

АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕМНО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ

✉ Перфильев Н.В., Вьюшина О.А.

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук
Тюмень, Россия

✉ e-mail: p.nikolay52@yandex.ru

Определено влияние продолжительного использования различных систем основной обработки темно-серой лесной почвы на агрофизические свойства, питательный режим и урожайность зерновых в зернопаровых севооборотах. Исследования проведены в условиях Северного Зауралья в стационарном опыте в 1996–2018 гг. Изучены традиционная отвальная и ресурсосберегающие системы основной обработки почвы. Опыт проходил в течение 3–6-й ротации двух зернопаровых севооборотов, развернутых во времени и в пространстве: чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – яровая вика – яровой ячмень; чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень. При возделывании зерновой культуры, завершающей зернопаровой севооборот, в четвертом поле после пара по зернобобовому предшественнику (яровой вике) целесообразно применение систем основной обработки почвы с элементами минимизации. К ним относятся безотвальная и комбинированная системы с безотвальным рыхлением плугом со стойками СибИМЭ на 20–22 см; дифференцированная с плоскорезной обработкой на 12–14 см и дискование на 10–12 см. Изучаемые системы обработки обеспечивали близкие отвальной системе условия водного режима, сложения почвы и пищевого режима. Сформирована практически равная отвальной системе урожайность ячменя: на фоне естественного плодородия – 2,97–3,03 т/га, с применением $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 3,47–3,65 т/га. Применение систем обработки с элементами минимизации в зернопаровом севообороте без наличия зернобобовой культуры под данную культуру по повторной зерновой культуре (пшенице) приводило к следующим результатам. Обеспеченность продуктивной влагой в слое почвы 0–1,0 м снизилась на 8,6–28,0%, значительно ухудшился пищевой режим, в особенности азотный (на 15,5–43,8%) и фосфорный (на 39,1–51,1%), с отрицательной дифференциацией плодородия почвенного профиля, урожайность зерна снизилась на 0,09–0,40 т/га.

Ключевые слова: система основной обработки, севооборот, предшественник, элементы плодородия, яровой ячмень, урожайность, эффективность производства

AGROPHYSICAL AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF DARK GREY FOREST SOILS UNDER DIFFERENT SYSTEMS OF BASIC TILLAGE

✉ Perfiliev N.V., Vyushina O.A.

Scientific Research Institute of Agriculture for Northern Trans-Ural Region – Branch of Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Tyumen, Russia

✉ e-mail: p.nikolay52@yandex.ru

The effect of long-term use of different systems of basic tillage of dark grey forest soils on the agrophysical properties, nutrient regime and yield of grain crops in grain-fallow crop rotations was determined. The study was carried out in the conditions of the Northern Trans-Urals in a stationary experiment in 1996–2018. The traditional moldboard and resource-saving systems of basic tillage were studied. The experiment took place during the third–sixth rotations of two grain-fallow crop rotations spread in time and space: bare fallow – winter rye – spring wheat – spring vetch – spring barley; bare fallow – winter rye – spring wheat – spring wheat – spring barley. When cultivating a grain crop that completes a grain-fallow crop rotation, in the fourth field after the fallow with a legume forecrop (spring vetch), it is advisable to use systems of basic tillage with elements of minimization. These include non-moldboard and combined tillage with subsurface loosening by

a plow with SibIME tines to a depth of 20–22 cm differentiated with stubble-mulch at 12–14 cm and disk harrowing at 10–12 cm. The studied tillage systems ensured the conditions of the water regime, soil composition and nutritional regime close to the moldboard tillage system. The yield of barley almost equal to the moldboard system was formed: against the background of natural land fertility – 2.97–3.03 t/ha, with the use of $N_{40}P_{40}P_{40}$ – 3.47–3.65 t/ha. Application of tillage systems with minimization elements in a grain-fallow crop rotation without planting a leguminous crop with a given crop for a repeated grain crop (wheat) led to the following results. Productive moisture availability in the soil layer 0–1.0 m decreased by 8.6–28.0%, the nutrient regime worsened significantly, especially nitrogen (by 15.5–43.8%) and phosphorus (by 39.1–51.1%), with the negative differentiation of soil fertility, and reduction of grain yield by 0.09–0.40 t/ha.

Keywords: system of basic tillage, crop rotation, forecrop, fertility elements, spring barley, yield, production efficiency.

