

ВЛИЯНИЕ АГРОФОНА И ОСУШАЕМОГО АГРОЛАНДШАФТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

М. В. Рублюк, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела мониторинга состояния и использования осушаемых земель, 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-5319-2614;

Д. А. Иванов, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, профессор, заведующий отделом мониторинга состояния и использования осушаемых земель, ORCID ID: 0000-0002-2588-272X
Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт имени В. В. Докучаева», 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2; e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Исследования проводили в 2021–2024 гг. с целью выявления влияния агрофона и условий осушаемого агроландшафта на продуктивность и показатели экономической эффективности производства зерна яровой пшеницы сорта Злата в пределах Верхневолжья в стационарном полевом опыте, расположенном на конечно-моренном холме в Тверской области. Схема опыта включает следующие варианты: агромикрорландшафты (фактор А) – транзитно-аккумулятивный южного склона; транзитный южного склона; элювиально-транзитный южного склона; элювиально-аккумулятивный (вершина холма); элювиально-транзитный северного склона; транзитный северного склона; транзитно-аккумулятивный северного склона и фон удобрений (фактор В) – 1) контроль (N_{30}); 2) $N_{60}P_{60}K_{60}$. Установлено, что внесение полного NPK в дозе 60 кг/га в д. в. под яровую пшеницу сорта Злата способствовало получению максимальной прибавки урожая зерна – 0,62 т/га в верхних частях агроландшафта (в элювиально-аккумулятивном и элювиально-транзитном южного склона) относительно контроля (N_{30}). Вариабельность урожайности пшеницы на варианте с полным NPK составила 22,7 %, а на контроле возростала до 28,2 %. По урожайности яровой пшеницы, полученной на контрольном варианте, установлена прямая сильная корреляционная связь с содержанием гумуса ($r = 0,80$) и легкогидролизуемого азота ($r = 0,75$) в почве. Затраты на производство 1 га яровой пшеницы и стоимость полученной продукции были максимальными на агрофоне с применением $N_{60}P_{60}K_{60}$ в транзитно-аккумулятивном микрорландшафте северного склона и составили соответственно 38,27 и 77,10 тыс. руб./га. Наименьшая себестоимость 1 т зерна яровой пшеницы (11,2 тыс. руб.) была на контрольном варианте транзитно-аккумулятивного микрорландшафта северного склона. Максимальная в опыте условная прибыль (46,41 тыс. руб./га) и рентабельность (167,6 %) получена в контрольном варианте транзитно-аккумулятивного агромикрорландшафта.

Ключевые слова: агроландшафт, фон удобрений, агрохимические показатели, урожайность, яровая пшеница, экономическая эффективность, рентабельность.

Для цитирования: Рублюк М. В., Иванов Д. А. Влияние агрофона и осушаемого агроландшафта на продуктивность и показатели экономической эффективности производства зерна яровой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 3. С. 91–98. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-98-3-91-98.



THE EFFECT OF AGRICULTURAL BACKGROUND AND DRAINED LANDSCAPE ON PRODUCTIVITY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF SPRING WHEAT GRAIN PRODUCTION

M. V. Rublyuk, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department of monitoring the state and use of the drained lands, 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-5319-2614;

D. A. Ivanov, Doctor of Agricultural Sciences, correspondent member of the RAS, professor, head of the department of monitoring the state and use of the drained lands, ORCID ID: 0000-0002-2588-272X

*Federal Research Center V. V. Dokuchaev Soil Science Institute
119017, Moscow, Pyzhevsky Lane, 7, building 2; e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru*

The current study was conducted in 2021–2024 to identify the effect of the agricultural background and conditions of the drained agricultural landscape on productivity and economic efficiency of grain production of the spring wheat variety 'Zlata' within the Upper Volga region in a stationary field trial located on a terminal moraine hill in the Tver region. The trial scheme comprises the agro-microlandscapes (factor A) such as transit-accumulative southern slope, transit southern slope, eluvial-transit southern slope, eluvial-accumulative (hilltop), eluvial-transit northern slope, transit northern slope, transit-accumulative northern slope and the fertilizer background (factor B), where 1) control (N_{30}) and 2) $N_{60}P_{60}K_{60}$. There has been found that the application of full NPK at a dose of 60 kg/ha in active ingredient under the spring wheat variety 'Zlata' contributed to obtaining the maximum increase in grain productivity with 0.62 t/ha in the upper parts of the agrolandscape (in the eluvial-accumulative and eluvial-transit southern slope) in comparison with the control (N_{30}). The variability of wheat productivity in the variant with full NPK was 22.7 %, and in the control it increased to 28.2 %. The spring wheat productivity obtained in the control variant has shown a direct strong cor-

relation with the content of humus ($r = 0.80$) and easily hydrolyzed nitrogen ($r = 0.75$) in soil. The costs of producing 1 ha of spring wheat and the cost of the obtained products were maximum on the agricultural background with the use of $N_{60}P_{60}K_{60}$ in the transit-accumulative microlandscape of the northern slope and amounted to 38.27 and 77.10 thousand rubles/ha, respectively. The lowest cost price of 1 ton of spring wheat grain (11.2 thousand rubles) was in the control variant of the transit-accumulative microlandscape of the northern slope. The maximum conditional profit in the trial (46.41 thousand rubles/ha) and profitability (167.6 %) were obtained in the control variant of the transit-accumulative agro-microlandscape.

