

ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

УДК 631.62:631.518
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2023-61-4-271-281>

Поступила в редакцию 16.01.2023
Received 16.01.2023

Ю. И. Митрофанов, М. В. Гуляев, Ю. Д. Смирнова, А. Е. Казьмин

*ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева»,
Москва, Российская Федерация*

АГРОМЕЛИОРАТИВНАЯ ОБРАБОТКА ОСУШАЕМЫХ ПОЧВ

Аннотация. Показана эффективность объемного щелевания, приемов основной обработки и их совместного действия на продуктивность полевых культур и агрофизические свойства осушаемых почв. Опыты проводились на экспериментальном агрополигоне Губино Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель, расположенном на объекте мелиорации в Тверской области. Почвы дерново-подзолистые окультуренные легкосуглинистые глееватые, сформированные на маломощном двучлене, осушаемые закрытым гончарным дренажем. Объемное щелевание проводили на глубину 45–50 см с заполнением подпахотной части (30–50 см) измельченной соломой, растительными остатками в смеси с гумусовым слоем. Щелевание осуществлялось специально разработанным орудием. Ширина щели – 16 см, шаг щелевания – 140 см. Установлена эффективность гребнистой вспашки, объемного щелевания почвы и их совместного действия. Урожайность овса при гребнистой вспашке в среднем за 5 лет повысилась на 0,36 т/га (12,0 %), под влиянием щелевания – на 0,60 (20,0 %), при совместном их действии – на 0,82 т/га (27,0 %). Долевое участие щелевания в суммарной прибавке урожая в среднем за 5 лет составило 73,2 %, гребнистой вспашки – 26,8 %. Положительное влияние щелевания на урожайность полевых культур в опыте наблюдалось в течение 6 лет. Суммарная прибавка урожая от объемного щелевания почвы на овсе за 5 лет составила 3,0 т зерна на 1 га, при совместном действии с гребнистой вспашкой – 4,1 т зерна на 1 га, или на 36,7 % больше. Повышение урожайности овса как при щелевании почвы, так и при гребнистой вспашке произошло за счет увеличения количества продуктивных стеблей и массы зерна на метелке. При щелевании эти показатели увеличились на 8,4 и 11,3 %, при гребнистой вспашке – на 6,1 и 12,0 %. Результаты исследований могут быть использованы при разработке агро-мелиоративных систем обработки почвы и в адаптивных агротехнологиях возделывания яровых зерновых культур.

Ключевые слова: осушаемая почва, овес, щелевание, гребнистая вспашка, агрофизические свойства, урожайность, структура урожая

Для цитирования: Агромелиоративная обработка осушаемых почв / Ю. И. Митрофанов [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 271–281. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2023-61-4-271-281>

Yuri I. Mitrofanov, Maxim V. Gulyaev, Yulia D. Smirnova, Artem E. Kazmin

*Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute,
Moscow, Russian Federation*

AGROMELIORATIVE TREATMENT OF DRAINED SOILS

Abstract. The paper shows efficiency of volumetric slotting, methods of basic treatment and their combined effect on the performance of field crops and agrophysical properties of drained soils. The experiments were carried out at the Gubino experimental agro-polygon of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (VNIIMZ), located at the reclamation facility in the Tver region. The soils under experiment are cultivated soddy-podzolic, light loamy gleyic, formed on a thin binomial, drained by closed pottery drainage method. Volumetric slotting was carried out to a depth of 45–50 cm with filling the subarable part (30–50 cm) with crushed straw, plant residues mixed with a humus layer. The slotting was carried out with a specially designed tool. Slot width – 16 cm, slotting pitch – 140 cm. Efficiency of ridge plowing, volumetric slotting of the soil and their joint action has been determined. The yield of oats during ridge plowing increased by an average of 0.36 t/ha (12.0 %) over 5 years, in case of slotting – by 0.60 (20.0 %), in case of combined action – by 0.82 t/ha, or 27.0 %. The share of slotting in the total increase in yield on average over 5 years was 73.2 %, ridge plowing – 26.8 %. The positive effect

of slotting on the yield of field crops during the experiment was observed for 6 years. The total increase in yield from volumetric soil slotting on oats for 5 years was 3.0 tons of grain per 1 ha, with combined action with ridge plowing – 4.1 tons of grain per 1 ha, or 36.7 % higher. The increase in the yield of oats, both with soil slotting and with ridge plowing, occurred due to an increase in the number of productive stems and the mass of grain in the panicle. With slotting, these indicators increased by 8.4 and 11.3 %, with ridge plowing – by 6.1 and 12.0 %. The results of the research can be used in the development of agro-reclamation tillage systems and in adaptive agricultural technologies for the cultivation of spring grain crops.

Keywords: drained soil, oats, slotting, ridge plowing, agrophysical properties, yield, crop structure

For citation: Mitrofanov Yu. I., Gulyaev M. V., Smirnova Yu. D., Kazmin A. E. Agromeliorative treatment of drained soils. *Vesti Natsyyanal'nyay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2023, vol. 61, no. 4, pp. 271–281 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2023-61-4-271-281>

Введение. Важнейший элемент современных систем адаптивного земледелия – правильно организованная система обработки почвы в севообороте, задачами которой являются повышение плодородия почв, регулирование водно-воздушного режима почвы, устранение избыточного увлажнения, накопление, сохранение и рациональное использование почвенной влаги, создание благоприятных условий для своевременного посева культур, улучшение фитосанитарного состояния полей (уменьшение засоренности посевов и пахотного слоя почвы семенами и вегетативными органами сорных растений), подавление болезней и вредителей сельскохозяйственных культур, повышение эффективности органических и минеральных удобрений путем правильной заделки их в почву и др.¹ [1–4]. В условиях адаптивной интенсификации земледелия система обработки почвы должна соответствовать почвенно-климатическим условиям и зональным особенностям основных типов ландшафтов, функционально направлена на снижение или устранение факторов, лимитирующих уровень продуктивности сельскохозяйственных культур (переувлажнение, переуплотнение, дегумификация, смывость почв и др.) [5–8]. На осушаемых полугидроморфных почвах основным приемом обработки является вспашка, в севооборотах рекомендуется отвальная система обработки с элементами безотвальной (чизели, стойки СибИМЭ) и мелкой обработки почвы (тяжелые дисковые бороны, лемешные лушильники)². В полевых многопольных севооборотах наиболее эффективна разноглубинная обработка. Сочетание способов и глубины обработки почвы зависит от почвенно-климатических условий, биологических особенностей выращиваемых культур, уровня интенсификации производства, фитосанитарного состояния поля или участка [9–12]. На хорошо дренированных слабоогненных и глееватых почвах легкого гранулометрического состава замена вспашки мелкой обработкой возможна при подготовке почвы под озимую рожь после однолетних бобово-злаковых трав. В условиях постоянного дефицита времени такая замена позволяет в лучшие сроки и более качественно провести подготовку почвы под озимые культуры [13–15]. На землях с недостаточно отрегулированным мелиоративным режимом большое значение имеет включение в систему обработки различных агромелиоративных приемов (АП), адаптивное действие которых направлено на усиление осушающего действия дренажа, устранение причин, вызывающих нарушение водно-воздушного режима из-за избыточного увлажнения, улучшение воздушного и температурного режимов почвы, влагообеспеченности растений в засушливые периоды и т. д.³ [16–19].

