



Научная статья

УДК 631.51.01:632.51

doi: 10.55186/25876740_2023_66_4_418

ВЛИЯНИЕ МИНИМИЗАЦИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

А.Н. Морозов, Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, А.В. Шумаков

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты исследования по влиянию способов основной обработки почвы: вспашка на глубину 20-22 см; комбинированная обработка (дискование на 8-10 см + чизелевание на 20-22 см); поверхностная обработка (дискование до 8 см); прямой посев — на фитосанитарное состояние посевов и продуктивность ярового ячменя в условиях Курской области. Исследования проводились в 2020-2022 гг. в полевом стационарном опыте Курского федерального аграрного научного центра. В результате исследований установлено, что формирование отдельных элементов структуры урожая и качество зерна связано с количеством сорняков в критическую для роста и развития культуры фазу ($r=-0,52$ для коэффициента продуктивного кущения, $r=-0,55$ для массы 1000 зерен и $r=-0,62$ для содержания белка в зерне), а показателей продуктивности — их сухой массой ($r=-0,52$ для урожайности, $r=-0,59$ для сбора белка и $r=-0,50$ для сбора крахмала). Наилучшее фитосанитарное состояние посевов и наиболее высокие показатели структуры урожая (густоты стояния растений, коэффициента продуктивного кущения и массы 1000 зерен) отмечались на вспашке, что позволило получить наибольшую урожайность (3,05 т/га), сбор белка (350 кг/га) и крахмала (1419 кг/га). Минимизация основной обработки почвы способствовала росту популяции вредителей в почве на 1,1-3,5 экз./м², увеличению в критическую для ячменя фазу количества сорняков в 2,3-3,1 раза и их сухой массы в 1,7-4,0 раза, уменьшению густоты растений к уборке на 18,5-21,8%, коэффициента продуктивного кущения — на 0,07-0,20 ед. и массы 1000 зерен — на 0,3-1,2 г. Это привело к снижению урожайности зерна на 11,9-27,5%, содержания в нем белка — на 0,16-0,58%, сокращению сбора белка — на 12,9-29,4%, крахмала — на 12,3-28,5% с минимальными значениями показателей продуктивности при прямом посеве.

Ключевые слова: яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.), основная обработка почвы, фитосанитарное состояние посевов, структура урожая, урожайность, качество зерна, продуктивность

Original article

THE EFFECT OF MINIMIZING PRIMARY TILLAGE ON PHYTOSANITARY CONDITION OF CROPS AND PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY

A.N. Morozov, D.V. Dubovik, E.V. Dubovik, A.V. Shumakov

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

Abstract. The article presents the studies on the influence of primary tillage methods: plowing to a depth of 20-22 cm; combined tillage (disking by 8-10 cm + chiseling by 20-22 cm); surface tillage (disking up to 8 cm); direct sowing — on phytosanitary condition of crops and productivity of spring barley under the conditions of Kursk region. The research was carried out in 2020-2022 in the stationary field experiment of the Federal Agricultural Kursk Research Center. As a result of the research, it was found that the formation of individual elements of the crop formula and grain quality was associated with the number of weeds in the critical phase for the growth and development of the crop ($r=-0,52$ for the coefficient of productive tillering, $r=-0,55$ for the weight of 1000 grains and $r=-0,62$ for the protein content in the grain), and productivity indicators — with their dry weight ($r=-0,52$ for yield, $r=-0,59$ for protein yield and $r=-0,50$ for starch yield). The best phytosanitary state of crops and the highest indicators of yield formula (crop density, productive tillering coefficient and weight of 1000 grains) were observed in case of plowing, which allowed to obtain the highest yield (3.05 t/ha), protein yield (350 kg/ha) and starch yield (1,419 kg/ha). Minimization of primary tillage contributed to the growth of the pest population in the soil by 1.1-3.5 individuals/m², an increase in the number of weeds in the critical phase for barley 2.3-3.1 times and their dry weight 1.7-4.0 times, a decrease in the density of plants to the time of harvesting by 18.5-21.8%, the coefficient of productive tillering by 0.07-0.20 units. and the weight of 1000 grains by 0.3-1.2 g. This led to a decrease in grain yield by 11.9-27.5%, protein content in it by 0.16-0.58%, a reduction in protein yield by 12.9-29.4%, that of starch by 12.3-28.5% with minimal values of productivity indicators during direct sowing.

Keywords: spring barley (*Hordeum vulgare* L.), primary tillage, phytosanitary state of crops, yield formula, yield, grain quality, productivity

Введение. Ячмень является одной из основных яровых зерновых культур, возделываемых в Курской области. Для реализации высокого потенциала продуктивности современных сортов ярового ячменя как фуражного, так и пивоваренного назначения большое значение имеет улучшение фитосанитарных условий их вегетации. Поэтому эффективная борьба с такими вредными организмами, как сорные растения, болезни и вредители в посевах ячменя является одним из важных элементов технологии возделывания этой культуры [1].

Кроме химических средств защиты растений, технология возделывания ярового ячменя

также предусматривает применение менее экономически затратных и экологически безопасных агротехнических мероприятий, позволяющих повысить устойчивость посевов к вредным организмам. Одним из таких агротехнических мероприятий, наряду с ведением научно обоснованного севооборота [2] и сева ячменя в более ранние сроки [3], является применение основной обработки почвы, отвечающей почвенно-климатическим условиям и требованиям этой сельскохозяйственной культуры [4]. При этом, в связи с разработкой и широким применением ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных

культур, наблюдается переход к минимизации основной обработки почвы [5], вплоть до крайней степени минимизации — технологии прямого посева [6, 7].

