

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.655-663>
УДК 631.51



Влияние технологий возделывания яровой пшеницы на засоренность ее посевов и урожайность в условиях Нижегородской области

© 2024. А. В. Ивенин✉, В. В. Ивенин, Ю. А. Богомолова, С. М. Голубев, И. И. Бугров

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», г. Нижний Новгород, Российская Федерация

В статье представлены результаты исследований по изучению влияния различных технологий возделывания яровой пшеницы на засоренность ее посевов и урожайность за 2022-2023 гг. в условиях Нижегородской области на светло-серой лесной суглинистой почве. Изучали технологии, различающиеся по способу основной обработки почвы (традиционная, минимальная – Mini-till, нулевая – No-till) и степени интенсификации (базовая, интенсивная). Яровую пшеницу сорта Злата возделывали в звене севооборота: чистый пар-горох-яровая пшеница. В период исследований установлено, что технология No-till способствовала повышению общей засоренности посевов яровой пшеницы в среднем за два года в фазу «кущение» (до обработки гербицидом) до 36,2 шт/м² (на 84,7 % выше общей засоренности посевов пшеницы при возделывании по технологии Mini-till и на 118,1 % – по традиционной технологии) и в фазу «полная спелость зерна» (перед уборкой) до 30,1 шт/м² (на 110,5 % выше общей засоренности посевов пшеницы по технологии Mini-till и на 155,1 % – по традиционной). Выявлено, что интенсификация производства пшеницы (внесение минеральных удобрений в дозе N₇₀P₅₀K₅₀ под предпосевную культивацию; применение фунгицида и гербицида в фазу «кущение») приводит в среднем по изучаемым технологиям к уменьшению общей засоренности посевов в фазу «полная спелость зерна» в среднем за два года до 15,7 шт/м², что на 38,2 % ниже по сравнению с базовой степенью интенсификации технологий возделывания пшеницы. Установлено, что выращивание яровой пшеницы по традиционной технологии и технологии Mini-till позволяет получать высокую урожайность: 3,09–3,43 т/га, что на 0,63–0,96 т/га больше при возделывании по No-till. При возделывании яровой пшеницы по традиционной и Mini-till технологиям различий по уровню урожайности за годы наблюдений не выявлено. Интенсификация производства яровой пшеницы позволяет повысить уровень ее урожайности по каждой из изучаемой технологий.

Ключевые слова: традиционная технология, технология Mini-till, технология No-till, общая засоренность, засоренность многолетними сорняками, урожай

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет» (тема: № НИР в ЕГИСУ НИОКТР № 1023051100024-9-4.1.1; 4.1.6).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ивенин А. В., Ивенин В. В., Богомолова Ю. А., Голубев С. М., Бугров И. И. Влияние технологий возделывания яровой пшеницы на засоренность ее посевов и урожайность в условиях Нижегородской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(4):655–663. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.655-663>

Поступила: 03.04.2024 Принята к публикации: 01.08.2024 Опубликована онлайн: 28.08.2024

The influence of cultivation technologies on the contamination of spring wheat crops and yield in the conditions of the Nizhny Novgorod region

© 2024. Alexey V. Ivenin✉, Valentin V. Ivenin, Yulia A. Bogomolova, Sergey M. Golubev, Ivan I. Bugrov

Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

The article presents the results of research of the influence of various cultivation technologies on the contamination of spring wheat crops and its yield for 2022–2023 in the conditions of the Nizhny Novgorod region on light gray loamy forest soil. There were studied the technologies various in methods of primary soil tillage (traditional, minimal – Mini-till, without tillage – No-till), and intensification level (basic, intensive). Spring wheat of the 'Zlata' cultivar was cultivated in the chain of rotation: clean fallow – peas - spring wheat. During the research period, it was established that the No-till technology contributed to an increase in the total contamination of spring wheat crops on an average for two years in the "tillering" phase (before herbicide treatment) to 36.2 pcs/m² (84.7 % higher than the total contamination of wheat crops when cultivated using Mini-till technology and by 118.1 % – using traditional technology) and in the phase of "full grain ripeness" (before harvesting) up to 30.1 pcs/m² (110.5 % higher than the total contamination of wheat crops cultivated using Mini-till technology and by 155.1 % according to traditional technology). It has been established that intensification of wheat production (application of mineral fertilizers in a dose of N₇₀P₅₀K₅₀ before pre-sowing cultivation; using fungicide and herbicide in the "tillering" phase) results on average among studied technologies in decreasing the total contamination of crops during the "full grain ripeness" phase on average

for two years up to 15.7 pcs/m² which is 38.2 % lower compared to the basic intensification degree of wheat cultivation technologies. It was found that the cultivation of spring wheat using traditional technology and Mini-till technology provides high yields: 3.09–3.43 t/ha, that is 0.63–0.96 t/ha higher than its yield when cultivated using No-till technology. There were no differences in the level of yield of spring wheat over the years of observation when cultivating it using traditional and Mini-till technologies. The intensification of spring wheat production makes it possible to increase the level of its yield for each of the studied technologies.

