

ВЛИЯНИЕ ОСУШЕНИЯ, УДОБРЕНИЙ И АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ ПРИЕМОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Ю. И. Митрофанов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом мелиоративного земледелия, m1trof4@eandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0994-6743;

Л. В. Пугачева, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия, 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-6231-9488;

М. В. Гуляев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия, 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-5916-7778;

Н. К. Первушина, научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия, 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID ID: 0000-0003-0618-4405

ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева»,
119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2

Исследования проводили в 2011–2022 гг. на агрополигоне Губино Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель (Тверская область). Цель исследований – изучить эффективность дренирования переувлажняемых почв, удобрений и агромелиоративных приемов при выращивании яровой пшеницы в условиях Северо-Западной части Нечерноземной зоны. Почвы агрополигона дерново-подзолистые легкосуглинистые и супесчаные глееватые, осушаемые закрытым дренажем. Исследованиями в полевых опытах установлено влияние дренирования глееватых почв, применения удобрений, объемного щелевания почвы на глубину 45–50 см, гребнистой вспашки и гребнистого ленточно-разбросного способа посева на урожайность яровой пшеницы. Осушение увеличило урожайность пшеницы на экстенсивном фоне на 17,8 % (0,34 т/га), на среднеинтенсивном и интенсивном – на 16,9–19,4 % (0,56–0,60 т/га). Более значительно повышали урожайность минеральные удобрения – на осушаемом фоне прибавка урожая пшеницы при средних нормах ($N_{45}P_{15}K_{45}$) внесения удобрений составила 1,20 т/га (53,3 %) и при высоких ($N_{90}P_{30}K_{90}$) – 1,91 т/га (84,9 %). Совместное действие дренажа и удобрений увеличило урожайность яровой пшеницы на переувлажняемой почве в 2,2 раза (на 2,25 т/га). Наиболее высокая оплата 1 кг д.в. удобрений урожаем яровой пшеницы получена на осушаемом участке при средних нормах внесения удобрений – 9,8 кг зерна. Высокий эффект был получен от агромелиоративных приемов, направленных на улучшение водно-воздушного режима почв. При объемном щелевании почвы урожайность яровой пшеницы увеличилась на 0,50–0,97 т/га (на 13,2–26,4 %), при гребнистой вспашке – на 0,36 т/га (12,0 %), при гребнистом ленточно-разбросном способе посева с выращиванием яровой пшеницы на гребнях высотой 40–80 мм – на 0,45 т/га или 13,7 %, по отношению к существующей технологии рядового посева. Результаты исследований могут быть использованы при разработке адаптивных агротехнологий возделывания яровой пшеницы на осушаемых землях.

Ключевые слова: яровая пшеница, осушение, удобрения, объемное щелевание, гребнистая вспашка, способы посева, урожайность.

Для цитирования: Митрофанов Ю. И., Пугачева Л. В., Гуляев М. В., Первушина Н. К. Влияние осушения, удобрений и агромелиоративных приемов на урожайность яровой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 6. С. 82–89. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-82-89.



THE EFFECT OF DRAINAGE, FERTILIZERS AND AGRO-RECLAMATION TECHNIQUES ON SPRING WHEAT PRODUCTIVITY

Yu. I. Mitrofanov, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the department of reclamation agriculture, m1trof4@eandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0994-6743;

L. V. Pugacheva, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department of reclamation agriculture, 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-6231-9488;

M. V. Gulyaev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department of reclamation agriculture, 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID ID: 0000-0001-5916-7778;

N. K. Pervushina, researcher of the department of reclamation agriculture, 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID ID: 0000-0003-0618-4405

FRC “V. V. Dokuchaev Soil Science Institute”,
119017, Moscow, Pyzhevsky Lane, 7, building 2

The current study was conducted at the agricultural site ‘Gubino’ of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (Tver Region) in 2011–2022. The purpose was to study the efficiency of drainage of waterlogged soils, fertilizers and agro-reclamation techniques when growing spring wheat in the conditions of the North-Western part of the Non-Blackearth region. The soil of the agricultural site was soddy-podzolic, light loamy and gleyic sandy loam, drained by closed drainage. The field trials have established the influence of drainage of gleyic soils, the use of fertilizers, volumetric slotting of the soil to a depth of 45–50 cm, ridge plowing and ridge belt-scattering method of sowing on spring wheat productivity. Drainage increased wheat productivity on the extensive background by 17.8 %