Для цитирования: Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Агрофизические и агрохимические свойства темно-серых лесных почв при различных системах основной обработки // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 3. С. 15–23. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-3-2>

For citation: Perfilyev N.V., Vyushina O.A. Agrophysical and agrochemical properties of dark grey forest soils under different systems of basic tillage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Bulletin of Agricultural Science*, 2021. T. 51. № 3. P. 15–23. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-3-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В Северном Зауралье, как и в других регионах страны, в полеводстве при основной обработке все шире применяют энергетически менее затратные, чем вспашка, приемы обработки с использованием безотвальной, плоскорезной обработки и дискования. Это вызвано причинами экономического порядка, возможностью увеличения производительности и снижения затрат на топливо. Однако научные исследования по данной тематике в регионе и за рубежом не дают однозначного ответа о влиянии различных по интенсивности технологий на элементы плодородия почв, а также об их сравнительной эффективности в сравнении с традиционной вспашкой [1–3]. При этом важно установить особенности влияния систем обработки на плодородие почвы при возделывании зерновых в севооборотах с различными по биологии предшественниками [4–6].

Цель исследования – определить влияние продолжительного использования различных систем основной обработки темно-серой лесной почвы в условиях Северного Зауралья на агрофизические свойства, пи-

тательный режим и урожайность при возделывании зерновой культуры по зерновому (яровая пшеница) и зернобобовому (вика на зерно) предшественникам.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в 1996–2018 гг. в стационарном опыте Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья – филиала Тюменского научного центра СО РАН. Опыт проходил в период 3–6-й ротаций двух зернопаровых севооборотов, развернутых во времени и в пространстве: чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – зернобобовые (яровая вика на зерно) – яровой ячмень; чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень. Наблюдения и учеты проведены в поле ячменя. Изучаемые системы обработки почвы представлены в табл. 1. Приемы основной обработки выполняли после уборки культур.

Предпосевная обработка по всем изучаемым системам основной обработки заключалась в ранневесеннем бороновании зубowymi боронами БЗСС-1,0 в четыре следа,

Табл. 1. Системы обработки почвы

Table 1. Soil tillage systems

Система обработки почвы	Способы обработки почвы после уборки культуры				
	Пар	Озимая рожь	Пшеница	Зернобобовые / пшеница	Ячмень
Отвальная	Вспашка плугом Лемкен на глубину 20–22 см				
Безотвальная	Рыхление стойками СибИМЭ на глубину 20–22 см				
Комбинированная	Лемкен на 20–22 см	Стойки СибИМЭ на 20–22 см	Лемкен на 20–22 см	Стойки СибИМЭ на 20–22 см	Лемкен на 20–22 см
Дифференцированная	Культиватор Смарагд на 12–14 см	Культиватор Смарагд на 12–14 см	Лемкен на 20–22 см	БДТ-2,5 на 10–12 см	БДТ-2,5 на 10–12 см
Плоскорезная	Культивация Смарагд на 12–14 см				
Поверхностная	Дискование БДТ-2,5 на 10–12 см				

предпосевной культивации культиватором Смарагд-6 на глубину заделки семян. Посев проведен сеялкой СЗП-3,6. Минеральные удобрения (на фоне с удобрениями) вносили перед предпосевной культивацией нормой $N_{40}P_{40}K_{40}$ кг д.в. на 1 га севооборотной площади. Для уничтожения сорняков применяли гербициды на всех изучаемых вариантах.

Площадь делянок (5,5–6,0 × 63 м) 346–378 м², учетная – 100 м². В годы исследований по условиям влагообеспеченности вегетационного периода 74% лет были близкими к средним, 26% – недостаточно обеспеченными осадками. Техника закладки и проведение опыта и статистическая обработка полученных данных проведены по методике Б.А. Доспехова¹ с использованием компьютерных программ О.Д. Сорокина². Определение агрофизических свойств почвы осуществляли по методике Н.А. Качинского³. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом в каждом 10-сантиметровом слое до глубины 0–100 см. Запасы продуктивной влаги рассчитывали с учетом плотности сложения и влажности завядания для каждого 10-сантиметрового слоя. Полученные данные объединяли по слоям 0–30 и 0–100 см. Химический анализ почвенных образцов выполнен по общепринятым методам⁴.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях неустойчивого увлажнения Северного Зауралья урожайность, а также возможность эффективного применения средств интенсификации (интенсивных сортов, удобрений, средств защиты, биостимуляторов) в значительной степени определяются наличием влаги в почве. Потребность в ее максимальном накоплении и сохранении обусловлена неблагоприятным балансом между поступлением и расходом влаги, особенно в начальный период вегетации [7, 8].

Одна из главных практических мер воздействия на наиболее рациональное использование имеющихся ресурсов влаги – обработка почвы [9]. В наших исследованиях в период посева – всходов зерновых запасы влаги слоя почвы 0–100 см оценивались как удовлетворительные – 90–125 мм (60–83% от НВ), в слое почвы 0–30 см – 32,0–35,7 мм (52–58% от НВ).