В научной литературе встречаются сведения о том, что, несмотря на экономию энергозатрат, переход к минимальным системам основной обработки почвы и особенно к прямому посеву приводит к повышению засоренности посевов, увеличению численности вредителей и развитию болезней [8, 9]. Однако исследования ряда авторов не позволяют сделать однозначных выводов о влиянии минимизации основной обработки почвы на фитосанитарное



состояние посевов. Установлено, что минимизация основной обработки почвы не оказывает влияния на заселенность зерновых культур вредителями [10] и способствует увеличению популяции почвенных энтомофагов, позволяющих вести эффективную биологическую борьбу в отношении ряда массовых вредителей [11]. Кроме того, при длительном применении технологии прямого посева ярового ячменя по сравнению со вспашкой отмечалось снижение развития корневых гнилей на 6,3-13,4%, повышение сохранности продуктивного стеблестоя и урожайности на 0,51 т/га (21,5%) [12]. В этой связи исследование влияния минимизации основной обработки почвы на фитосанитарное состояние посевов и продуктивность ярового ячменя в условиях Курской области.

Цель исследований — изучить влияние способов основной обработки почвы в зерновом севообороте на фитосанитарное состояние посевов и продуктивность ярового ячменя в условиях Курской области.

Объекты и методы. Исследования проводились в 2020-2022 гг. в полевом стационарном опыте Курского федерального аграрного научного центра (Курская область, Курский район, п. Черемушки) с изучением различных способов основной обработки почвы в четырехпольном зерновом севообороте со следующим чередованием культур: горох — озимая пшеница — соя — яровой ячмень. Работа выполнялась во второй ротации севооборота, развернутого в пространстве и времени, на полях с посевами ячменя. Сорт ярового ячменя — Суздалец.

Схема опыта включала следующие способы основной обработки почвы: вспашка с оборотом пласта на глубину 20-22 см; комбинированная обработка (дискование на 8-10 см + чизелевание на 20-22 см); поверхностная обработка (дискование до 8 см); прямой посев (технология No-till). Делянки в полевом опыте размещали систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60×100 м), повторность трехкратная.

Технология возделывания ярового ячменя по вариантам опыта была общепринятая для региона, за исключением различий в применении разных способов основной обработки почвы и технологии прямого посева. Перед посевом семена ячменя обрабатывали комбинированным инсектицидно-фунгицидным протравителем Вайбранс интеграл (1,7 л/га). По вспашке, комбинированной и поверхностной обработкам сев производился зерновой сеялкой СЗ-3,6 с шириной междурядий 15 см, в варианте с прямым посевом — сеялкой Дон 114 с шириной междурядий 21 см. Норма высева составляла 3,5 млн всхожих семян/га. В технологии прямого посева осенью после уборки предшественника (соя) и весной перед посевом ячменя делянки обрабатывались гербицидом сплошного действия (Ураган Форте 2,0 л/га). На всех вариантах основной обработки почвы в ранние фазы роста сорняков (2-6 листьев), начиная с фазы выхода в трубку ячменя, выполнялась гербицидно-инсектицидная обработка посевов баковой смесью: Прима, СЭ в дозе 0,6 л/га; Коррида, ВДГ — 0,02 кг/га; Аксил, КЭ — 1,0 л/га и Брейк, МЭ — 0,1 л/га. В дальнейшем в фазе выхода в трубку и начала

кошения ячменя были проведены две фунгицидно-инсектицидные обработки препаратами Профи Супер, КЭ в дозе 0,5 л/га и Борей, СК — 0,1 л/га.

Почва опытного поля представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым со средним содержанием в пахотном слое гумуса — 5,5% (ГОСТ 26213-91), высоким содержанием подвижного фосфора — 19,3 мг/100 г и обменного калия — 13,1 мг/100 г (ГОСТ 26204-91). Реакция почвенной среды слабо кислая, рН_{ксл} 5,3 ед. (ГОСТ 26483-85).

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений ярового ячменя и определение основных элементов структуры урожая (густота стояния растений к уборке, коэффициент продуктивного кущения, среднее число зерен в колосе, масса 1000 зерен) проводили согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур РФ [13]. Для определения плотности популяции вредителей, обитающих в почве в стадии личинки, использовали метод раскопки площадок (25×25 см на глубину до 30 см) [14]. Распространенность и степень развития болезней листового аппарата ячменя определяли в ранние фазы развития культуры согласно общепринятой методике [15]. Учет засоренности посевов ячменя выполнялся в фазе кущения и перед уборкой урожая количественно-весовым методом [16]. Урожайность ячменя учитывали методом сплошной уборки делянок с помощью комбайна Сампо-500. Урожай зерна взвешивали с пересчетом на 100%-ю чистоту и 14%-ю влажность [17]. Содержание белка и крахмала в зерне ячменя определяли методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе Инфратек 1241. Полученные данные использовали для расчета сборов с урожаем зерна ячменя белка и крахмала.

Обработку полученных экспериментальных данных выполняли методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение. Анализ агрометеорологических условий за время исследований показал, что, несмотря на отклонения по годам от среднемноголетних значений суммы активных температур и количества осадков за период вегетации ярового ячменя, степень увлажнения территории различалась не значительно и характеризовалась как оптимальная с ГТК 1,18-1,03 (табл. 1). При этом распределение атмосферных осадков и температурный режим воздуха в период вегетации ячменя в годы исследований имели свои характерные особенности.

В 2020 г. сухая и прохладная погода в апреле с количеством осадков на 25% и средней температурой воздуха на 0,6°С ниже многолетней месячной нормы способствовала появлению

более поздних всходов ячменя. В период со 2-й декады июня по 1-ю декаду июля включительно наблюдался дефицит осадков на фоне высокой среднесуточной температуры воздуха в июне (на 3,4°С выше месячной нормы) и июле (на 2,1°С выше месячной нормы), что неблагоприятно сказалось на росте и развитии растений ячменя с фазы кошения до тестообразного состояния зерна. Обильные осадки (65,2 мм) выпали только во 2-й декаде июля, но они носили ливневый характер и не оказали заметного влияния на уровень урожайности ячменя, так как налив зерна практически закончился.