(0.34 t/ha), on the medium-intensive and intensive background by 16.9–19.4 % (0.56–0.60 t/ha). Mineral fertilizers improved productivity more significantly, against a drained background, wheat productivity increase at medium fertilizer rates ($N_{45}P_{15}K_{45}$) was 1.20 t/ha (53.3 %) and at high fertilizer rates ($N_{90}P_{30}K_{90}$) it was 1.91 t/ha (84.9 %). The combined effect of drainage and fertilizers improved spring wheat productivity on waterlogged soil by 2.2 times (by 2.25 t/ha). The highest payback of 1 kg of fertilizers by a spring wheat yield was obtained on a drained plot with average fertilizer application rates of 9.8 kg of grain. A high effect was obtained from agro-reclamation techniques aimed at improving the water-air regime of soil. With volumetric slotting of the soil, spring wheat productivity raised by 0.50–0.97 t/ha (13.2–26.4 %), with ridge plowing by 0.36 t/ha (12.0 %), with ridge belt-scattering method of sowing with growing spring wheat on ridges 40–80 mm high by 0.45 t/ha or 13.7 %, in relation to the existing technology of row sowing. The study results can be used in the development of adaptive agricultural technologies for cultivating spring wheat on drained lands.

Keywords: *spring wheat, drainage, fertilizers, volumetric slotting, ridge plowing, sowing methods, productivity.*

Введение. Современные технологии возделывания зерновых культур с применением высокопродуктивных сортов, лучших предшественников, сбалансированного питания растений, эффективных приемов обработки почвы, интегрированной системы защиты растений от болезней, вредителей и сорняков позволяют в условиях Нечерноземной зоны получать с 1 га до 4,0–6,0 и более тонн зерна (Kiryushin, 2020; Новоселов и др., 2019; Blanco-Canqui and Ruis, 2018). На временно переувлажняемых дерново-подзолистых глееватых почвах, распространенных в этом регионе, такие урожаи становятся возможными после их мелиоративного обустройства, осушения, комплексного окультуривания и освоения систем интенсивного земледелия (Дьяченко и др., 2018; Kiryushin, 2019; Castellini et al., 2019). Важную роль в оптимизации водно-воздушного режима осушаемых почв играют агрономелиоративные приемы обработки почвы, являющиеся неотъемлемой частью проектов мелиорации и важнейшим дополнением к инженерным водорегулирующим системам (Kuhling et al., 2017; Skaalsveen et al., 2019; Kiryushin, 2019). Дренажирование почв и удаление с полей избыточной влаги позволяет оптимизировать сроки проведения полевых работ, полнее использовать потенциальные возможности вегетационного периода, достаточно ограниченного в Нечерноземной зоне, повысить качество выполняемых полевых работ, создает реальную возможность для интенсификации земледелия, совершенствования структуры посевов, расширения набора культур и увеличения посевной площади под более продуктивными и ценными в рыночном отношении культурами, для освоения интенсивных технологий возделывания зерновых культур, в частности яровой пшеницы.

Цель наших исследований – изучить эффективность дренажирования переувлажняемых почв, удобрений и агрономелиоративных приемов при выращивании яровой пшеницы в условиях Северо-Западной части Нечерноземной зоны.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2011–2022 гг. на агрополигоне Губино ВНИИМЗ (Тверская область). Почвы опытного участка дерново-подзолистые легкосуглинистые и супесчаные глееватые, осушаемые закрытым дренажем, слабокислые, содержание гумуса 2,32–2,70 %, подвижного фосфора – высокое, обменно-

го калия – повышенное. Коэффициент фильтрации почвы с поверхности и горизонта A_2B составляет 0,07–0,34, опесчаненной морены – 0,34–0,48 м/сутки. Опыт с удобрениями проводили на трех технологических уровнях (фактор В): 1 – без удобрений (экстенсивная технология), 2 – $N_{45}P_{15}K_{45}$ (среднеинтенсивная – нормальная), 3 – $N_{90}P_{30}K_{90}$ (интенсивная), на осушаемом и переувлажняемом (не дренажном) участках (фактор А). Осушение проведено закрытым дренажем (междреннее расстояние 20–30 м, глубина заложения дрен 0,9–1,2 м) в 1984 году. В этот год была построена осушительная система, которая работает по настоящее время. Яровая пшеница размещалась после картофеля в плодосменном севообороте с чередованием культур: клеверный пар – озимая рожь (озимая тритикале) – картофель – яровая пшеница с подсевом клевера. Минеральные удобрения по вариантам опыта вносили согласно схеме в виде азофоски, аммиачной селитры и хлористого калия.

Из агрономелиоративных и технологических приемов возделывания яровой пшеницы изучались объемное щелевание почвы, гребнистая вспашка и гребнистый ленточно-разбросной способ посева. Технология объемного щелевания почвы предусматривает формирование широких щелей (16 см) на глубину 45–50 см с заполнением подпахотной части (20–50 см) измельченной соломой, растительными остатками в смеси с гумусовым слоем. По отношению к дренажу щелевание проводили двумя способами – поперек и вдоль расположения дрен с выходом на коллекторные линии.

