

## ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.1:631.51(470.344)

DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-89-93

### ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЯМОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

**А. И. Волков**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры агроинженерии и технологии производства, переработки сельскохозяйственной продукции, alex-volkov@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-6385-1150;

**Л. Н. Прохорова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агроинженерии и технологии производства, переработки сельскохозяйственной продукции, lubashka-1502@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4619-9196;

**В. В. Селюнин**, магистр, seluninviktor892@gmail.com

ФГБОУ ВО Марийский государственный университет,  
424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Машиностроителей, 15

Исследования проводили с целью изучения эффективности прямого посева зерновых культур после картофеля на среднесуглинистых серых лесных почвах с содержанием гумуса 2,33 %, подвижного фосфора – 210 мг/кг, обменного калия – 162 мг/кг и кислотностью 6,6 единицы. Объекты изучения – озимая и яровая пшеница, яровой ячмень на пивоваренные и фуражные цели, кукуруза на зерно и силос. Посевной комплекс Amazone Primera DMC осуществлял прямой сев протравленных семян с одновременным внесением минеральных удобрений. Обработка посевов зерновых культур для борьбы с сорной растительностью, вредителями и болезнями, а также подкормка макро- и микроудобрениями была направлена на получение максимальной продуктивности каждой культуры. Гидротермический коэффициент в 2020 вегетационном году составил 1,04; 2021-м – 0,60; 2022-м – 1,05. Уборка урожая осуществлялась в фазу полного созревания зерна и молочно-восковой спелости початков при закладке кукурузного силоса. В среднем наивысшая (3,85 т/га) урожайность зерна при использовании прямого посева была получена при возделывании кукурузы, а наименьшая (2,00 т/га) – пивоваренного ячменя. При производстве данных культур был также установлен максимальный (2,72) и минимальный (1,99) коэффициенты энергетической эффективности соответственно. Экономическая оценка показала целесообразность прямого посева озимой пшеницы, где был установлен максимальный (68,4 %) уровень рентабельности. Минимальный (14,8 %) уровень рентабельности был выявлен при возделывании пивоваренного ячменя, что объясняется высокой степенью материальных и трудовых затрат и низкой урожайностью. Рентабельность производства других культур была ниже в 1,21–3,39 раза. В целом, агрономический и энергетический анализы свидетельствовали о высокой эффективности прямого посева при возделывании озимой пшеницы и кукурузы после картофеля в агроклиматических условиях Чувашской Республики.

**Ключевые слова:** прямой посев, зерновые культуры, урожайность, энергетическая эффективность, рентабельность.

**Для цитирования:** Волков А. И., Прохорова Л. Н., Селюнин В. В. Изучение эффективности прямого посева зерновых культур в Чувашской Республике // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 1. С. 89–93.  
DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-89-93.



### STUDY OF THE EFFICIENCY OF DIRECT (NO-TILL) SOWING OF GRAIN CROPS IN THE REPUBLIC OF CHUVASHIA

**A. I. Volkov**, Candidate of Agricultural Sciences, docent, associate professor of the department of agroengineering and technologies of production and processing of agricultural products, alex-volkov@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-6385-1150;

**L. N. Prokhorova**, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of agroengineering and technologies of production and processing of agricultural products, lubashka-1502@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4619-9196;

**V. V. Selyunin**, Master's degree student, seluninviktor892@gmail.com

FSBEI HE Mari state university,  
424000, Republic of Mari El, Yoshkar-Ola, Mashinostroiteley Str., 15