В 2021 г. метеорологические условия периода вегетации ячменя складывались менее благоприятно для его роста и развития. Прохладная и дождливая погода в апреле привела к более позднему севу ячменя (на 7 дней позже календарных сроков) и спровоцировала высокую засоренность посевов в ранние фазы развития культуры. Избыточное количество осадков (71,8 мм) во 2-й декаде июня с среднесуточной температурой воздуха, превышающей климатическую норму на 2,4°С, привело к появлению второй волны сорняков и дальнейшему росту их вегетативной массы. Жаркая и преимущественно сухая погода, установившаяся с 3-й декады июня по 3-ю декаду июля, неблагоприятно отразилась на наливе и ускорила созревание зерна ячменя.

Метеорологические условия 2022 г. также неблагоприятно сказывались на росте и развитии ярового ячменя. Прохладная и дождливая погода в апреле привела к севу ярового ячменя позже календарных сроков на 14 дней. Продолжающаяся прохладная погода в мае с среднесуточной температурой воздуха на 1,8°С ниже климатической нормы и осадками в 1,7 раза больше месячной нормы способствовала развитию таких болезней ячменя, как гельминтоспориоз и полосатая пятнистость. В июне наблюдался дефицит осадков (10,1 мм) на фоне среднесуточной температуры на 2,7°С выше климатической нормы, что отрицательно сказывалось на росте и развитии ячменя с фазы выхода в трубку до цветения. Июль был теплым (среднесуточная температура воздуха на 0,8°С выше нормы) с количеством осадков (68,5 мм), близким к многолетней норме. Благодаря более позднему сроку сева и смещению наступления фаз развития культуры на более поздний срок погодные условия июля способствовали формированию, наливу и созреванию зерна.

Наряду с погодными условиями вегетации важным фактором формирования высокого и стабильного урожая ячменя является снижение численности вредных организмов (болезней, вредителей и сорных растений). Для изучения влияния приемов основной обработки почвы в зерновом севообороте на фитосанитарное состояние посевов ячменя в отношении

Таблица 1. Агрометеорологические условия в период вегетации ярового ячменя
Table 1. Agrometeorological conditions during the growing season of spring barley

Метеорологические показатели	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднемноголетнее
Сумма активных температур, (CAT), °С	1641,9	1519,4	1582,7	1532,7
Количество осадков, мм	193,4	162,1	163,2	180
Гидротермический коэффициент (ГТК)	1,18	1,07	1,03	1,17



Таблица 2. Влияние основной обработки почвы на численность личинок вредных насекомых (среднее за 2020-2022 гг.)

Table 2. The effect of basic tillage on the number of larvae of harmful insects (average for 2020-2022)

Обработка почвы	Количество личинок в слое 0-30 см, экз./м ²		
	Жука кузьки	Щелкуну посевного полосатого	Всего
Вспашка	5,3	1,3	6,6
Комбинированная	7,5	2,6	10,1
Поверхностная	6,0	4,1	10,1
Прямой посев	4,5	3,2	7,7
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	2,1	

Таблица 3. Распространенность (P) и степень развития (R) полосатой пятнистости и сетчатого гельминтоспориоза ячменя в зависимости от способа обработки почвы (среднее за 2020-2022 гг.), %
Table 3. Prevalence (P) and degree of development (R) of striped spotting and reticulated helminthosporiosis of barley depending on the method of tillage (average for 2020-2022), %

Обработка почвы	Полосатая пятнистость		Сетчатый гельминтоспориоз	
	P	R	P	R
Вспашка	44,0	11,1	38,1	14,0
Комбинированная	49,7	12,4	37,2	13,6
Поверхностная	45,3	11,3	38,3	14,1
Прямой посев	43,7	10,9	38,8	14,3
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$

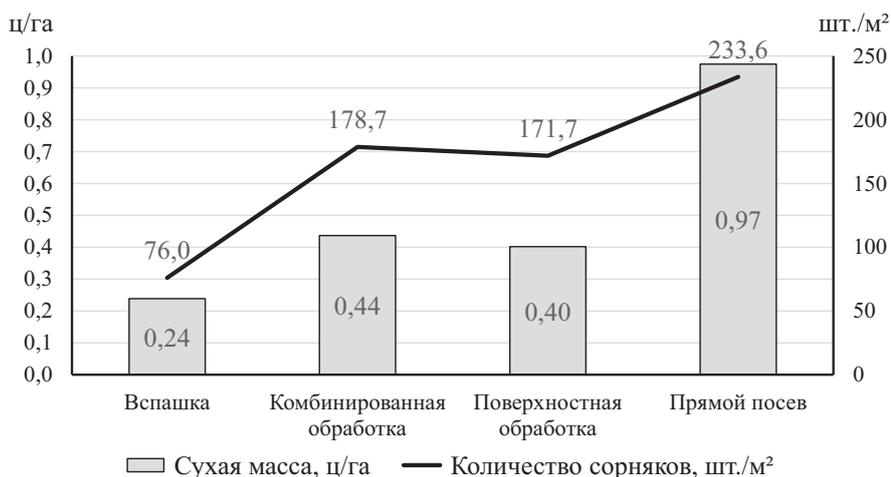


Рисунок 1. Влияние способов основной обработки почвы на засоренность посевов ячменя в фазе кущения (2020-2022 гг.)