Keywords: traditional technology, Mini-till technology, No-till technology, general contamination, contamination by perennial weeds, yield

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University of the Federal State Budgetary Educational Institution (theme: No. 1023051100024-9-4.1.1; 4.1.6).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interests: the authors stated that there was no conflict of interests.

For citation: Ivenin A. V., Ivenin V. V., Bogomolova Yu. A., Golubev S. M., Bugrov I. I. The influence of cultivation technologies on the contamination of spring wheat crops and yield in the conditions of the Nizhny Novgorod region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(4):655–663. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.655-663>

Received: 03.04.2024

Accepted for publication: 01.08.2024

Published online: 28.08.2024

Решение стратегических задач устойчивого развития агропромышленного комплекса в Нижегородской области невозможно без оптимизации, модернизации и адаптации новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур к зональным условиям [1, 2, 3].

Вместе с тем следует отметить, что Нижегородская область имеет ряд особенностей, основными из которых являются низкое естественное плодородие почв, нестабильность климатических условий (возврат холодов весной, ранние заморозки, засухи и т. д.), что способствует высокой неравномерности распределения во времени и пространстве факторов, предопределяющих вариабельность продуктивности сельскохозяйственных культур и яровой пшеницы в частности. Отсутствие научно обоснованных технологий, опирающихся на современные системы применения сельскохозяйственных машин и агрегатов, защиты растений, органических и минеральных удобрений, севооборотов, не позволяет реализовать биологический потенциал сортов сельскохозяйственных культур (в т. ч. и яровой пшеницы) в полном объеме и получать стабильно высокие и качественные урожаи [4, 5, 6, 7].

Решение указанных проблем предполагается за счет формирования научных основ разработки адресных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих максимальное использование почвенно-климатического потенциала региона возделывания при дифференцированном применении производственных средств [8, 9, 10].

Кроме того, важным решением является оптимизация технологий возделывания сельскохозяйственных культур (традиционной, Mini-till и No-till) с учетом их влияния на

засоренность посевов, которая выступает важной причиной снижения урожайности и качества товарной продукции сельскохозяйственных культур [11].

Система мер борьбы с сорной растительностью должна опираться на результаты картирования полей по засоренности, обследования посевного материала и почвенных образцов на засоренность семенами сорняков и обеспечивать повышение конкурентоспособности культурных растений в борьбе за факторы их жизни. В числе мер борьбы с сорняками – разработка научно обоснованных севооборотов и систем обработки почвы, применение пестицидов, профилактические мероприятия в соответствии с выбранными технологиями возделывания сельскохозяйственных культур и яровой пшеницы в частности [9, 12, 13].

Цель исследований – провести сравнительную оценку различных технологий возделывания яровой пшеницы по влиянию на засоренность посевов и урожайность в почвенно-климатических условиях Нижегородской области.

Научная новизна – на основании изученных ресурсо- и энергосберегающих технологий возделывания яровой пшеницы (No-till и Mini-till) с разной степенью их интенсификации сформулированы и обоснованы научные выводы, позволяющие повысить эффективность выращивания яровой пшеницы в почвенно-климатических условиях Нижегородской области.

Материал и методы. Исследования проводили на опытном поле Нижегородского НИИСХ – подразделения Нижегородского государственного агротехнологического университета. Полевой опыт был заложен в двух закладках: 2020 и 2021 гг. В статье представлены результаты исследований по изучению

засоренности посевов яровой пшеницы и ее урожайности за 2022-2023 гг.

Исследования проводили в звене севооборота: 1. Чистый пар (в качестве «уравнительного» предшественника). 2. Горох. 3. Яровая пшеница.

Почва опытного участка светло-серая лесная среднесуглинистая по гранулометрическому составу, содержание подвижного фосфора и калия (по Кирсанову, ГОСТ Р 54650-2011¹) – соответственно 251 и 145 мг/кг, гумуса (по Тюрину, ГОСТ 26213-91²) – 1,5 %, рН_{KCl} (ГОСТ 26483-85³) – 5,7 ед. Общая площадь делянки – 180 м², учетная – 141 м². Расположение вариантов – систематическое. Повторность четырехкратная.

В опыте высевали яровую пшеницу сорта Злата.

Полевой опыт заложен по двухфакторной схеме: включает три технологии возделывания яровой пшеницы (фактор А), отличающихся по способу основной обработки почвы:

1) *традиционная* (контроль) – отвальная вспашка оборотным плугом Kuhn Multimaster 110 на 20–22 см;

2) *минимальная* (Mini-till) – обработка дисковой бороной Discover ХМ 44660 nothad на 10–12 см;

3) *нулевая* (No-till) – прямой посев сеялкой Sunflower 9421-20.

По каждой технологии (традиционной, Mini-till, No-till) определяли влияние степени ее интенсификации (фактор В): 1) *базовая* (контроль); 2) *интенсивная*.

