

Научная статья

УДК [631.4:631.559:631.8] (470.621)

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-58-65

Василий Николаевич Романов^{1✉}, Анатолий Петрович Шевырногов²,
Владимир Кузьмич Ивченко³, Валентина Анатольевна Полосина⁴,
Ирина Олеговна Ильченко⁵, Мария Владимировна Луганцева⁶

¹Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

²Институт биофизики СО РАН – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

^{3,4,5}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

⁶Институт повышения квалификации работников лесного хозяйства, Дивногорск, Красноярский край, Россия

^{1,5}romanov1948@yandex.ru

²ap_42@mail.ru

³v.f.ivchenko@mail.ru

⁴Polosina.va@mail.ru

⁶marialuganceva@mail.ru

ВЛИЯНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЫ

Цель исследования – изучение влияния отвальной и нулевой систем основной обработки почвы на структурное состояние чернозема выщелоченного под посевами кукурузы в зернопаропропашном севообороте в условиях Красноярской лесостепи. Исследование проводили в 2019–2020 гг. в стационарном полевом опыте типичной лесостепи. Установлено, что отказ от проведения основной обработки почвы способствует повышению содержания агрономически ценных агрегатов размером 0,25–10,0 мм в слое 0–30 см на 12,2 % по сравнению с вариантом отвальной вспашки. По содержанию водопрочных агрегатов несомненное преимущество также имел вариант без проведения основной обработки, в почве которого содержание водопрочных агрегатов на 16,8 % выше, а коэффициент водопрочности повысился с 1,6 до 3,5. Отказ от проведения отвальной обработки повышает противоэрозионную устойчивость почвы. Поверхность почвы варианта с проведением отвальной обработки почвы неустойчива к воздействию ветра. Ветроустойчивость ее не превышала 45 % в слое 0–10 см и 53–58 % в слое 10–30 см. В то же время за период проведения полевых исследований на варианте без проведения основной обработки почвы установлено существенное снижение урожайности зеленой массы кукурузы по сравнению с вариантом отвальной вспашки как на неудобренном, так и на удобренном фоне. Применение азотных удобрений повысило продуктивность кукурузы на варианте вспашки на 43,2 %, а на варианте без проведения основной обработки почвы – на 32,8 %.

Ключевые слова: почва, структура, плотность сложения, кукуруза, обработка почвы, урожайность

Для цитирования: Влияние минимальной обработки на структурное состояние почвы / В.Н. Романов [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5. С. 58–65. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-58-65.

Благодарности: работа выполняется при поддержке Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности.

Vasily Nikolaevich Romanov^{1✉}, Anatoly Petrovich Shevyrnogov²,
Vladimir Kuzmich Ivchenko³, Valentina Anatolyevna Polosina⁴,
Irina Olegovna Ilchenko⁵, Maria Vladimirovna Lugantseva⁶

¹Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture - a separate subdivision of the Federal Research Center of the KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

²Institute of Biophysics SB RAS – Separate Subdivision of the Federal Research Center KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

^{3,4,5}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

⁶Institute for Advanced Training of Forestry Workers, Divnogorsk, Krasnoyarsk Region, Russia

^{1,5}romanov1948@yandex.ru

²ap_42@mail.ru

³v.f.ivchenko@mail.ru

⁴Polosina.va@mail.ru

⁶marialuganceva@mail.ru

INFLUENCE OF MINIMUM TILLAGE ON THE SOIL STRUCTURAL STATE

The purpose of research is to study the effect of moldboard and zero systems of basic tillage on the structural state of leached chernozem under corn crops in a grain-fallow crop rotation in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. The study was carried out in 2019–2020 in a stationary field experiment of a typical forest-steppe. It has been established that the refusal to carry out the main tillage contributes to an increase in the content of agronomically valuable aggregates with a size of 0.25–10.0 mm in a layer of 0–30 cm by 12.2 % compared to the option of moldboard plowing. In terms of the content of water-stable aggregates, the variant without the main tillage also had an undoubted advantage, in the soil of which the content of water-stable aggregates was 16.8 % higher, and the water resistance coefficient increased from 1.6 to 3.5. Refusal to carry out dump processing increases the anti-erosion resistance of the soil. The soil surface of the variant with moldboard tillage is unstable to the effects of wind. Its wind resistance did not exceed 45 % in the 0–10 cm layer and 53–58 % in the 10–30 cm layer. At the same time, during the period of field research on the variant without the main tillage, a significant decrease in the yield of green mass of corn was found compared to the variant of moldboard plowing, both on an unfertilized and fertilized background. The use of nitrogen fertilizers increased the productivity of corn in the plowing variant by 43.2 %, and in the variant without basic tillage – by 32.8 %.