Выращивали районированные сорта яровой пшеницы Иргина (2011–2019 гг.) и Злата (2020–2022 гг.). Норма высева семян – 6,0 млн/га всхожих зерен. Повторность опытов 3–4-кратная. Общая площадь делянок 100–430 м², учетная – 40–50 м². Исследования, анализы и наблюдения проводили по общепринятым в земледелии методикам (Доспехов, 2014). Метеоусловия в годы исследований были разными – от благоприятных до неблагоприятных прежде всего по условиям увлажнения. Согласно ГТК Селянинова 2011, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 и 2022 гг. относятся к влажным (ГТК – 1,24–1,79), 2012 и 2020 гг. – к избыточно влажным (ГТК – 2,10–2,22), 2013, 2014 и 2021 гг. – к засушливым (ГТК – 0,91–0,99).

Результаты и их обсуждение. Действие дренажа на водный и водно-воздушный ре-

жим проявилось на величине уровня грунтовых вод, режиме влажности и уровне аэрации почвы. Средне вегетационная влажность почвы (в % от НВ) на переувлажняемом недренированном участке на варианте с яровой пшеницей по годам колебалась в пределах от 51 до 109 % (среднее за 10 лет – 82,7 %), на осушаемом – от 36 до 98 % (62,6 %), пористость аэрации изменялась от 10,8 до 40,0 % (среднее за 10 лет – 23,4 %) и от 19,2 до 40,0 % (30,4 %) относительно разных опытных участков. Осушение оказало влияние и на питательный режим почвы. Суммарное количество нитратного и аммиачного азота под влиянием осушения на варианте без удобрений увеличивалось на 8,1 % (с 9,9 до 10,7 мг/кг почвы), на среднем фоне удобрений – на 20,8 % (с 19,7 до 23,4 мг) и на высоком – на 40,1 % (с 34,9 до 48,9 мг/кг).

Более значительное влияние на азотное питание растений оказывали удобрения. Содержание минерального азота в осушаемой почве при средних нормах увеличивалось с 10,7 до 23,8 мг/кг почвы (в 2,2 раза), при высоких – до 48,9 мг, или в 4,6 раза.

Исследования показали, что яровая пшеница хорошо отзывается на приемы улучшения

водно-воздушного и питательного режимов почвы. Известно, что применение удобрений является основным фактором, определяющим формирование высокопродуктивных посевов полевых культур в Нечерноземной зоне, в том числе на переувлажняемых почвах (Sithole et al., 2019; Иванчик и Афанасьев, 2020). Без осушения урожайность яровой пшеницы на дерново-подзолистой глееватой легкосуглинистой почве в среднем за 10 лет без удобрений составила 1,91 т/га, на фоне средних норм удобрений – 2,89 и высоких – 3,56 т/га.

Прибавки урожая от удобрений на неосушаемом участке составили соответственно фону 0,98 т/га (51,3 %) и 1,65 т/га (86,4 %). Под влиянием только осушения (дренажа) и улучшения водно-воздушного состояния почвы урожайность яровой пшеницы в среднем за 10 лет повысилась на 0,34 т/га (на 17,8 %) и составила 2,25 т/га зерна. С удобрениями прибавки урожая зерна от осушения увеличились в 1,6–1,8 раза и при средних нормах они составили 0,56 т/га (19,4 %), при высоких – 0,60 т/га (16,9 %) (табл. 1).

Таблица 1. Влияние удобрений и дренажа на урожайность (т/га) яровой пшеницы (среднее за 2012–2021 гг.)

Table 1. The effect of fertilizers and drainage on spring wheat productivity, t/ha (mean in 2012–2021)

Вариант удобрений		Почва		Прибавки урожая от осушения	
		неосушаемая – контроль	осушаемая	±, т/га	%
Без удобрений (контроль)		1,91	2,25	+0,34	17,8
Средние нормы – N ₄₅ P ₁₅ K ₄₅		2,89	3,45	+0,56	19,4
Высокие нормы – N ₉₀ P ₃₀ K ₉₀		3,56	4,16	+0,60	16,9
В среднем		2,79	3,29	+0,50	17,9
Прибавки урожая от удобрений, т/га (%)	N ₄₅ P ₁₅ K ₄₅	0,98 (51,3)	1,20 (53,3)	x	x
	N ₉₀ P ₃₀ K ₉₀	1,65 (86,4)	1,91 (84,9)	x	x

Примечание. НСР₀₅ для фактора А (дренаж) – 0,24; НСР₀₅ для фактора В (удобрения) – 0,28.

На осушаемом участке эффективность удобрений повышалась, при средних нормах их внесения прибавка урожая яровой пшеницы составила 1,20 т/га, при высоких – 1,91 т/га. По сравнению с неосушаемым фоном прибавка урожая от одной и той же дозы удобрений на осушаемом участке была больше на 22,4 % при средних нормах и на 15,7 % – при высоких.