Базовая степень включала – посев оригинальными семенами 1-го класса, обработанными фунгицидом (Скарлет, 0,4 л/т) и инсектицидом (Имидор Про, 1,0 л/т); обработку посевов баковой смесью гербицидов в фазу «кущение» (Грэнери, 0,015 кг/га и Примадонна, 0,7 л/га). При возделывании яровой пшеницы и гороха, как предшественника, по технологии No-till предусмотрена еще одна пожнивная обработка глифосатсодержащим гербицидом сплошного действия (Спрут экстра, 3 л/га) после уборки предшественника. Яровую пшеницу при базовой интенсификации технологий выращивали без применения минеральных удобрений.

Интенсивная степень включала – агротехнологические мероприятия, предусмотренные при базовой степени интенсификации технологий, с применением дополнительной обработки по вегетации фунгицидом Альпари в дозе 0,5 л/га совместно в баковой смеси с гербицидами (в фазу «кущение» яровой пшеницы, согласно регламенту применения данного препарата). По технологии No-till предусмотрена, дополнительно к базовой интенсификации, предпосевная обработка почвы глифосатсодержащим гербицидом сплошного действия (Спрут экстра, 3 л/га) до проведения (2022 г.) или непосредственно после проведения (2023 г.) посева яровой пшеницы. При интенсивном возделывании яровой пшеницы были внесены минеральные удобрения под предпосевную культивацию в дозе N₇₀P₅₀K₅₀ (смесь аммиачной селитры (34,4 %) и диаммофоски (10:26:26)).

Основные обработки почвы (зяблевая вспашка и дискование) проводили через 15 дней после уборки предшественника (уборка: 2022 г. – 15 августа; 2023 г. – 11 августа) и отрастания сорной растительности. Одновременно с проведением основных обработок почвы проводили пожнивную обработку стерни глифосатсодержащим гербицидом сплошного действия (Спрут экстра, 3 л/га) в вариантах опыта, где сельскохозяйственные культуры (горох, как предшественник, и яровая пшеница) возделывались по технологии No-till.

Система предпосевной обработки почвы под яровую пшеницу была одинаковой в вариантах с технологиями Mini-till и традиционной – ранневесеннее боронование БЗСС-1,0 на 4–6 см; культивация АКШ-4,2 на 10–12 см; предпосевная обработка АКШ-4,2 на 4–6 см. В варианте с технологией No-till вместо механических обработок проводили дополнительное «предпосевное» опрыскивание глифосатсодержащим гербицидом сплошного действия (Спрут экстра, 3 л/га).

Минеральные удобрения вносили вручную согласно схеме опыта под весеннюю предпосевную культивацию.

Все растительные остатки после уборки предшествующих культур измельчали комбайном Сампо-130 и оставляли в поле.

¹ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 2013. 11 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/32d/4293788445.pdf>

²ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. Определение органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. 6 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/f09/4294828267.pdf>

³ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 6 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/738/4294827946.pdf>

Определение засоренности посевов яровой пшеницы проводили перед обработкой гербицидами по вегетации (в фазу «кущение») и после обработки в конце ее вегетации (в фазу «полная спелость зерна») количественным методом путем наложения рамок площадью 0,25 м². Урожай учитывали сплошным методом, поделаячно с пересчетом на 100%-ную чистоту и 14%-ную влажность. Математическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову⁴ с использованием компьютерной программы статистической обработки Statist.

Погодные условия вегетационного периода 2022 г. в целом были благоприятны для роста и развития яровой пшеницы: гидротермический коэффициент Селянинова составил 1,5, при среднемноголетнем значении данного показателя за исследуемый период 1,24. При этом необходимо отметить, что ГТК за июнь (0,8) был ниже средних многолетних значений (1,5). Несмотря на то, что ГТК на вегетационный период 2023 г. составил величину 1,3, при среднемноголетнем показателе 1,24, погодные условия вегетации яровой пшеницы в весенне-

летний период были неравномерными: май и июнь – засушливы (ГТК составил 0,6 и 0,8 соответственно); июль – с обильными осадками (ГТК = 2,2), что позволило сформировать хороший урожай зерна (налив зерна проходил в благоприятных условиях).

Результаты и их обсуждение. Засоренность посевов является одной из причин, существенно снижающих урожайность сельскохозяйственных культур.

Данные по учету засоренности посевов яровой пшеницы в начале вегетации (фаза «кущение») представлены в таблице 1.

В среднем за два года наблюдений, в фазу «кущение» (до обработки гербицидом), технология No-till способствовала повышению общей засоренности посевов яровой пшеницы сорной растительностью до 36,2 шт/м², что на 84,7 % (на 16,6 шт/м²) выше общей засоренности посевов пшеницы, возделываемой по Mini-till технологии, и на 118,1 % (на 19,6 шт/м²) – по традиционной (в 2022 г. соответственно на 17,2 и 19,0 шт/м², при НСР₀₅ по фактору А – 1,8; в 2023 г. – на 15,9 и 20,1 шт/м², при НСР₀₅ по фактору А – 2,1).

