Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Махаева Наталья Юрьевна
Должность: Проректор по учебной и воспитательной работе, молодежной политике ФГБОУ ВО "Ярославский ГАУ"
Дата подписания: 02.02.2024 11:01:58
Уникальный программный ключ:
fa349ae3f3f5a45643d89cfb67187284ea10f48e8

Информация об авторах

Романов Борис Васильевич, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сельскохозяйственных растений ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (РФ, 346735, Ростовская обл., Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), кандидат биологических наук, ORCID: http://orcid.org 0000-0002-0701-1584, тел.:+ 79381556901, e-mail: triticumrbw@mail.ru

Пимонов Константин Игоревич, профессор кафедры «Растениеводство и садоводство», ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (РФ, 346493, Ростовская обл., Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: http://orcid.org 0000-0003-0726-2583, тел.:+79298203425, e-mail: Konst.pimonov@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.51:631.4:631.8 **DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-14**

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF ENERGYSAVING PRIMARY TILLAGE TECHNOLOGIES ON ORGANIC MATTER CONTENT AND AGROPHYSICAL PROPERTIES OF THE SOIL

С. В. Щукин, *кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*
Е. А. Горнич, *старший преподаватель*
А. М. Труфанов, *кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*
А. Н. Воронин, *кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*

S. V. Shchukin, E. A. Gornich, A. M. Trufanov, A. N. Voronin

ФГБОУ ВО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Yaroslavl State Agricultural Academy»

Дата поступления в редакцию 23.10.2019 Дата принятия к печати 20.12.2019
Received 23.10.2019 Submitted 20.12.2019

Представлены опытные данные за период с 2015 по 2017 гг. по влиянию разных по интенсивности систем обработки почвы, удобрений и гербицидов на содержание органического вещества, агрофизические свойства дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы и урожайность полевых культур. Установлено, что применение систем энергосберегающей обработки (STL, SP, ST) способствует достоверному увеличению содержания органического вещества на 0,14-0,16 п.п. в верхнем слое в сравнении с системой отвальной обработки (MP). При этом отсутствие обработки на глубине 15, 20 и 25 см на вариантах с поверхностной с рыхлением (STL), поверхностно-отвальной (SP) и поверхностной (ST) обусловливало увеличение значений сопротивления пенетрации почвы на 0,49-2,41 кг/см^2. Проведение ежегодной поверхностной обработки (ST) способствовало снижению коэффициента структурности почвы в верхнем слое (0-10 см) на 0,17 единиц. Использование SNPK вело к формированию наибольших значений по содержанию органического вещества в почве – 3,13%. Внесение SNPK и NPK способствовало достоверному увеличению доли водоустойчивых агрегатов в слое 10-20 см на 1,35-1,42 п.п. Применение поверхностно-отвальной обработки (SP) по фону удобрений SNPK обеспечивает формирование урожайности ячменя на уровне 27,4 ц/га, однолетних трав – 461,66 ц/га и яровой пшеницы – 28,15 ц/га и способствует увеличению чистого энергетического дохода: в посевах ячменя на 20,09 ГДж/га, однолетних трав на 45,91 ГДж/га, яровой пшеницы на 6,69 ГДж/га.

The article presents experimental data for the period from 2015 to 2017 according to the influence of different tillage systems, fertilizers and herbicides on the content of organic matter, agrophysical properties of soddy-podzolic and middle loamy soils and crop yields. It has been established that the use of energy-saving tillage (STL, SP, ST) contributes to a significant increase in the content of organic matter by 0,14-0,16 percentage points in the upper layer in comparison with the moldboard plowing (MP). In this case, the absence of treatment at a depth of 15, 20 and 25 cm on the options with surface treatment with deep loosening (STL), surface-ploughing treatment (SP) and surface treatment (ST) led to an increase in the values of soil penetration resistance by 0,49-2,41 kg /cm^2. Carrying out surface treatment (ST) contributed to a decrease in the coefficient of soil structure in the upper layer (0-10 cm) by 0,17 units. The use of straw together with complete mineral fertilizer (SNPK) led to the formation of the highest values for the content of organic matter in the soil – 3,13%. The introduction of SNPK and NPK contributed to a significant increase in the proportion of water-resistant soil aggregates in the 10-20 cm layer by 1,35-1,42 percentage points. Applying surface-ploughing treatment (SP) and SNPK leads to optimization agrophysical soil properties and provides yields of barley at 27,4 c/ha, annual grasses – 461,66 c/ha and spring wheat – 28,15 c/ha and contributes to an increase in net energy income: in barley crops by 20,09 GJ/ha, annual herbs by 45,91 GJ/ha, spring wheat by 6,69 GJ/ha.