Установлено, что осушение повышает эффективность удобрений, а удобрения – эффективность дренажа. Наиболее значительные прибавки урожая яровой пшеницы были получены при совместном их действии, урожайность по сравнению с абсолютным контролем (без осушения и удобрений) в среднем за 10 лет увеличилась на 2,25 т/га зерна, или в 2,2 раза. Данные этого опыта показывают, что минеральные удобрения являются основным фактором интенсификации земледелия на осушаемых почвах, их применение повышает урожайность яровой пшеницы на 53,3–84,9 %.

Под влиянием дренажа коэффициент использования элементов питания минераль-

ных удобрений увеличивался на 14,5–22,4 %. При нормальной технологии выращивания яровой пшеницы долевое участие минеральных удобрений в суммарном приросте урожая было 77,9 %, дренажа – 22,1 %, при интенсивной технологии участие удобрений повышается до 84,9 %, а дренажа снижается до 15,1 %.

При оценке эффективности действия удобрений и дренажа важно учитывать, что характер их влияния на урожайность культур и на уровень получаемых прибавок урожая в отдельные годы во многом определяется погодными условиями вегетационных периодов конкретных лет. Наиболее значительная прибавка урожая яровой пшеницы от осушения (на варианте с высокими нормами удобрений) была получена в годы с избыточно влажными условиями в период вегетации – 1,11 т зерна с 1 га. Во влажные годы прибавка урожая была в 2,4 раза меньше – 0,47 т/га. Следует отметить, что в годы с засушливыми периодами вегетации урожайность яровой пшеницы на варианте с осушением из-за дефицита влаги была

даже несколько ниже, чем в варианте без осушения.

Отдача от удобрений наиболее высокой была в годы с влажными периодами вегетации и при средних нормах внесения – прибавка урожая в эти годы составила 1,50 т/га (65,8 %), при высоких – урожайность увеличи-

валась по сравнению с контролем на 2,36 т/га (в 2 раза).

В избыточно влажные и засушливые годы прибавки урожая по фонам удобрений были существенно меньше – 0,98 и 1,91 т/га (43,7 и 85,3 %); 0,90 и 1,26 т/га (46,6 и 65,3 %) соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от вариантов удобрений и погодных условий, осушаемый участок, т/га
Table 2. Spring wheat productivity depending on fertilizers and weather conditions, drained area, t/ha

Вариант удобрений	Годы исследований			В среднем за 2011–2022 гг.
	избыточно-влажные	влажные	засушливые	
Без удобрений (контроль)	2,24	2,28	1,93	2,27
Средние нормы – N ₄₅ P ₁₅ K ₄₅	3,22	3,78	2,83	3,60
Высокие нормы – N ₉₀ P ₃₀ K ₉₀	4,15	4,64	3,19	4,35
Прибавки урожая, т/га, (%)	N ₄₅ P ₁₅ K ₄₅	0,98 (43,7)	1,50 (65,8)	0,90 (46,6)
	N ₉₀ P ₃₀ K ₉₀	1,91 (85,3)	2,36 (в 2 раза)	1,26 (65,3)
				2,08 (91,6)

Примечание. НСР₀₅ для любых средних – 0,27.

По результатам опыта была рассчитана окупаемость удобрений прибавкой урожая зерна. Наиболее высокая окупаемость 1 кг д.в. удобрений урожаем зерна яровой пшеницы была получена при средних нормах их внесения, на осушаемом участке в среднем за 12 лет она составила 9,8 кг, на неосушаемом в среднем за 10 лет – 7,2 кг, или на 26,5 % меньше. При высоких нормах удобрений их окупаемость среднемноголетней прибавкой урожая зерна снижалась до 7,7 кг на осушаемом участке и до 6,1 кг – на неосушаемом. По сравнению со средними нормами окупаемость удобрений при высоких нормах их внесения на осушаемом участке снизилась на 21,5 %, на неосушаемом – на 15,3 %. Окупаемость удобрений существенно зависела от погодных условий: наиболее высокой она была во влажные годы, наиболее низкой – в засушливые на осушаемом участке. При средних нормах внесения удобрений во влажные годы на осушаемом участке их окупаемость составила 11,1 кг зерна на 1 кг д.в., при высоких – 8,1 кг.

В годы с избыточным количеством осадков окупаемость удобрений на осушаемом участке по сравнению с влажными годами при средней норме была ниже на 24,2 %, при высокой – на 5,0 %; в засушливые годы снижение окупаемости по фонам удобрений составило 40,5 и 43,2 %. На переувлажняемом участке окупаемость удобрений по сравнению с осушаемым участком была в целом ниже, за исключением засушливых лет.