The current study was carried out in order to identify the efficiency of direct (no-till) sowing of grain crops after potatoes on medium loamy gray forest soils with 2.33 % of humus, 210 mg/kg of mobile phosphorus, 162 mg/kg of exchangeable potassium and 6.6 units of acidity. The objects of study were winter and spring wheat, spring barley for brewing and fodder, maize for grain and silage. The sowing complex 'Amazone Primera DMC' has carried out direct (no-till) sowing of disease-treated seeds with the simultaneous application of mineral fertilizers. Grain crop treatment to control weeds, pests, and diseases, as well as top dressing with macro- and micro-fertilizers were aimed at obtaining the maximum productivity of each grain crop. The hydrothermal coefficient in the 2020 growing year was 1.04, in 2021 it was 0.60 and in 2022 it was 1.05. Harvesting was carried out in the phase of full ripening of grain and milky-wax ripeness of cobs when laying maize silage. On average, the largest (3.85 t/ha) grain productivity when using direct (no-till) sowing was produced by maize, and the least yields (2.00 t/ha) were given by brewing barley. In the production of these crops, there have been identified maximum (2.72) and minimum (1.99) energy efficiency coefficients. An economic estimation has shown the feasibility of direct (no-till) sowing of winter wheat, where the maximum (68.4 %)

level of profitability was established. The minimum (14.8 %) level of profitability was found in the cultivation of brewing barley, which could be explained by the high degree of material and labor costs and low productivity. The profitability of the production of other crops was lower in 1.21-3.39 times. In general, agroeconomic and energy analysis has proved a high efficiency of direct (no-till) sowing in the cultivation of winter wheat and maize after potatoes in the agro-climatic conditions of the Republic Chuvashia.

**Keywords:** direct (no-till) sowing, grain crops, productivity, energy efficiency, profitability.

**Введение.** Чувашская Республика располагается в зоне рискованного земледелия, тем не менее данный фактор не помешал аграриям собрать в 2022 г. рекордное количество зерна – 1005,3 тыс. т, побив рекорд региона по сбору урожая тридцатилетней давности. В то же время Чувашия принадлежит к числу главных картофелепроизводящих территорий в Нечерноземной зоне Российской Федерации (РФ). Она традиционно занимает лидирующие позиции среди регионов Приволжского федерального округа (ПФО) по валовому сбору картофеля. Объемы производства товарных клубней в два раза превышают потребности жителей республики, поэтому продукция активно реализуется по всей стране и за ее пределами. Благоприятная ценовая ситуация, сложившаяся в настоящее время для производителей картофеля, стимулирует дальнейшее расширение площадей под данной культурой в полевых севооборотах (Волков и др., 2022).

Традиционная технология возделывания картофеля в республике базируется на глубокой вспашке, нескольких междурядных обработках, использовании органических, минеральных, макро- и микроудобрений, широком применении средств защиты растений от сорняков, болезней и вредителей и механизированной уборке клубнеплодов. Поля после данной пропашной культуры остаются чистыми от сорной растительности и не требуют дополнительного рыхления почвы. Это подталкивает многих сельскохозяйственных товаропроизводителей, придерживающихся принципов сберегающего земледелия и стремящихся сэкономить на затратах, к применению прямого посева зерновых культур после картофеля (Волков и Прохорова, 2019).

Прямой посев является ключевой агротехнической операцией при внедрении no-till («нулевой») технологии (Zikeli and Gruber, 2017; Skaalsveen et al., 2019; Поляков и Бакиров, 2020; Blanco-Canqui, 2021; Volkov et al., 2022). Все отечественные аграрии знают о ней, но несмотря на это, всего лишь на 5 % сельскохозяйственных земель нашей страны применяется данная инновационная технология. Чаще всего это происходит в засушливых регионах с целью максимального сохранения почвенной влаги (Вольтерс и др., 2020; Женченко и др., 2020). На Северо-Востоке Нечерноземной зоны РФ прямой посев способствует восстановлению плодородия почв, защищая их от водной и ветровой эрозии, поэтому с каждым годом его применение становится все более актуальным (Volkov et al., 2021).

Цель работы – изучить эффективность «прямого» посева зерновых культур после картофе-

ля в умеренно теплой Центральной агроклиматической зоне Чувашской Республики.

**Материалы и методы исследований.** Полевые опыты проводили в 2020–2022 гг. на среднесуглинистых серых лесных почвах с содержанием гумуса 2,33 %, подвижного фосфора – 210 мг/кг, обменного калия – 162 мг/кг и кислотностью (pH<sub>KCl</sub>) 6,6 единицы. Объектами изучения явились озимая (сорт Московская 39) и яровая пшеница (Архат), яровой ячмень на пивоваренные (Эльф) и фуражные (Памяти Родиной) цели, кукуруза (гибрид НК Гитаго) на зерно и силос. Площадь опытных делянок составляла 240 м<sup>2</sup>, учетных – 60 м<sup>2</sup>. Размещение делянок было систематическим, повторность – 3-кратной.