Figure 1. The influence of basic tillage methods on the contamination of barley crops in the tillering phase (2020-2022)

Таблица 4. Засоренность посевов ячменя малолетними и многолетними сорняками в зависимости от способов основной обработки почвы (среднее за 2020-2022 гг.)
Table 4. Contamination of barley crops with juvenile and perennial weeds, depending on the methods of basic tillage (average for 2020-2022)

Обработка почвы	Количество сорняков, шт./м ²		Сухая масса сорняков, г/м ²	
	малолетних	многолетних	малолетних	многолетних
В фазе кущения				
Вспашка	75,5	0,5	2,27	0,12
Комбинированная	176,3	2,4	3,88	0,49
Поверхностная	170,1	1,6	3,75	0,27
Прямой посев	222,4	11,2	9,44	0,30
Перед уборкой урожая				
Вспашка	86,7	3,7	4,82	0,27
Комбинированная	493,3	7,2	15,73	1,01
Поверхностная	381,3	1,6	12,09	0,21
Прямой посев	58,4	20,3	10,90	2,58

вредителей был проведен учет вредных насекомых, находящихся в почве в стадии личинки (табл. 2). В среднем за 2020-2022 гг. исследованная численность личинок жука кузьки (*Anisoplia austriaca*) на всходах ячменя существенных различий не имела и варьировала от 4,5 до 7,5 экз./м². Можно отметить лишь минимальную численность этого вредителя в варианте с прямым посевом ячменя. В то же время средняя численность такого многоядного вредителя, как щелкун посевной полосатый (*Agriotes lineatus*) при переходе от вспашки на комбинированную и поверхностную обработки, прямой посев повышалась в 2,0, 3,1 и 2,5 раза соответственно по обработкам. При этом достоверное увеличение плотности популяции этого вредителя относительно вспашки было установлено лишь на поверхностной обработке (на 2,8 экз./м²).

Фитопатологическое обследование посевов ячменя в фазе кущения выявило поражение такими болезнями, как полосатая пятнистость (*Drechslera graminea*) и сетчатый гельминтоспориоз (*Pyrenophora teres Drechsler*). Однако, как видно из представленных в таблице 3 данных, при распространенности (P=37,2-49,7%) и интенсивности развития этих болезней (R=10,9-14,3%) во все годы исследований изучаемые способы основной обработки почвы существенного влияния на поражение листового аппарата ячменя не оказывали ($F_{\phi} < F_{05}$).

Результаты учета засоренности посевов ячменя в фазе кущения показали, что изучаемые приемы основной обработки почвы оказывали существенное влияние на динамику популяции сорных растений (рис. 1). Так, в среднем за годы исследований минимальное общее количество и воздушно-сухая масса сорняков отмечались на вспашке. При применении комбинированной обработки относительно вспашки численность сорняков была выше в 2,4 раза, их сухая масса увеличилась в 1,8 раза, поверхностной обработки — в 2,3 и 1,8 раза, прямого посева — в 3,1 и 4,0 раза.

Во все годы исследований в структуре сорного компонента агрофитоценоза ячменя, как по количеству, так и сухой массе, наблюдалось преобладание малолетних сорняков. В среднем за 3 года на вспашке их количество в структуре сорного компонента составляло 99,3%, а воздушно-сухая масса — 95,0%, на комбинированной обработке — 98,7 и 88,8%, на поверхностной обработке — 99,1 и 93,3%, на прямом посева — 95,2 и 96,9% (табл. 4). При этом минимальное количество малолетников в агрофитоценозе ячменя отмечалось при применении вспашки. При комбинированной, поверхностной обработках и прямом посева численность малолетних сорняков относительно вспашки была выше в 2,3, 2,2 и 2,9 раза, а их сухая масса больше в 1,7, 1,6 и 4,2 раза соответственно по обработкам.

Перед уборкой урожая в вариантах с вспашкой и комбинированной обработкой почвы, по сравнению с исходным уровнем засоренности посевов ячменя в фазе кущения, наблюдался рост численности и увеличение сухой массы как малолетних, так и многолетних сорных растений. В то же время при поверхностной обработке увеличение численности и сухой массы сорняков к исходному уровню отмечалось только у малолетников, а при прямом



посеве — значительное снижение численности малолетних сорняков (в 3,8 раза) и увеличение количества многолетних (в 1,8 раза). При этом на прямом посеве сухая масса малолетних сорняков повысилась всего на 15,5%, а многолетних — в 8,6 раза. В результате в этом варианте к концу вегетации ячменя в структуре сорного компонента численность многолетних сорняков увеличилось с 4,8 до 25,8%, а их сухая масса выросла с 3,1 до 19,1%, в основном за счет таких сорняков, как кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*) и вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*).

Общее количество малолетних и многолетних сорняков в посевах перед уборкой урожая ячменя было минимальным в варианте с прямым посевом, что на 12,9% ниже чем на вспашке, в 6,4 и 4,9 раза ниже чем на комбинированной и поверхностной обработках (рис. 2). Однако наименьшая воздушно-сухая масса сорняков, как и в фазе кущения ячменя, сохранялась на вспашке. При переходе на комбинированную обработку почвы относительно вспашки сухая масса сорных растений была выше в 3,3 раза, поверхностную — в 2,4 раза, прямой посев — в 2,7 раза.

Анализ видового состава сорных растений показал, что во все годы исследований из малолетних преобладали просо куриное (*Echinochloa crus-galli*), марь белая (*Chenopodium album*), горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus*), латук компасный (*Lactuca serriola*), фиалка полевая (*Viola arvensis*), паслен черный (*Solanum nigrum*). Реже встречались такие виды малолетних сорных растений: щетинник зеленый (*Setaria viridis*), горец птичий (*Polygonum aviculare*), горец почечуйный (*Polygonum persicaria*), чистец однолетний (*Stachys annua*), молочай лозный (*Euphorbia waldsteinii*), пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris*). Из многолетних сорняков встречались бодяк полевой (*Cirsium arvense*) и вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*). Следует отметить, что в варианте с прямым посевом наблюдалась специфическая засоренность посевов ячменя однолетним злаковым сорняком — костром ржаным (*Bromus secalinus*) и многолетником — кислицей обыкновенной (*Oxalis acetosella*).