Keywords: soil, structure, bulk density, corn, tillage, yield

For citation: Influence of minimum tillage on the soil structural state / V.N. Romanov [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2022;(5): 58–65. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-58-65.

Acknowledgments: the study has been realized within the financial support from the Krasnoyarsk Regional Science Fund.

Введение. Почва как гетерогенная система занимает важное место в технологической платформе возделывания сельскохозяйственных культур [1]. Важнейшим показателем ее физического состояния является структура и плотность сложения [2–4]. Плотность сложения характеризует взаимное расположение почвенных частиц и агрегатов с учетом пространства между ними. В хорошо оструктуренной почве преобладает комковато-зернистая фракция [5].

Основопологающим показателем качества структуры почвы являются агрегаты размером от 0,25 до 10 мм. Черноземы Красноярской лесостепи, обладая наличием комковато-зерни-

стой структуры, имеют хорошие водно-физические свойства [6, 7].

Поскольку структура почвы имеет огромное агрономическое и особенно экологическое значение, вопросы сохранения и улучшения данного показателя являются весьма актуальными. В работах ряда авторов [6, 8] отмечено, что наличие в почве структурных агрегатов позволяет создать оптимальные условия водного, воздушного и пищевого режимов, гарантирующих получение стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Цель исследования – изучение влияния отвальной и нулевой систем основной обработки почвы на структурное состояние чернозема вы-

щелоченного под посевами кукурузы в зернопаропропашном севообороте в условиях Красноярской лесостепи.

Условия, материалы и методы. Стационар был заложен в 2016 г. Изучение влияния обработки почвы на агрофизические показатели проводили в 2019–2020 гг. в стационарном полевом опыте типичной лесостепи с географическими координатами: 56°43' с.ш. и 92°91' в.д. на территории землепользования учебного хозяйства «Миндерлинское» Красноярского ГАУ.

Климатические условия места проведения полевых опытов характеризовались следующими показателями: минимальная температура воздуха составляет минус 1,1 °С; средняя +0,5 °С; максимальная +1,8 °С. Сумма температур выше +5 °С не превышает 2215 °С, выше +10 °С – 1750 °С. Годовое количество осадков изменялось в пределах 340–370 мм, за период май – сентябрь выпадало около 230 мм.

Вегетационные периоды 2019 и 2020 гг. характеризовались неравномерным распределением атмосферных осадков. В июне отмечалась повышенная среднемесячная температура по сравнению со среднемноголетними данными.

Объектом изучения являлся чернозем выщелоченный Красноярской лесостепи с повы-

шенным содержанием гумуса (6,0–8,0 %), нейтральной реакцией почвенного раствора (pH_{KCl} – 6,1–7,0) и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом.

Эксперименты проводили под посевами кукурузы, высеваемой после ячменя в зернопаропропашном севообороте со следующим чередованием культур: сидеральный пар – яровая пшеница – ячмень – кукуруза – яровая пшеница. Высевали раннеспелый гибрид кукурузы Катерина СВ, агротехника возделывания – общепринятая для данной земледельческой зоны [9].

Почвенные образцы для определения структуры отбирали весной в период посева кукурузы. Макроагрегатный состав почвы определяли методом сухого просеивания по Н.И. Саввинову. Водопрочность почвенной структуры устанавливали методом «мокрого» просеивания на приборе И.М. Бакшеева. Математическая обработка экспериментальных данных проводилась по Б.А. Доспехову [10].

Представлены результаты изучения изменения структурного состояния в почве варианта с проведением вспашки и без основной обработки.

Повторность в опыте – 4-кратная.



Рис. 1. Опытное поле кафедры общего земледелия и защиты растений в учебно-опытном хозяйстве «Миндерлинское»

Результаты и их обсуждение. Одним из важнейших количественных показателей структуры почвы является содержание воздушно-сухих агрегатов различного размера (рис. 2).

Как известно, в зависимости от содержания наиболее ценных макроагрегатов (размером от 0,25 до 10 мм) дается оценка структурного состояния исследуемой почвы по шкале, приведенной В.Р. Вильямсом [11]. Если в почве со-

держится более 80 % агрономически ценных агрегатов, то структурное состояние оценивается как отличное; 60–80 % – хорошее; 40–59 % – удовлетворительное и менее 30 % – неудовлетворительное. Результаты представленных на рисунке 2 исследований свидетельствуют, что на варианте с отвальной вспашкой структурное состояние почвы всех исследуемых горизонтов соответствует хорошей оценке.