Таблица 1 – Засоренность посевов яровой пшеницы сорта Злата в фазу «кущение» в зависимости от технологии возделывания, шт/м² /

Table 1 – Contamination of crops of spring wheat of the ‘Zlata’ cultivar in the “tillering” phase, depending on the technology of cultivation, pcs/m²

Технология возделывания (фактор А) / Cultivation technology (factor A)	Степень интенсификации технологии (фактор В) / Degree of technology Intensification (factor B)	2022 г.		2023 г.		Среднее / Average	
		численность сорных растений / the number of weeds				общая / total	многолетников / perennial
		общая / total	многолетников / perennial	общая / total	многолетников / perennial		
Традиционная / Traditional	Базовая / Basic	14,8	4,8	16,2	5,2	15,5	5,0
	Интенсивная / Intensive	16,8	5,6	18,6	5,8	17,7	5,7
	Среднее по фактору А / The average of factor A	15,8	5,2	17,4	5,5	16,6	5,4
Mini-till	Базовая / Basic	16,3	6,0	20,3	8,7	18,3	7,4
	Интенсивная / Intensive	18,8	7,9	22,8	8,9	20,8	8,4
	Среднее по фактору А / The average of factor A	17,6	7,0	21,6	8,8	19,6	7,9
No-till	Базовая / Basic	33,2	27,2	36,2	29,3	34,7	28,3
	Интенсивная / Intensive	36,3	30,4	38,8	30,9	37,6	30,7
	Среднее по фактору А / The average of factor A	34,8	28,8	37,5	30,1	36,2	29,5
Среднее по фактору В / The average of factor B	Базовая / Basic	21,4	12,7	24,2	14,4	22,8	13,6
	Интенсивная / Intensive	23,9	14,6	26,7	15,2	25,4	14,9
	Среднее / Average	22,7	13,7	25,5	14,8	24,1	14,3
НСР ₀₅ фактор А / HCR ₀₅ factor A		1,8	0,6	2,1	0,9	2,9	1,8
НСР ₀₅ фактор В / HCR ₀₅ factor B		2,2	0,9	2,4	1,2	2,4	1,3
НСР ₀₅ фактор АВ / HCR ₀₅ factor AB		3,1	1,4	4,1	2,1	5,1	2,6

⁴Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М: Агропромиздат, 2011. 251 с.

Традиционная обработка также снижала уровень общей засоренности по сравнению с применением Mini-till технологии – в среднем на 3,0 шт/м² (18,1 %) (в 2022 г. – на 1,8 шт/м², НСР₀₅ по фактору А – 1,8; в 2023 г. – на 4,2 шт/м², НСР₀₅ по фактору А – 2,1).

Изменения засоренности многолетними сорняками в начале вегетации яровой пшеницы в зависимости от применения изучаемых технологий подчинены той же тенденции, что и изменения общей засоренности. Но необходимо отметить, что доля многолетних сорняков в среднем за два года наблюдений в посевах яровой пшеницы при возделывании по технологии No-till выше и составляет 81,5 %, тогда как их доля уменьшается с увеличением глубины основной обработки почвы: по технологии Mini-till составляет 40,0 %, по традиционной – 32,0 %.

Интенсификация производства пшеницы (в т. ч. внесение минеральных удобрений в дозе N₇₀P₅₀K₅₀) приводит к небольшому, но статистически значимому увеличению общей засоренности посевов в начальные фазы развития культуры: в среднем за два года до 25,4 шт/м², что на 2,6 шт/м² выше (11,4 %) по сравнению

с базовой технологией возделывания пшеницы (в 2022 г. – на 2,5 шт/м², НСР₀₅ по фактору В – 2,2; в 2023 г. – на 2,5 шт/м², НСР₀₅ по фактору В – 2,4).

При этом нужно отметить, что достоверное увеличение общей засоренности посевов по каждой из технологий возделывания яровой пшеницы по годам исследования в начале вегетации (до проведения химической обработки посевов баковой смесью гербицида и фунгицида) не обнаружено (кроме 2022 г. при интенсификации технологии No-till: выявлено увеличение засоренности посевов в начале вегетации пшеницы при внесении минеральных удобрений до 36,3 шт/м², что на 3,1 шт/м² выше базовой технологии возделывания, при НСР₀₅ по фактору АВ – 3,1).

К концу вегетации яровой пшеницы в фазу «полная спелость зерна» общая засоренность посевов (в т. ч. засоренность многолетними сорняками) снижалась по каждой из изучаемых технологий возделывания, вследствие применения гербицидов и хорошего развития растений яровой пшеницы. При этом отмечено, что сорняки находились в угнетенном состоянии или в начальных фазах развития (табл. 2).