Изучаемые факторы, и осушение, и удобрения, оказывали большое влияние на структуру агроценозов, динамику накопления биомассы растений, засоренность и активность фотосинтетической деятельности посевов и т.д. Установлено, что все элементы структуры урожая на обоих участках изменялись в лучшую сторону – увеличивалось количество продуктивных стеблей на единице площади, число зерен в колосе и масса 1000 зерен. На качест-

во зерна основное влияние оказали удобрения. В среднем за 10 лет содержание протеина под их влиянием на осушаемом участке увеличивалось на 2,7 и 4,7 абсолютных процента (по вариантам опыта), на переувлажняемом – на 2,1 и 3,5 % соответственно.

Осушение существенного влияния на содержание в зерне сырого протеина не оказало. Выход протеина с 1 га на осушаемом участке за счет более высокой урожайности по сравнению с неосушаемым на среднем фоне удобрений увеличился с 0,48 до 0,62 т/га, или на 29,2 %, на высоком фоне удобрений – с 0,64 до 0,78 т/га, или на 21,9 %. Выход протеина с 1 га под влиянием осушения и удобрений вырос в 1,9 и 2,4 раза.

Дренажное переувлажнение земель является важным условием повышения технологической и биологической устойчивости земледелия. На переувлажняемом участке (без осушения и удобрений) коэффициент временной вариабельности урожайности в среднем за 10 лет составил 38,9 %, то есть изменчивость по годам является значительной. Под влиянием осушения коэффициент вариабельности урожайности у яровой пшеницы при выращивании без удобрений снизился с 38,9 до 24,8 % (на 36,3 %), на фоне удобрений (в среднем) – с 34,5 до 28,4 % (на 17,7 %). Изменения вариабельности урожайности под влиянием удобрений были неоднозначными. На осушаемом фоне она повысилась (с 24,8 до 28,4 %), на неосушаемом фоне несколько понизилась (с 38,8 до 34,5 %). Наиболее тесно урожайность яровой пшеницы коррелировала с погодными условиями мая. При интенсивной технологии коэффициент корреляции ее урожайности с погодными условиями (по ГТК) в мае составил 0,60. Связь урожайности с ГТК в мае–июне была существенно меньше – коэффициент корреляции 0,43 и с ГТК в июле – 0,28. В годы проведения исследований ГТК в мае колебался от 0,22 до 3,90, суммарно

за май–июнь – от 0,76 до 3,44 и в июле – от 0,87 до 3,08.

Сохраняющийся после осушения значительный уровень вариабельности урожайности яровой пшеницы формируется под влиянием разнообразия погодных и почвенно-мелиоративных условий. В отдельные годы и периоды вегетации погодными факторами, определяющими уровень продуктивности, были как избыточное увлажнение и нарушение воздушного режима в корнеобитаемом слое, так и дефицит продуктивной влаги.

Наиболее важными приемами повышения устойчивости земледелия и адаптации агротехнологий к почвенным и погодным условиям являются размещение культур в агроэкологически обоснованных севооборотах, применение агромелиоративных технологий и приемов обработки почвы, действие которых направлено на усиление осушающего действия дренажа, улучшение воздушного и температурного ре-

жимов почвы, влагообеспеченности растений в засушливые периоды, агрохимических и агрофизических показателей почвенного плодородия и т.д. (Пономарев и др., 2022; Дьяченко и др., 2018). К таким приемам относятся объемное щелевание почвы, гребневание в системе зяблевой обработки почвы и ленточно-разбросной способ посева ее на профилированной поверхности (Митрофанов и др., 2022; Башняк и Башняк, 2018; Митрофанов и Анциферова, 2020).

На яровой пшенице действие щелевания наблюдалось в течение первых четырех лет после его проведения, эффективными оказались оба способа щелевания – как поперек, так и вдоль расположения дренажных линий. В первый год действия прибавка урожая по способам щелевания составила 13,9–21,4 % к контролю, во второй – 15,5, в третий – 25,0–26,4, в четвертый – 17,7 % (табл. 3).

Таблица 3. Влияние объемного щелевания на урожайность яровой пшеницы т/га, (2015–2018 гг.)
Table 3. The effect of volumetric slotting on spring wheat productivity, t/ha (2015–2018)

Год действия щелевания	Способ щелевания	Вариант обработки		Прибавка к контролю	
		контроль	щелевание	±	%
1-й (2015)	вдоль	3,75	4,27	+0,52	113,9
	поперек	3,51	4,26	+0,75	121,4
2-й (2016)	вдоль	4,33	5,00	+0,67	115,5
3-й (2017)	вдоль	3,88	4,85	+0,97	125,0
	поперек	3,29	4,16	+0,87	126,4
4-й (2018)	вдоль	2,81	3,31	+0,50	117,7
Среднее за 4 года		3,70	4,39	+0,69	118,6

Примечание. Контроль – основная обработка – вспашка на 20–22 см; 1-й год действия – щелевание на 45–50 см + дискование на 10–12 см; 2–4-й годы – вспашка на 20–22 см по фону щелевания.