Установлено, что применение АП позволяет повысить продуктивность основных полевых культур в зависимости от культуры, вида мероприятий и водности года на 10–30 % [20–23]. По своему влиянию на водный режим АП подразделяются на 2 группы: 1) направленные на усиление поверхностного и внутрипочвенного стока по пахотному слою почвы; 2) направленные на усиление внутрипочвенного стока по пахотному и подпахотному слоям почвы, на увеличение ее водовместимости и водопроницаемости, улучшение работы дренажа.

Основные недостатки большинства из них – кратковременность действия, необходимость периодического возобновления обработок и имеющиеся агроэкологические ограничения по их

¹ Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. рук. / под ред. В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. М.: Росинформагротех, 2005. 784 с.

² Система земледелия на мелиорированных землях Нечерноземной зоны РСФСР (рекомендации). М., 1984. 180 с.

³ Рекомендации по выполнению агромелиоративных мероприятий на мелиорированных и автоморфных минеральных почвах связного гранулометрического состава. Минск, 2010. 50 с.

применению. Важным условием эффективного применения АП является правильная привязка их к геоморфологическим, литологическим и гидрогеологическим факторам, структуре почвенного покрова мелиоративного объекта, гидромелиоративным водорегулирующим системам и т. д. [24]. Правильный выбор АП должен обеспечивать устойчивое решение задачи по оптимизации водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя почвы. В этой связи большой интерес представляет создание и изучение комбинированных систем и технологий совместного применения АП, относящихся к разным технологическим группам. Для решения этой задачи перспективными являются приемы, обладающие длительным положительным действием на эффективное плодородие осушаемых почв и высокой адаптивностью к агроэкологическому состоянию осушаемых почв.

В первой группе наибольшего внимания заслуживает гребнистая вспашка в системе зяблевой подготовки почвы под ранние яровые культуры, во второй – мелиоративное рыхление и щелевание¹ [25, 26]. Гребнистая вспашка – универсальный прием на полях со сложной структурой почвенного покрова с точки зрения адаптации технологий к агроландшафтным условиям. Водорегулирующее действие гребнистой вспашки связано с улучшением поверхностного стока, меньшей концентрацией влаги в понижениях при западном рельефе, более быстрым просыханием почвы до мягкопластичного состояния весной благодаря большей испаряющей способности гребнистой поверхности [27]. Во второй группе наибольший интерес для почв со сложной структурой почвенного покрова представляет объемное щелевание почвы на глубину 45–50 см, обладающее длительным сроком действия² [28].

Цель работы – показать эффективность совместного действия объемного щелевания и гребнистой вспашки в системах агромелиоративной обработки почвы.

Материалы и методы исследований. Опыты по оценке действия объемного щелевания почвы и приемов основной обработки на урожайность культур и агрофизические свойства почвы проводились на экспериментальном агрополигоне Губино Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель, расположенном на объекте мелиорации в Тверской области.

Схема опыта включала 5 вариантов систем зяблевой обработки почвы (табл. 1):

Т а б л и ц а 1. Схема зяблевой обработки почвы
T a b l e 1. Layout of autumn tillage

Номер варианта	Схема обработки почвы в годы проведения щелевания (2013–2014 гг.)	Схема обработки почвы в последующие годы (2015–2018 гг.) – варианты 3–5 на фоне щелевания, проведенного осенью 2014 г.
1	Д + вспашка на 20–22 см (контроль)	Д + вспашка на 20–22 см – контроль
2	Д + гребнистая вспашка на 20–22 см	Д + гребнистая вспашка на 20–22 см
3	Д + Щ + дискование в 2 следа на 10–12 см	Д + вспашка на 20–22 см
4		Д + дискование на 10–12 см
5	Д + Щ + гребнистая вспашка на 20–22 см	Д + гребнистая вспашка на 20–22 см

Примечание. Д – дискование на глубину 6–8 см; Щ – объемное щелевание на глубину 45–50 см, шаг щелевания – 140 см.

Note. D – disking to a depth of 6–8 cm; Щ – volumetric slotting to a depth of 45–50 cm, slotting step – 140 cm.

В 2014–2015 гг. варианты со щелеванием представляли собой первый год его действия, в 2016–2021 гг. – последствие на 2–7-й годы после проведения щелевания. Исследования велись в звеньях севооборотов: рапс яровой – овес (2015–2018 гг.) и овес с подсевом трав – многолетние травы 1 и 2 г. п. (2019–2021 гг.). На варианте со щелеванием в 2013–2014 гг. (годы его проведения) обычная вспашка была заменена дискованием в 2 следа на 10–12 см. Связано это было с необходимостью исключить разрушение щелей и их уплотнение при последующих за щелева-

¹ Глубокое рыхление и щелевание эродлируемых, уплотненных и временно переувлажненных почв: рекомендации / сост. Р. Л. Турецкий [и др.]. Минск: ЦНИИМЭСХ, 1988. 18 с.

² Там же.

нием обработках почвы. Такая вынужденная замена, как было установлено ранее, не снижает урожайности овса по сравнению со вспашкой.

Щелевание в опыте проводилось специально разработанным орудием, позволяющим формировать щель шириной 160 мм и заполнять ее нижнюю часть в процессе щелевания послеуборочными остатками зерновых культур – стерней и измельченной соломой озимой ржи в смеси с гумусовым слоем^{1,2}.