Keywords: *agricultural landscape, fertilizer background, agrochemical indicators, productivity, spring wheat, economic efficiency, profitability.*

Введение. Рост урожайности зерновых культур в последние годы согласуется с изменением агрометеорологических условий (Савин, 2023; Abys et al., 2022). Потенциал урожайности яровой мягкой пшеницы изменяется под воздействием совокупных факторов, а именно: погодных условий, минерального фона удобрений и возделываемого сорта (Барковская и др., 2022, Hossain et al., 2021). На продукционный процесс яровой пшеницы в большой степени влияют условия тепло- и влагообеспеченности растений за вегетационный период, а также экспозиция и крутизна склона (Прохоров и др., 2024). основополагающими факторами в формировании урожайности яровой пшеницы являются сорт данной культуры, норма высева семян и применение азотных подкормок (Артемьев и др., 2022, Reckling et al., 2020). Продуктивность яровой пшеницы изменяется в пределах осушаемого агроландшафта и при применении разных фонов минеральных удобрений (Рублюк и Иванов, 2024). Использование азотного удобрения и биопрепаратов положительно влияет на накопление в зерне азота (Алферов и др., 2023; Pennacchi et al., 2019, Сычев и др., 2022). Увеличение в смешанном посеве пшеницы доли гороха способствует повышению содержания азота в зерне пшеницы (Завалин и Алешин, 2021). При хорошем увлажнении урожайность яровой пшеницы возрастала в 1,5–2 раза (Усенко и др., 2023). Применение удобрений в системе точного земледелия более экономически эффективно благодаря наименьшей себестоимости зерна, максимальной в опыте чистой прибыли и высокой рентабельности производства (Абрамов и Шерстобитов, 2024).

Цель исследований – выявить влияние агрофона и осушаемого агроландшафта на продуктивность и показатели экономической эффективности производства зерна яровой пшеницы сорта Злата в условиях Верхневолжья.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте сельскохозяйственного использования мелиорированных земель – филиале ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева» (ВНИИМЗ) в 2021–2024 гг. на агрополигоне Губино ВНИИМЗ (г. Тверь, п. Эммаусс). На участке размещены два зернотравяных севооборота (овес + травы – травы 1–2 г. п. – озимая рожь – яровая пшеница). В первом севообороте (контрольный вариант) вносили минимальное количество азотных удобрений (аммиачную селитру) в подкормку (N_{30} кг/га д.в.) на зерновых культурах.

Во втором севообороте (вариант с полным NPK) применяли 60 кг/га д.в. (диаммофоска) на зерновых культурах в предпосевную культивацию и N_{40} кг/га д. в. аммиачной селитры – в подкормку, и K_{70} кг/га д.в. (хлористый калий) – на травах 1 и 2 г пользования в подкормку. В опыте сеяли клеверотимощечную травосмесь, сорт клевера – Вик 7, тимощечки – Вик 9. Влияние удобрений на продуктивность яровой пшеницы изучали в осушаемом агроландшафте, который представляет собой вершину холма, склоны и межхолмные депрессии. В его пределах выделили варианты опыта (агромикроландшафты) – 1. Т-Аю – транзитно-аккумулятивный южного склона; 2. Тю – транзитный южного склона; 3. Э-Тю – элювиально-транзитный южного склона; 4. Э-А – элювиально-аккумулятивный (вершина холма); 5. Э-Тс – элювиально-транзитный северного склона; 6. Тс – транзитный северного склона; 7. Т-Ас – транзитно-аккумулятивный северного склона. Почвенная разность опытного участка – глееватая остаточно-карбонатная дерново-сильноподзолистая почва, гранулометрический состав которой в пределах южной части и вершины супесчаный, а в северной части – легкосуглинистый. На склоне южной экспозиции морена находится по профилю ниже 1 м, а на северном – на 0,5–0,6 м и частично встречается в верхнем слое.

Подвижный фосфор и обменный калий определяли по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011), содержание органического вещества – методом Тюрина (ГОСТ 26213-91), обменную кислотность – потенциометрическим методом (ГОСТ 58594-2019). Площадь опытных делянок – 288 м², повторность вариантов – 4-кратная. Посев яровой пшеницы проводили сеялкой СЗ-4.0 во второй декаде мая. Норма высева семян пшеницы – 5,5 млн всхожих зерен. Уборку зерна яровой пшеницы проводили во второй декаде августа, способ уборки – прямое комбайнирование.

Закладку полевых опытов проводили в соответствии с Методикой полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами (1967). Расчет экономической эффективности возделывания яровой пшеницы проводили в соответствии с Методическими подходами определения экономической эффективности при производстве зерна (Старченко и Чабанный, 2015).