НСР₀₅ для любых средних 0,28.

Наиболее высокие прибавки урожая получены в избыточно влажном 2017 г. при обоих способах щелевания (ГТК Селянинова в мае – 3,90 и в мае–июне – 3,44) и в 2015 г. – при щелевании поперек дренажа (ГТК в мае 2,42).

Анализ структуры урожая показал, что увеличение урожайности у яровой пшеницы при щелевании почвы сформировалось за счет всех основных элементов продуктивности – количество продуктивных стеблей под влиянием щелевания (в среднем по годам) и способов щелевания увеличилось на 14,9 %, число зерен в колосе – на 7,3 %, масса 1000 зерен – на 5,1 %, масса зерна в колосе – на 12,7 %.

При этом доля участия элементов структуры урожая в формировании урожайности на вариантах с щелеванием почвы составила: число продуктивных стеблей – 56,8 %, количество зерен – 29,8 %, масса 1000 зерен – 13,4 %.

Под влиянием гребнистой вспашки урожайность яровой пшеницы в среднем за 3 года по сравнению с обычной увеличилась на 0,40 т/га, или 14,4% (табл. 4). Более высокие относительные прибавки урожая были получены в годы с избыточно влажными условиями в первой половине вегетации яровой пшеницы (май и июнь).

Таблица 4. Влияние гребнистой вспашки на относительные прибавки урожая яровой пшеницы, т/га
Table 4. The effect of ridge plowing on a relative spring wheat productivity increase, t/ha

ГТК (май–июнь)	Год	Вспашка на 20–22 см – контроль	Гребнистая вспашка на 20–22 см	Прибавка к контролю	
				±	%
2,14	2012	1,53	2,10	–	–
2,56	2020	2,63	2,90	–	–
1,08	2016	4,15	4,51	+0,36	108,7
Среднее за 3 года		2,77	3,17	+0,40	114,4

Примечание. НСР₀₅ для любых средних 0,29.

Важную функцию в технологической и биологической адаптации технологии возделывания яровой пшеницы к агроэкологическим условиям осушаемых земель может выполнять гребнистый ленточно-разбросной способ посева. Технологическая схема этого способа посева предусматривает рассев семян на выровненную поверхность, вдавливание их катками в почву и закрытие загортачами путем нагребания почвы на ленту с формированием гребней высотой 40–80 мм (Митрофанов и Анциферова, 2020). По сравнению с обычным рядовым гребнистый ленточно-разбросной способ посева обладает более высокой технологичностью и адаптивностью к погодным и почвенно-мелиоративным условиям осушаемых земель,

обеспечивает более высокую устойчивость посевов к неблагоприятным агроэкологическим факторам, дополнительную защиту растений от негативных последствий, связанных с повышенным увлажнением почвы. Установлено, что применение в условиях Северо-Западной части Нечерноземной зоны гребнистого ленточно-разбросного способа посева повышает полевую всхожесть семян, выживаемость, сохранность, фотосинтетическую активность растений и урожайность зерновых культур. Урожайность зерна яровой пшеницы при гребнистом ленточно-разбросном способе посева в среднем за 4 года с разных опытных участков повышалась на 0,45 т/га, или 13,7 % (табл. 5).

Таблица 5. Урожайность яровой пшеницы при разных способах посева, т/га
Table 5. Spring wheat productivity under different sowing methods, t/ha

Способ посева		2019–2021 гг.	2020 г.	2022 г.	Среднее
Рядовой – контроль		2,97	2,63	4,25	3,28
Гребнистый ленточно-разбросной		3,45	2,90	4,85	3,73
Прибавка к контролю	±	+0,48	+0,32	+0,60	+0,45
	%	116,2	111,0	114,1	113,7

Примечание. 2019–2021 гг. – опыт с совместными посевами с озимой рожью – среднее по 3 закладкам, норма высева 6,0+4,0 млн всхожих зерен на 1 га; 2020 г. – опыт со способами обработки почвы; 2022 г. – опыт с прикатыванием гребней. НСР05 для любых средних 0,31.

В структурном отношении увеличение урожая произошло в основном за счет большего количества продуктивных стеблей на единице площади при практически равной продуктивности колоса.

Выводы

1. Осушение и применение минеральных удобрений являются основными приемами, направленными на оптимизацию водно-воздушного и питательного режимов почвы, создание высокопродуктивных агроценозов яровой пшеницы на переувлажняемых землях.