Для проведения гребнистой вспашки был использован переоборудованный 4-корпусный навесной плуг ПЛН-4-35. Вспашка проводилась после щелевания вдоль щелей без уплотнения их колесами трактора. Движение трактора при проведении дискования и гребнистой вспашки осуществлялось по следам, оставленным трактором при проведении щелевания. В последующие годы основная обработка почвы осуществлялась без учета расположения щелей на поле. При проведении щелевания почвы подготовка поля заключалась в измельчении соломы озимой ржи и обработке поверхности дисковой бороной на глубину 6–8 см.

Опытный участок осушен закрытым гончарным дренажем, расстояние между дренами – 20 м, глубина заложения – 0,9–1,2 м. Щелевание почвы проводилось поперек расположения дрен.

Почва участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая с атмосферным типом водного питания, сформированная на морене. Содержание гумуса – 2,75 % (по Тюрину), обеспеченность доступным фосфором – 224, обменным калием – 104 мг/кг почвы (по Кирсанову), $pH_{\text{сол}}$ почвенного раствора – 5,7 (ГОСТ 26483-85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО»³). Коэффициент фильтрации почвы с поверхности и горизонта A_2B составляет 0,07–0,12, опесчаненной морены – 0,34 м/сут. Повторность опыта – 4-кратная, учетная площадь делянок – 80–100 м². Все варианты обработки сравнивались на одном фоне удобрений. В опытах выращивались районированные в Тверской области сорта культур. Возделывание культур осуществлялось по рекомендованным в зоне технологиям, за исключением изучаемых приемов. Минеральные удобрения вносились в дозах $N_{50-60}P_{50-60}K_{50-60}$, позволяющих получать 3,0–4,0 т зерна с 1 га. Учет урожая зерновых культур проводили сноповым и комбайновым способами с пересчетом на стандартную 14%-ю влажность зерна. Достоверность прироста урожая определяли методом дисперсионного анализа [29].

Результаты и их обсуждение. Было установлено, что и объемное щелевание почвы, и гребнистая вспашка по своему влиянию на урожайность овса являются эффективными приемами. Прибавки урожая от гребнистой вспашки и щелевания при раздельном их применении в среднем за 2014–2015 гг. (первый год действия щелевания) составили 12,4 и 15,1 % соответственно (табл. 2). Наиболее высокая прибавка урожая овса от приемов агроулучшения была получена при совместном действии щелевания и гребнистой вспашки – 0,84 т/га, или 22,7 %. При этом эффективность каждого из них в отдельности при совместном применении снижается. На фоне щелевания прибавка урожая от гребнистой вспашки снизилась по сравнению с контрольным фоном на 0,18 т/га (с 0,46 до 0,28 т/га), или на 39,2 %; от щелевания почвы на фоне гребнистой вспашки – с 0,56 (на контроле) до 0,38 т/га, т. е. на 0,18 т/га, или на 32,2 %. При совместном применении агроулучшающих приемов долевое участие щелевания в суммарной прибавке урожая составило 66,7 %, гребнистой вспашки – 33,3 %.

Анализ структуры урожая в среднем за 2 года показал, что без щелевания весь прирост урожая при гребнистой вспашке, по сравнению с контролем, был получен за счет увеличения (на 16,0 %) количества стеблей с метелкой. Увеличение урожая под влиянием щелевания произошло как за счет большего количества продуктивных стеблей – на 16,8 %, так и за счет увеличения массы 1000 зерен – на 8,4 %. На фоне щелевания преимущество гребнистой вспашки перед обычной существенно уменьшилось – количество стеблей с метелкой и масса 1000 зерен были практически одинаковыми, а прирост урожая (0,28 т/га) был получен за счет большего количества

¹ Устройство для объемного щелевания с одновременным заполнением щели соломой: пат. RU 132302 / Ю. И. Митрофанов, В. Ф. Симонов, В. А. Котельников. Оpubл. 20.09.2013.

² Агрегат для объемного щелевания с одновременным заполнением щели соломой: пат. RU 153090 / Ю. И. Митрофанов, В. Ф. Симонов, С. А. Лукьянов, М. В. Гуляев. Оpubл. 08.06.2015.

³ URL: <http://vsegost.com/Catalog/29/29278.shtml> (дата обращения: 13.05.2023).

зерен (на 6,1 %) и большей массы зерна в метелке. При совместном действии щелевания и гребнистой вспашки количество продуктивных стеблей увеличилось на 16,5 %, масса зерна в метелке – на 8,9 %.

Зависимость расчетной биологической урожайности от изучаемых агрономелиоративных приемов полностью совпадает с результатами фактического полевого учета урожая. Долевое участие элементов продуктивности в приросте урожая при совместном действии щелевания и гребнистой вспашки составило: продуктивных стеблей – 68,2 %, метелки – 31,8 %. При обычной вспашке 87,0 % прироста урожая от щелевания было получено от увеличения количества продуктивных стеблей и 13,0 % – за счет метелки.

Т а б л и ц а 2. Влияние объемного щелевания и гребнистой вспашки на урожайность овса на глееватой легкосуглинистой почве (1-й год действия щелевания, среднее за 2014–2015 гг.)

Table 2. Effect of volumetric slotting and ridge plowing on the yield of oats on gleyic light loamy soil (1st year of slotting, average for 2014–2015)