Статистическая обработка результатов исследований выполнена корреляционным и дисперсионным методами с использованием компьютерных программ STATGRAFICS, EXCEL 2007. В двухфакторном дисперсионном

анализе фактором А являются агромикрорландшафты: (Т-Аю, Тю, Э-Тю, Э-А, Э-Тс, Тс, Т-Ас); фактором В – фон удобрений: 1) контроль (N_{30}); 2) $N_{60} P_{60} K_{60}$.

Агрометеорологические условия вегетационных периодов 2021–2024 гг. показаны на рисунках 1 и 2. За период вегетации яровой пшеницы сумма осадков составила 208; 247; 262 и 271 мм в 2021, 2022, 2023 и 2024 гг. соответственно. В мае количество выпавших осадков за годы исследований изменялось

от 16 до 56 мм. Наименьшее количество осадков (29 % от нормы) выпало в 2024 году. В июне максимальное количество осадков выпало в 2021 г. (139 % от нормы), а в 2023 г. осадков выпало наименьшее количество (59 % от нормы). В июле 2021 г. наблюдался дефицит влаги, осадков выпало 24 % от нормы, и избыток – в 2023 г. (136 % от нормы). В августе количество выпавших осадков было ниже среднемноголетних значений по всем годам исследований и составило 73–88 % от нормы.

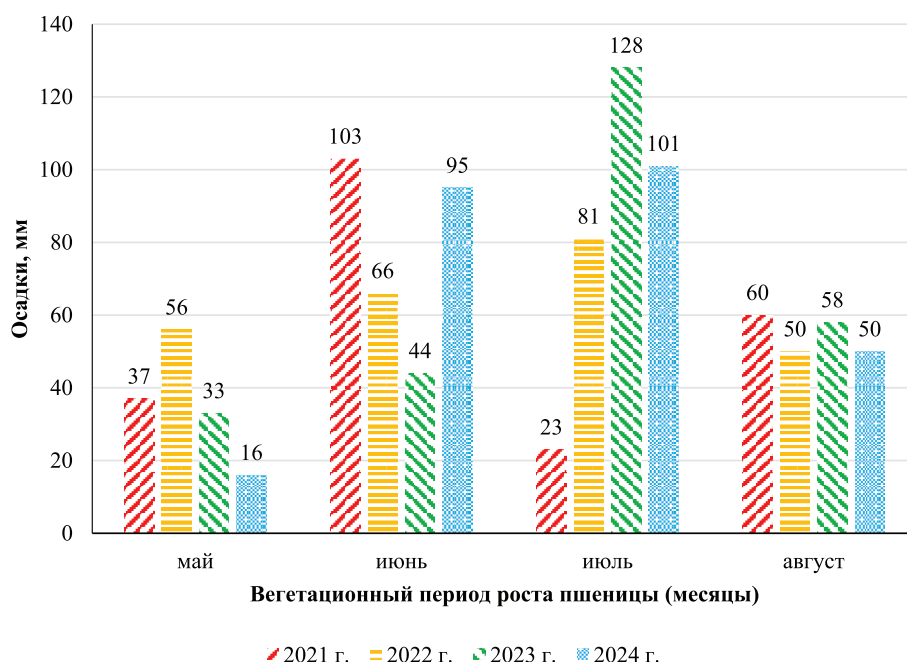


Рис. 1. Распределение атмосферных осадков за вегетационный период яровой пшеницы (2021–2024 гг.)
Fig. 1. Distribution of atmospheric precipitation during the vegetation period of spring wheat (2021–2024)

