

Научно-практическое обоснование оптимальной площади питания растений и продуктивности озимой пшеницы Скипетр

Ю. Н. Зубарев, Н. А. Зеленков[✉], Т. В. Новикова

Пермский аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия

[✉]E-mail: zelenkovn222@mail.ru

Аннотация. Целью настоящего исследования стало изучение влияния норм высева семян и обработки фунгицидом «Фараон» (КЭ, 0,5 л/га) с применением навигации повышенной точности и технологии РТК (Real Time Kinematic) на урожайность и устойчивость к болезням озимой пшеницы сорта Скипетр в условиях Среднего Предуралья. **Методы.** Для реализации цели был проведен двухфакторный полевой опыт в два этапа (2022–2023 и 2024–2025 гг.). В рамках опыта исследованы 5 вариантов норм высева, а обработка посевов фунгицидом осуществлялась с учетом технологий точного земледелия, обеспечивающих равномерное распределение препарата. **Научная новизна** работы заключается в том, что впервые в Среднем Предуралье систематически изучено взаимодействие норм высева озимой пшеницы с фунгицидной защитой при использовании цифровых технологий внесения средств защиты растений. **В результате** установлено, что максимальная урожайность (2,54–2,63 т/га) достигается при высеве 6 и 7 млн всхожих семян на 1 га. Эти нормы формируют оптимальную площадь питания растений: в летне-осенний период – 15,6 и 13,7 см²; в весенне-летний – 28,6–25,5 см² (увеличение на 11 %). Количество растений на 1 м² варьирует от 228 (при 6 млн семян) до 331 (при 7 млн). Продуктивность связана с количеством стеблей (348–432 шт/м²) и массой зерна в колосе (0,47–0,43 г), что обеспечило вариацию результатов в диапазоне 56–64 %. Обработка фунгицидом с использованием навигации и РТК не снизила урожайность, при этом позволила удерживать уровень вредоносности болезней в пределах 10 % экономического порога. Выявленные нормы высева (6–7 млн семян на 1 га) в сочетании с технологичным применением фунгицида могут быть рекомендованы для повышения продуктивности и устойчивости озимой пшеницы в Среднем Предуралье, обеспечивая сохранение урожайности и эффективное использование средств защиты растений.

Ключевые слова: озимая пшеница, площадь питания, норма высева, обработка фунгицидом, урожайность, опрыскивание с навигацией

Для цитирования: Зубарев Ю. Н., Зеленков Н. А., Новикова Т. В. Научно-практическое обоснование оптимальной площади питания растений и продуктивности озимой пшеницы Скипетр // Аграрный вестник Урала. 1016. Т. 26, № 06. С. 985–994. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-985-994>.

Дата поступления статьи: 03.03.2026, **дата рецензирования:** 30.04.2026, **дата принятия:** 04.05.2026.

Scientific and practical justification of the optimal plant nutrition area and productivity of winter wheat Skipetr

Yu. N. Zubarev, N. A. Zelenkov[✉], T. V. Novikova

Perm Agro-Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia

[✉]E-mail: zelenkovn222@mail.ru

Abstract. The purpose of this study was to investigate the effect of seeding rates and treatment with the fungicide “Faraon” (EC, 0.5 L/ha) using high-precision navigation and RTK (Real Time Kinematic) technology on the yield and disease resistance of the winter wheat variety Skipetr in the conditions of the Middle Urals. **Methods.** To achieve the goal, a two-factor field experiment was conducted in two stages (2022–2023 and 2024–2025). Within the experiment, five seeding rate options were studied, and crop treatment with the fungicide was carried out using precision farming technologies that ensure uniform distribution of the product. **The scientific novelty** of the work lies in the fact that, for the first time in the Middle Urals, the interaction between winter wheat seeding rates and fungicidal protection has been systematically studied using digital technologies for applying plant protection products. **Results.** It was found that the maximum yield (2.54–2.63 t/ha) is achieved when sowing 6 and 7 million viable seeds per hectare. These rates form the optimal plant nutrition area: in the summer-autumn period – 15.6 and 13.7 cm²; in the spring-summer period — 28.6–25.5 cm² (an increase of 11 %). The number of plants per 1 m² varies from 228 (at 6 million seeds) to 331 (at 7 million). Productivity is associated with the number of stems (348–432 stems/m²) and grain weight per spike (0.47–0.43 g), which resulted in performance variation in the range of 56–64 %. Fungicide treatment using navigation and RTK did not reduce the yield, while keeping the level of disease damage within 10 % of the economic threshold. The identified seeding rates (6–7 million seeds per hectare), combined with technologically advanced fungicide application, can be recommended to improve the productivity and resilience of winter wheat in the Middle Urals, ensuring yield preservation and efficient use of plant protection products.