Наиболее стабильно высокие запасы влаги в этот период в посевах зерновой культуры (ячменя), завершающей севооборот по зернобобовой культуре и по повторной пшенице, обеспечивала вспашка (96,8–125,0 мм) и безотвальное рыхление плугом со стойками конструкции СибИМЭ (93,0–122,4 мм) на глубину 20–22 см. При использовании зернобобовой культуры в качестве предше-

¹Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.

²Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

³Качинский Н.А. Физика почв. М.: Высшая школа, 1965. 318 с.

⁴Ариунушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Издательство МГУ, 1970. 478 с.

ственников ресурсосберегающие системы обработки (безотвальная, комбинированная с использованием стоек СиБИМЭ) обеспечили запасы влаги в метровом слое в период посева – всходов ячменя, близкие варианту вспашки. Снижение запасов влаги по мелким обработкам (плоскорезной обработке культиватором Смарагд на глубину 12–14 см и по дискованию БДТ-2,5 на глубину 10–12 см) по сравнению с вариантом вспашки составило 4,2–7,1 мм, или 4,3–7,7% по отношению к контролю (см. рис. 1).

При размещении завершающей севооборот зерновой культуры (ячменя) по повторной зерновой культуре (пшенице) отмечено увеличение отрицательного воздействия ресурсосберегающих систем и способов обработки на запасы влаги в сравнении со вспашкой. Так, по ежегодной безотвальной обработке на глубину 20–22 см снижение запасов влаги в метровом слое почвы по отношению к варианту вспашки достигало 10,3 мм, или 8,2% по отношению к нему, по плоскорезной обработке – 8,6%, по дискованию – 28%. В слое почвы 0–30 см все изучаемые системы обработки по обоим предшественникам

обеспечивали равные условия увлажнения. Лучшие условия влагообеспеченности по глубоким отвальным и безотвальным обработкам объясняются тем, что по системам с преимущественно мелкими обработками происходило более значительное, чем по глубоким, уплотнение слоя почвы 0–20 см (на 0,03–0,04 г/см³), в слое 10–30 см – на 0,03–0,07 г/см³ [10], что ухудшало по этим обработкам условия для усвоения влаги из осадков. Кроме того, в большинстве лет проведения исследований обеспеченность осадками была близкой к среднегодовой, почва в период обработки имела хорошее увлажнение. Запасы влаги перед проведением обработки составляли 80 мм и более. По данным исследователей, в этих условиях у глубоких обработок имеются преимущества по влагонакоплению по сравнению с мелкими обработками⁵ [11]. Увеличение отрицательного воздействия мелких обработок на накопление влаги в посевах ячменя по повторной пшенице в сравнении с посевами по зерновому предшественнику (повторной пшенице) объясняется более коротким послеуборочным периодом.

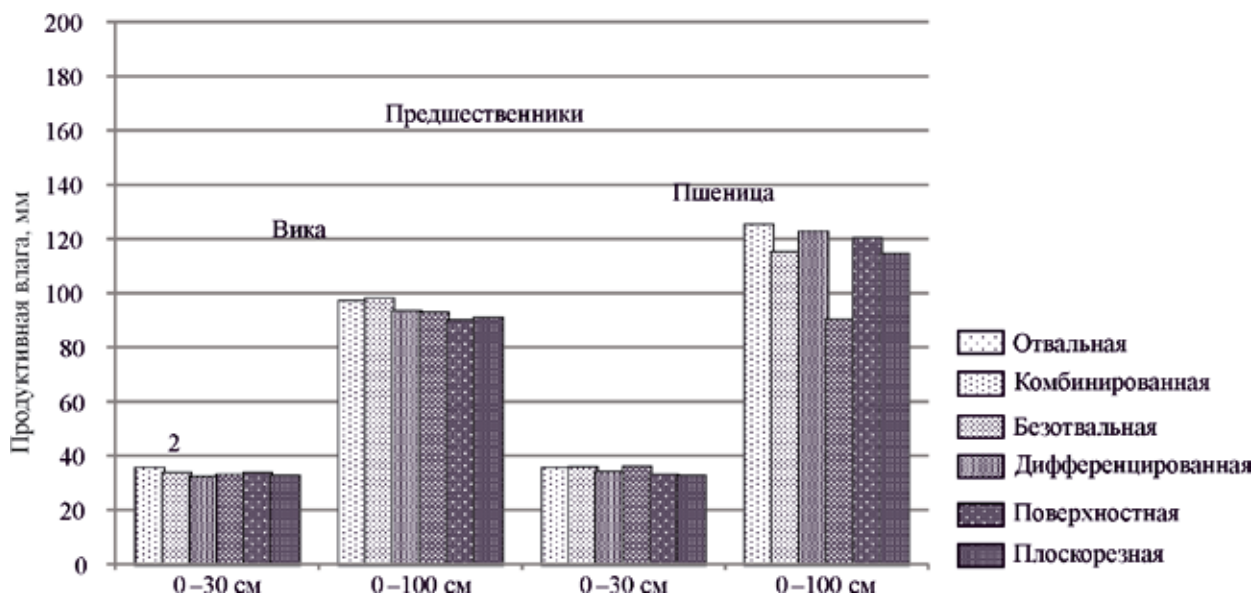


Рис. 1. Влияние основной обработки почвы на влагообеспеченность зерновых в период посев – всходы