Ключевые слова: *системы обработки почвы, системы удобрения, структура почвы, плотность почвы, твердость (сопротивление пенетрации) почвы, урожайность.*

Key words: *tillage systems, fertilizer systems, soil structure, soil bulk density, soil penetration resistance, crop yields.*

Цитирование. Щукин С. В., Горнич Е. А., Труфанов А. М., Воронин А. Н. Оценка действия энергосберегающих технологий основной обработки почвы на содержание органического вещества и агрофизические показатели плодородия. *Известия НВ АУК.* 2019. 4(56). 119-126. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-14.

Citation. Shchukin S. V., Gornich E. A., Trufanov A. M., Voronin A. N. Assessment of the effect of energysaving primary tillage technologies on organic matter content and agrophysical properties of the soil. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 4(56). 119-126 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-14.

Введение. Энергосберегающие технологии являются важным элементом эффективного производственного процесса, что во многом определяет направленность научно-исследовательской работы, в том числе и в сельском хозяйстве. Вместе с тем нужно четко разграничить условия, формирующие долгосрочный и краткосрочный энергосберегающий эффект. И главное – это общая результирующая данных эффектов.

Минимизация основной обработки почвы уже длительное время рассматривается как элемент энергосберегающих технологий, т.к. сопровождается снижением затратных статей [4], а также способствует сокращению темпов минерализации органического вещества почвы [7-9] и перераспределению его содержания в пахотном слое [3], стабилизации структуры почвы [2, 10]. Но если рассматривать этот вопрос линейно с позиции сокращения и упрощения, то можно столкнуться с проблемами увеличения засоренности [6, 12], плотности и твердости почвы [3, 5, 11]. В данном аспекте минимизация основной обработки уже не может восприниматься как энергосберегающая, т.к. кратковременный ресурсосберегающий эффект может перекрываться затратами на дополнительную борьбу с вредными организмами, удобрения, обработку и т.д. В связи с этим наиболее полная оценка действия энергосберегающих технологий может быть проведена только в условиях многолетнего стационарного опыта, где изучаемые технологии уже вошли в режим.

Материалы и методы. Экспериментальная работа была выполнена в 2015-2017 гг. в полевом трёхфакторном опыте, заложенном на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, характеризующейся временным избыточным увлажнением.

Схема опыта: *Фактор А. Система основной обработки почвы.* 1. Отвальная (MP): дисковая обработка на 8-10 см и ежегодная вспашка на 20-22 см; 2. Поверхностная с глубоким рыхлением (STL): дисковая обработка на 8-10 см и безотвальное рыхление на 25-27 см 1 раз в 4-5 лет в сочетании с поверхностной дисковой обработкой на 6-8 см в остальные 3-4 года. 3. Комбинированная (поверхностно-отвальная) (SP): дисковая обработка на 8-10 см и вспашка на 20-22 см 1 раз в 4-5 лет в сочетании с дисковой обработкой на 6-8 см в остальные 3-4 года; 4. Поверхностная (ST): ежегодная поверхностная дисковая обработка на 6-8 см.

Фактор В. Система удобрений. 1. Без внесения удобрений (F0); 2. N_{30} (N); 3.Солома (S); 4. Солома + N_{30} (SN); 5. Солома + NPK (SNPK); 6. NPK (NPK).

Фактор С. Система защиты растений от сорняков. 1. Без гербицидов (G0); 2. С гербицидами (WG): в 2015 году применялся гербицид Линтур, в норме 0,15 кг/га. В 2016 и 2017 гг. изучалось последействие гербицидов [1].