Keywords: winter wheat, feeding area, seeding rate, fungicide treatment, yield, spraying with navigation

For citation: Zubarev Yu. N., Zelenkov N. A., Novikova T. V. Scientific and practical justification of the optimal plant nutrition area and productivity of winter wheat Skipetr. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (06): 985–994. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-985-994>. (In Russ.)

Date of paper submission: 03.03.2026, **date of review:** 30.04.2026, **date of acceptance:** 04.05.2026.

Постановка проблемы (Introduction)

Зерновая политика регионов России опирается на культивирование озимых культур, в частности озимой пшеницы, которая выступает одновременно катализатором и страховым механизмом в продовольственном секторе. Технологическая схема возделывания этой культуры базируется на строгом соблюдении нормы высева – показателя, определяемого числом высеянных зерен с высокой всхожестью. Норма высева напрямую формирует площадь, необходимую для полноценного развития растений, и тем самым задает условия для оптимального использования ими воды, питательных элементов и световой энергии [1–7].

Из-за неблагоприятных условий зимовки озимые культуры, включая пшеницу, подвержены риску развития болезней (корневые гнили, мучнистая роса и др.), которые могут сократить объем собранного зерна на 10–40 %. Чтобы минимизировать такие потери, необходимо сохранять фитосанитар-

ный потенциал растений, предотвращая поражение листостебельными инфекциями [8–13]. Использование современных информационных и цифровых технологий в агротехнике создает базу для всестороннего исследования методов возделывания озимой пшеницы. Впервые для территории Среднего Предуралья нами обоснована оптимальная норма высева пшеницы сорта Скипетр, сочетающаяся с применением фунгицидов в период вегетации и высокоточной системы навигации.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследовательская работа стартовала в 2022–2023 годах на экспериментальной площадке ФГБУН «Пермский НИИСХ» – филиала ПФИЦ УрО РАН. В 2024 и 2025 годах исследования возобновились на научно-опытном поле Центра трансфера технологий ФГБОУ ВО «Пермский ГАТУ». Основной задачей проекта стало изучение озимой пшеницы сорта Скипетр, а также оценка эффективности технологий применения фунгицида «Фараон» (КЭ).

С 2022 года ведется работа, в рамках которой анализируется влияние двух основных переменных на процесс выращивания культуры. Одна из переменных (фактор А) определяет количество всхожих семян, высеваемых на 1 га. В исследовании рассмотрены пять вариантов нормы высева: 4 млн семян (А1), 5 млн семян (А2), 6 млн семян (А3 – этот вариант принят за контрольный), 7 млн семян (А4) и 8 млн семян (А5). Вторая переменная (фактор В) касается способов обработки посевов фунгицидом: отсутствие обработки (В1 – контрольный вариант); обработка с применением систем навигации (В2); обработка, которая включает использование навигации и технологии RTK (В3). Чтобы обеспечить надежность получаемых данных, исследование предусматривает четырехкратную повторность. Для обработки посевов используются опрыскиватели типа ЗАРЯ-ОМГ-2500-24-03Ф, установленные на автомобильной и тракторной технике. В процессе работы применяется технология дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). Есть возможность отключать форсунки, чтобы уменьшить ширину захвата. До посева пшеницы участок находился под чистым ранним паром, а обработка почвы была проведена по традиционной методике подготовки к севу озимых зерновых. Обработку посевов выполняют в период от фазы кущения до начала выхода в трубку, причем направление обработки – поперек рядков. Для этого применяют фунгицид «Фараон» (КЭ): норма расхода препарата – 0,5 л/га, объем рабочего раствора – 300 л/га. Используются два метода внесения фунгицида: традиционный способ и метод с применением технологий геопозиционирования техники на территории опытного участка.

В дополнение к традиционному сплошному способу применения фунгицида реализована экспериментальная методика обработки посевов, базирующаяся на технологии геопространственного позиционирования с использованием системы навигации повышенной точности. Для необходимости применения фунгицида внутри деланки основным показателем выбран 10-процентный показатель экономического порога вредоносности (ЭПВ) патогенов заболевания и инфекции растений озимой пшеницы на элементарных участках опытного поля, в данных опытах маркером является септориоз [14]. На вариантах с обычной навигацией смысл применения фунгицида заключается в исключении перекрытий рядков посева, а в технологии с использованием навигации повышенной точности RTK, опытные деланки были разделены на элементарные участки-секторы, где внесение фунгицида зависело от ЭПВ, который заранее определен фитосанитарным обследованием посева [15].

В опыте применялась стандартная технология возделывания озимых зерновых. Она соответствовала системе земледелия, рекомендованной

для Среднего Предуралья. Исключение составили лишь изучаемые технологические элементы. Зяблевая обработка почвы осуществлялась с использованием плугов: KUHN Manager C5T/5 – в 2022–2023 годах, «Алмаз-6» – в 2024–2025 годах. Весной проводилось боронование агрегатом БЗТ-1. Минеральные удобрения вносили разбрасывателем KUHN AXIS 40.2М. Дозировки соответствовали усредненным рекомендациям схемы опыта. Перед посевом почву обрабатывали культиватором КБМ-8П. Посев озимой пшеницы проводили сеялкой Amazone d9 4000 (оптимальные сроки посева – 15–17 августа (2022–2023 годы)) и селекционной сеялкой СС-11 «Альфа» (2024, 2025 гг.) с осуществлением прикатывания на последующем дне с применением кольчато-шпорового катка. Уборка производилась с помощью зернового уборочного комбайна VECTOR 410.

В период с 2022 по 2023 год и с 2024 по 2025 год перед каждым случаем организации полевого исследования проводилось тщательное изучение почвенного покрова.

Результаты (Results)

В период с 2022 по 2023 год и с 2024 по 2025 год перед каждым случаем организации полевого исследования проводилось тщательное изучение почвенного покрова. Результаты анализа показали, что почва относится к типу агродерново-подзолистых тяжелосуглинистых и характеризуется как малогумусная. Было установлено, что реакция среды почвы является среднекислой (рН КС1 – 4,8), а в некоторых аспектах – слабокислой (6,3). Содержание гумуса оказалось невысоким и варьировалось в пределах 2,6–2,9 %. Определено, что концентрация подвижного калия в почве колеблется в пределах 354–370 мг/кг, подвижного фосфора – 158–201 мг/кг. Данные анализа также свидетельствуют о высокой насыщенности почвы основаниями (83–96 %), что характерно для окультуренных участков (таблица 1).

Показатели агрофизического состояния почвы, влияющие на ее плодородие в условиях выращивания озимой пшеницы, отражены в таблице 2. Они позволяют оценить реальные значения плотности и степени пористости почвенного слоя. Выявленный диапазон пористости почвы (43–48 %) создает благоприятные предпосылки для нормального роста и развития культуры. Примечательно, что при высеве 6–7 млн семян озимой пшеницы показатель пористости достигает верхней границы диапазона – 48 %, что является благоприятным показателем для возделывания культуры [3].

Высокая плотность сложения почвы может приводить к уплотнению, что способно затруднить корням растений прорастание и усвоение питательных веществ почвы [1].

Таблица 1

Агрохимическая характеристика пахотного слоя (0–20 см)

Годы исследований	Гумус, %	рН (KCl)	Мг-экв / 100 г почвы			V, %	Мг/кг почвы	
			Нг	S	Еко		P ₂ O ₅	K ₂ O
2022, 2023	2,8	4,8	4,6	18,7	21,4	84	158	370
2024, 2025	2,6	6,3	0,6	21,5	18,4	96	201	354

Table 1

Agrochemical characteristics of the arable layer (0–20 cm)

Years of research	Humus, %	pH (KCl)	Mg-eq / 100 g of soil			V, %	Mg/kg of soil	
			Ha	S	CEC		P ₂ O ₅	K ₂ O
2022, 2023	2.8	4.8	4.6	18.7	21.4	84	158	370
2024, 2025	2.6	6.3	0.6	21.5	18.4	96	201	354

Почва в уплотненном состоянии способна негативно воздействовать на процессы влагообмена в пахотном слое – как на поступление, так и на испарение влаги. Это повышает шансы возникновения застойных явлений и снижением уровня азотации, что создает дефицит кислорода в зоне расположения корней и негативно отражается на процессах роста и формирования растений. Согласно данным анализа агрофизических данных, можно заметить, что при норме высева семян озимой пшеницы, составляющей 6–7 млн семян на 1 га, показатели плотности сложения почвы в диапазоне от 1,16 до 1,18 г/см³ можно считать в целом удовлетворительными.

Динамика формирования урожайности озимой пшеницы сорта Скипетр, учитывающая изменения, связанные с площадью питания растений и зависимостью от количества высеванных семян, представлена в таблицах 3, 4. Данные таблицы позволяют проследить, как складывается уровень урожайности этого сорта пшеницы в процессе его развития с учетом различных показателей: площади, доступной для питания каждого растения, и нормы высева семенного материала. Развитие растений подчиняется определенным закономерностям. Норма высева напрямую определяет площадь, доступную для каждого семени. Эта площадь влияет на потребление растением ресурсов: влаги, элементов питания, углекислого газа, света. Если посев слишком редкий, значительная часть почвы остается неиспользованной, растения не смыкаются, не образуя плотного покрова. Это негативно сказывается на фотосинтезе: растение хуже поглощает углекислый газ, менее эффективно использует свет. При избыточном количестве семян ситуация меняется. Продуктивность каждого растения падает. Уменьшается кушение, сокращается число колосков и цветков. Соломина становится тоньше, а стебли – менее прочными. Исходя из этого как увеличение, так уменьшение нормы высева против оптимальной является нецелесообразным. Правильная густота стояния растений на площади обеспечивает эффективное использование ресурсов среды. Благодаря этому процессы налива и созревания зерна протекают равномерно, что положительно сказывается

на качественных параметрах урожая. При изменении нормы высева семян озимой пшеницы (6 млн и 7 млн/га) плотность растений на площади варьирует от 228 до 331 шт/м². В летне-осенний период площадь питания семян составляет 13,7–15,6 см²/м², а в другие периоды – 25,5–28,6 см²/м². Растения саморегулируют использование пространства, увеличивая площадь питания на 11 % в условиях конкуренции. Сохранность растений после перезимовки (56–64 %) также влияет на выбор оптимальной нормы высева.

В нашем случае (таблицы 3, 4) в среднем по двум закладкам полевого опыта (2022, 2023 и 2024, 2025 годы), нормы высева 6 и 7 млн всхожих семян на 1 га имеют преобладающее значение, поскольку благоприятствуют формированию наилучших показателей в полевом опыте продуктивности зерна озимой пшеницы 2,54–2,63 т/га: средней доли сохранившихся продуктивных растений 56–64 %, количеству продуктивных стеблей 348–432 шт/м² и средней массе зерна в каждом колосе 0,47–0,43 г.

По данным таблицы 3 можно сделать вывод, что применение фунгицидных обработок с использованием более точной навигации позволяет получать урожайность в среднем на уровне с вариантом обычной навигации, при этом уменьшая площадь перекрытия, за счет чего происходит оптимизация расхода вносимых препаратов, а также исключаются зоны чрезмерного перекрытия, которые могут негативно влиять на растения. В вариантах с нормой высева 4, 6, 7 млн/га достигается прибавка к урожайности от 0,01 до 0,23 т/га, в варианте с использованием навигации повышенной точности по отношению к вариантам с обычной навигацией.

В таблице 4 представлены показатели структуры урожайности.

Результаты, представленные в таблице 4, свидетельствуют о том, что фунгицидные обработки эффективны для повышения массы зерна, особенно при варьировании нормы высева. Наиболее благоприятная норма – 6 млн/га. Увеличение нормы до 7 млн/га не дает положительного эффекта, а при 8 млн/га отмечается значительное снижение массы зерна (до 34,4), что указывает на необходимость оптимизации дозировки.

Таблица 2

Агрофизические показатели плодородия почвы
в зависимости от нормы высева озимой пшеницы Скипетр перед уборкой,
агροгоризонт, среднее по закладке 2022, 2023 гг. и 2024, 2025 гг.

Норма высева, млн всхожих семян / га	Агрегатный состав почвы, %			Плотность сложения почвы (d_v), г/см ³	Пористость почвы (P), %
	Мегаструктура (> 10 мм)	Макроструктура (10–0,25 мм)	Микроструктура (0,25–0,01 мм)		
2022, 2023 годы					
4	40	58	2	1,25	43
5	36	62	2	1,19	46
6 (контроль)	37	61	2	1,18	48
7	35	62	3	1,16	48
8	37	60	3	1,21	45
2024, 2025 годы					
4	34	63	3	1,30	41
5	33	62	5	1,31	44
6 (контроль)	33	66	3	1,20	52
7	36	61	3	1,25	51
8	35	63	2	1,17	53
Ошибка опыта S_x				1,29	
Ошибка разности средних S_d				1,83	
Критерий Стьюдента t				2,78	
HCP ₀₅				5,08	
Относительная точность опыта $S_x\%$				3,64	

Agrotechnologies

Table 2

Agrophysical indicators of soil fertility depending on the seeding rate of winter wheat Skipetr
before harvesting, agροгоризонт, average for laying 2022, 2023 and 2024, 2025

Seeding rate, million germinated seeds/ha	Soil aggregate composition, %			Soil compaction density (dv), g/cm³	Soil porosity (P), %
	Megastructure (> 10 mm)	Macrostructure (10–0.25 mm)	Microstructure (0.25–0.01 mm)		
2022, 2023					
4	40	58	2	1.25	43
5	36	62	2	1.19	46
6 (control)	37	61	2	1.18	48
7	35	62	3	1.16	48
8	37	60	3	1.21	45
2024, 2025					
4	34	63	3	1.30	41
5	33	62	5	1.31	44
6 (control)	33	66	3	1.20	52
7	36	61	3	1.25	51
8	35	63	2	1.17	53
Error of experience Sx				1.29	
Average difference error Sd				1.83	
Student's criterion t				2.78	
LSD ₀₅				5.08	
The relative accuracy of the experience Sx%				3.64	

Таблица 3

Формирование урожайности озимой пшеницы Скипетр в зависимости от нормы высева
семян, площади питания растений и обработки посева фунгицидом
с навигацией повышенной точности, среднее по двум закладкам

Прием агротехнологии		Урожай- ность зерна, т/га	Площадь питания растения, см ²		
Норма высева млн/га (А)	Обработка посева фунгицидом (В)		Лето – осень	Весна – лето	Отклонение от контроля (+; –), %
4	Без обработки (К)	2,06	23,3	40,7	+31
	Фунгицид + навигация	1,94	23,3	43,3	+55
	Фунгицид + навигацией + РТК	1,95	23,3	39,5	+48
	Среднее	1,98	23,3	41,2	+45

5	Без обработки (К)	2,34	18,5	29,2	–6
	Фунгицид + навигация	2,42	18,5	33,0	+18
	Фунгицид + навигация + РТК	2,18	18,5	28,4	+6
	Среднее	2,32	18,5	30,2	+18
6 (К)	Без обработки (К)	2,46	15,6	31,0	–
	Фунгицид + навигация	2,46	15,6	28,0	–
	Фунгицид + навигация + РТК	2,69	15,6	26,7	–
	Среднее	2,54	15,6	28,6	–
7	Без обработки (К)	2,55	13,7	28,0	–10
	Фунгицид + навигация	2,72	13,7	24,8	–11
	Фунгицид + навигация + РТК	2,62	13,7	23,8	–11
	Среднее	2,63	13,7	25,5	–11
8	Без обработки (К)	2,35	11,9	24,5	–21
	Фунгицид + навигация	2,59	11,9	24,2	–14
	Фунгицид + навигация + РТК	2,57	11,9	22,4	–16
	Среднее	2,50	11,9	23,6	–17
НСР ₀₅					
Главных эффектов	Фактора А			0,35	
	Фактора В и взаимодействия АВ			0,26	
Частных различий				0,60	

Table 3

The formation of winter wheat yields Skipetr depends on the seeding rate, the area of plant nutrition and the treatment of crops with a fungicide with high-precision navigation, the average of two tabs

Reception of agricultural technology		Grain yield, t/ha	Plant feeding area, cm ²		
Seeding rate million/ha (A)	Treatment of crops with fungicide (B)		Summer – autumn	Spring – summer	Deviation from control (+; –), %
4	Without processing (C)	2.06	23.3	40.7	+31
	Fungicide + navigation	1.94	23.3	43.3	+55
	Fungicide + navigation + RTK	1.95	23.3	39.5	+48
	Average	1.98	23.3	41.2	+45
5	Without processing (C)	2.34	18.5	29.2	–6
	Fungicide + navigation	2.42	18.5	33.0	+18
	Fungicide + navigation + RTK	2.18	18.5	28.4	+6
	Average	2.32	18.5	30.2	+18
6 (C)	Without processing (C)	2.46	15.6	31.0	–
	Fungicide + navigation	2.46	15.6	28.0	–
	Fungicide + navigation + RTK	2.69	15.6	26.7	–
	Average	2.54	15.6	28.6	–
7	Without processing (C)	2.55	13.7	28.0	–10
	Fungicide + navigation	2.72	13.7	24.8	–11
	Fungicide + navigation + RTK	2.62	13.7	23.8	–11
	Average	2.63	13.7	25.5	–11
8	Without processing (C)	2.35	11.9	24.5	–21
	Fungicide + navigation	2.59	11.9	24.2	–14
	Fungicide + navigation + RTK	2.57	11.9	22.4	–16
	Average	2.50	11.9	23.6	–17
LSD ₀₅					
Main effects		Factor A			0.35
		Factor B and interaction AB			0.26
Particular differences					0.60

Таблица 4

Формирование структуры урожайности весенне-летней вегетации озимой пшеницы Скипетр и ее в зависимости от нормы высева семян и обработки посева фунгицидом с навигацией повышенной точности, среднее по двум закладкам

Прием агротехнологии		Количество, шт/м²			Продуктивность колоса		
Норма высева млн/га (А)	обработка посева фунгицидом (В)	Растений	Стеблей	в т. ч. продук- тивных	Количе- ство зерен, шт.	Масса зерна, г	
						в колосе	1000 зерен
4	Без обработки (К)	259	363	359	22	0,48	33,6
	Фунгицид + навигация	180	312	306	22	0,65	34,7
	Фунгицид + навигация + РТК	186	259	257	24	0,60	35,4
	Среднее	208	311	307	23	0,58	34,6
5	Без обработки (К)	264	372	362	25	0,59	34,8
	Фунгицид + навигация	170	315	312	25	0,73	36,3
	Фунгицид + навигация + РТК	170	305	297	23	0,59	37,0
	Среднее	201	331	324	24	0,64	36,0
6 (К)	Без обработки (К)	225	342	336	22	0,53	37,4
	Фунгицид + навигация	232	336	326	22	0,44	38,0
	Фунгицид + навигация + РТК	228	367	359	25	0,44	38,3
	Среднее	228	348	340	23	0,47	37,9
7	Без обработки (К)	319	399	391	23	0,38	37,4
	Фунгицид + навигация	291	415	411	23	0,51	38,4
	Фунгицид + навигация + РТК	383	482	478	21	0,39	38,5
	Среднее	331	432	427	22	0,43	37,1
8	Без обработки (К)	400	489	480	20	0,30	34,5
	Фунгицид + навигация	370	615	606	19	0,34	34,5
	Фунгицид + навигация + РТК	380	515	493	19	0,34	34,5
	Среднее	383	540	526	19	0,35	34,4
НСР ₀₅							
Главных эффектов		Фактора А			0,22		
		Фактора В и взаимодействия АВ			0,18		
Частных различий				0,39			

Agrotechnologies

Table 4
Formation of the yield structure of the spring-summer vegetation of winter wheat Skipetr and its depending on the seeding rate, and the treatment of seeding with a fungicide with high-precision navigation average over two trial plots

Reception of agricultural technology		Quantity, pcs/m²			Ear productivity		
Seeding rate mil- lion/ha (A)	Treatment of crops with fungicide (B)	Plants	Stems	Including produc- tive ones	Number of grains, pcs.	Grain weight, g	
						In the ear	1000 grains
4	Without processing (C)	259	363	359	22	0.48	33.6
	Fungicide + navigation	180	312	306	22	0.65	34.7
	Fungicide + navigation + RTK	186	259	257	24	0.60	35.4
	Average	208	311	307	23	0.58	34.6
5	Without processing (C)	264	372	362	25	0.59	34.8
	Fungicide + navigation	170	315	312	25	0.73	36.3
	Fungicide + navigation + RTK	170	305	297	23	0.59	37.0
	Average	201	331	324	24	0.64	36.0
6 (C)	Without processing (C)	225	342	336	22	0.53	37.4
	Fungicide + navigation	232	336	326	22	0.44	38.0
	Fungicide + navigation + RTK	228	367	359	25	0.44	38.3
	Average	228	348	340	23	0.47	37.9
7	Without processing (C)	319	399	391	23	0.38	37.4
	Fungicide + navigation	291	415	411	23	0.51	38.4
	Fungicide + navigation + RTK	383	482	478	21	0.39	38.5
	Average	331	432	427	22	0.43	37.1
8	Without processing (C)	400	489	480	20	0.30	34.5
	Fungicide + navigation	370	615	606	19	0.34	34.5
	Fungicide + navigation + RTK	380	515	493	19	0.34	34.5
	Average	383	540	526	19	0.35	34.4
LSD ₀₅							
Main effects		Factor A			0.22		
		Factor B and interaction AB			0.18		
Particular differences					0.39		

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. В Среднем Предуралье проведено первое исследование по нормам высева озимой пшеницы. Рассматривались пять вариантов: 4, 5, 6, 7 и 8 млн семян на 1 га. Выявлено, что лучшие результаты дает высев 6 и 7 млн семян. Средняя урожайность сорта Скипетр составила 2,54–2,63 т/га. Данные усреднены по двум периодам закладок: 2022–2023 и 2024–2025 годы.

2. В летне-осенний период оптимальная площадь питания семян озимой пшеницы составляет 13,7–15,6 см², а в весенне-летний – 25,5–28,6 см². Растения самостоятельно корректируют площадь, увеличивая ее в среднем на 11 % в условиях конкуренции. При норме высева 6 млн и 7 млн семян/га плотность растений достигает 228 и 331 шт/м² соответственно. В период перезимовки выживает 56–64 % растений, при этом количество продуктивных стеблей – 348–432 шт/м², а масса зерна в колосе – 0,43–0,47 г.

3. Применение фунгицида «Фараон» (КЭ) в дозировке 0,5 л/га для обработки посевов озимой пшеницы сорта Скипетр в период вегетации с учетом использования навигации повышенной точности и технологии RTK (Real Time Kinematic) не приводит к снижению урожайности зерновой культуры. Методика позволяет в перспективе контролировать распределение препарата. Концентрация вещества поддерживается в пределах 10 % от экономического порога вредоносности (ЭПВ). Такой подход предотвращает риски, связанные с избыточным или недостаточным внесением химикатов. Использование указанного подхода способствует рациональному применению средств защиты растений и обеспечивает стабильное развитие озимой пшеницы, не нанося ущерба ее росту и состоянию, однако необходимы дальнейшие исследования с последующими корректировками методики.

Библиографический список

1. Адаптивные технологии возделывания озимых зерновых культур в Среднем Предуралье: рекомендации / С. Л. Елисеев, Т. С. Вершинина, В. П. Мурыгин, В. А. Попов. Пермь: ИПЦ «ПрокростЪ», 2017. 47 с.
2. Учет и определение вредных организмов в посевах сельскохозяйственных культур Предуралья: учебно-методическое пособие / Ю. Н. Зубарев, Н. А. Третьяков, И. Н. Медведева [и др.]. Москва: Московская СХА, 2003. 201 с.
3. Кузнецов Д. А., Ибрагимова Г. Н. Зависимость семенной продуктивности яровой пшеницы от доз минеральных удобрений и норм высева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 6. С. 835–843. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.6.835-843.
4. Лебедева Т. И., Зубарев Ю. Н., Каменских Н. Ю. Влияние способа обработки почвы в чистом пару и протравливания семян на урожайность озимых зерновых культур в среднем Предуралье // Пермский аграрный вестник. 2018. № 3 (23). С. 72–79.
5. Ложкин А. Г., Димитриев В. Л., Мальчиков П. Н. Влияние норм высева семян на продуктивность яровой твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2024. № 1. С. 83–88. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-83-88.
6. Горянин О. И., Шакуров И. Ш., Джангабаев Б. Ж., Горянина Т. А. Совершенствование способов посева и норм высева озимой пшеницы в Заволжье // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3. С. 10–13. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-10-13.
7. Liao Ch., Wang J., Shan B. Near real-time yield forecasting of winter wheat using Sentinel-2 imagery at the early stages // Precision Agriculture. 2023. Vol. 24, No. 3. Pp. 807–829. DOI: 10.1007/s11119-022-09975-3.
8. Аюпов З. З., Анохина Н. С. Влияние обработки почвы и удобрений на урожайность озимой пшеницы // Инновационному развитию АПК – научное обеспечение: сборник научных статей международной научно-практической конференции. Пермь, 2010. С. 12–15.
9. Меденикова В. Е., Зеленков Н. А., Зубарев Ю. Н. Адаптивные приемы агротехники при повышении урожайности зерна озимой пшеницы // Молодежная наука 2024: технологии инновации: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной десятилетию науки и технологий в Российской Федерации. Пермь, 2024. Часть 1. С. 91–94.
10. Терентьев С. Е., Романова И. Н., Москалева М. В. Пути повышения продуктивности и качества зерна новых сортов озимой пшеницы в условиях Западного Нечерноземья России // Пищевая промышленность. 2022. № 10. С. 67–70. DOI: 10.52653/PPI.2022.10.10.007.
11. Туктарова Н. Г. Возделывание озимой пшеницы в Удмуртской Республике // Научно-обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы международной научно-практической конференции. Т. 1. Ижевск, 2017. С. 133–136.
12. Осолодкова Е. В. Условия готовности озимой пшеницы к зимовке // Матрица научного познания. 2021. № 3-1. С. 22–25.

13. Yodgorov N. G. Influence of irrigation and feeding rates on sprouting and wintering of winter wheat // *Bulletin of Science and Education*. 2021. No. 8-1. Pp. 30–34. DOI: 10.24411/2312-8089-2021-10801.

14. Kremneva O. Yu., Danilov R. Yu., Sereda I. I. Spectral characteristics of winter wheat varieties depending on the development degree of *Pyrenophora tritici-repentis* // *Precision Agriculture*. 2023. Vol. 24, No. 3. Pp. 830–852. DOI: 10.1007/s11119-022-09976-2.

15. Tenreiro T. R., Avillez F., Gómez J. A. Opportunities for variable rate application of nitrogen under spatial water variations in rainfed wheat systems an economic analysis // *Precision Agriculture*. 2023. Vol. 24, No. 3. Pp. 853–878. DOI: 10.1007/s11119-022-09977-1.

Об авторах:

Юрий Николаевич Зубарев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агробиотехнологий, главный научный сотрудник Управления научной и инновационной деятельности, Пермский аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия; ORCID 0000-0002-6049-3244, AuthorID 522714. E-mail: yn-zubarev@mail.ru

Никита Александрович Зеленков, аспирант, Пермский аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия. ORCID 0000-0001-5560-2242, AuthorID 1070881. E-mail: zelenkovn222@mail.ru

Татьяна Владиславовна Новикова, кандидат сельскохозяйственных наук, Пермский аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия; ORCID 0000-0002-5765-7439, AuthorID 1071010. E-mail: fufel1997@yandex.ru

References

1. Eliseev S. L., Vershinina T. S., Murygin V. P., Popov V. A. *Adaptive technologies for cultivation of winter grain crops in the Middle Urals: recommendations*. Perm: IPTs "Prokrost", 2017. 47 p. (In Russ.)

2. Zubarev Yu. N., Tretyakov N. A., Medvedeva I. N., et al. *Accounting and identification of harmful organisms in agricultural crops of the Urals region: teaching manual*. Moscow: Moscow Agricultural Academy, 2003. 201 p. (In Russ.)

3. Kuznetsov D. A., Ibragimova G. N. Dependence of seed productivity of spring wheat on mineral fertilizer doses and seeding rates. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2021; 6 (22): 835–843. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.6.835-843. (In Russ.)

4. Lebedeva T. I., Zubarev Yu. N., Kamenskikh N. Yu. Influence of soil tillage method in clean fallow and seed treatment on the yield of winter grain crops in the Middle Urals. *Perm Agrarian Bulletin*. 2018; 3 (23): 72–79. (In Russ.)

5. Lozhkin A. G., Dmitriev V. L., Malchikov P. N. Influence of seeding rates on the productivity of durum spring wheat. *Grain Farming of Russia*. 2024; 1 (90): 83–88. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-83-88. (In Russ.)

6. Goryanin O. I., Shakurov I. Sh., Dzhangabaev B. Zh., Goryanina T. A. Improvement of sowing methods and seeding rates of winter wheat in the Volga region. *Grain Farming of Russia*. 2019; 3 (63): 10–13. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-10-13. (In Russ.)

7. Liao Ch., Wang J., Shan B. Near real-time yield forecasting of winter wheat using Sentinel-2 imagery at the early stages. *Precision Agriculture*. 2023; 24 (3): 807–829. DOI: 10.1007/s11119-022-09975-3.

8. Ayupov Z. Z., Anokhina N. S. Influence of tillage and fertilizers on winter wheat yield. *Innovative development of agriculture – scientific support: proceedings of the International scientific and practical conference*. Perm, 2010. Pp. 12–15. (In Russ.)

9. Medenikova V. E., Zelenkov N. A., Zubarev Yu. N. Adaptive agrotechnical methods for increasing winter wheat grain yield. *Youth Science 2024: technologies and innovations: materials of the All-Russian scientific and practical conference of young scientists, postgraduates and students dedicated to the tenth anniversary of science and technology in the Russian Federation*. In 2 parts. Perm, 2024. Part 1. Pp. 91–94. (In Russ.)

10. Terentyev S. E., Romanova I. N., Moskaleva M. V. Ways to improve productivity and quality of grain of new winter wheat varieties in the conditions of the Western Non-Chernozem region of Russia. *Food Industry*. 2022; 10: 67–70. DOI: 10.52653/PPI.2022.10.10.007. (In Russ.)

11. Tuktarova N. G. Cultivation of winter wheat in the Udmurt Republic. *Scientifically based technologies for intensification of agricultural production: materials of the International scientific and practical conference*. In 2 volumes. Izhevsk, 2017. Vol. 1. Pp. 133–136. (In Russ.)

12. Osolodkova E. V. Conditions for winter wheat readiness for overwintering. *Matrix of Scientific Knowledge*. 2021; 3-1: 22–25. (In Russ.)

13. Yodgorov N. G. Influence of irrigation and feeding rates on sprouting and wintering of winter wheat. *Bulletin of Science and Education*. 2021; 8-1 (111): 30–34. DOI: 10.24411/2312-8089-2021-10801.

14. Kremneva O. Yu., Danilov R. Yu., Sereda I. I. Spectral characteristics of winter wheat varieties depending on the development degree of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Precision Agriculture*. 2023; 24 (3): 830–852. DOI: 10.1007/s11119-022-09976-2.

15. Tenreiro T. R., Avillez F., Gómez J. A. Opportunities for variable rate application of nitrogen under spatial water variations in rainfed wheat systems: an economic analysis. *Precision Agriculture*. 2023; 24 (3): 853–878. DOI: 10.1007/s11119-022-09977-1.

Authors' information:

Yuriy N. Zubarev, doctor of agricultural sciences, professor at the department of agrobiotechnologies, chief researcher at the Office of Scientific and Innovative Activities, Perm Agrarian and Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia; ORCID 0000-0002-6049-3244, AuthorID 522714.

E-mail: yn-zubarev@mail.ru

Nikita A. Zelenkov, postgraduate, Perm Agrarian and Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia; ORCID 0000-0001-5560-2242, AuthorID 1070881.

E-mail: zelenkovn222@mail.ru

Tatyana V. Novikova, candidate of agricultural sciences, Perm Agrarian and Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia; ORCID 0000-0002-5765-7439, AuthorID 1071010.

E-mail: fufel1997@yandex.ru