Fig. 1. Effect of basic tillage on moisture availability of grain crops during sowing – sprouting period

⁵Моценко Ю.Б. Совершенствование элементов системы земледелия при выращивании яровой пшеницы на черноземах степной зоны Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Омск, 1990. 32 с.

Почвы опытного участка по сложности обладают не вполне благоприятными свойствами. Равновесная плотность их ($1,36\text{--}1,41\text{ г/см}^3$) далека от оптимальной ($1,00\text{--}1,25\text{ г/см}^3$) [12]. В связи с этим важно оценить эффективность систем обработки почвы и способов обработки в изучаемых системах на формирование режима сложности почвы.

Наши данные свидетельствуют о том, что плотность пахотного слоя почвы независимо от способа обработки и предшественника была близкой к верхнему пределу оптимальных значений ($1,00\text{--}1,25\text{ г/см}^3$) для зерновой культуры (см. рис. 2) [13, 14].

Отмечено повышение плотности почвы на $0,03\text{ г/см}^3$ по обработке дискованием БДТ-2,5 на 10–12 см при дифференцированной системе по зернобобовому предшественнику, по повторной зерновой культуре – на $0,04\text{ г/см}^3$ в сравнении с вариантом отвальной системы обработки.

О важности влияния систем основной обработки на особенности формирования питательного режима и необходимости изучения его применительно к зональным и почвенным условиям отмечено многими учеными [15, 16]. Нашими исследования-

ми по питательному режиму установлено также значительное влияние обработки почвы и предшественника на обеспеченность пахотного и подпахотного слоев почвы доступными элементами питания (см. табл. 2). Выявлено, что возделывание зерновых в зернопаровом севообороте с присутствием зернобобовой культуры на фоне внесения удобрений $N_{40}P_{40}K_{40}$ обеспечивает благоприятные условия питательного режима в поле, замыкающем севооборот. Наоборот, в четвертом поле зерновой культуры после пара в севообороте без зернобобовой культуры содержание нитратного азота уменьшилось в пахотном слое в сравнении с полем с зернобобовым предшественником на $15,5\text{--}43,8\%$, P_2O_5 на $39,1\text{--}52,1\%$, K_2O на $15,1\text{--}26,4\%$. Это объясняется различными по выносу питательных элементов зернобобовой и яровой колосовой культурами, частичной компенсацией выноса азота зернобобовой культурой за счет симбиотической азотофиксации и более продолжительным периодом нитрификации в послеуборочный период.

По обоим предшественникам лучшие условия питания как в пахотном слое $0\text{--}0,2\text{ м}$, так и в слое $0,2\text{--}0,4\text{ м}$, складывались при отвальной системе обработки, чему способ-