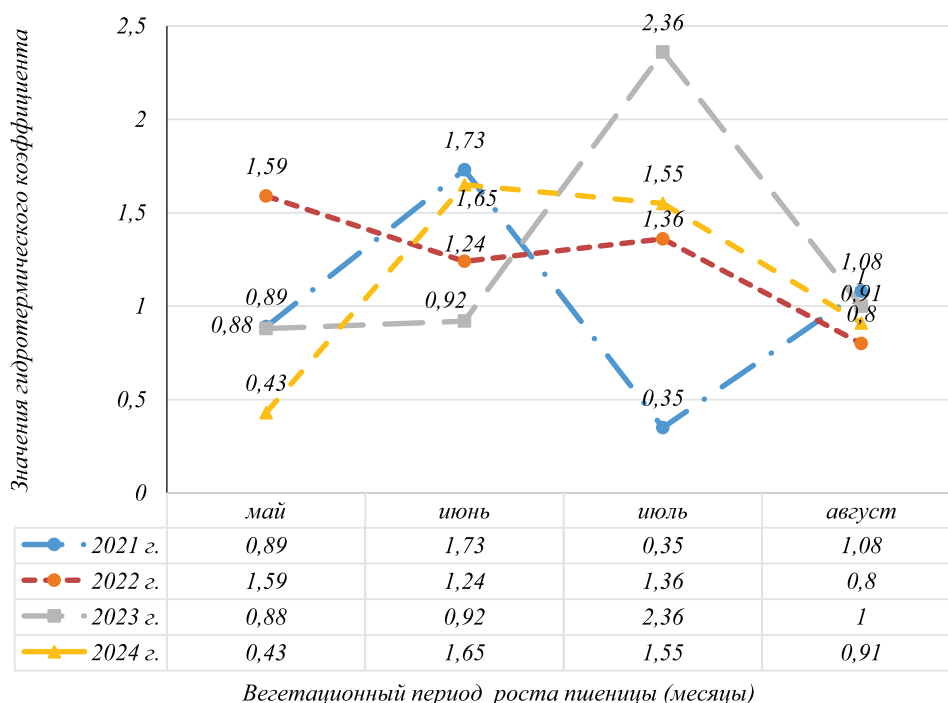


Рис. 2. Значения ГТК за вегетационный период возделывания яровой пшеницы (2021–2024 гг.)
Fig. 2. HTC values during the vegetation period of spring wheat (2021–2024)

Значения гидротермического коэффициента изменялись по годам исследований и в течение вегетационного периода возделывания яровой пшеницы (табл. 1, рис. 2). В мае значения ГТК изменялись в пределах от 0,43 до 1,59 ед. Данный период был засушливым по всем годам исследований, кроме 2022-го, который был оптимальным для роста растений. В июне сложились оптимальные условия для роста растений в 2021, 2022 и 2024 гг. (ГТК составил 1,73; 1,24 и 1,65 соответственно). В июле ГТК изменялся от 0,35 до 2,36 ед. В 2021 г. июль был засушливым, а в 2023 г. – избыточно-влажным. Август был засушливым по всем годам исследований, ГТК составил 0,80–1,08 ед.

Значения гидротермических коэффициентов за вегетационный период возделывания яровой пшеницы в 2021 и 2024 гг. составили соответственно 0,96 и 1,08, что характеризует эти

годы как засушливые либо недостаточно влажные. В 2022 и 2023 гг. вегетационный период характеризовался как оптимальный для возделывания с/х культур (ГТК составил соответственно 1,28 и 1,42).

Неблагоприятные периоды по влагообеспеченности растений яровой пшеницы в критические фазы роста и развития оказали негативное влияние на формирование урожая зерна.

Результаты и их обсуждение. Агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы изменялись в пределах агроландшафта. На вариантах опыта почва имела слабокислую и кислую реакцию почвенного раствора. В среднем за 2021–2024 гг. обменная кислотность почвы изменялась в пределах от 4,99 до 5,57 ед. (табл. 1).

Таблица 1. Влияние осушаемого агроландшафта на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы слое 0–20 см (в среднем за 2021–2024 гг.)
Table 1. The effect of drained agrolandscape on agrochemical parameters of sod-podzolic soil in the layer of 0–20 cm (mean in 2021–2024)

Агромикрорландшафты	Показатели				
	pH _{KCl}	N _{лг}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус
	мг/кг почвы				%
Т-Аю	5,20	47,8	413,5	98,0	2,21
Тю	5,20	59,5	396,3	105,0	3,14
Э-Тю	5,19	56,2	319,5	156,5	2,62
Э-А	5,57	50,2	329,8	153,3	2,88
Э-Тс	4,99	58,4	147,3	109,4	2,86
Тс	5,54	65,6	162,0	101,9	3,40
Т-Ас	5,55	65,6	201,3	89,5	3,50
Среднее	5,32	57,6	281,4	116,2	2,95
НСР ₀₅	0,39	10,1	40,2	17,7	Различия недостоверны

Максимальное подкисление почвы (на 0,33 ед.) в сравнении со средним значением отмечено в верхней части северного склона (в Э-Тс). Количество легкогидролизуемого азота в почве находилось в пределах от 47,8 до 65,6 мг/кг почвы. Максимальное содержание азота было в почве транзитных вариантов северного склона. В сравнении со средним значением его повышение здесь составило 8 мг/кг почвы. В опыте обеспеченность подвижным фосфором была высокая в транзитных вариантах северного склона, повышенная – в Э-Тс и очень высокая – на южном склоне и на вершине (по Кирсанову) (Воробьева, 1998). Его количество в пределах агроландшафта варьировало от 147,3 до 413,5 мг/кг почвы. Максимальное количество фосфора (413,5 мг) содержалось в почве транзитно-аккумулятивного микрорландшафта южного склона. По сравнению со средним значением его прибавка составила 132,1 мг. Обеспеченность

почвы обменным калием была повышенная и средняя (по Кирсанову) (Воробьева, 1998). Величина данного показателя варьировала от 89,5 до 156,5 мг/кг почвы. Максимальное количество калия (156,5 мг) содержалось в почве элювиально-транзитного варианта южного склона. Его увеличение в сравнении со средней по опыту составило 40,3 мг/кг почвы. В нижней части склона северной экспозиции содержание обменного калия максимально снижалось (на 26,7 мг) в сравнении со средней по опыту.

Содержание органического вещества находилось в пределах от 2,21 до 3,5 %, что соответствует второй категории окультуренности почвы. Максимальный процент гумуса (3,5 %) был в нижней части северного склона (в Т-Ас). В сравнении со средней по опыту его повышение составило 0,55 %.

Изучаемые агрофоны оказали влияние на урожайность яровой пшеницы в пределах осушаемого агроландшафта (табл. 2).

Таблица 2. Влияние агрофона и осушаемого агроландшафта на урожайность яровой пшеницы, т/га (в среднем за 2021–2024 гг.)
Table 2. The effect of agricultural background and drained agrolandscape on spring wheat productivity, t/ha (mean in 2021–2024)

Агромикрорландшафты (фактор А)	Фон удобрений (фактор В)		Среднее по фактору А
	контроль – N ₃₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	
Т-Аю	1,11	1,32	1,21
Тю	1,29	1,45	1,37
Э-Тю	1,68	2,30	1,99
Э-А (вершина холма)	1,79	2,41	2,10
Э-Тс	1,65	2,20	1,92
Тс	2,28	2,41	2,34
Т-Ас	2,47	2,57	2,52
Среднее по фактору В	1,75	2,10	1,92

НСР₀₅ для частных различий – 0,37; для фактора А – 0,26; для фактора В – 0,14

В среднем за четыре года исследований урожайность яровой пшеницы сорта Злата в целом по агроландшафту составила 1,75 и 2,10 т/га на контроле и на варианте с применением полного NPK соответственно. Наиболее высокий показатель урожайности пшеницы был получен в нижней части северного склона по двум фонам удобрений. Прибавка урожайности на контроле и на варианте с внесением полного NPK составила соответственно 0,72 и 0,47 т/га в сравнении со средней по опыту. В нижней части склона южной экспозиции (в Т-Аю) была получена наиболее низкая урожайность яровой пшеницы по двум фонам. Снижение данного показателя в сравнении со средней по агроландшафту составило на контроле и на варианте с полным NPK 0,64 и 0,78 т/га соответственно. Внесение полного NPK в дозе 60 кг/га в д. в. под яровую пшеницу способствовало получению прибавки урожая зерна в пределах от 0,10 до 0,62 т/га относительно контроля. Максимальное повышение урожайности зерна (0,62 т/га) получено в верхних частях агроландшафта (в элювиально-акку-

мулятивном и элювиально-транзитном южного склона).

В опыте вариabельность урожайности пшеницы на контрольном варианте составила 28,2 %, а на варианте с полным NPK снизилась до 22,7 %. По урожайности яровой пшеницы установлена прямая сильная корреляционная связь с содержанием гумуса ($r = 0,80$) и легкогидролизуемого азота ($r = 0,75$) на контрольном варианте и обратная – с содержанием фосфора ($r = -0,76$). В варианте с применением полного NPK отмечалась средняя корреляционная связь урожайности яровой пшеницы с агрохимическими показателями почв: с содержанием в них гумуса и азота – $r = 0,58$ и $0,51$ соответственно.

Стоимость полученной валовой продукции зависит от цены ее реализации. Осенью 2024 г. стоимость 1 кг зерна яровой пшеницы составила 30 руб. за 1 кг. При пересчете на величину урожайности стоимость валовой продукции зерна яровой пшеницы находилась в пределах 33,3–77,1 тыс. руб./га (табл. 3).

Таблица 3. Влияние агрофона и осушаемого агроландшафта на показатели экономической эффективности возделывания яровой пшеницы (2021–2024 гг.)

Table 3. The effect of agricultural background and drained agrolandscape on economic efficiency of spring wheat cultivation (2021–2024)

Агромикрорландшафты	Показатели					
	Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	Производственные затраты, тыс. руб./га	Себестоимость производства 1 т зерна, тыс. руб./га	Условная прибыль, тыс. руб./га	Условная прибыль на 1 рубль затрат	Рентабельность, %
Фон удобрений – контроль – N ₃₀						
Т-Аю	33,30	24,87	22,4	8,43	0,34	33,9
Тю	38,70	25,58	19,6	13,42	0,53	52,4
Э-Тю	50,40	26,05	15,0	24,35	0,93	93,4
Э-А	53,70	26,27	14,7	27,43	1,04	104,4
Э-Тс	49,50	26,04	15,8	23,46	0,90	90,0
Тс	68,40	27,06	11,9	41,34	1,53	152,7
Т-Ас	74,10	27,69	11,2	46,41	1,68	167,6
Фон удобрений – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀						
Т-Аю	39,60	35,81	27,1	3,79	0,11	10,6
Тю	43,50	36,04	20,7	7,46	0,21	20,7
Э-Тю	66,90	37,67	16,4	29,23	0,54	77,6