2. Под влиянием дренажа урожайность яровой пшеницы повышалась на 16,9–19,4 %, коэффициент использования элементов питания минеральных удобрений – на 14,5–22,4 %. Применение минеральных удобрений увеличивало урожайность яровой пшеницы на 53,3–84,9 %. При совместном действии дренажа и удобрений урожайность яровой пшеницы увеличилась на 2,25 т/га (в 2,2 раза). Долевое участие минеральных удобрений в суммарном

приросте урожая составило 77,9–84,9 %, дренажа – 15,1–22,1 %. Наиболее высокая оплата 1 кг д.в. урожаем яровой пшеницы 9,8 кг зерна получена на осушаемом участке при средних нормах внесения удобрений.

3. Установлена высокая эффективность объемного щелевания осушаемых почв на глубину 45–50 см, гребнистой вспашки и гребнистого ленточно-разбросного способа посева яровой пшеницы. При щелевании почвы урожайность яровой пшеницы повышалась на 0,50–0,97 т/га (на 13,2–26,4 %), при гребнистой вспашке – на 0,36 т/га (12,0 %), при выращивании на гребнях высотой 40–80 мм – на 0,45 т/га, или 13,7 %.

4. Включение агромелиоративных технологий и приемов обработки, направленных на улучшение агрофизического состояния почвы, в технологические регистры возделывания яровой пшеницы следует рассматривать в качестве важного элемента их адаптации к агроэкологическим условиям осушаемых земель.

Библиографические ссылки

1. Башняк И.М., Башняк С.Е. Исследование технологии предпосевного щелевания почвы и обоснование конструкции щелевателя // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2018. № 2–3(28). С. 62–69.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Дьяченко Е.Н., Разина А.А., Шевелев А.Т., Дятлова О.Г. Технология комплексного применения удобрений, химических и биологических мелиорантов, средств защиты растений в плодосменном севообороте // Земледелие. 2018. № 3. С. 28–31. DOI: 10.24411/0044-3913-201810306
4. Иванчик В.А., Афанасьев Р.А. Продуктивность яровой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья под влиянием минеральных удобрений // Плодородие. 2020. № 2. С. 20–23. DOI: 10.26680/S19948603.2020.113.06
5. Митрофанов Ю.И., Гуляев М.В., Пугачева Л.В., Первушина Н.К. Новый способ щелевания осушаемых почв // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 5. С. 541–545. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_5_541

6. Митрофанов Ю.И., Анциферова О.Н. Гребнистый способ посева зерновых культур на осушаемых землях // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. Т. 21, № 3. С. 301–312. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.3.301-312
7. Новоселов С.И., Кузьминых А.Н., Еремеев Р.В. Плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от основной обработки и севооборота // *Плодородие*. 2019. № 6 (111). С. 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.06
8. Пономарев А.В., Кремнева О.Ю., Гасиян К.Э., Данилов Р.Ю. Влияние способов обработки почвы на развитие болезней пшеницы // *Юг России: экология, развитие*. 2022. Т. 17, № 4(65). С. 174–181. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-174-181
9. Blanco-Canqui H., Ruis S. J. No-tillage and soil physical environment // *Geoderma*. 2018. Vol. 326. P. 164–200. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.03.011
10. Castellini M., Fornaro F., Garofalo P., Giglio L., Rinaldi M., Ventrella D., Vitti C., Vonella A. V. Effects of no-tillage and conventional tillage on physical and hydraulic properties of fine textured soils under winter wheat // *Water*. 2019. Vol. 11(3), Article number: 484. DOI: 10.3390/w11030484
11. Kiryushin V.I. The Management of Soil Fertility and Productivity of Agroecosystems in Adaptive-Landscape Farming Systems // *Eurasian Soil Science*. 2019. Vol. 52, № 9. P. 1137–1145. DOI: 10.1134/S1064229319070068
12. Kiryushin, V.I. Methodology for integrated assessment of agricultural land // *Eurasian Soil Science*. 2020. Vol. 53, № 7. P. 960–967. DOI: 10.1134/S1064229320070066
13. Kuhling I., Redozubov D., Broll G., Trautz D. Impact of tillage, seeding rate and seeding depth on soil moisture and dryland spring wheat yield in Western Siberia // *Soil Tillage Research*. 2017. Vol. 170, P. 43–52. DOI: 10.1016/j.still.2017.02.009
14. Sithole N. J., Magwaza L. S., Sithole N. J., G. R. Thibaud. Long-term impact of no-till conservation agriculture and N-fertilizer on soil aggregate stability, infiltration and distribution of C in different size fractions // *Soil Tillage Research*. 2019. Vol. 190, P. 147–156. DOI: 10.1016/j.still.2019.03.004
15. Skaalsveen K., Ingram J., Clarke L. E. The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in north-western Europe: A literature review // *Soil Tillage Research*. 2019. Vol. 189, P. 98–109. DOI: 10.1016/j.still.2019.01.004