Способы основной обработки почвы оказывали влияние не только на формирование фитосанитарной ситуации в посевах, но и непосредственно на такие элементы структуры урожая ячменя, как коэффициент продуктивного кущения, среднее число зерен в колосе и массу 1000 зерен (рис. 3). В среднем за годы исследований наиболее высокий коэффициент продуктивного кущения отмечался на вспашке — 1,97 ед. и снижался при минимизации основной обработки почвы с переходом на комбинированную обработку на 0,07 ед., поверхностную обработку — на 0,13 ед., прямой посев — на 0,20 ед. При этом среднее число зерен в колосе увеличивалось в ряду вспашка (13,2 шт.) — комбинированная обработка (13,5 шт.) — поверхностная обработка (14,6 шт.). В варианте с крайней степенью минимизации обработки почвы — прямом посеве увеличения числа зерен в колосе не наблюдалось, а наоборот, было минимальным (12,2 шт.). С повышением степени минимизации основной обработки почвы под ячмень также отмечалась тенденция к снижению массы 1000 зерен. По вспашке масса

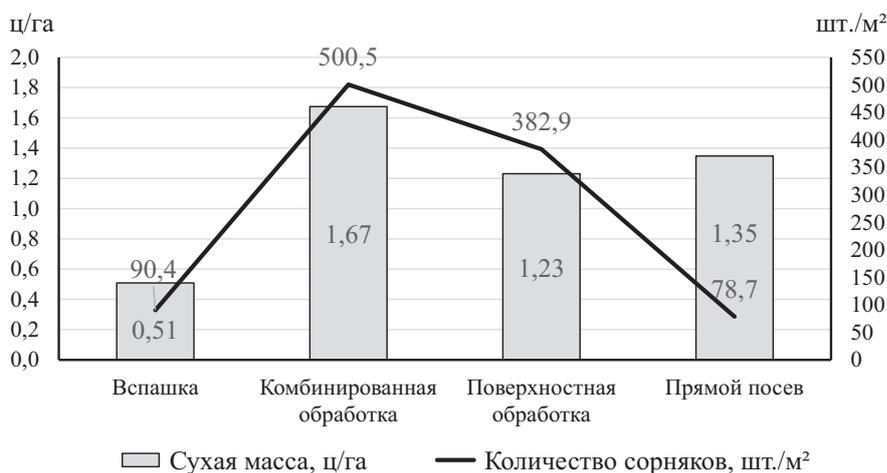


Рисунок 2. Влияние способов основной обработки почвы на засоренность посевов ячменя перед уборкой урожая (2020-2022 гг.)
Figure 2. The influence of basic tillage methods on the contamination of barley crops before harvesting (2020-2022)

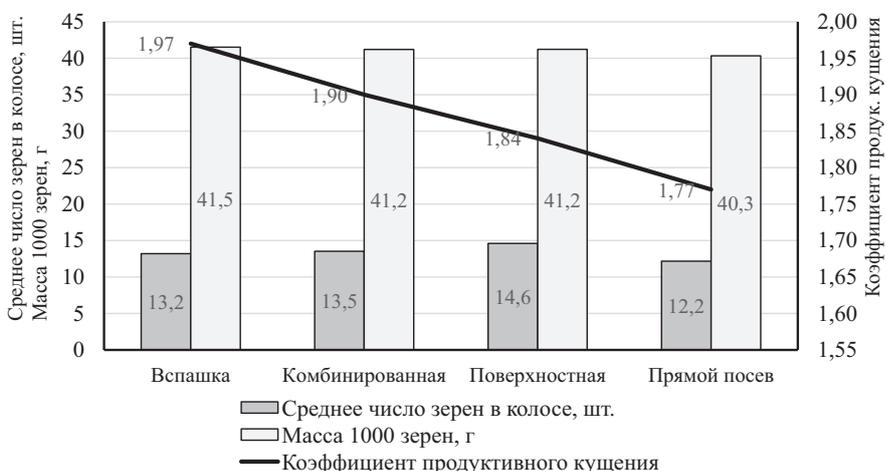


Рисунок 3. Влияние основной обработки почвы на изменение элементов структуры урожая ярового ячменя (2018-2020 гг.)
Figure 3. The influence of basic tillage on the change of the elements of the structure of the spring barley crop (2018-2020)

1000 зерен была выше на 0,3 г, чем при комбинированной и поверхностной обработках и на 1,2 г, чем при прямом посеве.

Следует отметить, что изменение элементов структуры урожая ярового ячменя было обусловлено не только влиянием изучаемых способов основной обработки почвы, но и фитосанитарными условиями вегетации культуры. При этом численность отдельных вредных организмов также вносила свою долю влияния в формирование продуктивности ячменя. Так, анализ экспериментальных данных исследований показал, что на густоту стояния растений перед уборкой кроме всех прочих факторов оказывает влияние общая численность личинок вредных насекомых, обитающих в пахотном слое почвы (0-30 см), о чем свидетельствует отрицательная корреляционная связь этих показателей (от заметной $r=-0,55$ в 2022 г. до высокой $r=-0,84$ в 2021 г.). Установлено влияние общего количества малолетних и многолетних сорняков в фазе кущения на коэффициент продуктивного кущения ячменя, что подтверждается заметной отрицательной корреляционной свя-

зью этих показателей ($r=-0,52$). Также выявлено отрицательное влияние на массу 1000 зерен общего количества сорняков в фазе кущения ($r=-0,55$) и перед уборкой урожая ($r=-0,51$).