Таблица 2 – Засоренность посевов яровой пшеницы сорта Злата в фазу «полная спелость зерна» в зависимости от технологии возделывания, шт/м² / Table 2 – Contamination of crops of spring wheat of the 'Zlata' cultivar in the "full grain ripeness" phase, depending on the technology of cultivation, pcs/m²

Технология возделывания (фактор А) / Cultivation technology (factor A)	Степень интенсификации технологии (фактор В) / Degree of technology intensification (factor B)	2022 г.		2023 г.		Среднее / Average	
		численность сорных растений / the number of weeds					
		общая / total	многолетних / perennial	общая / total	многолетних / perennial	общая / total	многолетних / perennial
Традиционная / Traditional	Базовая / Basic	12,3	3,9	14,2	4,3	13,3	4,1
	Интенсивная / Intensive	9,3	3,2	11,2	3,7	10,3	3,5
	Среднее по фактору А / The average of factor A	10,8	3,6	12,7	4,0	11,8	3,8
Mini-till	Базовая / Basic	14,2	4,2	18,1	5,4	16,2	4,8
	Интенсивная / Intensive	11,6	3,5	13,2	4,7	12,4	4,1
	Среднее по фактору А / The average of factor A	12,9	3,9	15,7	5,1	14,3	4,5
No-till	Базовая / Basic	36,1	24,7	35,2	30,1	35,7	27,4
	Интенсивная / Intensive	23,2	19,5	25,6	20,2	24,4	19,9
	Среднее по фактору А / The average of factor A	29,7	22,1	30,4	25,2	30,1	23,7
Среднее по фактору В / The average of factor B	Базовая / Basic	20,9	10,9	22,5	13,3	21,7	12,1
	Интенсивная / Intensive	14,7	8,7	16,7	9,5	15,7	9,2
	Среднее / Average	17,8	9,8	19,6	11,4	18,7	10,7
НСР ₀₅ фактор А / HCR ₀₅ factor A		1,5	0,5	1,7	0,7	2,4	0,7
НСР ₀₅ фактор В / HCR ₀₅ factor B		2,1	0,8	2,4	1,1	2,3	1,3
НСР ₀₅ фактор АВ / HCR ₀₅ factor AB		3,3	1,2	3,9	1,9	3,5	4,1

В среднем за два года наблюдений, в фазу «полная спелость зерна» (перед уборкой), технология No-till способствовала повышению общей засоренности посевов яровой пшеницы сорной растительностью до 30,1 шт/м², что на 110,5 % (на 15,8 шт/м²) выше общей засоренности посевов пшеницы, возделываемой по технологии Mini-till, и на 155,1 % (на 18,3 шт/м²) – по традиционной технологии (в 2022 г. соответственно на 16,8 и 18,9 шт/м², при НСР₀₅ по фактору А – 1,5; в 2023 г. – на 14,7 и 17,7 шт/м², при НСР₀₅ по фактору А – 1,7).

Традиционная обработка также снижала уровень общей засоренности посевов яровой пшеницы в конце вегетации по сравнению с применением технологии Mini-till на 2,5 шт/м², или 21,2 % (в 2022 г. – на 2,1 шт/м², при НСР₀₅ по фактору А – 1,5; в 2023 г. – на 3,0 шт/м², при НСР₀₅ по фактору А – 1,7).

Изменения засоренности многолетними сорняками в конце вегетации яровой пшеницы в зависимости от применения изучаемых технологий подчинены той же тенденции, что и изменения общей засоренности. Но при этом необходимо отметить, что доля многолетних сорняков в среднем за два года наблюдений в посевах яровой пшеницы при возделывании по технологии No-till выше и составляет 78,7 % от общей засоренности, по технологиям Mini-till и традиционной – 31,5–32,2 % соответственно.

Интенсификация производства пшеницы (внесение минеральных удобрений в дозе N₇₀P₅₀K₅₀, применение фунгицидной обработки) в конце ее вегетации приводит к снижению общей засоренности посевов (за счет повышения конкурентной способности растений пшеницы за факторы жизни): в среднем за два года до 15,7 шт/м², на 6,0 шт/м² (38,2 %) меньше по сравнению с базовой технологией возделывания пшеницы (в 2022 г. – на 6,2 шт/м², при НСР₀₅ по фактору В – 2,1; в 2023 г. – на 5,8 шт/м², при НСР₀₅ по фактору В – 2,4).

При этом достоверного изменения общей засоренности посевов по Mini-till и традиционной технологиям возделывания яровой пшеницы по годам исследования в конце ее вегетации не обнаружено. Интенсификация технологии No-till при возделывании пшеницы позволяет к концу вегетации снизить общую засоренность сорняками (в т. ч. и многолетними) в среднем за два года на 11,3 шт/м² (31,7 %). При интенсификации

No-till технологии в 2022 г. выявлено уменьшение засоренности посевов пшеницы в конце вегетации при внесении минеральных удобрений и фунгицидной обработке до 23,2 шт/м², что на 12,9 шт/м² меньше при возделывании по базовой технологии, при НСР₀₅ по фактору АВ – 3,3; в 2023 г. соответственно уменьшение до 25,6 шт/м², что на 9,6 шт/м² ниже базовой технологии, при НСР₀₅ по фактору АВ – 3,9).

Важным показателем результативности любой технологии выступает урожайность. В таблице 3 представлена урожайность яровой пшеницы Злата в зависимости от изучаемых факторов.