Погодные условия в годы проведения опытов различались как по теплообеспеченности, так и по количеству осадков. Гидротермический коэффициент в 2020 вегетационном году составил 1,04; 2021-м – 0,60; 2022-м – 1,05. Это позволило наиболее объективно проанализировать изучаемые зерновые культуры.

Посевной комплекс Amazone Primera DMC осуществлял прямой сев проравленных семян с одновременным внесением минеральных удобрений ( $N_{60} P_{45} K_{45}$ ). Обработка посевов зерновых культур для борьбы с сорной растительностью, вредителями и болезнями, а также подкормка макро- и микроудобрениями была направлена на получение максимальной продуктивности каждой культуры. Уборка урожая осуществлялась в фазу полного созревания зерна и молочно-восковой спелости початков при закладке кукурузного силоса.

Полевые опыты и статистическую обработку полученных результатов исследований проводили по методике Б. А. Доспехова (2014). Энергетическую эффективность определяли по методике Г. И. Рабочева (2004). Уровень рентабельности рассчитывали исходя из экономических показателей в каждом текущем году.

**Результаты и их обсуждение.** «Прямой» посев озимой пшеницы в начале сентября позволял через две недели получить на опытных делянках дружные всходы растений. Вегетация их длилась до третьей декады октября. За это время культурные растения перешли в начальную фазу кущения. Благоприятные агрометеорологические условия способствовали хорошей перезимовке посевов озимой пшеницы.

Отличительной чертой климатических условий Чувашской Республики является весеннее достижение почвой полной полевой влагоемкости. Незначительное количество пожнивно-корневых остатков картофеля на поверхности поля не мешало быстрому прогреванию верхнего почвенного слоя солнечными лучами и позволяло провести качественный

прямой посев ячменя, яровой пшеницы и кукурузы в первой половине мая до массового появления сорных растений. Свидетельством тому явились дружные всходы и положительная динамика ростовых процессов всех изучаемых зерновых культур.

Наибольшая продуктивность в наших опытах была выявлена в 2022 г., вегетационный период которого характеризовался сбалансированными агрометеорологическими условиями – достаточной теплообеспеченностью и необходимым количеством выпавших осад-

ков. Недостаток влаги на протяжении трех недель в фазу колошения, цветения, налива зерна и формирования зеленой массы кукурузы привел к значительному недобору урожая в 2021 г. (табл. 1). Следовательно, даже при прямом посеве решающее значение на формирование урожая оказывают погодные условия.

В среднем за три года наивысший (3,85 т/га) урожай зерна при прямом посеве был получен при возделывании кукурузы, а наименьший (2,00 т/га) – пивоваренного ячменя.

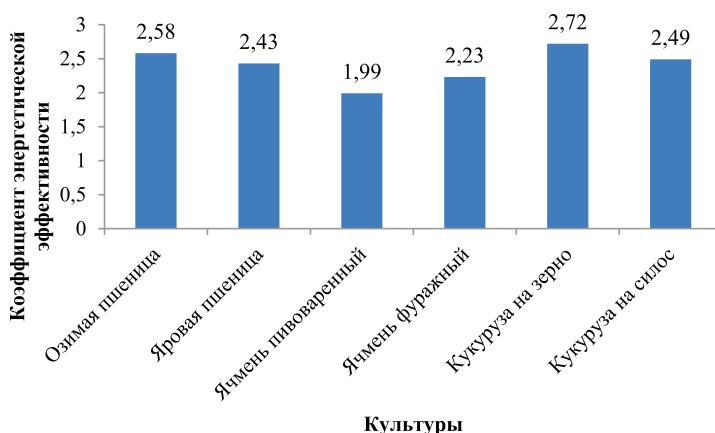
**Таблица 1. Урожайность исследуемых культур, т/га**  
**Table 1. Productivity of the studied crops, t/ha**