Изучаемые способы основной обработки почвы влияли не только на изменение фитосанитарных условий вегетации и формирования элементов структуры урожая ярового ячменя, но и на уровень урожая (табл. 5). Во все годы исследований применение вспашки способствовало получению наибольшей урожайности ячменя (2,43-3,78 т/га). При этом, если в 2020 г. прослеживалась достоверная тенденция снижения урожайности с повышением степени минимизации основной обработки почвы, то в 2021 и 2022 гг. при сохранении общей тенденции существенных различий между комбинированной и поверхностной обработками не отмечалось. В среднем за 3 года исследований при переходе на комбинированную обработку, по сравнению со вспашкой, урожайность снижалась на 0,36 т/га, поверхностную обработку — на 0,40 т/га, прямой посев — на 0,84 т/га.



Таблица 5. Урожайность ярового ячменя в зависимости от способа основной обработки почвы
Table 5. Yield of spring barley depending on the method of basic tillage

Обработка почвы	Урожайность по годам, т/га				Изменение за счет обработки
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее	
Вспашка	3,78	2,95	2,43	3,05	
Комбинированная	3,02	2,70	2,36	2,69	-0,36
Поверхностная	2,78	2,79	2,38	2,65	-0,40
Прямой посев	2,49	2,23	1,92	2,21	-0,84
НСР ₀₅	0,23	0,40	0,13	0,25	

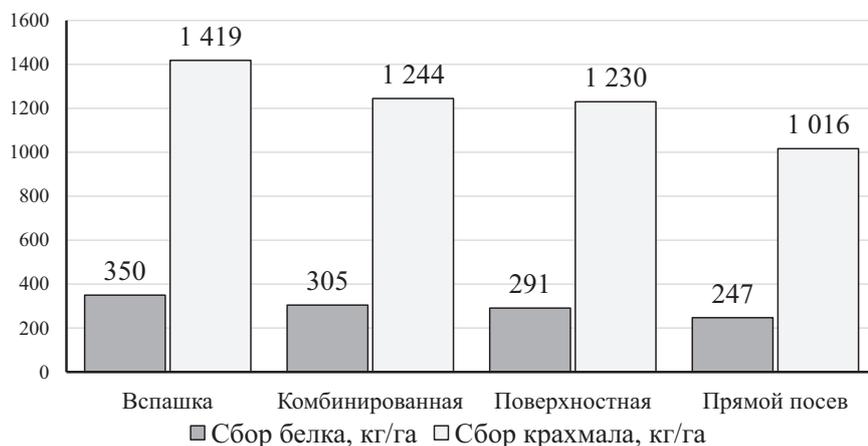


Рисунок 4. Сбор белка и крахмала с урожаем ярового ячменя (в среднем за 2018-2020 гг.)
Figure 4. Harvesting of protein and starch with the harvest of spring barley (on average for 2018-2020)

Влияние применяемых способов основной обработки почвы на изменение урожайности ячменя отчасти может быть связано с засоренностью посевов, в частности конкуренцией культуры с сорными растениями за факторы жизни, что повлияло как на формирование таких важных элементов структуры урожая, как коэффициент продуктивного кущения и масса 1000 зерен, так и его величину. При этом наибольшее влияние на урожайность за все годы исследований оказывала воздушно-сухая масса сорняков в критический для роста и развития культуры период (фаза кущения), что подтверждается заметной отрицательной корреляционной связью ($r=-0,52$). Однако доля влияния этого показателя засоренности посевов в изменении урожайности составляет лишь 27,5%, а остальное влияние было обусловлено действием агрометеорологических факторов, изменением водно-физических свойств и агрохимических показателей чернозема типичного, в результате применения изучаемых приемов основной обработки почвы. По средним за годы исследований данным при минимизации основной обработки почвы с увеличением общего количества сорных растений на 157,6 шт./м² и ростом их воздушно-сухой массы на 7,3 г/м² в фазе кущения урожайность ячменя снижалась на 0,84 т/га или на 27,3%.

Применение изучаемых способов основной обработки почвы оказало влияние на качество зерна ярового ячменя. В среднем за годы исследований применение вспашки способствовало повышению содержания белка в зерне по сравнению с комбинированной обработкой на 0,16%, поверхностной обработкой — на 0,58%, прямым посевом — на 0,33%. В то же время, при снижении содержания белка в зерне ячменя

под влиянием минимизации основной обработки почвы, наблюдалось повышение содержания в нем крахмала, что обусловлено обратной связью между этими показателями ($y=-1,04x+67,32$, $r^2=0,73$). Изменения уровня крахмала в зерне ячменя были существенны только в 2020 г. и в среднем за 3 года их можно характеризовать как тенденцию.

Следует отметить, что на качество выращенного зерна ячменя в определенной степени оказывали влияние погодные и фитосанитарные условия вегетации культуры. Установлено снижение содержания белка в зерне при увеличении общего количества сорняков в фазе кущения, что подтверждается заметной отрицательной корреляционной связью ($r=-0,62$). Особенно заметное влияние засоренности посевов ячменя отмечалось в условиях 2021 г. при сухой и жаркой погоде в период созревания зерна, что привело к снижению белковости и повышению его крахмалистости.

Обобщающими интегральными показателями продуктивности ярового ячменя являются сбор белка и крахмала с гектара, которые определяются как его урожайностью, так и содержанием целевых компонентов (белок и крахмал) в выращенном зерне. Применение глубокой отвальной обработки почвы способствовало росту урожайности зерна ячменя и повышению в нем содержания белка, что позволило получить наибольший его сбор с гектара (рис. 4). При минимизации основной обработки почвы сбор белка с урожаем зерна ячменя относительно вспашки достоверно снижался на 45 кг/га при комбинированной обработке, на 59 кг/га при поверхностной обработке и на 103 кг/га при прямом посеве. В то же время, несмотря на обратную связь содержания белка в зерне

ячменя с содержанием в нем крахмала, сбор последнего в большей степени определялся урожайностью культуры и имел подобную тенденцию к снижению при минимизации обработки почвы. Наибольший сбор крахмала с урожаем зерна ячменя также был получен при глубокой отвальной обработке почвы (1419 кг/га), с применением комбинированной обработки он снижался относительно вспашки на 175 кг/га, поверхностной обработки — на 189 кг/га, прямого посева — на 403 кг/га.