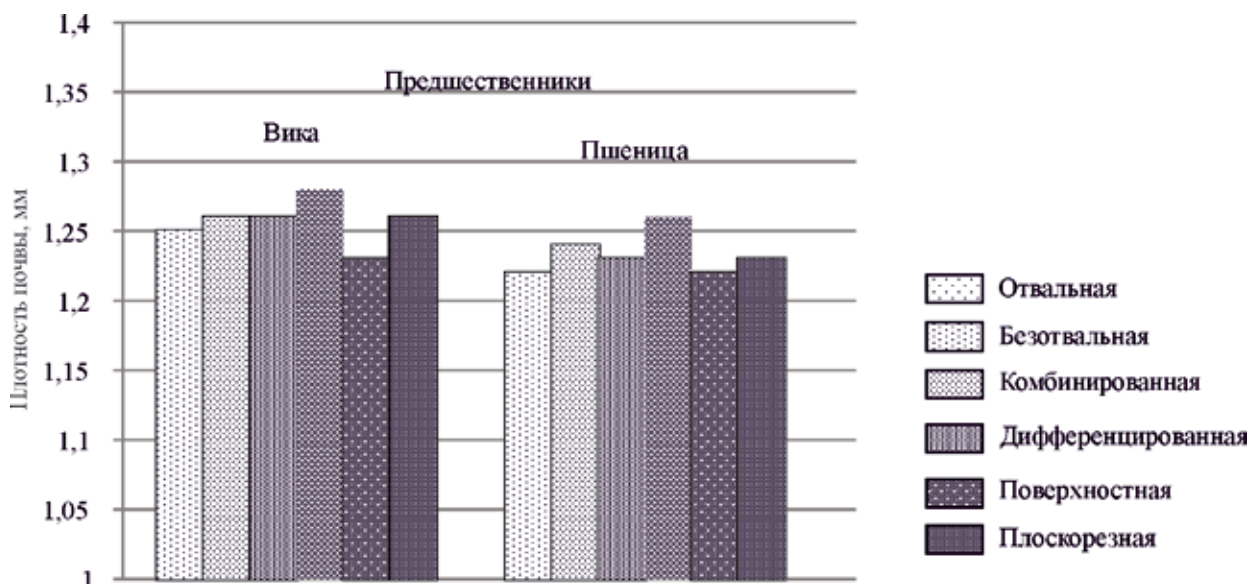


Рис. 2. Плотность пахотного ($0\text{--}0,2\text{ м}$) слоя почвы в период посев – всходы в среднем за 3–6 ротаций севооборотов

Fig. 2. Density of arable ($0\text{--}0.2\text{ м}$) soil layer, in the period of sowing – sprouting on average 3–6 crop rotations

Табл. 2. Содержание питательных элементов в почве перед посевом зерновых (в среднем за 3–6 ротаций севооборотов)

Table 2. Nutrient content before sowing of grain crops (on average for 3–6 crop rotations)

Система обработки почвы	Предшественник	N–NO ₃ , мг/кг почвы		P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы		K ₂ O, мг/100 г почвы	
		Горизонт почвы 0–0,2 м					
		0–20	20–40	0–20	20–40	0–20	20–40
Отвальная	Вика	8,84	6,26	28,10	17,26	22,85	16,00
	Пшеница	6,51	5,21	15,60	9,00	17,20	11,80
Безотвальная	Вика	7,78	4,35	25,26	8,81	22,55	14,70
	Пшеница	5,13	4,46	13,20	5,60	16,60	11,10
Комбинированная	Вика	6,24	4,15	25,30	11,09	21,25	14,90
	Пшеница	5,27	4,29	15,40	6,40	17,75	10,80
Дифференцированная	Вика	6,24	4,60	26,08	10,08	20,55	13,60
	Пшеница	3,78	3,55	12,50	5,20	16,80	11,30
Поверхностная	Вика	6,88	5,07	25,70	9,96	20,35	13,70
	Пшеница	5,25	3,87	15,40	6,60	15,67	9,81
Плоскорезная	Вика	7,58	4,87	25,70	8,50	18,95	13,20
	Пшеница	4,26	3,30	13,70	6,60	16,08	11,58
НСР ₀₅	По вике	0,96	0,93	1,95	1,56	1,40	1,15
Частных эффектов	По пшенице	0,84	0,81	1,12	0,87	1,00	0,73

ствовали лучшие условия агрофизических свойств почвы. Продолжительное применение обработки без оборота пласта, систем обработки с преимущественно мелкими обработками привело к снижению содержания N–NO₃ в пахотном слое на 12–42%, P₂O₅ на 7,1–19,9, K₂O на 6,5–17,1%, которое усиливалось в посевах по повторной зерновой культуре.

Общая дифференциация плодородия пахотного и подпахотного слоев почвы по всем изучаемым системам обработки показала следующее. Произошло снижение содержания питательных элементов в слое почвы 0,2–0,4 м по отношению к слою 0–0,2 м: N–NO₃ на 13,1–44,1%, P₂O₅ на 38,6–66,9 и K₂O на 28,0–39,2%. Наиболее высокая отрицательная дифференциация отмечена в содержании P₂O₅, причем она была наименьшей по отвальной системе обработки – 38,6–42,3%, тогда как по ресурсосберегающим системам – 51,8–66,9%.

Анализ влияния изучаемых систем обработки почвы на урожайность культур показал, что в зернопаровом севообороте при размещении по зернобобовой культуре ресурсосберегающие системы обработки обеспечивали практически равную отвальной

системе обработки урожайность ячменя. На фоне естественного плодородия она составила 2,57–3,03 т/га, с применением удобрений – 3,47–3,65 т/га (см. рис. 3).

После зернобобового предшественника по отвальной и ресурсосберегающим системам обработки складывались благоприятные условия агрофизических свойств, пищевого режима и в особенности азотного питания по зернобобовой культуре: азот в почве пополнялся как за счет текущей нитрификации благодаря более длительному послеуборочному периоду, так и за счет симбиотической фиксации азота воздуха. В связи с этим по ним получены показатели экономической и энергетической эффективности, близкие варианту отвальной системы обработки. Различия по чистому доходу между отвальной и ресурсосберегающими системами обработки не превышали на фоне без применения удобрений 0,6–3,7%, с удобрениями – 2,6–6,0%.

Самая высокая эффективность отмечена по отвальной системе обработки: чистый доход составил 14,67 тыс. р./га на фоне без удобрений и 22,75 тыс. р./га на фоне их применения; энергетический коэффициент 2,65 и 2,75 соответственно [17].

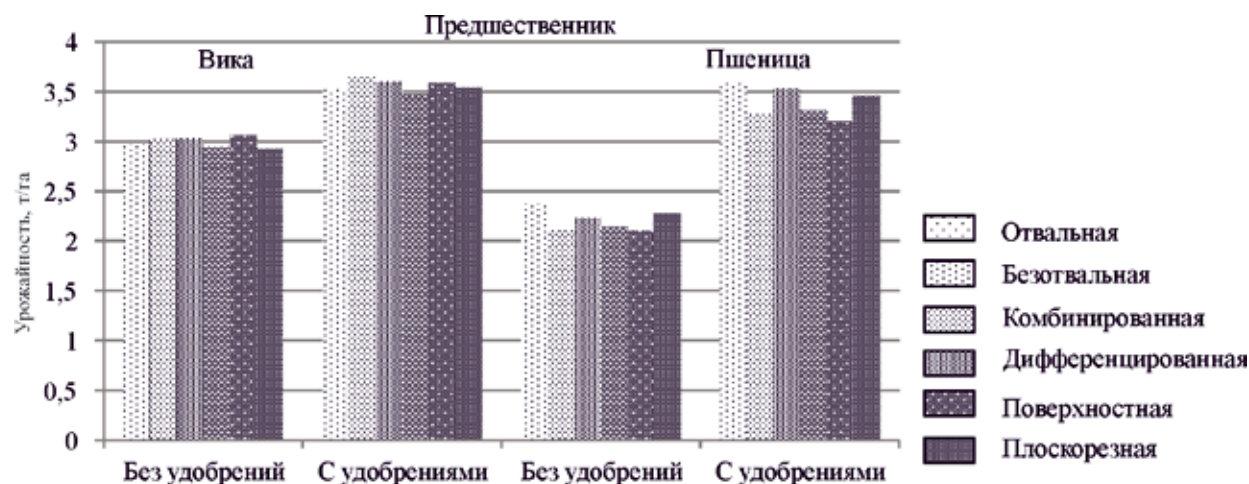


Рис. 3. Урожайность ячменя в среднем за 3–6 ротаций севооборотов

Fig. 3. Barley yield on average for 3–6 crop rotations

В севообороте без присутствия зернобобовой культуры, где ячмень возделывали по повторной пшенице, произошло достоверное снижение его урожайности по ресурсосберегающим системам обработки: на фоне естественного плодородия на 0,09–0,27 т/га (на 3,8–11,4%), с применением удобрений на 0,07–0,40 т/га (на 2,0–11,1%). Это привело к снижению чистого дохода при возделывании ячменя в сравнении с зернобобовым предшественником на 31–44,1% [17]. Данное снижение обусловлено снижением содержания нитратного азота, подвижного фосфора и калия в почве по безотвальным и мелким обработкам, в особенности в севообороте без наличия зернобобовой культуры. В этом случае при возделывании ячменя по повторной пшенице отмечено устойчивое преимущество отвальной системы, которое объясняется более благоприятными условиями обеспечения влагой, сложения почвы и содержания питательных элементов.

ВЫВОДЫ

1. На темно-серых лесных почвах северной лесостепи Северного Зауралья в зернопаровом севообороте при возделывании зерновой культуры – четвертой культуры после пара по зернобобовому предшественнику (яровой вике) – рекомендуется применение систем основной обработки с элемен-

тами минимизации – безотвальной и комбинированной с безотвальным рыхлением плугом со стойками СиБИМЭ на 20–22 см, дифференцированной с плоскорезной обработкой на 12–14 см и дискованием на 10–12 см. Данные системы обработки после зернобобовых под ячмень обеспечили близкие отвальной системе условия водного режима, сложения почвы, пищевого режима, формирование практически равной отвальной системе обработки урожайности: на фоне естественного плодородия – 2,97–3,03 т/га, с применением $N_{40}P_{40}P_{40}$ – 3,47–3,65 т/га, а также экономической эффективности.

2. Применение ресурсосберегающих систем обработки в зернопаровом севообороте без зернобобовой культуры под зерновую культуру по повторной пшенице приводило к снижению запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы на 8,6–28,0%, значительному ухудшению пищевого режима, в особенности азотного (на 15,5–43,8%) и фосфорного (на 39,1–51,1%), с отрицательной дифференциацией плодородия почвенного профиля, снижению урожайности зерна ячменя на 0,09–0,40 т/га, уменьшению чистого дохода на 31–44%.

3. Для повышения потенциала почвенного плодородия и урожайности зерновых колосовых культур, завершающих звено севооборота по отвальной и по ресурсосбе-

регающим системам основной обработки, целесообразно размещение и посев их по зернобобовому предшественнику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Götze P., Rücknagel J., Holzweißig B., Steinz M., Christen O., Jacobs A., Märlander B., Koch H.-J. Sugar beet rotation effects on soil organic matter and calculated humus balance in central Germany // *European Journal of Agronomy*. 2016. Vol. 76. P. 198–207.
2. Едимоичев Ю.Ф. Оптимизация и экологизация зональной системы обработки почвы в Красноярском крае // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2017. № 7. С. 16–23.
3. Belenkov A., Mazirov M., Arefieva V. Theoretical and practical aspects of basic soil treatment in the conditions of modern soil management systems in Russia // *Eurasian Journal Soil Science*. 2018. N 7 (4). P. 300–307. DOI: 10.18393/ejss.448593.
4. Gülser F., Salem S., Gülser C. Changes in some soil properties of wheat fields under conventional and reduced tillage systems in Northern Iraq // *Eurasian Journal Soil Science*. 2020. N 9 (4). P. 314–320. DOI: 10.18393/ejss.780120.
5. Соловиченко В.Д., Воронин А.Н., Никитин В.В., Новальнева Е.В. Продуктивность ячменя в зависимости от вида севооборота, способа обработки почвы и удобрений // *Земледелие*. 2017. № 7. С. 29–31.
6. Галеев Р.Ф., Шаикова О.Н. Продуктивность кормовых севооборотов и их влияние на плодородие чернозема выщелоченного // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2020. Т. 50. № 5. С. 28–37. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-5-3.
7. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Элементы плодородия и продуктивность пашни в зависимости от обработки почвы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2020. Т. 50. № 1. С. 5–12. DOI:10.26898/0370-8799-2020-1-1.
8. Гилев С.Д., Цимбаленко И.Н., Курлов А.П., Бастрычкина О.С. Водный режим выщелоченного чернозема и водопотребление зерновых культур в центральной лесостепной зоне Зауралья // *Аграрный вестник Урала*. 2015. № 5 (135). С. 6–9.
9. Nabayi A., Girei A., Abubakar M. Physical and hydraulic properties of soils under a long-term tillage practices in Hadejia Local Government Area, Jigawa State, Nigeria // *Eurasian Journal Soil Science*. 2019. N 8 (3). P. 267–274. DOI: 10.18393/ejss.573914.

10. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Параметры темно-серой лесной почвы при длительном применении различных систем основной обработки // *Земледелие*. 2016. № 2. С. 23–25.
11. Вржнов А.В., Агеев А.А. Совершенствование адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Челябинской области // *Земледелие*. 2009. № 7. С. 3–5.
12. Конищев А.А., Гарифуллин И.И., Конищева Е.Н. О методике использования характеристики «оптимальная плотность» в исследованиях по обработке почвы // *Владимирский земледелец*. 2019. № 1 (87). С. 16–20. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10048.
13. Конищев А.А., Перфильев Н.В., Гарифуллин И.И. Исследование взаимосвязи «оптимальной плотности» с влажностью почвы и урожайностью ячменя // *Агрофизика*. 2019. № 2. С. 25–31. DOI: 10.25695/AGRPH.2019.02.04.
14. Юшкевич Л.В., Хамова О.Ф., Щитов А.Г., Шулико Н.Н., Тукмачева Е.В. Агроэкологические особенности возделывания ячменя в лесостепи Западной Сибири // *Плодородие*. 2019. № 4 (109). С. 42–46. DOI:10.25680/S19948603.2019.109.14.
15. Шевченко Н.В. Изменение элементов плодородия чернозема типичного в зависимости от способов основной обработки почвы // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. № 5. С. 57–59.
16. Власенко А.Н., Шарков И.Н., Шоба В.Н., Кобабин С.А. Эффективность удобрения азотом яровой пшеницы и ячменя в лесостепи Западной Сибири // *Земледелие*. 2015. № 1. С. 25–27.
17. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А., Власенко А.Н. Эффективность систем основной обработки темно-серой лесной почвы при возделывании ячменя // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2020. Т. 51. № 1. С. 11–17. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-1-1.

REFERENCES

1. Götze P., Rücknagel J., Holzweißig B., Steinz M., Christen O., Jacobs A., Märlander B., Koch H.-J. Sugar beet rotation effects on soil organic matter and calculated humus balance in central Germany // *European Journal of Agronomy*. 2016, vol. 76, pp. 198–207.
2. Edimeichev YU.F. Optimization and environmentalization of zone system of soil processing in Krasnoyarsk Region. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo*

- universiteta = Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2017, no. 7, pp. 16–23. (In Russian)
3. Belenkov A., Mazirov M., Arefieva V. Theoretical and practical aspects of basic soil treatment in the conditions of modern soil management systems in Russia. *Eurasian Journal Soil Science*, 2018, no. 7 (4), pp. 300–307. DOI: 10.18393/ejss.448593.
 4. Gülser F., Salem S., Gülser C. Changes in some soil properties of wheat fields under conventional and reduced tillage systems in Northern Iraq. *Eurasian Journal Soil Science*, 2020, no. 9(4), pp. 314–320. DOI: 10.18393/ejss.780120.
 5. Solovichenko V.D., Voronin A.N., Nikitin V.V., Noval'neva E.V. Barley productivity depending on crop rotation type, method of soil cultivation and fertilizers. *Zemledelie*, 2017, no. 7, pp. 29–31. (In Russian).
 6. Galeev R.F., Shashkova O.N. Productivity of fodder crop rotations and their impact on the fertility of leached chernozem. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 5, pp. 28–37. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2020-5-3.
 7. Perfil'ev N.V., V'yushina O.A. Elements of fertility and productivity of arable land depending on the soil tillage system. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 1, pp. 5–12. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2020-1-1.
 8. Gilev S.D., Tsimbalenko I.N., Kurllov A.P., Bastrychikina O.S. The water regime of leached chernozem and water requirements for crops in the central forest-steppe zone of the Trans-Urals. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2015, no. 5 (135), pp. 6–9. (In Russian).
 9. Nabayi A., Girei A., Abubakar M. Physical and hydraulic properties of soils under a long-term tillage practices in Hadejia Local Government Area, Jigawa State, Nigeria. *Eurasian Journal Soil Science*, 2019, no. 8 (3), pp. 267–274. DOI: 10.18393/ejss.573914
 10. Perfil'ev N.V., V'yushina O.A. Parameters of dark grey forest soil at prolonged application of different tillage systems. *Zemledelie*, 2016, no. 2, pp. 23–25. (In Russian).
 11. Vrazhnov A.V., Ageev A.A. Improvement of the adaptive-landscape agricultural systems in Chelyabinsk region. *Zemledelie*, 2009, no. 7, pp. 3–5. (In Russian).
 12. Konishhev A.A., Garifullin I.I., Konishheva E.N. Method of use of “bulk density” in soil treatment research. *Vladimirskii zemledelets = Vladimir Agricolist Journal*, 2019, no. 1 (87), pp. 16–20. (In Russian). DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10048.
 13. Konishhev A.A., Perfil'ev N.V., Garifullin I.I. Relationship of “optimum bulk density” with soil moisture and barley yield. *Agrofizika = Agrophysics*, 2019, no. 2, pp. 25–31. (In Russian). DOI: 10.25695/AGRP.2019.02.04.
 14. Yushkevich L.V., Khamova O.F., Shhitov A.G., Shuliko N.N., Tukmacheva E.V. Agroecological specifics of barley cultivation in the forest-steppe of Western Siberia. *Plodorodie*, 2019, no. 4 (109), pp. 42–46. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.14.
 15. Shevchenko N.V. Change in fertility elements of typical chernozem, depending on the methods of basic tillage. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2015, no. 5, pp. 57–59. (In Russian).
 16. Vlasenko A.N., Sharkov I.N., Shoba V.N., Koabin S.A. Efficiency of fertilizer spring wheat nitrogen and barley in forest-steppe of Western Siberia. *Zemledelie*, 2015, no. 1, pp. 25–27. (In Russian).
 17. Perfil'ev N.V., V'yushina O.A., Vlasenko A.N. Efficiency of basic tillage systems in the cultivation of barley. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 51, no. 1, pp. 11–17. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2021-1-1.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Перфильев Н.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 625501, Тюменская область, ул. Бурлаки, 2, пос. Московский; e-mail: p.nikolay52@yandex.ru.

Вьюшина О.А., научный сотрудник, e-mail: vyushina63@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Nikolay V. Perfil'ev**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** 2, Burlaki St., Moskovskiy vil., Tyumen, 625501, Russia; e-mail: nikolay52@yandex.ru

Olga A. Vyushina, Researcher, e-mail: vyushina63@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 20.01.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 04.06.2021
Дата публикации / Published 26.07.2021