Показатель	Фон*	Варианты			Изменение показателя при гребнистой вспашке	
		Вспашка на 20–22 см – контроль	Гребнистая вспашка на 20–22 см	Среднее по обработкам	±	%
Урожайность, т/га (НСР ₀₅ – 0,18 т/га)	К	3,70	4,16	3,93	+0,46	+12,4
	Щ	4,26	4,54	4,40	+0,28	+6,6
	±	+0,56	+0,38	+0,47	–	–
	%	+15,1	+9,1	+12,0	–	–
Количество стеблей с метелкой, шт.	К	357	414	385	+57	+16,0
	Щ	417	416	417	–1	–0,2
	±	+60	+2	+32	–	–
	%	+16,8	+0,5	+8,3	–	–
Количество зерен в метелке, шт.	К	35,0	32,5	33,8	–2,5	–7,2
	Щ	33,0	35,0	34,0	+2,0	+6,1
	±	–2,0	+2,5	+0,2	–	–
	%	–5,7	+7,7	+0,6	–	–
Масса 1000 зерен, г	К	32,2	32,8	32,5	+0,6	+1,9
	Щ	34,9	34,8	34,8	–0,1	–0,3
	±	+2,7	+2,0	+2,3	–	–
	%	+8,4	+6,1	+7,1	–	–
Масса зерна в метелке, г	К	1,12	1,07	1,10	–0,05	–4,5
	Щ	1,15	1,22	1,18	+0,07	+6,1
	±	+0,03	+0,15	+0,08	–	–
	%	+2,7	+14,0	+7,3	–	–
Биологический урожай, т/га	К	4,00	4,43	4,22	+0,43	+ 10,7
	Щ	4,79	5,07	4,93	+0,28	+5,8
	±	+0,79	+0,64	+0,71	–	–
	%	+19,7	+14,4	+16,8	–	–

* Фоны для приемов основной обработки почвы: К – без щелевания – контроль для оценки эффективности щелевания; Щ – со щелеванием почвы.

* Backgrounds for methods of soil basic treatment: К – without slotting – control for assessing the slotting efficiency; Щ – with soil slotting.

По результатам этих исследований был предложен новый способ обработки осушаемых почв под ранние зерновые культуры (овес, ячмень, яровая пшеница), обеспечивающий технологическое совмещение объемного щелевания и гребнистой вспашки в системе зяблевой подготовки почвы. Получен патент на способ обработки осушаемых (переувлажняемых) почв, нуждающихся

в улучшении водно-воздушного режима и дополнительных агромелиоративных мероприятиях¹. В 2015–2021 гг. исследования систем обработки почвы были проведены с учетом того, что объемное щелчевание почвы, как было установлено, обладает длительным сроком действия на продуктивность выращиваемых культур. Положительное влияние щелчевания в этом опыте было прослежено на овсе в течение 5 лет после его проведения, на рапсе яровом – 4 лет и на многолетних травах – на 6-й и 7-й годы действия. Прибавка урожая на овсе в среднем за 5 лет от действия щелчевания на фоне обычной зяблевой вспашки составила 0,60 т/га, или 20,0 %, на фоне гребнистой вспашки – 0,46 т/га, или 13,7 % (табл. 3). Эффективным приемом была и гребнистая вспашка – средняя за 5 лет прибавка урожая на обычном (без щелчевания) фоне составила 0,36 т/га, или 12,0 %. На фоне со щелчеванием прибавка урожая от гребнистой вспашки уменьшилась и составила 0,22 т/га (6,1 %). При совместном действии щелчевания и гребнистой вспашки урожайность овса в среднем за 5 лет, по сравнению с контролем, увеличилась на 0,82 т/га, или на 27,3 %. Долевое участие щелчевания в суммарной пятилетней прибавке урожая составило 73,2 %, гребнистой вспашки – 26,8 %.

Т а б л и ц а 3. Влияние приемов основной обработки и объемного щелчевания почвы на урожайность овса, т/га, предшественник рапс яровой

Table 3. Effect of methods of basic tillage and volumetric slotting of the soil on the yield of oats, t/ha, spring rapeseed as precursor

Варианты основной обработки почвы	Год						К контролю 1		
	2015	2016	2017	2018	2019	Среднее за 5 лет	±	%	
<i>Без щелчевания (контроль)</i>									
Д + вспашка на 20–22 см – контроль 1	2,57	2,91	3,05	3,71	2,74	3,00	–	–	
Д + гребнистая вспашка на 20–22 см	2,89	3,17	3,44	3,87	3,44	3,36	+0,36	12,0	
Гребнистая вспашка к контролю 1, ±	+0,32	+0,26	+0,39	+0,16	+0,60	+0,36	–	–	
<i>На фоне щелчевания</i>									
Д + вспашка на 20–22 см – контроль 2	3,16	3,27	3,76	4,05	3,80	3,60	+0,60	20,0	
Д + дискование на 10–12 см	3,18	3,37	3,30	4,20	3,12	3,43	+0,43	14,3	
Д + гребнистая вспашка на 20–22 см	3,27	3,60	3,73	3,99	4,50	3,82	+0,82	27,3	
Гребнистая вспашка к контролю 2, ±	+0,11	+0,33	–0,03	–0,06	+0,35	+0,22	–	–	
Прибавка от щелчевания	при обычной вспашке	+0,59	+0,36	+0,71	+0,34	+1,06	+0,60	–	–
	при гребнистой вспашке	+0,38	+0,43	+0,29	+0,12	+1,06	+0,46	–	–

Примечание. НСР₀₅ – 0,21 т/га; Д – дискование на глубину 6–8 см.

Note. Least significant difference (0.5) – 0.21 t/ha; D – disking to a depth of 6–8 cm.

При анализе структуры урожая за 5-летний период установлено, что повышение урожайности овса как при щелчевании почвы, так и при гребнистой вспашке произошло, по сравнению с контролем, за счет увеличения количества продуктивных стеблей и массы зерна в метелке. При щелчевании эти показатели увеличились на 8,4 и 11,3 % соответственно, при гребнистой вспашке – на 6,1 и 12,0 % (табл. 4). На фоне щелчевания преимущество гребнистой вспашки перед обычной существенно уменьшилось – количество стеблей с метелкой на обоих вариантах было практически одинаковым, а небольшой прирост урожая (0,21 т/га) был получен за счет большей массы зерна в метелке (на 3,4 %).

При совместном действии щелчевания и гребнистой вспашки количество продуктивных стеблей, по сравнению с контролем 1, увеличилось на 31,0 шт/м² (9,4 %), масса зерна в метелке – на 0,20 г (15,0 %). Участие продуктивных стеблей в приросте урожая при совместном действии

¹ Способ обработки тяжелых переувлажненных почв под яровые зерновые культуры: пат. Ru 2579247 / Ю. И. Митрофанов, В. Ф. Симонов, С. А. Лукьянов, Л. И. Петрова. Оpubл. 03.03.2016.

щелевания и гребнистой вспашки в среднем за 5 лет составило 41,6 %, метелки – 58,4 %. Наиболее заметное влияние щелевания на продуктивный стеблестой отмечено в первый год действия. При обычной вспашке 45,0 % прироста урожая от щелевания было получено от увеличения количества продуктивных стеблей и 54,0 % – за счет метелки.

