожая и его структуры проводили сноповым методом (сохранность растений, продуктивная кустистость, масса зерна, масса соломистой части образца, масса 1000 зерен). Уборку урожая осуществляли в фазе полной спелости поделяночно прямым способом. Учёт фактической урожайности по делянкам выполняли с пересчётом на 14% влажность и 100% чистоту зерна [13]. Показатели фотосинтетической деятельности посевов (площадь листьев, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, накопление биомассы) определяли по общепринятой методике [14]. Расчёты экономической эффективности изучаемых агроприемов и статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.)

Метеорологические условия 2021 года в период вегетации яровой пшеницы характеризовались высокими температурами в мае, в июне – выпадением 40% нормы осадков (табл. 1). В 2022 году в мае минимальная температура воздуха опускалась до 1°C, в июне и июле – до 6°C, сумма осадков в мае и июне составляла половину климатической нормы за этот период. В 2023 году в мае сумма активных температур была в 2,2 раза больше многолетних значений, гидротермический коэффициент за июнь, июль, август составил всего 0,09...0,69 ед.

Таблица 1

Метеорологические условия в период вегетации яровой пшеницы

Показатель	Месяц			
	Май	Июнь	Июль	Август
2021 г.				
Осадки, мм	39	25	30	13
Максимальная температура воздуха, °С	+32	+35	+32	+31
Минимальная температура воздуха, °С	+8	+14	+14	+17
Сумма активных температур, °С	619	785	851	373
Гидротермический коэффициент	0,63	0,32	0,35	0,35
2022 г.				
Осадки, мм	22	28	70	15
Максимальная температура воздуха, °С	+17	+24	+28	+31,15
Минимальная температура воздуха, °С	1	+6	+6	+12,2
Сумма активных температур, °С	342	638	769	859
Гидротермический коэффициент	0,64	0,44	0,91	0,17
2023 г.				
Осадки, мм	32	6	53	4
Максимальная температура воздуха, °С	+30	+28	+33	+33
Минимальная температура воздуха, °С	+2	+10	+13	+16
Сумма активных температур, °С	532	564	766	135
Гидротермический коэффициент	0,60	0,09	0,69	0,29
Средние многолетние значения (климатическая норма)				
Осадки, мм	35	61	68	40
Максимальная температура воздуха, °С	15,8	19,6	23,3	22,2
Минимальная температура воздуха, °С	9,2	12,8	16,1	14,7
Сумма активных температур, °С	240	599	1030	1275
Гидротермический коэффициент	1,46	1,02	0,66	0,31

Результаты исследований. На динамику формирования листовой поверхности яровой пшеницы оказывало влияние внесение минеральных удобрений и концентрированных органоминеральных комплексных жидких удобрений Batr Gum, Batr MaX.

Применение минеральных удобрений существенно увеличило площадь листовой поверхности по сравнению с контролем. Наибольшее влияние на динамику листовой поверхности оказал вариант, где применялись минеральные удобрения и жидкие удобрения марки Batr, в среднем за три года увеличив листовую поверхность в фазе выхода в трубку на 3,83 тыс. м²/га по сравнению с внесением только минеральных удобрений (табл. 2). Максимальная площадь листовой поверхности в среднем за три года отмечалась в фазе колошения и достигала в варианте 4, NPK рассчитанном на получение 3 т/га зерна + Batr (0,5 л/т +1 л/га +1 л/га) – 34,06 тыс. м²/га.

Применяемые жидкие удобрения марки Batr оказывали заметное влияние на величину листовой поверхности растений яровой пшеницы с фазу кущения, где она составила в среднем за 2021-2023 гг. 10,37 тыс. м²/га. Но при применении жидких удобрений марки Batr с минеральными удобрениями с фазы кущения, площадь листовой поверхности увеличивалась в среднем за 3 года на 4,34 тыс. м²/га. Важна не только величина листовой поверхности, но и продолжительность функционирования этой листовой поверхности, то есть листовой фотосинтетический потенциал (ЛФП).

В 2021 году ЛФП яровой пшеницы на фоне без удобрений, без обработки семян и посевов (контроль) за межфазный период всходы – кущение составил 26 тыс. м²/суток на 1 га, за период кущение – выход в трубку – 121, за период выход в трубку – колошение – 196, за период колошение – молочная спелость – 236 и в целом за период вегетации – 579 тыс. м²/суток на 1 га (рис. 1). На фоне без удобрений при обработке семян препаратом Batr Gum и опрыскивании Batr MaX ЛФП яровой пшеницы за те же межфазные периоды увеличились и за период вегетации составили – 873 тыс. м²/суток на 1 га. При внесении NPK в расчете на получение 3 т/га зерна без использования препаратов Batr Gum, Batr MaX ЛФП за вегетацию составил 952, а при обработке семян и посевов этими препаратами – 1224 тыс. м²/суток на 1 га.