Возделывание яровой пшеницы в звене севооборота «чистый пар-горох-яровая пшеница» по традиционной технологии с использованием зяблевой вспашки на глубину 20–22 см и технологии Mini-till с дискованием на 10–12 см в качестве основной осенней обработки почвы позволило получить в среднем за два года высокую урожайность – 3,43 и 3,09 т/га соответственно (3,82 и 3,55 т/га – в 2022 г.; 3,04 и 2,63 т/га – в 2023 г.), что на 0,96 и 0,63 т/га в среднем за два года выше по сравнению с возделыванием по технологии No-till (средняя – 2,47 т/га; 2,75 т/га – в 2022 г.; 2,19 т/га – в 2023 г.). Различий по уровню урожайности яровой пшеницы по годам наблюдений при возделывании по традиционной и Mini-till технологиям не выявлено (разница находится в пределах ошибки опыта по фактору А в 2022 и 2023 гг.). Статистически значимое снижение урожайности отмечено при возделывании культуры по технологии No-till в сравнении с традиционной.

По степени интенсификации технологий: применение минеральных удобрений в дозе N₇₀P₅₀K₅₀, обработка фунгицидом в фазу «кущение» (Альпари в дозе 0,5 л/га), по технологии No-till проведение дополнительной предпосевной гербицидной обработки (Спрут экстра, 3 л/га) позволяет повысить среднюю за два года наблюдений урожайность яровой пшеницы по сравнению с базовым уровнем интенсификации изучаемых технологий (традиционная; Mini-till; No-till) на 2,18 т/га (на 127,5 %) до 3,89 т/га. По годам исследований: 2022 г. – до 4,53 т/га (на 2,32 т/га выше базовой технологии, при НСР₀₅ по фактору В – 0,38); 2023 г. – до 3,24 т/га (на 2,04 т/га выше базовой технологии, при НСР₀₅ по фактору В – 0,36).

Таблица 3 – Урожайность яровой пшеницы сорта Злата в зависимости от технологии возделывания, т/га / Table 3 – Yield of spring wheat of the ‘Zlata’ cultivar depending on cultivation technologies, t/ha

Технология возделывания (фактор А) / Cultivation technology (factor A)	Степень интенсификации технологии (фактор В) / Degree of technology Intensification (factor B)	2022 г.	2023 г.	Среднее / Average
Традиционная / Traditional	Базовая / Basic	2,89	2,32	2,61
	Интенсивная / Intensive	4,74	3,76	4,25
	Среднее по фактору А / The average of factor A	3,82	3,04	3,43
Mini-till	Базовая / Basic	2,54	1,87	2,21
	Интенсивная / Intensive	4,56	3,39	3,98
	Среднее по фактору А / The average of factor A	3,55	2,63	3,09
No-till	Базовая / Basic	1,20	1,80	1,50
	Интенсивная / Intensive	4,29	2,58	3,44
	Среднее по фактору А / The average of factor A	2,75	2,19	2,47
Среднее по фактору В / The average of factor B	Базовая / Basic	2,21	1,20	1,71
	Интенсивная / Intensive	4,53	3,24	3,89
	Среднее / Average	3,37	2,22	2,80
НСР ₀₅ фактор А / HCR ₀₅ factor A		0,47	0,43	0,33
НСР ₀₅ фактор В / HCR ₀₅ factor B		0,38	0,36	0,79
НСР ₀₅ фактор АВ / HCR ₀₅ factor AB		0,66	0,63	1,03

Интенсификация производства пшеницы также позволяет повысить уровень урожайности по каждой из изучаемой технологии. При этом большая отдача от интенсификации производства выявлена при возделывании пшеницы по технологии No-till – в среднем за два года наблюдений урожайность повысилась на 1,94 т/га (на 129,3 %) по сравнению с базовым уровнем интенсификации технологии – до 3,44 т/га: в 2022 г. урожайность по интенсивной технологии выросла по сравнению с базовой на 3,09 т/га (НСР₀₅ АВ – 0,66), или 257,5 % – до 4,29 т/га; в 2023 г. – на 0,78 т/га (НСР₀₅ АВ – 0,63), или 43,3 % – до 2,58 т/га. Интенсификация производства пшеницы по традиционной технологии позволила повысить урожайность в среднем за два года на 1,64 т/га (62,8 %) – до 4,25 т/га: в 2022 г. – на 1,85 т/га (НСР₀₅ АВ – 0,66), или 64,0 % – до 4,74 т/га; в 2023 г. – на 1,44 т/га (НСР₀₅ АВ – 0,63), или 62,0 % – до 3,76 т/га. По технологии Mini-till соответственно в среднем за два года на 1,77 т/га (80,1 %) – до 3,98 т/га: в 2022 г. – на 2,02 т/га (НСР₀₅ АВ – 0,66), или 79,5 % – до 4,56 т/га; в 2023 г. – на 1,52 т/га (НСР₀₅ АВ – 0,63), или 81,3 % – до 3,39 т/га.

Таким образом, с уменьшением глубины основной обработки почвы степень интенсификации технологии в большей степени влияет на увеличение уровня урожайности яровой пшеницы.

Заключение. Установлено, что в среднем за два года наблюдений, технология No-till

способствовала повышению общей засоренности посевов яровой пшеницы: в фазу «кущение» (до обработки гербицидом) – до 36,2 шт/м² (на 16,6 шт/м², или 84,7 % выше общей засоренности по технологии Mini-till и на 19,6 шт/м², или 118,1 % – по традиционной); в фазу «полная спелость зерна» (перед уборкой) – до 30,1 шт/м² (на 15,8 шт/м², или 110,5 % выше общей засоренности посевов по технологии Mini-till и на 18,3 шт/м², или 155,1 % – по традиционной).

Выявлено, что интенсификация производства яровой пшеницы (внесение минеральных удобрений в дозе N₇₀P₅₀K₅₀ и проведение дополнительной «предпосевной» обработки гербицидом сплошного действия по технологии No-till) приводит в начальные фазы развития (фаза «кущение») к небольшому (но статистически достоверному) увеличению общей засоренности посевов – в среднем за два года до 25,4 шт/м², что на 2,6 шт/м² выше (11,4 %) по сравнению с базовой технологией возделывания. Интенсификация производства пшеницы (внесение минеральных удобрений в дозе N₇₀P₅₀K₅₀, применение фунгицидной обработки и проведение дополнительной «предпосевной» обработки гербицидом сплошного действия по технологии No-till) приводит в конце ее вегетации (фаза «полная спелость зерна») к уменьшению общей засоренности посевов – в среднем

за два года до 15,7 шт/м², что на 6,0 шт/м² меньше (38,2 %) по сравнению с базовой степенью интенсификации.

Установлено, что выращивание яровой пшеницы в звене севооборота «чистый пар-горох-яровая пшеница» по традиционной и Mini-till технологиям позволило получить в среднем за два года исследований высокую урожайность: 3,09–3,43 т/га (3,55–3,82 т/га в 2022 г.; 2,63–3,04 т/га в 2023 г.), что на 0,63–0,96 т/га

в среднем за два года выше по сравнению с урожайностью, полученной при возделывании по технологии No-till (средняя 2,47 т/га: 2,75 т/га в 2022 г.; 2,19 т/га в 2023 г.). При возделывании яровой пшеницы по традиционной и Mini-till технологиям различий по уровню урожайности за годы наблюдений не выявлено.

Интенсификация производства яровой пшеницы позволяет повысить уровень ее урожайности по каждой из изучаемой технологии.

Список литературы

1. Черкасов Г. Н., Пыхтин И. Г., Гостев А. В. Современный подход к систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения. Достижения науки и техники АПК. 2016;1(30):5–8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25651218> EDN: TLFANT
2. Дей С. Опыт Канады: особенности прямого посева. Ресурсосберегающее земледелие. 2012;2(14):7–12. Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/225159>
3. Двуреченский В. И. Нулевые технологии: повышение эффективности производства зерна и почвенного плодородия. Агро XXI. 2007;(1-3):19–22. Режим доступа: <https://betaren.ru/news/nulevye-tehnologii-povyshenie-effektivnosti-proizvodstva-zerna-i-pochvennogo-plodorodiya/>
4. Козлова Л. М., Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Денисова А. В. Применение основных элементов ресурсосберегающих экологически безопасных технологий при выращивании яровых зернофуражных культур в центральной зоне Северо-Востока европейской части России. Проблемы интенсификации животноводства с учетом охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза: сб. статей. Варшава: Институт технологических и естественных наук в Фалентах, 2018. С. 67–74.
5. Дридигер В. К., Стукалов Р. С., Гаджиумаров Р. Г., Вайцеховская С. С. Влияние севооборота на эффективность использования пашни при возделывании полевых культур без обработки почвы. Земледелие. 2019;(6):28–32. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10607> EDN: OUOSGE
6. Козлова Л. М., Попов Ф. А., Носкова Е. Н., Иванов В. Л. Улучшенная ресурсосберегающая технология обработки почвы и применения биопрепаратов под яровые зерновые культуры в условиях центральной зоны Северо-Востока европейской части России. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017;(3(58)):43–48. Режим доступа: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/130/130> EDN: YOQWYJ
7. Шаповалова Н. Н., Менькина Е. А. Агрохимическое состояние и биологическая активность почвы в последствии длительного применения минеральных удобрений. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018;(5(73)):43–46. DOI: <https://doi.org/10.25930/vaak-2r91> EDN: YNDPCX
8. Карабутов А. П., Соловиченко В. Д., Никитин В. В., Навольнева Е. В. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов. Земледелие. 2019;(2):3–7. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10201> EDN: YXVHJJ
9. Ивенин А. В., Ивенин В. В., Шубина К. В., Саков А. П. Влияние технологии возделывания залежных земель на урожайность и энергетическую эффективность выращивания зерновых культур в условиях юго-востока Волго-Вятского региона. Аграрная наука. 2022;(7-8):121–125. DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-212-125> EDN: TWVFMK
10. Vejan P., Abdullah R., Khadiran T., Ismail S., Boyce A. N. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability – A Review. Molecules. 2016;21(5):573. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21050573>
11. Антонов В. Г., Ермолаев А. П. Эффективность длительного применения минимальных способов обработки почвы в севооборотах. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(4(65)):87–92. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92> EDN: XVLNZJ
12. Борин А. А., Коровина О. А., Лощинина А. Э. Обработка почвы в севообороте. Земледелие. 2013;(2):20–22. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18849344> EDN: PWMMLR