Более предпочтительно по содержанию агрономически ценных агрегатов выглядит вариант без проведения основной обработки почвы.

Обращает на себя внимание тот факт, что содержание наиболее ценных агрегатов по всему пахотному слою на варианте с отвальной вспашкой практически одинаковое.

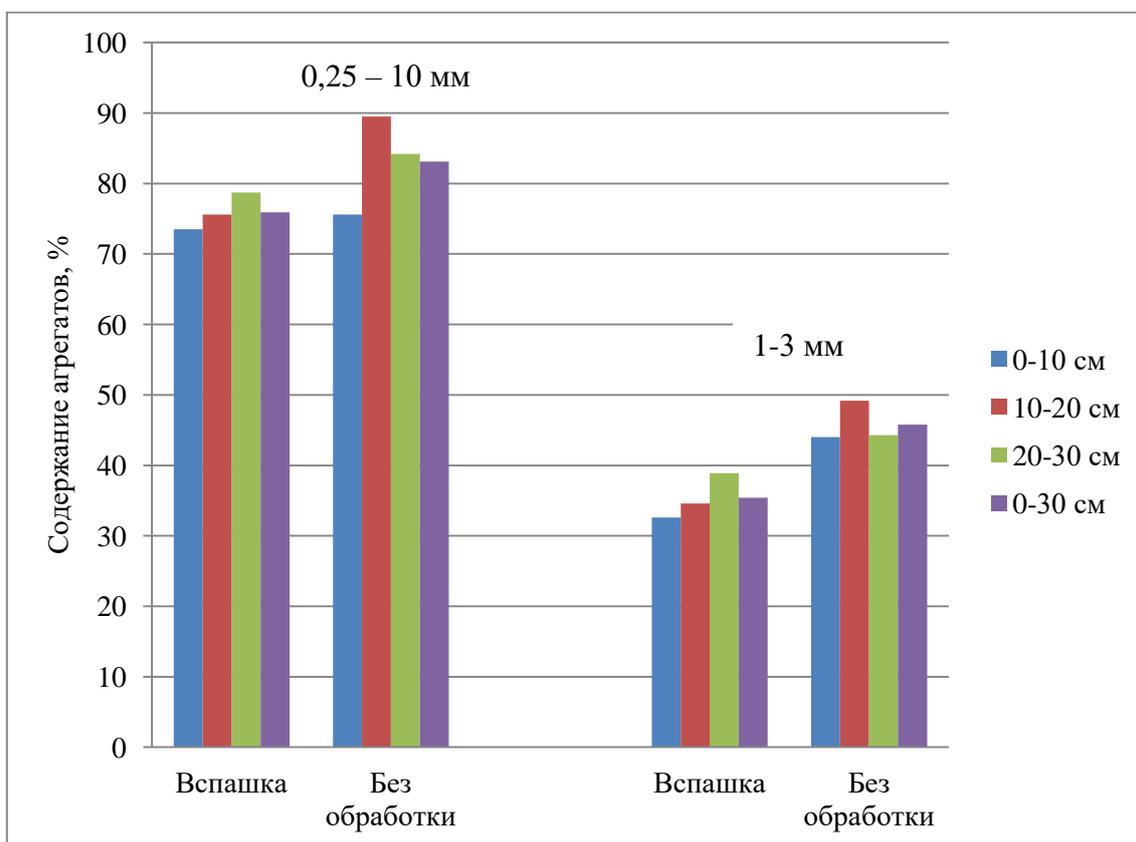


Рис. 2. Содержание агрегатов в почве перед посевом кукурузы (среднее за 2019–2020 гг.), %

Это может быть связано с тем, что в процессе проведения отвальной вспашки горизонты равномерно перемешиваются и почва приобретает более однородную структуру.

Для оценки макроагрегатного состава отдельных почвенных образцов используется коэффициент структурности, который определяется отношением агрономически ценных макроагрегатов размером от 0,25 до 10 мм и менее ценных (суммарное содержание агрегатов размером более 10 мм и менее 0,25 мм). Максимальное значение коэффициента структурности отмечено в почве варианта без проведения основной обработки почвы. Если на варианте с отвальной обработкой коэффициент структурности в слое 0–30 см составляет 2,89, то при

отказе от проведения основной обработки почвы этот показатель возрастает до 5,36 (табл. 1).

В хорошо оструктуренной почве имеются достаточные для растений запасы доступной почвенной влаги, оптимальные условия воздушного и теплового режимов, способствующих накоплению элементов питания. Такие почвы хорошо и с высоким качеством обрабатываются сельскохозяйственными машинами.

Важнейшим свойством почвы является ее противозрозионная устойчивость, которая препятствует разрушению и сносу верхних, наиболее плодородных горизонтов в результате действия воды и ветра. При этом принимается во внимание наличие в почве агрегатов размером более 1 мм.

Ветроустойчивость почвы определяется содержанием агрегатов размером более 1 мм. Оценивая исследуемую почву с точки зрения сопротивления дефляции можно отметить, что наиболее устойчивым является вариант без проведения основной обработки. Ветроустойчивость почвы в слое 0–10 см составляет 77 %, а в слое 10–30 см – около 79 %. Ветроустойчивость почвы варианта с проведением отвальной обработки не превышала 45 % в слое 0–10 см и 53–58 % – в слое почвы 10–30 см. Это говорит о том, что почва верхнего, наиболее уязвимого слоя 0–10 см на варианте вспашки неустойчива к воздействию ветра.

Наиболее объективным показателем структурного состояния является водопрочность агрегатов, характеризующих устойчивость почвы к размывающему воздействию воды. Поскольку вода является обязательным условием роста и

развития растений, она постоянно присутствует в почве, а наличие легко размываемых водой структурных отдельностей резко ухудшает условия жизни сельскохозяйственных культур.

Все дело в том, что в условиях сельскохозяйственного производства в результате интенсивного выпадения атмосферных осадков образуются пылеватые мелкие фракции размером менее 0,25 мм, что значительно ухудшает условия жизни растений и снижает урожай. Наличие же водопрочных агрегатов позволяет сохранить оптимальными воздушный, тепловой и питательный режимы. Поэтому создание агрономически ценной водопрочной структуры является одной из главных задач агротехнических мероприятий в земледелии.

Результаты определения наличия водопрочных агрегатов в почве исследуемых вариантов представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Структурное состояние почвы перед посевом кукурузы
в среднем за годы исследований**

Вариант	Слой почвы, см	Коэффициент структурности	Водопрочные агрегаты, %	Коэффициент водопрочности
Вспашка на 20–22 см	0–10	2,60	65,28	1,88
	10–20	2,72	57,16	1,37
	20–30	3,34	59,66	1,53
	0–30	2,89	60,70	1,59
Без обработки	0–10	3,62	74,80	3,03
	10–20	7,64	80,33	4,13
	20–30	4,83	77,30	3,44
	0–30	5,36	77,48	3,53

Характеризуя агрегатное состояние почвы исследуемых вариантов с точки зрения устойчивости их к воздействию водой можно отметить, что отказ от проведения отвальной обработки почвы положительно сказывается на содержании в почве водопрочных агрегатов. В частности, в слое почвы 0–30 см количество водопрочных агрегатов увеличилось на 16,8 % по сравнению с аналогичным слоем почвы варианта с отвальной вспашкой, а коэффициент водопрочности повысился с 1,6 до 3,5. В слое почвы 10–20 см это превышение составило 23,2 %.

Коэффициент водопрочности структуры почвы рассчитывают как отношение водопрочных

агрегатов к количеству неводопрочных. Анализ полученных данных показывает, что в почве варианта с отвальной вспашкой показатель водопрочности значительно ниже, чем в почве варианта без проведения основной обработки.

В то же время установлено, что урожайность зеленой массы кукурузы на варианте с вспашкой существенно превышает аналогичный показатель варианта с отказом от ее проведения (рис. 3). Разница между урожайностью зеленой массы кукурузы на исследуемых вариантах составляет на неудобренном и удобренном фонах соответственно 138 и 224,5 ц/га, что существенно превышает НСР₀₅ в 2,2 и 3,4 раза соответственно.

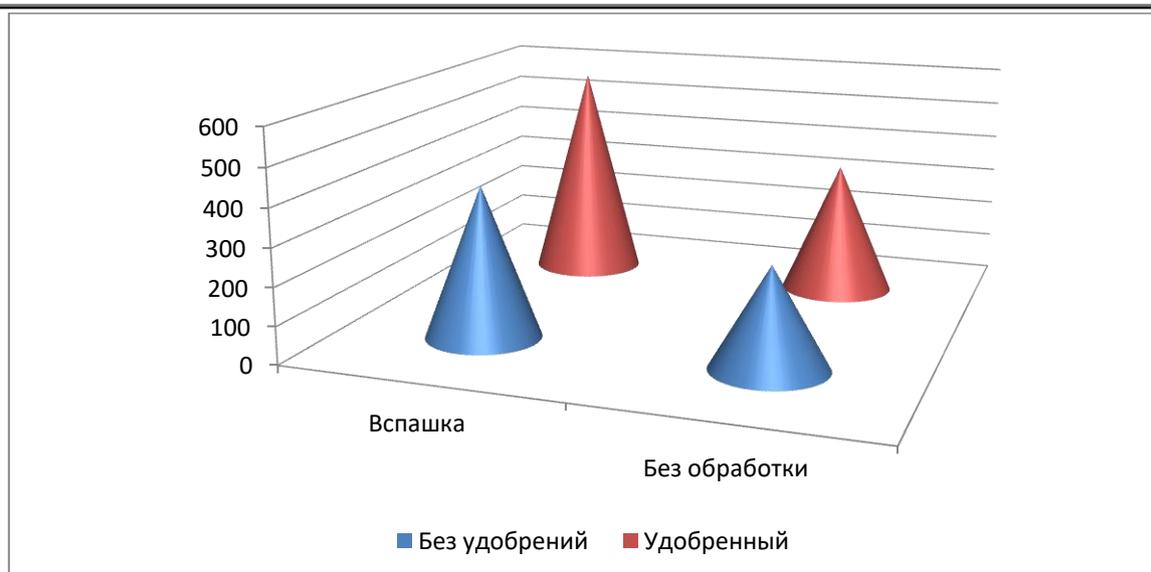


Рис. 3. Урожайность зеленой массы кукурузы (среднее за годы исследований), ц/га

Негативное влияние на продуктивность зеленой массы кукурузы в данном случае оказало повышенное количество сорных растений на варианте без проведения вспашки [12].

Заключение. Минимализация основной обработки почвы способствует росту содержания агрономически ценных агрегатов размером 0,25–10,0 мм в слое почвы 0–30 см, что повышает противозерозионную устойчивость почвы. При этом количество водопрочных агрегатов увеличилось на 16,8 % по сравнению с аналогичным слоем почвы варианта отвальной вспашки, а коэффициент водопрочности повысился с 1,6 до 3,5.

В то же время отказ от проведения основной обработки почвы посредством вспашки приводит к снижению урожайности зеленой массы кукурузы как на неудобренном, так и на удобренном фоне по сравнению с вариантом отвальной вспашки. Это обстоятельство требует дополнительной научной проработки новых, современных приемов бесплужной обработки почвы и проведения полевых испытаний.

Список источников

1. Технологическая платформа возделывания яровой пшеницы в условиях Красноярской лесостепи / В.Н. Романов [и др.] // Региональные системы комплексного дистанционного зондирования агроландшафтов: мат-лы 3-го Всерос. науч.-практ. семинара (Красноярск, 25 февраля 2021 г.). Красноярск, 2021.
2. Оценка агрочерноземов Сибири на основе современных подходов / А.А. Шпедт [и др.] // Земледелие. 2019. № 4. С. 8–13. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10402.
3. Шпедт А.А., Трубников Ю.Н. Оценка производительной способности и изменение свойств черноземов Красноярского края // Агрохимия. 2020 № 10. С. 914. DOI: 19.31857/S0002188120100117.
4. Кураченко Н.Л. Сезонная динамика свойств агрочернозема при возделывании ярового рапса на маслосемена // Вестник КрасГАУ. Вып. 4 (169). Красноярск, 2021. С. 27–32.
5. Оценка соответствия почвенно-агрохимических условий Канской лесостепи биологическим потребностям растений рапса и рожьки / Н.Л. Кураченко [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 11. С. 5–9.
6. Вередченко Ю.П. Агрофизическая характеристика почв центральной части Красноярского края. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 175 с.
7. Бекетов А.Д., Берзин А.М., Таскина В.М. Влияние различных культур в севообороте на структуру и плотность выщелоченного чернозема // Агрофизические исследования почв Средней Сибири. Красноярск, 1975. С. 145–153.
8. Бекетов А.Д., Ивченко В.К., Бекетова Т.А. Земледелие Восточной Сибири: учеб. по-

- собие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2010. 388 с.
9. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: науч.-практ. рекомендации / под ред. С.В. Брылева. Красноярск, 2017. 224 с.
 10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
 11. Вильямс В.Р. Собрание сочинений. Т. 4. М.: Сельхозгиз, 1949. С. 502.
 12. Влияние приемов основной обработки почвы на засоренность и урожайность посевов кукурузы в зернопаропропашном севообороте / В.К. Ивченко [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2018. № 5. С. 22–29.
 4. Kurachenko N.L. Sezonnaya dinamika svojstv agrochernozema pri vozdeleyvanii yarovogo rapsa na maslosemena // Vestnik KrasGAU. Vyp. 4 (169). Krasnoyarsk, 2021. S. 27–32.
 5. Ocenka sootvetstviya pochvenno-agrohimi-cheskikh uslovij Kanskoj lesostepi biologicheskim potrebnyam rastenij rapsa i ryzhika / N.L. Kurachenko [i dr.] // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2019. T. 33, № 11. S. 5–9.
 6. Veredchenko Yu.P. Agrofizicheskaya harakteristika pochv central'noj chasti Krasnoyarskogo kraja. M.: Izd-vo AN SSSR, 1961. 175 s.
 7. Beketov A.D., Berzin A.M., Taskina V.M. Vliyanie razlichnyh kul'tur v sevooborote na strukturu i plotnost' vyschelochennogo chernozema // Agrofizicheskie issledovaniya pochv Srednej Sibiri. Krasnoyarsk, 1975. S. 145–153.
 8. Beketov A.D., Ivchenko V.K., Beketova T.A. Zemledelie Vostochnoj Sibiri: ucheb. posobie / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2010. 388 s.
 9. Sistema zemledeliya Krasnoyarskogo kraja na landshaftnoj osnove: nauch.-prakt. rekomendacii / pod red. S.V. Bryleva. Krasnoyarsk, 2017. 224 s.
 10. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
 11. Vil'yams V.R. Sbranie sochinenij. T. 4. M.: Sel'hozgiz, 1949. S. 502.
 12. Vliyanie priemov osnovnoj obrabotki pochvy na zasorennost' i urozhajnost' posevov kuku-ruzy v zernoparopropashnom sevooborote / V.K. Ivchenko [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2018. № 5. S. 22–29.

References

1. Tehnologicheskaya platforma vozdeleyvaniya yarovoj pshenicy v usloviyah Krasnoyarskoj lesostepi / V.N. Romanov [i dr.] // Regional'nye sistemy kompleksnogo distancionnogo zondirovaniya agrolandshaftov: mat-ly 3-go Vseros. nauch.-prakt. seminar (Krasnoyarsk, 25 fevralya 2021 g.). Krasnoyarsk, 2021.
2. Ocenka agrochernozemov Sibiri na osnove sovremennyh podhodov / A.A. Shpedt [i dr.] // Zemledelie. 2019. № 4. S. 8–13. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10402.
3. Shpedt A.A., Trubnikov Yu.N. Ocenka proizvoditel'noj sposobnosti i izmenenie svojstv chernozemov Krasnoyarskogo kraja // Agrohimiya. 2020 № 10. S. 914. DOI: 19.31857/S0002188120100117.

Статья принята к публикации 11.05.2022 / The article accepted for publication 11.05.2022.

Информация об авторах:

Василий Николаевич Романов¹, главный научный сотрудник лаборатории сортовых агротехнологий, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Анатолий Петрович Шевырногов², заведующий лабораторией экологической информатики, доктор технических наук, профессор

Владимир Кузьмич Ивченко³, заведующий кафедрой общего земледелия и защиты растений, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Валентина Анатольевна Полосина⁴, доцент кафедры общего земледелия и защиты растений, кандидат сельскохозяйственных наук

Ирина Олеговна Ильченко⁵, аспирант кафедры общего земледелия и защиты растений

Мария Владимировна Луганцева⁶, кандидат биологических наук

Information about the authors:

Vasily Nikolaevich Romanov¹, Chief Researcher, Laboratory of Varietal Agrotechnologies, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher

Anatoly Petrovich Shevyrnogov², Head of the Laboratory of Ecological Informatics, Doctor of Technical Sciences, Professor

Vladimir Kuzmich Ivchenko³, Head of the Department of General Agriculture and Plant Protection, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Valentina Anatolyevna Polosina⁴, Associate Professor at the Department of General Agriculture and Plant Protection, Candidate of Agricultural Sciences

Irina Olegovna Ilchenko⁵, Postgraduate student at the Department of General Agriculture and Plant Protection

Maria Vladimirovna Lugantseva⁶, Candidate of Biological Sciences