Таблица 2

Динамика формирования площади листьев яровой пшеницы
в зависимости от фона питания, обработок семян и посевов (тыс. м²/га), за 2021-2023 гг.

Фазы вегетации растений	Варианты			Средняя за 2021-2023 годы
	2021	2022	2023	
1. Без удобрений – Контроль				
Кущение	6,17	8,06	10,23	8,15
Выход в трубку	14,91	17,95	24,60	19,15
Колошение	15,32	18,73	25,0	19,68
Молочная спелость	6,09	8,60	11,54	8,74
2. Без удобрений + Vatr (0,5 л/т + 1 л/га + 1 л/га)				
Кущение	9,48	10,36	11,27	10,37
Выход в трубку	18,45	23,08	25,86	22,46
Колошение	20,28	24,06	26,30	23,55
Молочная спелость	9,70	10,42	12,13	10,75
3. NPK на 3 т/га зерна – без обработок семян и посевов				
Кущение	10,28	13,23	13,68	12,40
Выход в трубку	23,65	29,50	34,92	29,36
Колошение	23,98	31,67	35,90	30,52
Молочная спелость	10,46	13,72	15,60	13,26
4. NPK на 3 т/га зерна + Vatr (0,5 л/т + 1 л/га + 1 л/га)				
Кущение	12,95	15,22	15,95	14,71
Выход в трубку	30,39	33,93	35,25	33,19
Колошение	31,15	34,83	36,20	34,06
Молочная спелость	13,25	15,0	15,80	14,68

В 2022 году погодные условия в период вегетации яровой пшеницы были более благоприятными, что способствовало более сильному влиянию внесенных минеральных удобрений, обработки семян и посевов на ЛФП. Этот показатель за вегетацию по контролю составил 752, по второму варианту – 967, по третьему – 1235, по четвертому – 1421 тыс. м²/суток на 1 га (рис. 2).