Т а б л и ц а 4. Структура урожая овса при разных системах обработки почвы, среднее за 2015–2019 гг.

Table 4. Structure of oat yield under different tillage systems, average for 2015–2019

Варианты		Количество, шт.		Масса, г		Биологическая урожайность, т/га
		стеблей с метелкой, на 1 м ²	зерен в метелке	1000 зерен	зерна в метелке	
<i>Без щелевания (контроль)</i>						
Д + вспашка на 20–22 см – контроль 1		330	39	34,2	1,33	4,40
Д + гребнистая вспашка на 20–22 см		350	42	35,6	1,49	5,23
Гребнистая вспашка к контролю 1		±	+20	+3	+1,4	+0,83
		%	+6,1	+7,7	+4,9	+12,0
<i>На фоне щелевания</i>						
Д + Щ + обычная вспашка на 20–22 см – контроль 2		358	42	35,4	1,48	5,32
Д + Щ + дискование в 2 следа на 10–12 см		349	40	35,6	1,42	4,97
Д + Щ + гребнистая вспашка на 20–22 см		361	43	35,6	1,53	5,53
Гребнистая вспашка к контролю 2		±	+3	+1	+0,2	+0,05
		%	+0,8	+2,4	+0,6	+3,4
Прибавка от щелевания	при обычной вспашке	+28	+3	+1,2	+0,15	+0,92
	при гребнистой вспашке	+11	+1	0	+0,04	+0,10

Примечание. НСР₀₅ – 0,33 т/га; Д – дискование на глубину 6–8 см.

Note. Least significant difference (0.5) – 0.33 t/ha; Д – disking to a depth of 6–8 cm.

На рапсе яровом эффективность агрономелиоративных приемов обработки почвы была существенно меньше, чем на овсе. Под влиянием щелевания урожайность рапса в зависимости от способа основной обработки повышалась на 6,3–11,2 % (табл. 5). Гребнистая вспашка не имела преимуществ перед обычной, в том числе и на фоне со щелеванием почвы.

На многолетних травах 1 г. п. (6-й год действия щелевания) в условиях избыточно влажного 2020 г. агрономелиоративные приемы сохранили свое влияние на продуктивность клеверо-тимофеечной смеси, прежде всего за счет увеличения биомассы клевера. На варианте с ежегодной гребнистой вспашкой урожайность зеленой массы клеверо-тимофеечной смеси увеличилась на 18,0 %, на фоне щелевания, в зависимости от варианта основной обработки, – на 13,9–24,6 %. Наиболее низкая урожайность клеверо-тимофеечной смеси была получена на варианте с дискованием на 10–12 см – 36,1 т/га зеленой массы, или на 3,4 т меньше, чем на варианте со вспашкой. Влияние агрономелиоративных приемов на продуктивность клевера связано прежде всего с их положительным влиянием на формирование оптимальных агроэкологических условий для клевера в первый год его жизни под покровом овса, в данном случае в условиях засушливой первой половины вегетации 2019 г. (ГТК по Селянинову за май – июнь – 0,76). Прибавки урожая получены как на покровной культуре, так и на клеверо-тимофеечной смеси 1 г. п. От совместного действия гребнистой вспашки и щелевания достоверного увеличения урожайности клеверо-тимофеечной смеси получено не было. На травах 2 г. п. (7-й год действия щелевания) в условиях засушливого 2021 г. влияния изучаемых систем обработки почвы на их продуктивность, за исключением варианта с дискованием, не наблюдалось. На варианте с дискованием отмечено достоверное снижение урожайности клеверо-тимофеечной смеси на 3,5 т/га, или на 6,8 %.

Т а б л и ц а 5. Урожайность рапса ярового в зависимости от приемов обработки почвы, т/га зеленой массы, предшественник овес

T a b l e 5. Yield of spring rapeseed depending on tillage methods, t/ha of green mass, oats as precursor

Варианты основной обработки почвы	Год					К контролю 1		
	2015	2016	2017	2018	Среднее за 5 лет	+	%	
<i>Без щелевания (контроль)</i>								
Д + вспашка на 20–22 см – контроль 1	12,8	32,6	15,2	21,1	20,5	–	–	
Д + гребнистая вспашка на 20–22 см	14,3	33,8	16,9	20,5	21,4	+0,9	4,4	
Гребнистая вспашка к контролю 1, ±	+1,5	+0,2	+1,7	–1,4	+0,9	–	–	
<i>На фоне щелевания</i>								
Д + вспашка на 20–22 см – контроль 2	16,0	33,8	17,4	20,2	21,8	+1,3	6,3	
Д + дискование на 10–12 см	16,7	33,8	18,6	22,3	22,8	+2,3	11,2	
Д + гребнистая вспашка на 20–22 см	15,9	35,5	15,9	20,4	21,9	+1,4	6,8	
Гребнистая вспашка к контролю 2, ±	–0,1	+1,7	–1,5	+0,2	+0,1	–	–	
Изменение показателя от щелевания, ±	при обычной вспашке	+3,2	+1,2	+2,2	–0,9	+1,3	–	–
	при гребнистой вспашке	+1,6	+1,7	–1,0	–0,1	+0,5	–	–

П р и м е ч а н и е. НСР₀₅ – 1,14 т/га; Д – дискование на глубину 6–8 см.

Not e. Least significant difference (0.5) – 1.14 t/ha; Д – disking to a depth of 6–8 cm.

Наблюдения за агрофизическим состоянием пахотного слоя почвы показали, что преимущество за агромелиоративными приемами сформировалось прежде всего благодаря лучшей влагообеспеченности растений и оптимизации водно-воздушного режима. При этом щелевание в первый год его действия несколько увеличивало плотность почвы, что связано, видимо, с дополнительным уплотняющим воздействием на почву ходовых систем колесных тракторов при проведении щелевания. В среднем за 5 лет лучшие агрофизические параметры почвы по плотности, общей пористости, пористости аэрации, коэффициенту аэрации (соотношение воды и воздуха в почве) были на варианте с гребнистой вспашкой на фоне объемного щелевания, на контроле они в среднем за вегетацию составили 1,39 г/см³, 46,9 %, 20,8 % и 0,80 соответственно, а на варианте со щелеванием и гребнистой вспашкой – 1,35 г/см³, 49,2 %, 24,8 % и 1,02. Положительное влияние щелевания на агрофизическое состояние почвы в слое 20–40 см проявилось в снижении плотности почвы на 0,11 г/см³ в среднем за 4 года и повышении водопроницаемости этого слоя с 0,10 до 0,58 м/сут. Плотность подпахотной части щели была на 0,06–0,07 г/см³ меньше плотности пахотного слоя почвы. Уровень грунтовых вод до посева и в период активной вегетации при щелевании был ниже на 16 см.