Результаты. В среднем за период исследований (2015-2017 гг.) применение энергосберегающей обработки (STL, SP, ST) способствует достоверному увеличению содержания органического вещества на 0,14-0,16 п.п. в верхнем слое в сравнении с системой отвальной обработки (MP) (рисунок 1). Внесение удобрений обусловливает увеличение содержания органического вещества в пахотном слое за счет более высокой урожайности и выхода пожнивно-корневых остатков. Наибольшие значения изучаемого показателя были свойственны варианту SNPK – 3,13 %.

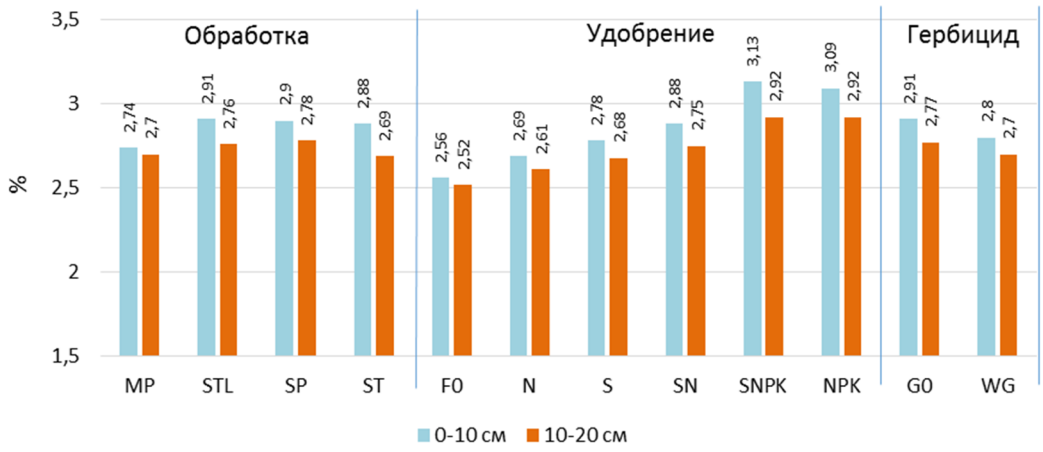

Рисунок 1 – Содержание органического вещества в почве
(в среднем по факторам и за период 2015-2017 гг.)

Figure 1 – The content of organic matter in the soil
(%, on average by factors for the period 2015-2017)

Применение гербицида в 2015 и последействие его в 2016 и 2017 гг. вело к существенному снижению содержания органического вещества как в верхнем, так и в нижнем слое пахотного горизонта на 0,11 и 0,07 п.п. соответственно. Данная динамика связана с уменьшением поступления в почву остатков сорных растений.

Коэффициент структурности почвы за время исследований 2015-2017 гг. снижался в верхнем слое почвы на 0,17 при применении ежегодной поверхностной обработки почвы (ST) (таблица 1). Применение комбинированной (поверхностно-

отвальной) (SP) обработки способствовало формированию значений изучаемого показателя на уровне системы отвальной обработки (MP). Внесение удобрений не оказало существенного влияния на изменение структурно-агрегатного состава почвы. Отмечалась лишь тенденция увеличения коэффициента структурности при внесении одной соломы (S).

Таблица 1 – Агрофизические показатели плодородия почвы (в среднем по факторах и за период исследований 2015-2017 гг.)

Table 1 – Agrophysical properties of the soil (average by factors for the period of studies 2015-2017)

Вариант	Коэффициент структурности почвы			Водоустойчивость почвы, %			Плотность почвы, г/см^3		
	слой почвы, см								
	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
Система основной обработки почвы/ Primary tillage system									
MP	2,17	2,27	2,21	53,88	55,51	55,40	1,23	1,24	1,24
STL	2,22	2,20	2,19	56,79	57,92	57,27	1,20	1,20	1,20
SP	2,26	2,16	2,21	55,34	57,34	56,16	1,21	1,22	1,22
ST	2,00	2,17	2,08	58,00	56,81	57,29	1,23	1,20	1,22
$НСР_{05}$	0,17	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$
Система удобрения / Fertilizer system									
F0	2,08	2,19	2,12	54,86	55,45	54,71	1,23	1,23	1,23
N	2,16	2,15	2,15	55,47	57,92	57,02	1,24	1,24	1,24
S	2,25	2,42	2,33	56,27	58,24	56,87	1,21	1,21	1,21
SN	2,24	2,18	2,20	55,33	56,08	55,89	1,22	1,21	1,22
SNPK	2,07	2,13	2,09	56,48	56,80	57,32	1,21	1,21	1,21
NPK	2,20	2,13	2,16	57,60	56,87	57,37	1,21	1,21	1,21
$НСР_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	1,28	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	0,02
Система защиты растений от сорняков/ Weed control system									
G0	2,19	2,19	2,18	55,93	57,23	56,84	1,21	1,22	1,22
WG	2,14	2,22	2,17	56,07	56,56	56,23	1,23	1,22	1,22
$НСР_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$	$F_ф<F_{05}$

Водоустойчивость почвы при применении систем энергосберегающей обработки характеризовалась тенденцией увеличения по всем изучаемым слоям. Системы удобрения SNPK и NPK способствовали достоверному росту доли водоустойчивых агрегатов в слое 10-20 см на 1,35-1,42 п.п. Изучаемые системы защиты растений не влияли на изменение водоустойчивости почвы.

В течение исследований установлена средняя прямая отрицательная связь между плотностью и содержанием органического вещества в почве ($y = -0,0489x + 1,3552r = -0,43$; $r^2 = 0,1817$).

В посевах ячменя (2015 г.) и однолетних трав (2016 г.) плотность почвы была оптимальной для роста и развития культур – 0,99-1,3 и 1,00-1,27 г/см^3 соответственно. В посевах яровой пшеницы динамика плотности почвы выходила за пределы оптимальных значений – 1,29-1,53 г/см^3. Изучаемые системы основной обработки почвы незначительно влияли на изменения плотности почвы. Внесение одной соломы (S), а также полной нормы минеральных удобрений на вариантах SNPK и NPK способствовало снижению плотности почвы.

Значения твердости почвы в течение исследований увеличивались по мере углубления штока пенетрометра (рисунок 2).

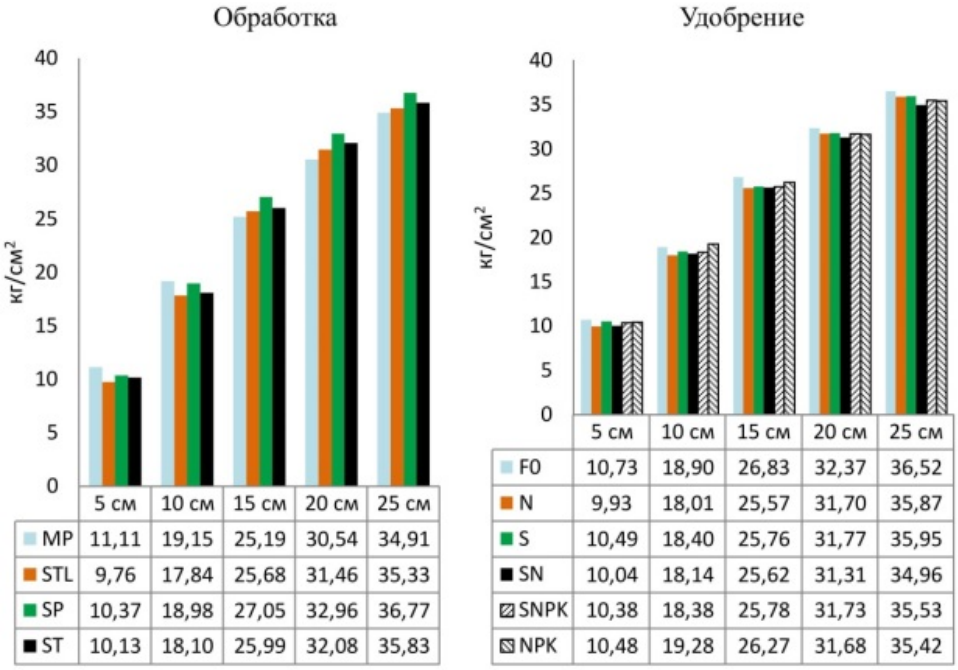

Рисунок 2 – Твёрдость почвы (в среднем по факторам за период 2015-2017 гг.)

Figure 2 – Soil penetration resistance (average by factors for the period 2015-2017)

Системы энергосберегающей обработки (STL, SP, ST) на глубине 5 и 10 см обусловливали незначительное снижение твердости почвы на 0,18-1,36 кг/см^2. Отсутствие механического воздействия на глубине 15, 20 и 25 см способствовало увеличению значений сопротивления пенетрации почвы на 0,49-2,41 кг/см^2 [1].

Внесение удобрений начиная с глубины 15 см вело к некоторому снижению значений твердости почвы на 0,56-1,26 кг/см^2, что может быть связано с показателем влажности.

Применение комбинированной (поверхностно-отвальной) (SP) и поверхностной (ST) обработок почвы способствовало достоверному увеличению урожайности ячменя на 2,62 и 2,02 ц/га соответственно (таблица 2).

Внесение удобрений, и особенно SNPK и NPK, вело к увеличению урожайности ячменя на 8,50-8,89 ц/га, зеленой массы вико-овсяной смеси на 16,96-39,67 ц/га и яровой пшеницы на 8,18-8,89 ц/га.

Применение гербицида Линтур в 2015 г. обусловливало достоверное увеличение урожайности ячменя на 2,53 ц/га. Последействие гербицида характеризовалось несущественным увеличением урожайности однолетних трав и яровой пшеницы.

Технология производства полевых культур, базирующаяся на поверхностно-отвальной обработке (SP) по фону SNPK с гербицидами и их последействием, обеспечивает формирование урожайности ячменя на уровне 27,4 ц/га, однолетних трав – 461,66 ц/га и яровой пшеницы – 28,15 ц/га.

Наименее энергозатратной за период исследований можно считать комбинированную (поверхностно-отвальную) обработку (SP), использование которой позволило сэкономить в 2015 году 6,08 ГДж/га, в 2016 – 3,37…22,3 ГДж/га, в 2017 – 0,2…7,3 ГДж/га совокупной энергии.

В отличие от традиционной отвальной обработки (MP) применение комбинированной (поверхностно-отвальной) обработки (SP) по фону удобрений SNPK способствует увеличению чистого энергетического дохода: в посевах ячменя на 20,09 ГДж/га, однолетних трав – 45,91 ГДж/га, яровой пшеницы – 6,69 ГДж/га.

Таблица 2 – Урожайность полевых культур в среднем по изучаемым факторам с 2015 по 2017 гг., ц/га

Table 2 – The yield of field crops on average in the studied factors from 2015 to 2017, c/ha

Вариант	Ячмень, 2015	Однолетние травы, 2016	Яровая пшеница, 2017
Система основной обработки почвы/ Primary tillage system			
MP	17,44	348,6	21,28
STL	18,32	349,06	23,18
SP	20,08	349,68	23,32
ST	19,46	341,58	22,76
$НСР_{05}$	1,46	$F_Ф<F_{05}$	$F_Ф<F_{05}$
Система удобрения/ Fertilizer system			
F0	14,53	328,48	17,37
N	16,69	323,57	23,27
S	17,23	359,98	22,11
SN	18,04	357,75	21,25
SNPK	23,42	368,15	25,55
NPK	23,03	345,44	26,26
$НСР_{05}$	1,98	28,99	2,85
Система защиты растений от сорняков/ Weed control system			
G0	17,56	340,59	22,24
WG	20,09	353,87	23,03
$НСР_{05}$	1,11	$F_Ф<F_{05}$	$F_Ф<F_{05}$

Заключение. Для дерново-среднеподзолистой глееватой среднесуглинистой почвы в качестве основной рекомендуется применение комбинированной (поверхностно-отвальной) обработки (SP) по фону SNPK. Данная технология обеспечивает наибольшее содержание органического вещества в почве и способствует оптимизации ее агрофизического состояния. При этом урожайность ячменя была на уровне 27,4 ц/га, однолетних трав – 461,66 ц/га и яровой пшеницы – 28,15 ц/га, что способствует к увеличению чистого энергетического дохода: в посевах ячменя на 20,09 ГДж/га, однолетних трав – 45,91 ГДж/га, яровой пшеницы – 6,69 ГДж/га.

Библиографический список

1. Влияние разных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы / М. А. Мазиров, Н. С. Матюк, В. Д. Полин, Н. В. Малахов // Земледелие. 2018. № 2. С. 33-36.

2. Водоустойчивость макроструктуры дерново-подзолистой глееватой почвы при минимизации обработки / Р. Е. Казнин, С. В. Щукин, С. С. Сивкова, Б. А. Смирнов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. №4(90). С. 24-28.

3. Кураченко Н. Л., Картавых А. А. Агрофизическое состояние черноземов Красноярской лесостепи в условиях ресурсосберегающих технологий основной обработки // Земледелие. 2017. № 2. С. 17-19.

4. Продуктивность культур севооборота в зависимости от различных технологий / Т. П. Сабирова, С. В. Щукин, Р. А. Сабиров, И. М. Соколов, Г. К. Ошкина, А. А. Паюта, А. А. Богданова // Кормопроизводство. 2018. № 12. С. 23-25.

5. Пыхтин И. Г. Обработка почвы: действительность и мифы // Земледелие. 2017. № 1. С. 33-36.

6. Синещеков В. Е., Васильева Н. В. Засоренность зерновых агроценозов при минимизации основной обработки почвы в лесостепи Приобья // Вестник Новосибирского ГАУ. 2017. № 4 (45). С. 32-40.

7. Труфанов А. М., Смирнов Б. А., Щукин С. В. Биологические свойства дерново-подзолистой глееватой почвы и урожайность полевых культур при различных системах обработки, удобрений и гербицидов // Известия ТСХА. 2013. №2. С. 21-33.

8. Long-term variations in soil organic matter under different tillage intensities / G. Valboa, A. Lagomarsino, G. Brandi, A. E. Agnelli, S. Simoncini, R. Papini N.Vignozzi, S.Pellegrini // Soil and Tillage Research. 2015. Vol. 154. P. 126-135.

9. Modeling soil organic carbon and carbon dioxide emissions in different tillage systems supported by precision agriculture technologies under current climatic conditions / D. Cillis, B. Maestrini, A. Pezzuolo, F. Marinello, L. Sartori // Soil and Tillage Research. 2018. Vol. 183. P. 51-59.

10. Nouwakpoa S. K., Songb J., Gonzalez J. M. Soil structural stability assessment with the fluidized bed, aggregate stability, and rainfall simulation on long-term tillage and crop rotation systems // Soil and Tillage Research. 2018. Vol. 178. P. 65-71.

11. Soil CO2 emission and short-term soil pore class distribution after tillage operations / Bruna de Oliveira Silva, Mara Regina Moitinho, Gustavo André de Araújo Santos, Daniel De BortoliTeixeira, Carolina Fernandes, NewtonLa Scala // Soil and Tillage Research. 2016. Vol. 222. P. 275-285.

12. Tillage as a driver of change in weed communities: a functional perspective / L. Armengot, J. M. Blanco-Moreno, P. Bàrberi, G. Bocci, S. Carlesi, R. Aendekerk, A. Berner, F. Celette, M. Grosse, H. Huiting, A. Kranzler, A. Luik, P. Mäder, J. Peigné, E. Stoll, P. Delfosse, W. S Kel, A. Surböck, F. X. Sans // Soil and Tillage Research. 2016. Vol. 222. P. 275-285.

Reference

1. Vliyanie raznyh sistem obrabotki i udobrenij na plodorodie dernovo-podzolistoj pochvy / M. A. Mazirov, N. S. Matyuk, V. D. Polin, N. V. Malahov // Zemledelie. 2018. № 2. P. 33-36.

2. Vodoustojchivost' makrostruktury dernovo-podzolistoj gleevatoj pochvy pri minimizacii obrabotki / R. E. Kaznin, S. V. Schukin, S. S. Sivkova, B. A. Smirnov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. №4(90). P. 24-28.

3. Kurachenko N. L., Kartavyh A. A. Agrofizicheskoe sostoyanie chernozemov Krasnoyarskoj lesostepi v usloviyah resursosberegayuschih tehnologij osnovnoj obrabotki // Zemledelie. 2017. № 2. P. 17-19.

4. Produktivnost' kul'tur sevooborota v zavisimosti ot razlichnyh tehnologij / T. P. Sabirova, S. V. Schukin, R. A. Sabirov, I. M. Sokolov, G. K. Oshkina, A. A. Payuta, A. A. Bogdanova // Kormoproizvodstvo. 2018. № 12. P. 23-25.

5. Pyhtin I. G. Obrabotka pochvy: dejstvitel'nost' i mify // Zemledelie. 2017. № 1. P. 33-36.

6. Sineschekov V. E., Vasil'eva N. V. Zasorennost' zernovyh agrocenozov pri minimizacii osnovnoj obrabotki pochvy v lesostepi Priob'ya // Vestnik Novosibirskogo GAU. 2017. № 4 (45). P. 32-40.

7. Trufanov A. M., Smirnov B. A., Schukin S. V. Biologicheskie svojstva dernovo-podzolistoj gleevatoj pochvy i urozhajnost' polevyh kul'tur pri razlichnyh sistemah obrabotki, udobrenij i gerbicidov // Izvestiya TSXA. 2013. №2. P. 21-33.

8. Long-term variations in soil organic matter under different tillage intensities / G. Valboa, A. Lagomarsino, G. Brandi, A. E. Agnelli, S. Simoncini, R. Papini N.Vignozzi, S.Pellegrini // Soil and Tillage Research. 2015. Vol. 154. P. 126-135.

9. Modeling soil organic carbon and carbon dioxide emissions in different tillage systems supported by precision agriculture technologies under current climatic conditions / D. Cillis, B. Maestrini, A. Pezzuolo, F. Marinello, L. Sartori // Soil and Tillage Research. 2018. Vol. 183. P. 51-59.

10. Nouwakpoa S. K., Songb J., Gonzalez J. M. Soil structural stability assessment with the fluidized bed, aggregate stability, and rainfall simulation on long-term tillage and crop rotation systems // Soil and Tillage Research. 2018. Vol. 178. P. 65-71.

11. Soil CO2 emission and short-term soil pore class distribution after tillage operations / Bruna de Oliveira Silva, Mara Regina Moitinho, Gustavo André de Araújo Santos, Daniel De BortoliTeixeira, Carolina Fernandes, NewtonLa Scala // Soil and Tillage Research. 2016. Vol. 222. P. 275-285.

12. Tillage as a driver of change in weed communities: a functional perspective / L. Armengot, J. M. Blanco-Moreno, P. Bàrberi, G. Bocci, S. Carlesi, R. Aendekerk, A. Berner, F. Celette, M. Grosse, H. Huiting, A. Kranzler, A. Luik, P. Mäder, J. Peigné, E. Stoll, P. Delfosse, W. S Kel, A. Surböck, F. X. Sans // Soil and Tillage Research. 2016. Vol. 222. P. 275-285.

Информация об авторах

Щукин Сергей Владимирович, доцент кафедры «Агрономия» ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА (РФ, 150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, д.58), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9718-9273 s.shhukin@yarcx.ru

Горнич Екатерина Андреевна, старший преподаватель кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА (РФ, 150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, д.58)
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3992-7386 gornich@yarcx.ru

Труфанов Александр Михайлович, заведующий кафедрой «Агрономия» ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА (РФ, 150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, д.58), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8815-2441 a.trufanov@yarcx.ru

Воронин Александр Николаевич, доцент кафедры «Агрономия» ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА (РФ, 150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, д.58), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9924-9142 voronin@yarcx.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.