Продолжение табл. 3

Агромикрорландшафты	Показатели					Рентабельность, %
	Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	Производственные затраты, тыс. руб./га	Себестоимость производства 1 т зерна, тыс. руб./га	Условная прибыль, тыс. руб./га	Условная прибыль на 1 рубль затрат	
Э-А	72,30	37,87	15,7	34,43	0,91	90,9
Э-Тс	66,00	37,51	17,1	28,49	0,76	75,9
Тс	72,30	37,86	15,7	34,47	0,91	91,0
Т-Ас	77,10	38,27	14,9	38,83	1,01	101,5

Максимальная стоимость продукции была получена на агрофоне с применением NPK в дозе 60 кг д. в./га в транзитно-аккумулятивном микрорландшафте северного склона. В сравнении с контрольным вариантом стоимость валовой продукции увеличилась здесь на 3,0 тыс. руб./га. Наименьшая стоимость валовой продукции была получена на контрольном варианте транзитно-аккумулятивного микрорландшафта южного склона – 33,3 тыс. руб./га.

Затраты на производство зерна яровой пшеницы составляют статьи расходов на ГСМ, семена, удобрения, оплату труда и др. Производственные затраты на возделывание 1 га яровой пшеницы изменялись в пределах от 24,87 до 38,27 тыс. руб./га. Их максимальная величина – 38,27 тыс. руб./га была в варианте с применением полного NPK транзитно-аккумулятивного микрорландшафта северного склона. Наиболее низкие затраты на производство пшеницы (24,87 тыс. руб./га) были в контрольном варианте транзитно-аккумулятивного микрорландшафта южного склона. Их снижение в сравнении с максимальными затратами составило 13,4 тыс. руб./га.

Себестоимость 1 т зерна яровой пшеницы варьировала от 11,2 до 27,1 тыс. руб. Наименьшая себестоимость была отмечена в транзитно-аккумулятивном микрорландшафте по двум фонам удобрений: 11,2 тыс. руб. – на контроле и 14,9 тыс. руб. – на фоне с полным NPK. Максимальное значение данного показателя (27,1 тыс. руб.) отмечено в транзитно-аккумулятивном варианте южного склона на фоне с полным NPK.

Условная прибыль исчисляется как разница между стоимостью полученного урожая зерна яровой пшеницы и затратами на его выращивание. Условная прибыль в расчете на 1 га колебалась в пределах от 3,79 до 46,41 тыс. руб. на 1 га. Наибольшая прибыль была получена на варианте северного склона – в Т-Ас – 38,83 и 46,41 тыс. руб./га на удобренном фоне и контроле соответственно.

Чистый доход на 1 рубль затрат имел разброс от 0,11 до 1,68 руб.

Большое значение в экономической эффективности возделывания яровой пшеницы имеет рентабельность, которая представляет

собой отношение чистого дохода к затратам, выраженная в процентах. Рентабельность производства зерна яровой пшеницы оказалась низкой. Лишь на трех микрорландшафтах (элювиально-аккумулятивный, транзитном и транзитно-аккумулятивном северного склона) она составила 101,5–167,6 %. По другим вариантам рентабельность составила 10,6–93,4 %.

Выводы. Исследования за 2021–2024 гг. показали влияние агрофона и агромикрорландшафтов на урожайность зерна яровой пшеницы сорта Злата и показатели экономической эффективности.

1. Внесение полного NPK в дозе 60 кг/га в д. в. под яровую пшеницу способствовало получению максимальной прибавки урожая зерна – 0,62 т/га в верхних частях агроландшафта (в элювиально-аккумулятивном и элювиально-транзитном южного склона) относительно контроля (N_{30}).

2. В опыте вариабельность урожайности пшеницы на контрольном варианте составила 28,2 %, а на варианте с полным NPK снизилась до 22,7 %.

3. По урожайности яровой пшеницы, полученной на контрольном варианте, установлена прямая сильная корреляционная связь с содержанием гумуса ($r = 0,80$) и легкогидролизуемого азота ($r = 0,75$).

4. Затраты на производство 1 га яровой пшеницы и стоимость полученной продукции были максимальными на агрофоне с применением $N_{60}P_{60}K_{60}$ в транзитно-аккумулятивном микрорландшафте северного склона и составили соответственно 38,27 и 77,10 тыс. руб./га.

5. Наименьшая себестоимость 1 т зерна яровой пшеницы (11,2 тыс. руб.) была на контрольном варианте транзитно-аккумулятивного микрорландшафта северного склона.

6. Максимальная в опыте условная прибыль (46,41 тыс. руб./га) и рентабельность (167,6 %) получена в контрольном варианте транзитно-аккумулятивного агромикрорландшафта.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева» (тема 0439-2022-0017).

Библиографический список

1. Абрамов Н. В., Шерстобитов С. В. Формирование зерна яровой пшеницы высокого качества при дифференцированном внесении азотных удобрений // Земледелие. 2024. № 3. С. 33–39. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-3-33-39

2. Алферов А. А., Никитин С. Н., Чернова Л. С., Завалин А. А. Эффективность применений азотных удобрений биопрепаратов на яровой пшенице // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. №5. С. 39–42. DOI: 10.31857/ S2500262723050071
3. Артемьев А. А., Кузнецов Д. А. Урожайность и семенные качества яровой пшеницы при разных нормах высева и дозах азотных подкормок // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. Т. 65, № 3 (387). С. 287–291 DOI: 10.55186/25876740_2022_65_3_287
4. Барковская Т. А., Гладышева О. В., Кокорева В. Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, №2. С. 239–247. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247
5. Воробьева Л. А. Химический анализ почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 272 с.
6. Завалин А. А., Алешин М. А. Вынос урожая, баланс в почве и эффективность использования азота зерновыми культурами в смешанных и одновидовых агроценозах // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 6. С. 3–8. DOI: 10.31857/ S2500262721060016
7. Методика полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами. М.: Наука, 1967. 183 с.
8. Прохоров А. А., Куприянов А. Н., Борисов Б. А., Ефимов О. Е. Агроэкологическая оценка продуктивности яровой пшеницы в агроландшафтах Нижнекамского района Республики Татарстан // Плодородие. 2024. №5. С. 89–96. DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.19
9. Рублюк М. В., Иванов Д. А. Влияние фона удобрений и осушаемого агроландшафта на свойства дерновоподзолистой почвы и урожайность яровой пшеницы сорта Злата // Земледелие. 2024. № 3. С. 18–23. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-3-18-23
10. Савин И. Ю. О влиянии современных изменений климата на рост урожайности яровых зерновых культур в России // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 2. С. 58–62. DOI: 10.31857/S2500262723020126
11. Старченко И. В., Чабанный А. А. Методические подходы определения экономической эффективности при производстве зерна // Проблемы современной экономики. Материалы IV Международной научной конференции. 2015. С. 98–101.
12. Сычев В. Г., Шафран С. А., Илюшенко И. В. Применение минеральных удобрений и их эффективность в различных зонах России // Плодородие. 2022. № 3. С. 3–6. DOI: 10.25680/S19948603.126.01
13. Усенко В. И., Гаркуша А. А., Литвинцева Т. А., Дерянова Е. Г., Щербакова А. А., Кобзева И. А. Урожай яровой пшеницы при комплексном агротехнологическом воздействии в условиях различного увлажнения юга Западной Сибири // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 6. С. 47–54. DOI: 10.31857/S2500262723060108
14. Abys C., Skakun S., Becker-Reshef I. The Rise and Volatility of Russian Winter Wheat Production // Environmental Research Communications. 2022. Vol. 4, № 10. Article number: 101003. DOI: 10.1088/2515-7620/ac97d2
15. Hossain A., Skalicky M., Brestic M., Maitra S., Ashraful Alam M., Abu Syed M., Hossain J., Sarkar S., Saha S., Bhadra P., Shankar T., Bhatt R., Chaki A. K., EL Sabagh A., Islam T. Consequences and Mitigation Strategies of Abiotic Stresses in Wheat (*Triticum aestivum* L.) under the Changing Climate // Agronomy. 2021. Vol. 11, № 2. Article number: 241. DOI: 10.3390/agronomy11020241
16. Pennacchi J. P., Carmo-Silva E., Andralojc P. J., Lawson T., Allen A. M., Raines C. A., Parry M. A. J. Stability of wheat grain yields over three field seasons in the UK // Food Energy Secur. 2018. Article number: 147. DOI: 10.1002/fes3.147
17. Reckling M., Bergkvist G., Watson C. A., Stoddard F. L., Bachinger J. Re-designing organic grain legume cropping systems using systems agronomy // European Journal of Agronomy. 2020. Vol. 112, Article number: 125951. DOI: 10.1016/j.eja.2019.125951

References

1. Abramov N. V., Sherstobitov S. V. Formirovanie zerna yarovoi pshenitsy vysokogo kachestva pri differentsirovannom vnesenii azotnykh udobrenii [Formation of high-quality spring wheat grain with differentiated application of nitrogen fertilizers] // Zemledelie. 2024. № 3. С. 33–39. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-3-33-39
2. Alferov A. A., Nikitin S. N., Chernova L. S., Zavalin A. A. Effektivnost' primeneniya azotnykh udobrenii biopreparatov na yarovoi pshenitse [Efficiency of nitrogen fertilizers and bio-products on spring wheat] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2023. № 5. С. 39–42. DOI: 10.31857/ S2500262723050071
3. Artem'ev A. A., Kuznetsov D. A. Urozhainost' i semennyye kachestva yarovoi pshenitsy pri raznykh normakh vyseva i dozakh azotnykh podkormok [Productivity and seed qualities of spring wheat with different seeding rates and doses of nitrogen fertilizers] // Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal. 2022. Т. 65, № 3 (387). С. 287–291 DOI: 10.55186/25876740_2022_65_3_287
4. Barkovskaya T. A., Gladysheva O. V., Kokoreva V. G. Vliyaniye mineral'nykh udobrenii na urozhainost' yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Tsentral'nogo Nечернозем'ya [The effect of mineral fertilizers on spring common wheat productivity in the Central Non-Blackearth Region] // Agramaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. Т. 23, № 2. С. 239–247. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247
5. Vorob'eva L. A. Khimicheskii analiz pochv [Chemical analysis of soils]. M.: Izd-vo MGU, 1998. 272 s.
6. Zavalin A. A., Aleshin M. A. Vynos urozhayem, balans v pochve i effektivnost' ispol'zovaniya azota zernovymi kul'turami v smeshannykh i odnovidovykh agrotsenozakh [Crop removal, soil balance and efficiency of nitrogen use by grain crops in mixed and single species agroecosystems] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2021. № 6. С. 3–8. DOI: 10.31857/ S2500262721060016
7. Metodika polevykh i vegetatsionnykh opytov s udobreniyami i gerbitsidami [Methodology of field and vegetation trials with fertilizers and herbicides]. M.: Nauka, 1967. 183 s.

8. Prokhorov A. A., Kupriyanov A. N., Borisov B. A., Efimov O. E. Agroekologicheskaya otsenka produktivnosti yarovoi pshenitsy v agrolandshaftakh Nizhnekamskogo raiona Respubliki Tatarstan [Agroecological estimation of the spring wheat productivity in the agrolandscapes of the Nizhnekamsk region of the Republic of Tatarstan] // *Plodorodie*. 2024. № 5. S. 89–96. DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.19
9. Rublyuk M. V., Ivanov D. A. Vliyanie fona udobrenii i osushaemogo agrolandshafta na svoistva dernovopodzolistoi pochvy i urozhainost' yarovoi pshenitsy sorta Zlata [The effect of fertilizer background and drained agrolandscape on the properties of sod-podzolic soil and spring wheat productivity of the variety 'Zlata'] // *Zemledelie*. 2024. № 3. S. 18–23. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-3-18-23
10. Savin I. Yu. O vliyaniy sovremennykh izmenenii klimata na rost urozhainosti yarovykh zernovykh kul'tur v Rossii [On the impact of modern climate change on the improvement of spring grain crops' productivity in Russia] // *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2023. № 2. S. 58–62. DOI: 10.31857/S2500262723020126
11. Starchenko I. V., Chabannyi A. A. Metodicheskie podkhody opredeleniya ekonomicheskoi effektivnosti pri proizvodstve zerna [Methodological approaches to determining economic efficiency in grain production] // *Problemy sovremennoi ekonomiki. Materialy IV Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*. 2015. S. 98–101.
12. Sychev V. G., Shafran S. A., Ilyushenko I. V. Primenenie mineral'nykh udobrenii i ikh effektivnost' v razlichnykh zonakh Rossii [The use of mineral fertilizers and their efficiency in various parts of Russia] // *Plodorodie*. 2022. № 3. S. 3–6. DOI: 10.25680/S19948603.126.01
13. Usenko V. I., Garkusha A. A., Litvintseva T. A., Deryanova E. G., Shcherbakova A. A., Kobzeva I. A. Urozhai yarovoi pshenitsy pri kompleksnom agrotekhnologicheskom vozeistvii v usloviyakh razlichnogo uvlazhneniya yuga Zapadnoi Sibiri [Spring wheat yield under a complex agro-technological impact in conditions of different moisture in the south of Western Siberia] // *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2023. № 6. S. 47–54. DOI: 10.31857/S2500262723060108
14. Abys C., Skakun S., Becker-Reshef I. The Rise and Volatility of Russian Winter Wheat Production // *Environmental Research Communications*. 2022. Vol. 4, № 10. Article number: 101003. DOI: 10.1088/2515-7620/ac97d2
15. Hossain A., Skalicky M., Brestic M., Maitra S., Ashraful Alam M., Abu Syed M., Hossain J., Sarkar S., Saha S., Bhadra P., Shankar T., Bhatt R., Chaki A. K., EL Sabagh A., Islam T. Consequences and Mitigation Strategies of Abiotic Stresses in Wheat (*Triticum aestivum* L.) under the Changing Climate // *Agronomy*. 2021. Vol. 11, № 2. Article number: 241. DOI: 10.3390/agronomy11020241
16. Pennacchi J. P., Carmo-Silva E., Andralojc P. J., Lawson T., Allen A. M., Raines C. A., Parry M. A. J. Stability of wheat grain yields over three field seasons in the UK // *Food Energy Secur.* 2018. Article number: 147. DOI: 10.1002/fes3.147
17. Reckling M., Bergkvist G., Watson C. A., Stoddard F. L., Bachinger J. Re-designing organic grain legume cropping systems using systems agronomy // *European Journal of Agronomy*. 2020. Vol. 112, Article number: 125951. DOI: 10.1016/j.eja.2019.125951

Поступила: 03.03.25; доработана после рецензирования: 07.04.25; принята к публикации: 07.04.25.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Рублюк М. В. – выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Иванов Д. А. – концептуализация исследований, сбор данных, анализ данных и их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.