References

1. Bashnyak I. M., Bashnyak S. E. Issledovanie tekhnologii predpolivnogo shchelevaniya pochvy i obosnovanie konstruktivnykh shchelevatelya [Study of the technology of pre-irrigation soil slotting and justification for the design of the slitting machine] // *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. № 2–3(28). S. 62–69.
2. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. D'yachenko E. N., Razina A. A., Shevelev A. T., Dyatlova O. G. Tekhnologiya kompleksnogo primeneniya udobrenii, khimicheskikh i biologicheskikh meliorantov, sredstv zashchity rastenii v plodosmennom sevooborote [Technology for the integrated use of fertilizers, chemical and biological ameliorants, plant protection products in fruit crop rotation] // *Zemledelie*. 2018. № 3. S. 28–31. DOI: 10.24411/0044-3913-201810306
4. Ivanchik V. A., Afanas'ev R. A. Produktivnost' yarovoi pshenitsy v usloviyakh Tsentral'nogo Nechernozem'ya pod vliyaniem mineral'nykh udobrenii [Spring wheat productivity in the conditions of the central Non-Blackearth region under the influence of mineral fertilizers] // *Plodorodie*. 2020. № 2. S. 20–23. DOI: 10.26680/S19948603.2020.113.06
5. Mitrofanov Yu. I., Gulyaev M. V., Pugacheva L. V., Pervushina N. K. Novyi sposob shchelevaniya osushaemykh pochv [A new method of slotting drained soils] // *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2022. № 5. S. 541–545. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_5_541
6. Mitrofanov Yu. I., Antsiferova O. N. Grebnistyi sposob poseva zernovykh kul'tur na osushaemykh zemlyakh [Ridge method of sowing grain crops on drained lands] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2020. Т. 21, № 3. С. 301–312. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.3.301-312
7. Novoselov S. I., Kuz'minykh A. N., Eremeev R. V. Plodorodie pochvy i produktivnost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v zavisimosti ot osnovnoi obrabotki i sevooborota [Soil fertility and grain crop productivity depending on basic cultivation and crop rotation] // *Plodorodie*. 2019. № 6(111). С. 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.06
8. Ponomarev A. V., Kremneva O. Yu., Gasiyan K. E., Danilov R. Yu. Vliyanie sposobov obrabotki pochvy na razvitie boleznei pshenitsy [The effect of soil cultivation methods on the development of wheat diseases] // *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*. 2022. Т. 17, № 4 (65). С. 174–181. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-174-181
9. Blanco-Canqui H., Ruis S. J. No-tillage and soil physical environment // *Geoderma*. 2018. Vol. 326. P. 164–200. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.03.011
10. Castellini M., Fornaro F., Garofalo P., Giglio L., Rinaldi M., Ventrella D., Vitti C., Vonella A. V. Effects of no-tillage and conventional tillage on physical and hydraulic properties of fine textured soils under winter wheat // *Water*. 2019. Vol. 11(3), Article number: 484. DOI: 10.3390/w11030484
11. Kiryushin, V.I. The Management of Soil Fertility and Productivity of Agroecosystems in Adaptive-Landscape Farming Systems // *Eurasian Soil Science*. 2019. Vol. 52, № 9. P. 1137–1145. DOI: 10.1134/S1064229319070068
12. Kiryushin, V.I. Methodology for integrated assessment of agricultural land // *Eurasian Soil Science*. 2020. Vol. 53, № 7. P. 960–967. DOI: 10.1134/S1064229320070066

13. Kuhling I., Redozubov D., Broll G., Trautz D. Impact of tillage, seeding rate and seeding depth on soil moisture and dryland spring wheat yield in Western Siberia // Soil Tillage Research. 2017. Vol. 170, P. 43–52. DOI: 10.1016/j.still.2017.02.009

14. Sithole N. J., Magwaza L. S., Sithole N. J., G. R. Thibaud. Long-term impact of no-till conservation agriculture and N-fertilizer on soil aggregate stability, infiltration and distribution of C in different size fractions // Soil Tillage Research. 2019. Vol. 190, P. 147–156. DOI: 10.1016/j.still.2019.03.004

15. Skaalsveen K., Ingram J., Clarke L. E. The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in north-western Europe: A literature review // Soil Tillage Research. 2019. Vol. 189, P. 98–109. DOI:10.1016/j.still.2019.01.004

Поступила: 14.08.23; доработана после рецензирования: 30.10.23; принята к публикации: 07.11.23.

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. Митрофанов Ю. И. – концептуализация и интерпретация результатов исследований, руководство выполнением полевых опытов, анализ полученных данных, подготовка рукописи; Пугачева Л. В. – обзор литературы, выполнение полевых опытов, сбор и анализ экспериментальных данных, составление таблиц; Гуляев М. В. – закладка и выполнение опытов, проведение полевых исследований, сбор данных; Первушина Н. К. – проведение полевых исследований, сбор данных, математическая обработка, составление и анализ табличного материала.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.