References

1. Cherkasov G. N., Pykhtin I. G., Gostev A. V. Modern approach to tillage systematization in agricultural technologies of new generation. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICs*. 2016;1(30):5–8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25651218>
2. Dey S. Canada's experience: features of direct seeding. *Resursosberegayushchee zemledelie*. 2012;2(14):7–12. (In Russ.). URL: <https://rucont.ru/efd/225159>
3. Dvurechenskiy V. I. Zero technologies: improving the efficiency of grain production and soil fertility. *Agro XXI*. 2007;(1-3):19–22. (In Russ.). URL: <https://betaren.ru/news/nulevye-tehnologii-povyshenie-effektivnosti-proizvodstva-zerna-i-pochvennogo-plodorodiya/>
4. Kozlova L. M., Popov F. A., Noskova E. N., Denisova A. V. The application of the main elements of resource-saving environmentally friendly technologies in the cultivation of spring grain crops in the central zone of the North-East of the European part of Russia. Problems of intensification of animal husbandry, taking into account environmental protection and the production of alternative energy sources, including biogas: collection of articles. Varshava: *Institut tekhnologicheskikh i estestvennykh nauk v Falentakh*, 2018. pp. 67–74.

5. Dridiger V. K., Stukalov R. S., Gadzhumarov R. G., Vaytsekhovskaya S. S. Influence of crop rotation on the efficiency of arable land use at the cultivation of field crops without soil tillage. *Zemledelie*. 2019;(6):28–32. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10607>

6. Kozlova L. M., Popov F. A., Noskova E. N., Ivanov V. L. Improved resource-saving technology of soil cultivation and use of bio-preparations for spring cereals crops under conditions of central zone of North-East of European part of Russia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2017;(3(58)):43–48. (In Russ.). URL: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/130/130>

7. Shapovalova N. N., Menkina E. A. Agrochemical state and biological activity of soil conditioned by the effect of long-term application of mineral fertilizers. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2018;(5(73)):43–46. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25930/vaak-2r91>

8. Karabutov A. P., Solovichenko V. D., Nikitin V. V., Navolneva E. V. Reproduction of soil fertility, productivity and energy efficiency of crop rotations. *Zemledelie*. 2019;(2):3–7. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10201>

9. Ivenin A. V., Ivenin V. V., Shubina K. V., Sakov A. P. The influence of the technology of cultivation of fallow lands on the yield and energy efficiency of growing grain crops in the conditions of the south-east of the Volga-Vyatka region. *Agrarnaya nauka* = Agrarian science. 2022;1(7-8):121–125. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-212-125>

10. Vejan P., Abdullah R., Khadiran T., Ismail S., Boyce A. N. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability – A Review. *Molecules*. 2016;21(5):573. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21050573>

11. Antonov V. G., Ermolaev A. P. The efficiency of continuous application of minimum soil tillage methods in crop rotations. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2018;(4(65)):87–92. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92>

12. Borin A. A., Korovina O. A., Loshchinina A. E. Soil treatment in crop rotation. *Zemledelie*. 2013;(2):20–22. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18849344>

Сведения об авторах

✉ **Ивенин Алексей Валентинович**, доктор с.-х. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, профессор кафедры земледелия и растениеводства, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», Гагарина пр., д. 97, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603107, e-mail: novniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7072-4029>, e-mail: a.v.ivenin@mail.ru

Ивенин Валентин Васильевич, доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой земледелия и растениеводства, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», Гагарина пр., д. 97, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603107, e-mail: novniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6903-8312>

Богомолова Юлия Александровна, кандидат с.-х. наук, доцент, ст. научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», Гагарина пр., д. 97, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603107, e-mail: novniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3727-1157>

Голубев Сергей Михайлович, аспирант кафедры земледелия и растениеводства, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», Гагарина пр., д. 97, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603107, e-mail: novniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-0458-4267>

Бугров Иван Иванович, магистр кафедры земледелия и растениеводства, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», Гагарина пр., д. 97, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603107, e-mail: novniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-1704-9527>

Information about the authors

✉ **Alexey V. Ivenin**, DSc in Agricultural Science, associate professor, leading researcher, professor at the Department of Agriculture and Crop Production, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 97, Gagarina Ave., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603107, e-mail: novniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7072-4029>, e-mail: a.v.ivenin@mail.ru

Valentin V. Ivenin, DSc in Agricultural Science, professor, Head of the Department of Agriculture and Crop Production, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 97, Gagarina Ave., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603107, e-mail: novniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6903-8312>

Yulia A. Bogomolova, PhD in Agricultural Science, associate professor, senior researcher, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 97, Gagarina Ave., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603107, e-mail: novniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3727-1157>

Sergey M. Golubev, postgraduate student, the Department of Agriculture and Crop Production, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 97, Gagarina Ave., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603107, e-mail: novniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-0458-4267>

Ivan I. Bugrov, master, the Department of Agriculture and Crop Production, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, 97, Gagarina Ave., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603107, e-mail: novniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-1704-9527>

✉ – Для контактов / Corresponding author