Снижение показателей продуктивности ярового ячменя при минимизации основной обработки почвы отчасти было связано с фитосанитарными условиями его вегетации, в частности с влиянием засоренности посевов. Так, анализ экспериментальных данных показал, что в наибольшей степени на показатели продуктивности культуры оказывала влияние масса сорных растений в критический для ее роста и развития период, что подтверждается заметной отрицательной корреляционной связью воздушно-сухой массы сорняков в фазе кущения ячменя с сбором белка ($r=-0,59$) и с сбором крахмала ($r=-0,50$). Соответственно, при минимизации основной обработки почвы в среднем за годы исследований с ростом воздушно-сухой массы сорных растений на 7,3 г/м² в фазе кущения ячменя сбор белка с урожаем зерна снижался на 102,6 кг/га или 29,3%, сбор крахмала — на 402,0 кг/га или 28,3%.

Выводы. Изучаемые способы основной обработки почвы оказывали влияние на фитосанитарные условия вегетации ярового ячменя, в частности на плотность популяции почвообитающих личинок вредителей и уровень засоренности посевов. При этом влияние основной обработки почвы на урожайность культуры отчасти было связано с сохранностью растений к уборке в результате их повреждения вредителями и их конкуренцией с сорными растениями. Применение вспашки способствовало формированию наиболее благоприятной фитосанитарной ситуации в посевах ячменя, повышению его продуктивности кущения, сохранности растений к уборке и массы 1000 зерен, что позволило получить наибольшую урожайность (3,05 т/га), сбор белка (350 кг/га) и крахмала (1419 кг/га) с урожаем зерна. При минимизации основной обработки почвы и прямом посеве отмечалось повышение общей численности личинок вредителей в почве на 1,1-3,5 экз./м², увеличение в критическую для роста и развития культуры фазу общего количества сорняков в 2,3-3,1 раза и их сухой массы в 1,7-4,0 раза, уменьшение густоты стояния растений к уборке на 18,5-21,8% и коэффициента продуктивного кущения на 0,07-0,20 ед., снижение массы 1000 зерен на 0,3-1,2 г, что привело к снижению урожайности зерна на 11,9-27,5%, содержания в нем белка на 0,16-0,58% и сокращению сбора белка на 12,9-29,4%, крахмала на 12,3-28,5%. При возделывании ячменя по технологии прямого посева, несмотря на отсутствие существенного увеличения численности вредителей в почве, отмечалась наиболее высокая засоренность посевов в критическую для культуры фазу с минимальными значениями коэффициента продуктивного кущения, массы 1000 зерен и показателей продуктивности.



Список источников

1. Воронов С.И., Зволинский В.П., Плескачев Ю.Н., Матвеева Н.И., Грабов Р.С. Роль приемов основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя // Земледелие. 2020. № 2. С. 24-26. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10206

2. Радченко Л.А., Женченко К.Г. Влияние севооборотов на засоренность посевов // Защита и карантин растений. 2017. № 12. С. 30-32.

3. Власенко Н.Г., Садохина Т.П. Приемы агротехники, способствующие оптимизации фитосанитарного состояния посевов ячменя // Земледелие. 2010. № 6. С. 30-31.

4. Шабалкин А.В., Драчева М.К., Воронцов В.А., Скорошчин Ю.П. Реакция ячменя на средства интенсификации и приемы обработки черноземных почв в северо-восточном регионе Черноземья // Земледелие. 2022. № 6. С. 41-45. doi: 10.24412/0044-3913-2022-6-41-45

5. Гостев А.В. Аспекты ресурсосбережения в агротехнологиях возделывания зерновых культур // АгроСнабФорум. 2017. № 6 (154). С. 48-52.

6. Морозов А.Н., Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Ильин Б.С. Влагодобеспеченность и засоренность посевов зерновых культур в зависимости от приемов основной обработки почвы // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 5. С. 59-62. doi: 10.24412/2587-6740-2021-5-59-62

7. Fernandez, R., Frasier, I., Noellemeyer, E. et al. (2017). Soil quality and productivity under zero tillage and grazing on Mollisols in Argentina — A long-term study. *Geoderma Regional*, vol. 11, pp. 44-52. doi: 10.1016/j.geodrs.2017.09.002

8. Вронских М.Д. Технология возделывания полевых культур и развитие вредителей и болезней. Кишинев: Pontos, 2005. 290 с.

9. Корнилов И.М. Влияние систем обработки почвы на засоренность посевов в севообороте // Защита и карантин растений. 2016. № 1. С. 20-21.

10. Бокина И.Г. Влияние агроприемов на численность вредителей зерновых культур // Защита и карантин растений. 2012. № 2. С. 29-31.

11. Каменченко С.Е., Шаббаев А.И., Стрижков Н.И., Петрова Н.М., Наумова Т.В. Хищные жужелицы и влияние на них способов обработки почвы // Защита и карантин растений. 2016. № 11. С. 44-46.

12. Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Урожайность ярового ячменя при различных приемах основной обработки почвы в зернопаровом севообороте // Земледелие. 2019. № 3. С. 34-36. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10309

13. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Калининская областная типография, 1989. 194 с.

14. Кирюшин В.И., Дридигер В.К., Власенко А.Н. и др. Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева. М.: ООО «Издательство МБА», 2019. 136 с.

15. Ченкин А.Ф., Захаренко В.А., Белозерова Г.С. Фитосанитарная диагностика. М.: Колос, 1994. 320 с.

16. Васильев И.П., Туликов А.М., Баздырев Г.И., Захаренко А.В., Сафонов А.Ф. Практикум по земледелию. М.: КолосС, 2004. 424 с.

17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Альянс, 2014. 351 с.

References

1. Voronov, S.I., Zvolinskii, V.P., Pleskachev, Yu.N., Matveeva, N.I., Grabov, R.S. (2020). Rol' priemov osnovnoi obrabotki pochvy pri vozdelevanii yarovogo yachmenya [Role of tillage techniques the cultivation of spring barley]. *Zemledelie*, no. 2, pp. 24-26. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10206

2. Radchenko, L.A., Zhenchenko, K.G. (2017). Vliyanie sevooborotov na zasorennost' posevov [Influence of crop rotation on weed infestation of crops]. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine], no. 12, pp. 30-32.

3. Vlasenko, N.G., Sadokhina, T.P. (2010). Priemy agrotekhniki, sposobstvuyushchie optimizatsii fitosanitarnogo sostoyaniya posevov yachmenya [Agrotechnical devices favouring the optimization of phytosanitary condition barley crops]. *Zemledelie*, no. 6, pp. 30-31.

4. Shabalkin, A.V., Dracheva, M.K., Vorontsov, V.A., Skorochkin, Yu.P. (2022). Reaktsiya yachmenya na sredstva intensivatsii i priemy obrabotki chernozemnykh pochv v severo-vostochnom regione Chernozem'ya [The reaction of barley to the means of intensification and methods of processing chernozem soils in the North-Eastern Chernozem region]. *Zemledelie*, no. 6, pp. 41-45. doi: 10.24412/0044-3913-2022-6-41-45

5. Gostev, A.V. (2017). Aspekty resursosberezheniya v agrotekhnologiyakh vozdelevaniya zernovykh kul'tur [Aspects of resource conservation in agricultural technologies of grain cultivation]. *AgroSnabForum*, no. 6 (154), pp. 48-52.

6. Morozov, A.N., Dubovik, D.V., Dubovik, E.V., Il'in, B.S. (2021). Vlagoodobespechenost' i zasorennost' posevov zernovykh kul'tur v zavisimosti ot priemov osnovnoi obrabotki pochvy [Moisture availability and weed infestation of grain crops depending on the practices of primary tillage]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 5, pp. 59-62. doi: 10.24412/2587-6740-2021-5-59-62

7. Fernandez, R., Frasier, I., Noellemeyer, E. et al. (2017). Soil quality and productivity under zero tillage

and grazing on Mollisols in Argentina — A long-term study. *Geoderma Regional*, vol. 11, pp. 44-52. doi: 10.1016/j.geodrs.2017.09.002

8. Vronskikh, M.D. (2005). *Tekhnologiya vozdelevaniya polevykh kul'tur i razvitiye vreditel'ei i bolezn'ei* [Technology of cultivation of field crops and development of pests and diseases]. Kishinev, Pontos, 290 p.

9. Kornilov, I.M. (2016). Vliyanie sistem obrabotki pochvy na zasorennost' posevov v sevooborote [Influence of tillage systems on weed infestation of crops in the rotation]. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine], no. 1, pp. 20-21.

10. Bokina, I.G. (2012). Vliyanie agropriemov na chislennost' vreditel'ei zernovykh kul'tur [Effect the cultural practice on the population numbers of cereal crop pests]. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine], no. 2, pp. 29-31.

11. Kamenchenko, S.E., Shabaev, A.I., Strizhkov, N.I., Petrova, N.M., Naumova, T.V. (2016). Khishchnye zhuzhelitsy i vliyanie na nikh sposobov obrabotki pochvy [Predatory ground beetles and the effect of tillage methods on them]. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine], no. 11, pp. 44-46.

12. Pakul', A.L., Lapshinov, N.A., Bozhanova, G.V., Pakul', V.N. (2019). Urozhainost' yarovogo yachmenya pri razlichnykh priemakh osnovnoi obrabotki pochvy v zernoparovom sevooborote [Effects of various primary tillage methods in a grain-fallow crop rotation crop capacity of spring barley]. *Zemledelie*, no. 3, pp. 34-36. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10309

13. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* (1989). [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. Moscow, Kalinin regional printing house, 194 p.

14. Kiryushin, V.I., Dridiger, V.K., Vlasenko, A.N. i dr. (2019). *Metodicheskie rekomendatsii po razrabotke minimal'nykh sistem obrabotki pochvy i pryamogo poseva* [Methodological recommendations for the development of minimal systems of tillage and direct sowing]. Moscow, MBA Publishing house LLC, 136 p.

15. Chenkin, A.F., Zakharenko, V.A., Belozerova, G.S. (1994). *Fitosanitarnaya diagnostika* [Phytosanitary diagnostics]. Moscow, Kolos Publ., 320 p.

16. Vasil'ev, I.P., Tulikov, A.M., Bazdyrev, G.I., Zakharenko, A.V., Safonov, A.F. (2004). *Praktikum po zemledeliyu* [Workshop on agriculture]. Moscow, KolosS Publ., 424 p.

17. Dospekhov, B.A. (2014). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Al'yans Publ., 351 p.

Информация об авторах:

Морозов Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4870-2995>, alex.morozoff76@yandex.ru

Дубовик Дмитрий Вячеславович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>, dubovikdm@yandex.ru

Дубовик Елена Валентиновна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>, dubovikev@yandex.ru

Шумаков Александр Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8620-7816>, kniiapp@mail.ru

Information about the authors:

Alexander N. Morozov, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4870-2995>, alex.morozoff76@yandex.ru

Dmitry V. Dubovik, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>, dubovikdm@yandex.ru

Elena V. Dubovik, doctor of biological sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>, dubovikev@yandex.ru

Alexander V. Shumakov, candidate of agricultural sciences, leading researcher, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8620-7816>, kniiapp@mail.ru

✉ dubovikdm@yandex.ru