З а к л ю ч е н и е. Установлена высокая эффективность гребнистой вспашки, объемного щелевания почвы и их совместного действия на глееватой легкосуглинистой дренированной почве. Урожайность овса при гребнистой вспашке повысилась в среднем за 5 лет на 0,36 т/га (12,0 %), под влиянием щелевания – на 0,60 (20,0 %), при совместном их действии – на 0,82 т/га (27,0 %). Долевое участие щелевания в суммарной прибавке урожая в среднем за 5 лет составило 73,2 %, гребнистой вспашки – 26,8 %. Объемное щелевание почвы на глубину 45–50 см с формированием широких щелей (16 см) и заполнением их измельченной соломой и растительными остатками в смеси с гумусовым слоем является агромелиоративным приемом длительного действия. Положительное влияние щелевания на урожайность полевых культур в опыте наблюдалось в течение 6 лет. Суммарная прибавка урожая овса за 5 лет при проведении объемного щелевания почвы составила 3,0 т зерна с 1 га, при совместном действии с гребнистой вспашкой – 4,1 т, или на 36,7 % больше. Повышение урожайности овса как при щелевании почвы, так и при гребнистой вспашке произошло, по сравнению с контролем, за счет увеличения количества продуктивных стеблей и массы зерна в метелке. При щелевании их показатели увеличились на 8,4 и 11,3 %, при гребнистой вспашке – на 6,1 и 12,0 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kiryushin, V. I. The management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive-landscape farming systems / V. I. Kiryushin // *Eurasian Soil Sci.* – 2019. – Vol. 52, № 9. – P. 1137–1145. <https://doi.org/10.1134/S1064229319070068>
2. Rehabilitation of soil properties by using direct seeding technology / V. K. Dridiger [et al.] // *Eurasian Soil Sci.* – 2020. – Vol. 53, № 9. – P. 1293–1301. <https://doi.org/10.1134/S1064229320090033>
3. Шевченко, В. А. Влияние приемов обработки почвы на агрофизические показатели плодородия при возделывании ячменя на мелиорированных землях Верхневолжья / В. А. Шевченко, А. М. Соловьев, А. Л. Бубер // *Плодородие.* – 2018. – № 4 (103). – С. 40–43. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2018.103.13>
4. Медведев, В. В. Эволюция взглядов на обработку почв / В. В. Медведев, И. В. Плиско // *Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию каф. почвоведения БГУ и 80-летию со дня рождения В. С. Аношко, Минск, 20–23 сент. 2018 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: Д. М. Курлович (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 228–232.*
5. Новоселов, С. И. Плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от основной обработки и севооборота / С. И. Новоселов, А. Н. Кузьминых, Р. В. Еремеев // *Плодородие.* – 2019. – № 6 (111). – С. 22–25. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.111.06>
6. Оценка изменения свойств почвы при воздействии почвообрабатывающих катков сельскохозяйственных машин / А. Н. Орда [и др.] // *Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук.* – 2018. – Т. 56, № 1. – С. 75–86. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-1-75-86>
7. Перфильев, Н. В. Состояние водопрочности структурно-агрегатного состава темно-серой лесной почвы при различных системах основной обработки / Н. В. Перфильев, О. А. Вьюшина // *Плодородие.* – 2023. – № 3 (132). – С. 13–18. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2023.132.03>
8. Effects of long-term tillage, terminating no-till and cropping system on organic C and N, and available nutrients in a Gleysolic soil in Quebec, Canada / S. S. Malhi [et al.] // *J. Agric. Sci.* – 2018. – Vol. 156, № 4. – P. 472–480. <https://doi.org/10.1017/s0021859618000448>
9. Реакция яровой пшеницы и овса на средства интенсификации и приемы обработки каштановых и черноземных почв на юге Западной Сибири / А. А. Гаркуша [и др.] // *Земледелие.* – 2021. – № 7. – С. 30–35. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-7-30-35>
10. Попов, А. С. Основная обработка почвы твердой озимой пшеницы / А. С. Попов // *Зерновое хоз-во России.* – 2019. – № 5 (65). – С. 40–44. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-65-5-40-44>
11. Артемьев, А. А. Возделывание яровой пшеницы на фоне разных приемов обработки почвы и минерального питания / А. А. Артемьев, А. М. Гурьянов, Е. Н. Хвостов // *Международ. с.-х. журн.* – 2021. – № 4 (382). – С. 69–72. <https://doi.org/10.24412/2587-6740-2021-4-69-72>
12. Impact of tillage, seeding rate and seeding depth on soil moisture and dryland spring wheat yield in Western Siberia / I. Kühling [et al.] // *Soil Tillage Res.* – 2017. – Vol. 170. – P. 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.02.009>
13. Зинченко, С. И. Влияние приемов основной обработки в зернотравяном севообороте на плотность сложения серой лесной почвы / С. И. Зинченко // *Земледелие.* – 2023. – № 3. – С. 21–26. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-3-21-26>
14. Tillage and crop rotation effects on the yield of corn, soybean, and wheat in eastern Canada / M. J. Morrison [et al.] // *Can. J. Plant Sci.* – 2018. – Vol. 98. – P. 183–191. <https://doi.org/10.1139/cjps-2016-0407>
15. Effects of no-tillage and conventional tillage on physical and hydraulic properties of fine textured soils under winter wheat / M. Castellini [et al.] // *Water.* – 2019. – Vol. 11, № 3. – P. 484. <https://doi.org/10.3390/w11030484>
16. Поляков, Д. Г. Обработка почвы и прямой посев: агрофизические свойства черноземов и урожайность полевых культур / Д. Г. Поляков // *Земледелие.* – 2021. – № 2. – С. 37–43. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2021-10208>
17. Влияние приемов основной обработки почвы в севообороте на динамику влажности и агрофизические свойства чернозема выщелоченного / В. Н. Романов [и др.] // *Достижения науки и техники АПК.* – 2018. – Т. 32, № 5. – С. 32–34. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10508>
18. Савенков, В. П. Твердость и влагообеспеченность почвы при различных системах основной ее обработки / В. П. Савенков // *Плодородие.* – 2022. – № 4 (127). – С. 55–58. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.127.15>
19. Soil wet aggregate distribution and pore size distribution under different tillage systems after 16 years in the Loess Plateau of China / L. Gao [et al.] // *Catena.* – 2019. – Vol. 173. – P. 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.09.043>
20. Влияние ресурсосберегающих обработок на агрофизические свойства обыкновенного чернозема и урожайность яровой пшеницы в предгорной степи Южного Урала / Я. З. Каипов [и др.] // *Земледелие.* – 2020. – № 1. – С. 40–43. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10111>
21. Воропаева, А. Н. Влияние технологии возделывания на урожай и качество зерна озимой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья / А. Н. Воропаева, Н. Н. Шаповалова, Е. И. Годунова // *Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та.* – 2019. – № 5 (79). – С. 72–76.
22. Продуктивность зерновых культур при различных способах обработки почвы / Р. Л. Акчурин [и др.] // *Достижения науки и техники АПК.* – 2019. – Т. 33, № 8. – С. 14–17. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10803>
23. Sithole, N. J. Long-term impact of no-till conservation agriculture and N-fertilizer on soil aggregate stability, infiltration and distribution of C in different size fractions / N. J. Sithole, L. S. Magwaza, G. R. Thibaud // *Soil Tillage Res.* – 2019. – Vol. 190. – P. 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.03.004>
24. Blanco-Canqui, H. No-tillage and soil physical environment / H. Blanco-Canqui, S. J. Ruis // *Geoderma.* – 2018. – Vol. 326. – P. 164–200. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011>