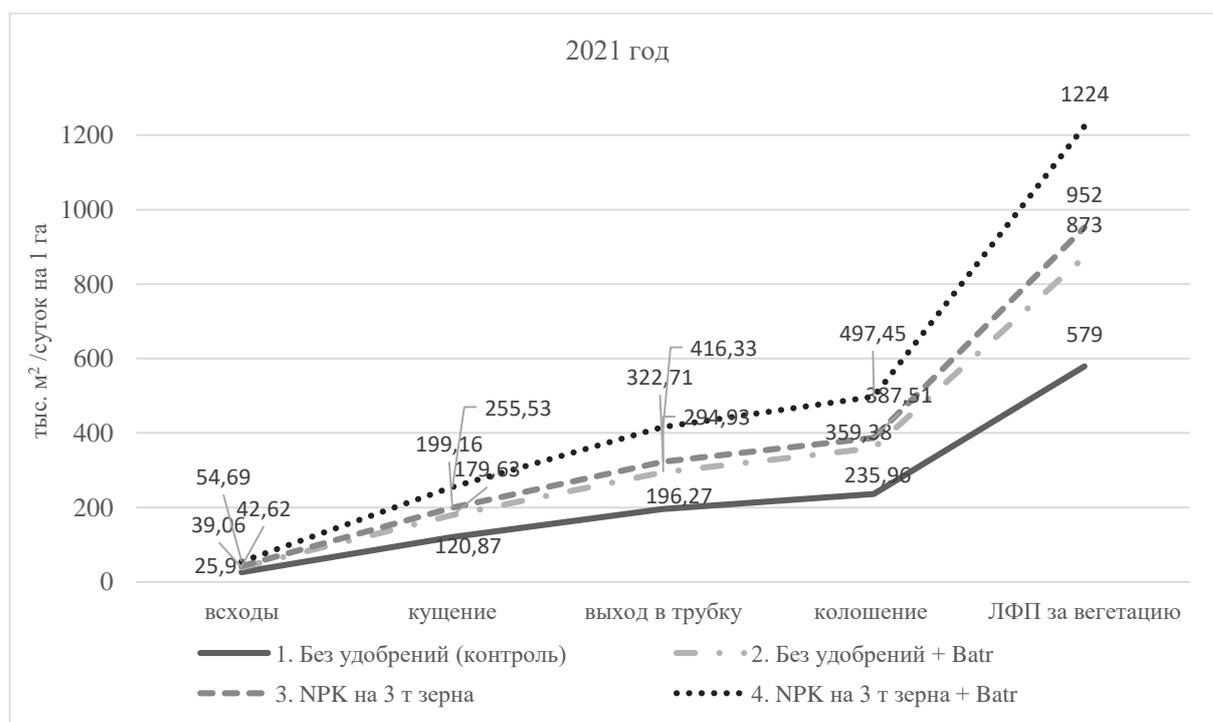


Рис. 1. Листовой фотосинтетический потенциал яровой пшеницы в зависимости от фона питания, обработок семян и посевов, тыс. м²/суток на 1 га за 2021 год

В 2023 году метеорологические условия в июне отличались малым количеством выпавших осадков, а гидротермический коэффициент составил всего 0,09, что уменьшило влияние обработки семян и посевов на величину ЛФП яровой пшеницы (рис. 3). Если на контроле ЛФП за вегетацию составил 1009, то при использовании Batr Gum, Batr MaX он увеличился до 1124, а при внесении минеральных удобрений до 1398 тыс. м²/суток на 1 га. Наибольшее значение ЛФП за вегетацию яровой пшеницы получили при внесении минеральных удобрений и использовании Batr Gum, Batr MaX – 1491 тыс. м²/суток на 1 га.

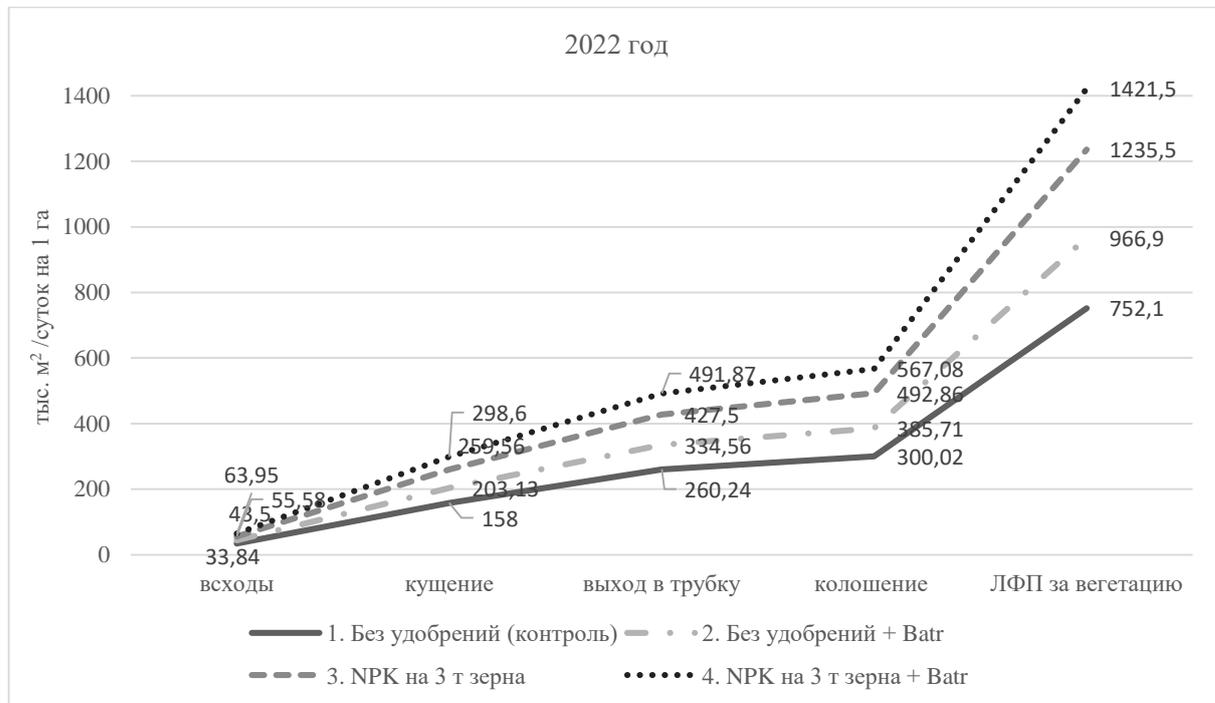


Рис. 2. Листовой фотосинтетический потенциал яровой пшеницы в зависимости от фона питания, обработок семян и посевов, тыс. м²/суток на 1 га за 2022 год

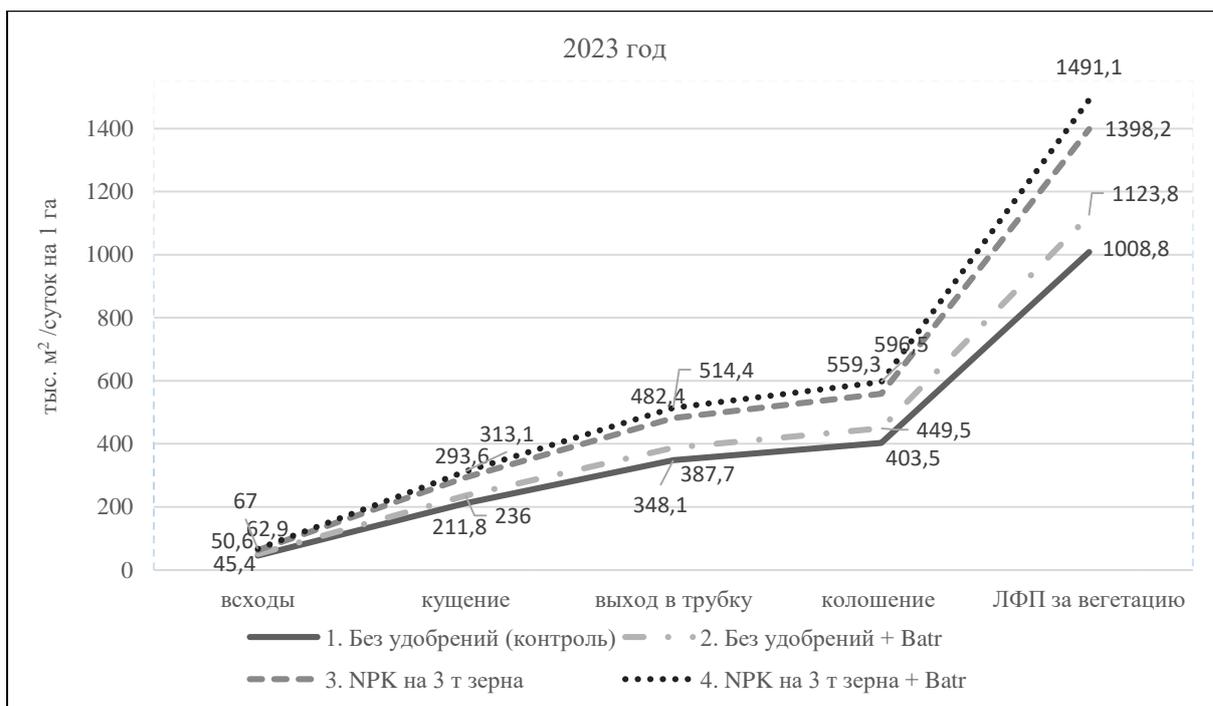


Рис. 3. Листовой фотосинтетический потенциал яровой пшеницы в зависимости от фона питания, обработки семян и посевов, тыс. м²/суток на 1 га за 2023 год

Согласно литературным источникам, продуктивность растений хотя и связана с величинами фотосинтетического потенциала, но изменяется не всегда пропорционально, что объясняется варьированием по годам продуктивности работы каждой единицы листовой поверхности [10].

Эффективность работы листового аппарата растений находит конечное выражение в чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). Показатель чистой продуктивности фотосинтеза динамичен. Он зависит как от условий внешней среды, так и от состояния самих растений, в первую очередь от ассимиляционной работы листьев и площади их поверхности.

На посевах яровой пшеницы в 2021 году на контроле чистая продуктивность фотосинтеза за межфазный период всходы-кущение составила 3,1 г/м² в сутки, за период кущение-выход в трубку – 6,0, за период выход в трубку-колошение – 5,2, за колошение-молочная спелость снизилась до 1,0 г/м² в сутки (рис. 4). При обработке семян препаратом Batr Gum и опрыскивании посевов Batr MaX средневзвешенная за вегетацию ЧПФ яровой пшеницы повысилась на фоне без удобрений на 1 г/м² в сутки, а на удобренном фоне на 0,5 г/м² в сутки. Использование расчетных доз минеральных удобрений способствовало, прежде всего, усилению ростовых процессов, увеличению площади листьев, что вызвало затенение листьев друг другом, а затем и снижение средневзвешенной за вегетацию ЧПФ до 3,4...3,9 г/м² в сутки.

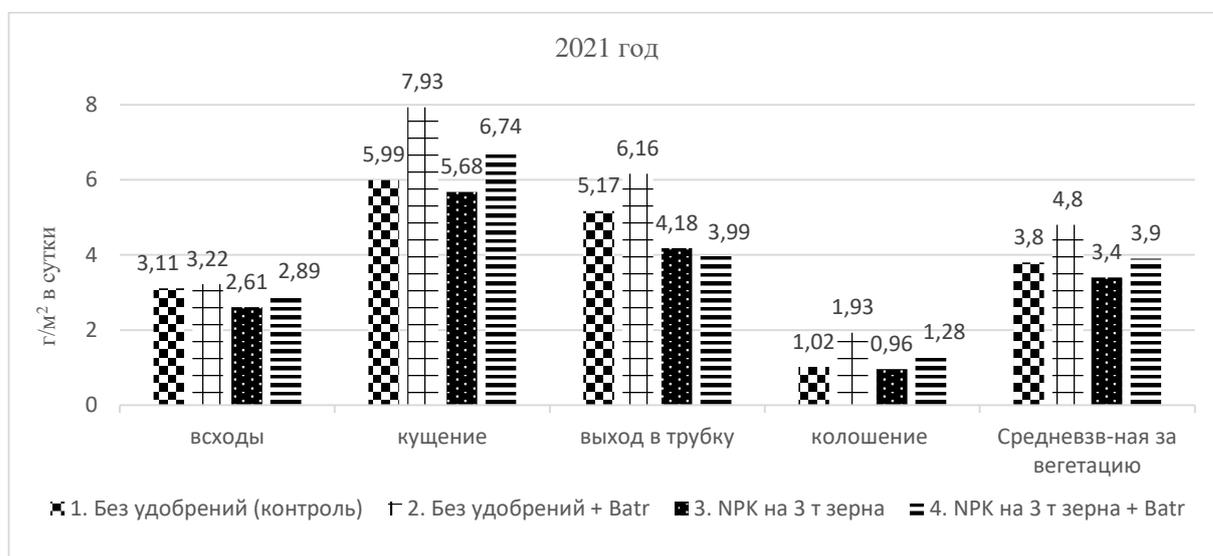


Рис. 4. Чистая продуктивность фотосинтеза яровой пшеницы в зависимости от фона питания, обработки семян и посевов, г/м² в сутки за 2021 год

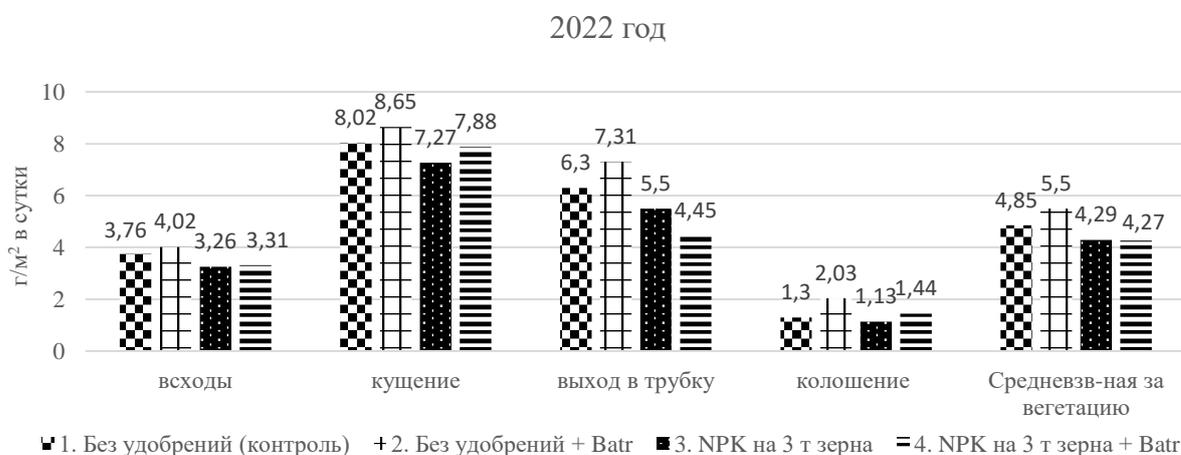


Рис. 5. Чистая продуктивность фотосинтеза яровой пшеницы в зависимости от фона питания, обработки семян и посевов, г/м² в сутки за 2022 год

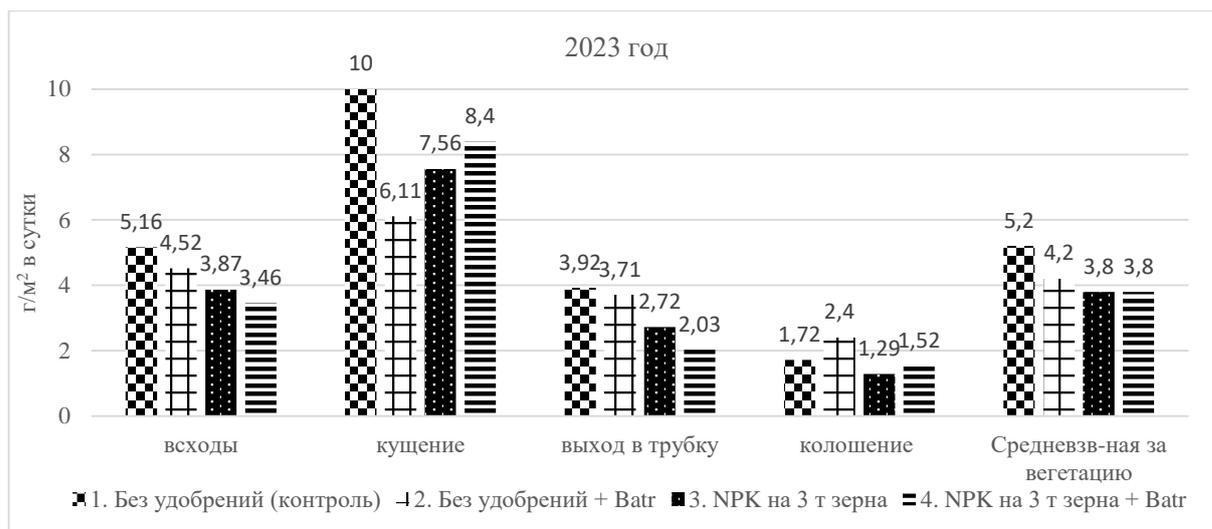


Рис. 6. Чистая продуктивность фотосинтеза яровой пшеницы в зависимости от фона питания, обработки семян и посевов, г/м² в сутки за 2023 год

В 2022 году метеорологические условия способствовали увеличению не только ЛФП, но и средневзвешенного за вегетацию ЧПФ по сравнению с показателями 2021 года по контролю на 1,1 г/м² в сутки по обработке семян и посевов на 0,7, по удобренному фону без обработки семян и посевов на 0,9 и по удобренному фону при обработке семян и посевов на 0,4 г/м² в сутки (рис. 5).

В 2023 году средневзвешенная за вегетацию ЧПФ была в пределах 3,8...5,2 г/м² в сутки (рис. 6). За три года исследований выявлено, что обработка семян препаратом Batr Gum и опрыскивании посевов яровой пшеницы Batr MaX на без удобренном и удобренном фонах питания увеличили средневзвешенную за вегетацию ЧПФ на 0,2 г/м² в сутки. При внесении NPK в расчете на получение 3 т/га зерна происходило увеличение площади листьев, а средневзвешенная за вегетацию ЧПФ за годы исследований уменьшалась на 0,8...0,4 г/м² в сутки.

Формирование листовой поверхности растений на единице площади поля, продолжительность работы этой поверхности, то есть ЛФП и интенсивность синтеза органических веществ, ЧПФ дают возможность нам объяснить, какие факторы, в какую фазу значительно повлияли на рост и развитие яровой пшеницы, в конечном счёте на урожайность культуры. Средняя урожайность яровой пшеницы за 2021 год составила 2,07 т/га, а в более благоприятные 2022 и 2023 гг. 2,65...2,84 т/га (табл. 3). За годы исследований средняя урожайность на контроле составила 1,81 т/га, а при использовании препаратов Batr Gum и Batr MaX прибавка урожайности составила 0,39 т/га.

Таблица 3

Урожайность яровой пшеницы в зависимости от минеральных удобрений и предпосевной обработки семян и опрыскивания посевов, т/га

Варианты	Урожайность, т/га			Средняя за 2021-2023 гг.	Прибавка, т/га
	2021 г.	2022 г.	2023 г.		
1. Без удобрений, без обработки (Контроль)	1,32	1,82	2,28	1,81	-
2. Без удобрений, Batr (0,5 л/т +1 л/га +1 л/га)	1,99	2,34	2,54	2,20	0,39
3. NPK на 3 т/га зерна, без обработки семян и посевов	2,17	2,99	3,16	2,77	0,96
4. NPK на 3 т зерна, Batr (0,5 л/т +1 л/га +1 л/га)	2,79	3,44	3,37	3,20	1,39
Средняя	2,07	2,65	2,84	2,52	-
НСР ₀₅	0,25	0,36	0,42	-	-

Использование расчётных доз NPK на получение 3 т/га зерна сильно повлияло на увеличение урожайности, особенно в 2022 и 2023 годы, прибавка в среднем за три года составила 0,96 т/га, а при обработке семян и опрыскивании препаратами Batr Gum и Batr MaX прибавка составила 1,39 т/га. Массовая доля белка в среднем за годы исследований по этому варианту составила 14,5%, тогда как на контроле 12,6%, а количество клейковины соответственно 26,2 и 16,6%.

Заключение. За годы исследований самые большие показатели листового фотосинтетического потенциала (ЛФП) за вегетацию яровой пшеницы были получены при использовании минеральных удобрений NPK на получение 3 т/га зерна, при обработке семян препаратом Batr Gum и опрыскивании посевов препаратом Batr MaX в 2021 году – 1224, в 2022 – 1421 и в 2023 году – 1491 тыс. м²/суток на 1 га. Так же выявлено, что в этом варианте с увеличением ЛФП уменьшается средневзвешенная за вегетацию чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), но не менее чем на 3,8 г/м² в сутки. Урожайность яровой пшеницы сорта Ульяновская 105 в среднем за 2021-2023 гг. при использовании минеральных удобрений N₁₀₆P₂₇K₄₁, препаратов Batr Gum (0,5 л/т) и Batr MaX (1 л/га+1 л/га) увеличилась на 77% по сравнению с контролем.

Список источников

1. Вильдфлуш И. Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур. 2011. 293 с.
2. Фетюхин И. В., Толпинский В. В., Шевченко В. А. Влияние агротехнических приемов на фитометрические показатели посевов кукурузы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 164. С. 239-247.
3. Поляков А. И., Никитенко О. В., Литошко С. В. Влияние агроприемов выращивания на фотосинтетическую деятельность и урожайность подсолнечника // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4. С. 93-98.
4. Герасимова А. С., Воронин А. Н. Влияние различных агроприемов на показатели фотосинтеза яровой пшеницы // Органическое сельское хозяйство: опыт, проблемы и перспективы : сборник научных трудов, 2022. С. 25-30.
5. Сержанов И. М., Шайхутдинов Ф. Ш., Сержанова А. Р., Гараев Р. И., Залялов Р. Р. Влияние элементов технологии на урожайность и качество зерна яровой пшеницы на черноземных почвах Предволжья Республики Татарстан // Вестник Казанского ГАУ. 2022. Т. 17. № 3 (67). С. 36-44. doi: 10.12737/2073-0462-2022-36-44.
6. Гилязов М. Ю. Роль удобрений в повышении устойчивости производства продукции растениеводства // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности : сборник научных трудов. Казань : Казанский ГАУ, 2021. С. 133-140.
7. Амиров М. Ф., Толокнов Д. И. Влияние минеральных удобрений, обработки семян и посевов на продуктивность яровой пшеницы в условиях Предкамья Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17, № 2. С. 66.
8. Амиров М. Ф. Интенсивность усвоения углерода полевыми культурами в зависимости от технологии возделывания в условиях Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 3 (63). С. 14-18.
9. Гаффарова Л.Г. Динамика запасов гумуса и прогноз потенциала поглощения углерода зональных почв Республики Татарстан // Вестник Казанского ГАУ. 2021. Т.14. № 3 (63). С. 27-31.
10. Ничипорович А. А. Фотосинтез и вопросы повышения продуктивности растений. Проблемы фотосинтеза. М. : Изд-во АН СССР, 1959. С. 431-433.
11. Петров Н. Ю., Бердников Н. В., Чернышков В. В. Влияние биостимуляторов на фотосинтетическую деятельность яровой пшеницы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2008. № 2. С. 22-25.
12. Петрова, Л. И., Артемьев, А. Е., Первушина, Н. К., Лапушкина, В. Н. Влияние удобрений на фотосинтетическую деятельность посевов яровой пшеницы в различных агроландшафтных условиях // Зерновое хозяйство России. 2016. (4). 49-52.
13. Ториков, В. Е., Мельникова, О. В., Никифоров, В. М., Дорных, Г. Е., Вершило, Е. Н., Репникова, В. И. Влияние приемов основной обработки почвы, норм высева семян на засоренность посевов и урожайность зерна озимой пшеницы // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. (2 (96)), 9-15.
14. Васин, В. Г., Стрижаков, А. О., Рухлевич, Н. В., Смирнов, А. С. Влияние системы применения удобрительных смесей мегамикс на фотосинтетическую деятельность и продуктивность посевов яровой пшеницы // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. (1 (45)), 89-96.
15. Кошкин Е. И., Гатаулина Г. Г., Дьяков А. Б. и др. Частная физиология полевых культур / Под ред. Е. И. Кошкина. М.: Колос С, 2005. – 344 с.

References

1. Wildflush, I. R. (2011). Efficiency of application of microfertilizers and growth regulators in the cultivation of agricultural crops. 293. (in Russ.).
2. Fetyukhin, I. V., Tolpinsky, V. V., & Shevchenko, V. A. (2020). Influence of agrotechnical techniques on the phytometric indicators of corn crops. *Polythematic Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. (164). 239-247. (in Russ.).
3. Polyakov, A. I., Nikitenko, O. V., & Litoshko, S. V. (2020). Influence of agricultural practices on photosynthetic activity and sunflower yield. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. (4). 93-98. (in Russ.).
4. Gerasimova, A. S., & Voronin, A. N. (2022). Influence of various agricultural practices on the indicators of photosynthesis of spring wheat. *Organic farming: experience, problems and prospects '22: collection of scientific papers*. (pp. 25-30). (in Russ.).
5. Serzhanov, I. M., Shaikhutdinov, F. Sh., Serzhanova, A. R., Garaev, R. I. & Zalyalov R. R. (2022). Influence of elements of technology on yield and grain quality of spring wheat on chernozem soils of the Volga region of the Republic of Tatarstan. *Bulletin of the Kazan State University*. 17, 3 (67). 36-44. doi: 10.12737/2073-0462-2022-36-44. (in Russ.).
6. Gilyazov, M. Yu. (2021). The role of fertilizers in increasing the sustainability of crop production. Global challenges for food security: risks and opportunities '21: *collection of scientific papers*. (pp. 133-140). Kazan : Kazan State University. (in Russ.).
7. Amirov, M. F., & Toloknov, D. I. (2022). Influence of mineral fertilizers, seed treatment and crops on the productivity of spring wheat in the conditions of the Pre-Kama region of the Republic of Tatarstan. *Bulletin of Kazan State Agrarian University*. 17 (2). 66. (in Russ.).
8. Amirov, M. F. (2021). Intensity of carbon assimilation by field crops depending on the cultivation technology in the conditions of the Republic of Tatarstan. *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. 14(3 (63)). 14-18. (in Russ.).
9. Gaffarova, L.G. (2021). Dynamics of humus reserves and forecast of carbon absorption potential of zonal soils of the Republic of Tatarstan. *Bulletin of the Kazan State University*. 14, 3 (63). 27-31. (in Russ.).
10. Nichiporovich, A. A. (1959). Photosynthesis and issues of increasing plant productivity. *Problems of photosynthesis*. 431-433. (in Russ.).
11. Petrov, N. Yu., Berdnikov, N. V., & Chernyshkov, V. V. (2008). Effect of biostimulants on the photosynthetic activity of spring wheat. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'nogo obrazovanie [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-university Complex: science and Higher professional education]*. (2). 22-25. (in Russ.).
12. Petrova, L. I., Artemyev, A. E., Pervushina, N. K., & Lapushkina, V. N. (2016). Effect of fertilizers on the photosynthetic activity of spring wheat crops in various agrolandscape conditions. *Grain Economy of Russia*. (4). 49-52. (in Russ.).
13. Torikov, V. E., Melnikova, O. V., Nikiforov, V. M., Dornych, G. E., Vershilo, E. N., & Repnikova, V. I. (2023). Influence of basic tillage techniques, seed seeding rates on crop contamination and winter wheat grain yield. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. (2 (96)). 9-15. (in Russ.).
14. Vasin, V. G., Strizhakov, A. O., Rukhlevich, N. V., & Smirnov, A. S. (2023). Effect of the megamix fertilizer mixture application system on photosynthetic activity and productivity of spring wheat crops. *Legumes and cereals*, (1 (45)). 89-96. (in Russ.).
15. Koshkin E. I., Gataulina G. G., Dyakov A. B. and others. (2005). Private physiology of field crops. Moscow: Kolos S. (in Russ.).

Информация об авторах

М. Ф. Амиров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
А. Я. Сафиуллин – аспирант.

Information about the authors

M. F. Amirov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
A. Ya. Safiullin – postgraduate student.

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

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.05.2024; одобрена после рецензирования 18.06.2024; принята к публикации 9.07.2024.
The article was submitted 22.05.2024; approved after reviewing 18.06.2024; accepted for publication 9.07.2024.