Наименование культуры	Годы			Среднее за три года
	2020	2021	2022	
Ячмень пивоваренный	2,29	1,11	2,60	2,00
Ячмень фуражный	2,68	1,27	3,03	2,33
Яровая пшеница	3,35	1,48	3,56	2,80
Озимая пшеница	3,96	2,12	4,18	3,42
Кукуруза на зерно	4,44	2,00	5,12	3,85
Кукуруза на силос	48,82	29,19	56,21	44,74
HCP <sub>05</sub> (для зерна)	0,49	0,35	0,58	0,47

Коэффициент энергетической эффективности представляет собой соотношение биологической энергии урожая к затратам антропогенной энергии, которая складывается из энергии потраченных на производство растениеводческой продукции минеральных удобрений и средств защиты растений, энергии расходуе-

мых топливно-смазочных материалов и прочих энергозатрат антропогенного характера.

Максимальный (2,72) коэффициент энергетической эффективности был получен при возделывании кукурузы на зерно, а минимальный (1,99) – при возделывании пивоваренного ячменя (рис. 1).



**Рис. 1. Коэффициент энергетической эффективности возделывания исследуемых культур**  
**Fig. 1. Energy efficiency coefficient of cultivation of the studied crops**

Это объясняется не только его низкой урожайностью, но и невысоким содержанием энергии в зерне пивоваренного ячменя (12,89 МДж/кг) в отличие от зерна фуражного ячменя (13,01 МДж/кг), яровой (13,18 МДж/кг) и озимой пшеницы (13,31 МДж/кг), кукурузы (14,14 МДж/кг) (Рабочев и др. 2004).

На рентабельность производства растениеводческой продукции важнейшее влияние оказывают ее себестоимость и цена реализации. Себестоимость зерна складывается главным

образом из материальных затрат на производство основной продукции и его послеуборочную обработку, чтобы довести зерно до стандартной влажности 14 %. Если для пшеницы и ячменя данная статья затрат не столь актуальна, то для кукурузы затраты на ее подработку занимают 30–40 % от общей себестоимости произведенного зерна. Объясняется это высокой влажностью кукурузного зерна. К моменту уборки она составляет 28–30 %, а в неблагоприятные по погодным условиям годы достигает

35 %. В благоприятные годы зерно пшеницы и ячменя не требует сушки, достаточно лишь очистить его от разного рода примесей.

Себестоимость кукурузного силоса также включает затраты на возделывание, скашивание растений и непосредственно закладку зеленой массы в траншеи.

По экономическим показателям из всех изучаемых культур прямой посев наилучшим образом подходит для возделывания

озимой пшеницы, где был выявлен максимальный (68,4 %) уровень рентабельности (табл. 2). Минимальный (14,8 %) уровень рентабельности был получен при возделывании пивоваренного ячменя, что объясняется высокой степенью материальных и трудовых затрат и относительно низкой урожайностью. Рентабельность производства прочих видов растениеводческой продукции была ниже в 1,21–3,39 раза.

**Таблица 2. Рентабельность возделывания исследуемых культур, в среднем за 3 года**  
**Table 2. Profitability of cultivation of the studied crops, average for 3 years**

Культура	Себестоимость 1 т продукции, руб.	Цена реализации 1 т продукции, руб.	Прибыль, руб./т	Уровень рентабельности, %
Ячмень пивоваренный	10660	12240	1580	14,8
Ячмень фуражный	8155	9800	1645	20,2
Кукуруза на силос	1790	2450	660	36,8
Яровая пшеница	7615	10500	2885	37,9
Кукуруза на зерно	11880	18600	6720	56,6
Озимая пшеница	6235	10500	4265	68,4

Благодаря высокой цене реализации, стабильной урожайности и, как следствие, получению максимальной доходности продукции (6720 руб./т) кукуруза, возделываемая на зерно, в последнее время активно возвращается в полевые севообороты, вытесняя из нее низкорентабельные культуры. Повышенный спрос на кукурузное зерно объясняется ее значительной концентрацией в современных комбикормах. А с ростом поголовья сельскохозяйственных животных и птицы увеличиваются и объемы его потребления.