25. Митрофанов, Ю. И. Гребнистый способ посева зерновых культур на осушаемых землях / Ю. И. Митрофанов, О. Н. Анциферова // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т. 21, № 3. – С. 301–312. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.3.301-312>
26. Митрофанов, Ю. И. Улучшенный гребнистый способ посева озимой ржи на осушаемых землях / Ю. И. Митрофанов, Л. В. Пугачева, Н. А. Смирнова // Междунар. с.-х. журн. – 2020. – № 5 (377). – С. 48–51. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-15092>
27. Митрофанов, Ю. И. Особенности земледелия на осушаемых почвах / Ю. И. Митрофанов // Междунар. с.-х. журн. – 2022. – № 4 (388). – С. 423–428. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_4_423
28. Новый способ щелевания осушаемых почв / Ю. И. Митрофанов [и др.] // Междунар. с.-х. журн. – 2022. – № 5 (389). – С. 541–545. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_5_541
29. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

References

- Kiryushin V. I. The management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive-landscape farming systems. *Eurasian Soil Science*, 2019, vol. 52, no. 9, pp. 1137–1145. <https://doi.org/10.1134/S1064229319070068>
- Dridiger V. K., Ivanov A. L., Belobrov V. P., Kutovaya O. V. Rehabilitation of soil properties by using direct seeding technology. *Eurasian Soil Science*, 2020, vol. 53, no. 9, pp. 1293–1301. <https://doi.org/10.1134/S1064229320090033>
- Shevchenko V. A., Solovyov A. M., Buber A. L. Influence of soli cultivation practices on the agrophysical parameters of soil fertility during the barley cultivation on the irrigated soils of Upper Volga. *Plodородie*, 2018, no. 4 (103), pp. 40–43 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2018.103.13>
- Medvedev V. V., Plisko I. V. Evolution of views on soil cultivation. *Pochvy i zemel'nye resursy: sovremennoe sostoyanie, problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya, geoinformatsionnoe kartografirovaniye: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 85-letiyu kafedry pochvovedeniya BGU i 80-letiyu so dnya rozhdeniya V. S. Anoshko, Minsk, 20–23 sentyabrya 2018 g.* [Soils and land resources: current state, problems of rational use, geoinformation mapping: proceedings of the international scientific-practical conference, dedicated to the 85th anniversary of the Department of Soil Science of BSU and the 80th anniversary of the birth of V. S. Anoshko, Minsk, September 20–23, 2018]. Minsk, 2018, pp. 228–232 (in Russian).
- Novoselov S. I., Kuzminykh A. N., Eremeyev R. V. The influence of fallow types and methods of primary tillage on soil fertility and productivity crop rotation. *Plodородie*, 2018, no. 6 (111), pp. 22–25 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.111.06>
- Orda A. N., Kruk I. S., Nazarov F. I., Vorobey A. S., Seleshi A. B. Assessment of soil properties change under effect of soil cultivating agricultural machines. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2018, vol. 56, no. 1, pp. 75–86 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-1-75-86>
- Perfilyev N. V., Vyushina O. A. Condition of water holding capacity of structural-aggregate composition of dark-grey forest soil under different systems of main tillage. *Plodородie*, 2023, no. 3 (132), pp. 13–18 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2023.132.03>
- Malhi S. S., Légère A., Vanasse A., Parent G. Effects of long-term tillage, terminating no-till and cropping system on organic C and N, and available nutrients in a Gleysolic soil in Quebec, Canada. *The Journal of Agricultural Science*, 2018, vol. 156, no. 4, pp. 472–480. <https://doi.org/10.1017/s0021859618000448>
- Garkusha A. A., Usenko V. I., Litvintseva T. A., Kravchenko V. I., Purgin D. V., Shcherbakova A. A. Response of spring wheat and oats, and the means of intensification and methods of processing chestnut and chernozem soils in the south of Western Siberia. *Zemledelie*, 2021, no. 7, pp. 30–35 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2021-7-30-35>
- Popov A. S. Primary tillage for winter durum wheat. *Zernovoe khozyaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2019, no. 5 (65), pp. 40–44 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-65-5-40-44>
- Artemjev A. A., Guryanov A. M., Khvostov E. N. Cultivation of spring wheat against the background of different methods of tillage and mineral nutrition. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International Agricultural Journal*, 2021, no. 4 (382), pp. 69–72 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2587-6740-2021-4-69-72>
- Kühling I., Redozubov D., Broll G., Trautz D. Impact of tillage, seeding rate and seeding depth on soil moisture and dryland spring wheat yield in Western Siberia. *Soil and Tillage Research*, 2017, vol. 170, pp. 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.02.009>
- Zinchenko S. I. Influence of basic tillage methods in grain-grass crop rotation on the density of grey forest soil. *Zemledelie*, 2023, no. 3, pp. 21–26 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-3-21-26>
- Morrison M. J., Cober E. R., Gregorich E. G., Voldeng H. D., Ma B., Topp G. C. Tillage and crop rotation effects on the yield of corn, soybean, and wheat in eastern Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 2018, vol. 98, pp. 183–191. <https://doi.org/10.1139/cjps-2016-0407>
- Castellini M., Fornaro F., Garofalo P., Giglio L., Rinaldi M., Ventrella D., Vitti C., Vonella A. Effects of no-tillage and conventional tillage on physical and hydraulic properties of fine textured soils under winter wheat. *Water*, 2019, vol. 11, no. 3, p. 484. <https://doi.org/10.3390/w11030484>
- Polyakov D. G. Tillage and direct sowing: agrophysical properties of chernozems and yield of field crops. *Zemledelie*, 2021, no. 2, pp. 37–43 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2021-10208>
- Romanov V. N., Ivchenko V. K., Il'chenko I. O., Lugantseva M. V. Influence of tillage methods in a crop rotation on moisture dynamics and agrophysical properties of leached chernozem. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2018, vol. 32, no. 5, pp. 32–34 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10508>