Если еще 10 лет назад возделывание кукурузы в северных регионах Российской Федерации выглядело весьма проблематично, то внедрение в производство гибридов отечественной и зарубежной селекции с низким коэффициентом потребления фотосинтетически активной радиации вкупе с инновационными регуляторами роста и развития растений, макро- и микроудобрениями и средствами химической защиты растений в настоящее время позволяются активно ее возделывать по no-till технологии.

Возделывание озимой пшеницы в условиях умеренно-континентального климата позволяет сельскохозяйственным предприятиям равномерно распределить объем осенних и весенних полевых работ, а в случае удачной перезимовки, что в последние годы встречается все чаще, надеяться на получение максимального урожая зерна даже в засушливые годы, активно используя весеннюю влагу в критические фазы роста растений.

**Выводы.** Максимальная (3,85 т/га) средняя урожайность зерна при прямом посеве получена при возделывании кукурузы, а минимальная (2,00 т/га) – при возделывании пивоваренного ячменя.

В среднем наибольший (2,72) коэффициент энергетической эффективности был выявлен при возделывании кукурузы на зерно, а наименьший (1,99) – при возделывании пивоваренного ячменя.

Наивысший (68,4 %) средний уровень рентабельности получен при возделывании озимой пшеницы, а минимальный (14,8 %) – при возделывании пивоваренного ячменя. Однако максимальная (6720 руб.) средняя прибыль с 1 т продукции установлена при возделывании кукурузы на зерно, а минимальная (660 руб.) – при производстве кукурузного силоса.

Таким образом, агрономическая и экономическая оценки свидетельствуют об агротехнической целесообразности внедрения прямого посева при возделывании зерновых культур после картофеля в агроклиматических условиях Чувашской Республике.

Авторы рекомендуют прямой посев озимой пшеницы и кукурузы для повышения рентабельности производства растениеводческой продукции по сравнению с другими зерновыми культурами на Северо-Востоке Нечерноземной зоны Российской Федерации.

**Финансирование.** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-016-00078.

#### Библиографические ссылки

1. Волков А. И., Прохорова Л. Н. Анализ технологий возделывания полевых культур в условиях Чувашии // Аграрная Россия. 2019. № 2. С. 3–7. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-2-3-7.
2. Волков А. И., Прохорова Л. Н., Богданов К. В. Прямой посев после сахарной свеклы // Сахарная свекла. 2022. № 3. С. 31–33. DOI: 10.25802/SB.2022.87.68.003.
3. Вольтерс И. А., Власова О. И., Передериева В. М., Дрепа Е. Б. Эффективность применения технологии прямого посева при возделывании полевых культур в засушливой зоне Центрального Предкавказья // Земледелие. 2020. № 3. С. 14–18. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10303.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.

5. Женченко К. Г., Турин Е. Н., Гонгало А. А. Результаты изучения системы земледелия прямого посева (no-till) при выращивании озимой пшеницы в Центральной степи Крыма // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71). С. 45–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-45-52.
6. Поляков Д. Г., Бакиров Ф. Г. Органическая мульча и No-till в земледелии: обзор зарубежного опыта // Земледелие. 2020. № 1. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10101.
7. Рабочев Г. И., Кутылкин В. Г., Рабочев А. Л. Биоэнергетическая оценка технологических процессов в растениеводстве. Самара, 2004. 112 с.
8. Blanco-Canqui H. No-till technology has limited potential to store carbon: How can we enhance such potential? // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2021. Vol. 313, Article number 107352. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107352>.
9. Skaalsveen K., Ingram J., Clarke L. E. The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in north-western Europe: A literature review // Soil Tillage Research. 2019. Vol. 189. P. 98–109.
10. Volkov A. I., Prohorova L. N., Stepanov A. S. Impact of no-till technology on the fertility of degraded and low-humus soils // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1112, Article number 012039. DOI: 10.1088/1755-1315/1112/1/012039.
11. Volkov A. I., Prohorova L. N., Shabalin R. A. The prospects for no-till in the cultivation of corn for grain // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677, Article number 052011. DOI: 10.1088/1755-1315/677/5/052011.
12. Zikeli S., Gruber S. Reduced Tillage and No-Till in Organic Farming Systems, Germany-Status Quo, Potentials and Challenges // Agriculture. 2017. Vol. 7(4), Article number 35. <https://doi.org/10.3390/agriculture7040035>.

### References

1. Volkov A. I., Prokhorova L. N. Analiz tekhnologii vozdelyvaniya polevykh kul'tur v usloviyakh Chuvashii [Analysis of cultivation technologies of field crops in the conditions of the Republic of Chuvashia] // Agrarnaya Rossiya. 2019. № 2. S. 3–7. DOI: 10.30906/1999-5636-2019-2-3-7.
2. Volkov A. I., Prokhorova L. N., Bogdanov K. V. Pryamoi posev posle sakharinoi svekly [Direct sowing after sugar beet] // Sakharnaya svekla. 2022. № 3. S. 31–33. DOI: 10.25802/SB.2022.87.68.003.
3. Vol'ters I. A., Vlasova O. I., Perederieva V. M., Drepas E. B. Effektivnost' primeneniya tekhnologii prymogo poseva pri vozdelyvanii polevykh kul'tur v zasushlivoi zone Tsentral'nogo Predkavkaz'ya [Efficiency of using direct sowing technology when cultivating field crops in the arid zone of the Central Fore-Caucasus] // Zemledelie. 2020. № 3. S. 14–18. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10303.
4. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanii) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
5. Zhenchenko K. G., Turin E. N., Gongalo A. A. Rezul'taty izucheniya sistemy zemledeliya prymogo poseva (no-till) pri vyrazshchivanii ozimoi pshenitsy v Tsentral'noi stepi Kryma [Study results of the farming system of direct sowing (no-till) when growing winter wheat in the Central steppe of the Crimea] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 5(71). S. 45–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-45-52.
6. Polyakov D. G., Bakirov F. G. Organicheskaya mul'cha i No-till v zemledelii: obzor zarubezhnogo opyta [Organic mulch and no-till in agriculture: a review of foreign experience] // Zemledelie. 2020. № 1. S. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10101.
7. Rabochev G. I., Kutilkin V. G., Rabochev A. L. Bioenergeticheskaya otsenka tekhnologicheskikh protsessov v rastenievodstve [Bioenergy estimation of technological processes in crop production]. Samara, 2004. 112 s.
8. Blanco-Canqui H. No-till technology has limited potential to store carbon: How can we enhance such potential? // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2021. Vol. 313, Article number 107352. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107352>.
9. Skaalsveen K., Ingram J., Clarke L. E. The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in north-western Europe: A literature review // Soil Tillage Research. 2019. Vol. 189. P. 98–109.
10. Volkov A. I., Prokhorova L. N., Stepanov A. S. Impact of no-till technology on the fertility of degraded and low-humus soils // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1112, Article number 012039. DOI: 10.1088/1755-1315/1112/1/012039.
11. Volkov A. I., Prokhorova L. N., Shabalin R. A. The prospects for no-till in the cultivation of corn for grain // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Article number 52011. DOI: 10.1088/1755-1315/677/5/052011.
12. Zikeli S., Gruber S. Reduced Tillage and No-Till in Organic Farming Systems, Germany-Status Quo, Potentials and Challenges // Agriculture. 2017. Vol. 7(4), Article number 35. <https://doi.org/10.3390/agriculture7040035>.

Поступила: 23.11.22; доработана после рецензирования: 30.01.23; принята к публикации: 01.02.23.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Авторский вклад.** Волков А. И. – концептуализация исследования, выполнение полевых опытов, сбор и анализ данных, подготовка рукописи; Прохорова Л. Н. – выполнение полевых опытов, сбор и анализ данных, подготовка рукописи; Селюнин В. В. – выполнение полевых опытов, сбор и анализ данных.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**