18. Savenkov V. P. Soil density and moisture level with different basic tillage systems. *Plodorodie*, 2022, no. 4 (127), pp. 55–58 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.127.15>
19. Gao L., Wang B., Li S., Wu H., Wu X., Liang G., Gong D., Zhang X., Cai D., Degré A. Soil wet aggregate distribution and pore size distribution under different tillage systems after 16 years in the Loess Plateau of China. *Catena*, 2019, vol. 173, pp. 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.09.043>
20. Kaipov Ya. Z., Akchurin R. L., Sultangazin Z. R., Shakirzyanov A. H. Impact of resource-saving treatments on agro-physical properties of ordinary chernozem and yield of spring wheat in the foothills steppe of the Southern Urals. *Zemledelie*, 2020, no. 1, pp. 40–43 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10111>
21. Voropaeva A. N., Shapovalova N. N., Godunova E. I. Influence of cultivation technology on the yield and quality of winter wheat grain under the conditions of unstable moistening in the Central Predkavkazye. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2019, no. 5 (79), pp. 72–76 (in Russian).
22. Akchurin R. L., Chanyshv I. O., Nafikov R. K., Nizaeva A. A. Effect of various tillage methods on productivity of grain and leguminous crops. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 8, pp. 14–17 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10803>
23. Sithole N. J., Magwaza L. S., Thibaud G. R. Long-term impact of no-till conservation agriculture and N-fertilizer on soil aggregate stability, infiltration and distribution of C in different size fractions. *Soil and Tillage Research*, 2019, vol. 190, pp. 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.03.004>
24. Blanco-Canqui H., Ruis S. J. No-tillage and soil physical environment. *Geoderma*, 2018, vol. 326, pp. 164–200. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011>
25. Mitrofanov Yu. I., Antsiferova O. N. Ridge method of sowing crops on drained lands. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2020, vol. 21, no. 3, pp. 301–312 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.3.301-312>
26. Mitrofanov Yu. I., Pugacheva L. V., Smirnova N. A. Improved comb method of sowing winter rye on drained lands. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International Agricultural Journal*, 2020, no. 5 (377), pp. 48–51 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-15092>
27. Mitrofanov Yu. I. Features of agriculture on drained soils. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International Agricultural Journal*, 2022, no. 4 (388), pp. 423–428 (in Russian). https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_4_423
28. Mitrofanov Yu. I., Gulyaev M. V., Pugacheva L. V., Pervushina N. K. A new way of splitting drained soils. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International Agricultural Journal*, 2022, no. 5 (389), pp. 541–545 (in Russian). https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_5_541
29. Dospikhov B. A. *Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 351 p. (in Russian).

Информация об авторах

Митрофанов Юрий Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом мелиоративного земледелия, Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева» (ВНИИМЗ – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева») (пос. Эммаусс, 27, 170530, Тверская обл., Российская Федерация). <https://orcid.org/0000-0003-0994-6743>. E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Гуляев Максим Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия, ВНИИМЗ – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева» (пос. Эммаусс, 27, 170530, Тверская обл., Российская Федерация). <https://orcid.org/0000-0001-5916-7778>. E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Смирнова Юлия Дмитриевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела биотехнологий, заместитель директора по науке, ВНИИМЗ – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева» (пос. Эммаусс, 27, 170530, Тверская обл., Российская Федерация). <https://orcid.org/0000-0003-2435-2089>. E-mail: ulayad@yandex.ru

Казьмин Артем Евгеньевич – инженер-исследователь отдела мелиоративного земледелия, ВНИИМЗ – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева» (пос. Эммаусс, 27, 170530, Тверская обл., Российская Федерация). E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Information about the authors

Yuri I. Mitrofanov – Ph. D. (Agriculture), Head of the Department of Ameliorative Agriculture, All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands – Branch of the Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science (VNIIMZ FRC V. V. Dokuchaev Soil Science Institute) (27, Emmauss village, 170530, Tver Region, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-0994-6743>. E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Maxim V. Gulyaev – Ph. D. (Agriculture), Senior Researcher of the Department of Reclamation Agriculture, VNIIMZ FRC V. V. Dokuchaev Soil Science Institute (27, Emmauss village, 170530, Tver Region, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-5916-7778>. E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Yulia D. Smirnova – Ph. D. (Biology), Senior Researcher of the Department of Biotechnology, Deputy Director for Science, VNIIMZ FRC V. V. Dokuchaev Soil Science Institute (27, Emmauss village, 170530, Tver Region, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-2435-2089>. E-mail: ulayad@yandex.ru

Artem E. Kazmin – Research Engineer of the Department of Reclamation Agriculture, VNIIMZ FRC V. V. Dokuchaev Soil Science Institute (27, Emmauss village, 170530, Tver Region, Russian Federation). E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru