

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.31

DOI: 10.26897/2687-1149-2022-4-37-41

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНАЦИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ*МАЗУР ВЛАДИМИР ВАЛЕРЬЕВИЧ, младший научный сотрудник*amursoja@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9544-2140>

Всероссийский научно-исследовательский институт сои; 675027, Российская Федерация, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19

Аннотация. При возделывании кукурузы крупные сельскохозяйственные организации для борьбы с сорняками используют широкий спектр различных современных гербицидов. Для многих крестьянских (фермерских) хозяйств гербицидная прополка посевов практически невозможна по причине дорогостоящих препаратов. С целью минимизации затрат при производстве кукурузы определялась эффективность комбинаций рабочих органов культиватора для междурядной обработки посевов кукурузы. Эксперимент проводился в Тамбовском районе Амурской области. Посев кукурузы среднеспелого сорта (гибрида) Фалькон проводили сеялкой «Берегиня». Норма высева составляла 80...90 тыс. всхожих зерен на 1 га, глубина заделки семян – 4...6 см. Уход за посевами заключался в дождевом бороновании и культивации. Для уничтожения сорняков и рыхления почвы проводились две междурядные обработки в фазу формирования первого и пятого листьев. Эксперимент включал в себя четыре варианта комбинаций рабочих органов культиватора: плоскорезные лапы (бритвы), универсальные стрельчатые лапы, долотообразную лапу и игольчатые диски. За стандарт был принят вариант с применением комплекса гербицидов. Глубина обработки односторонними плоскорезными лапами (бритвами) составляла 6...8 см, глубина обработки универсальными стрельчатыми лапами – 10...12 см, долотообразной лапой – 15...20 см, игольчатыми дисками – 8...10 см. Экспериментально установлено, что наибольшая урожайность зерна кукурузы 3,87 т/га достигнута посредством применения комплекса гербицидов. Механическая прополка междурядий с использованием двух универсальных стрельчатых лап с долотообразной лапой и игольчатыми дисками или двух односторонних плоскорезных лап со стрельчатой лапой позволила достичь урожайности зерна соответственно в 3,39 и 3,38 т/га и увеличения рентабельности производства кукурузы на 3,8...38,6% в сравнении с применением комплекса гербицидов. Доказана эффективность комбинации рабочих органов культиватора для междурядной обработки посевов кукурузы.

Ключевые слова: культиватор, лапа, диски, зерно, кукуруза, комбинация рабочих органов культиватора.

Формат цитирования: Мазур В.В. Оценка эффективности применения комбинаций рабочих органов культиватора для возделывания кукурузы // *Агроинженерия*. 2022. Т. 24. № 4. С. 37-41. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-4-37-41>.

© Мазур В.В., 2022



ORIGINAL PAPER

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF COMBINING CORN CULTIVATOR WORKING TOOLS*VLADIMIR V. MAZUR, Junior Research Engineer*amursoja@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9544-2140>

All-Russian Research Institute of soybean; 19, Ignatievskoe Ave., Blagoveshchensk, 675027, Russian Federation

Abstract. When cultivating corn, large farm holdings use a wide range of various modern herbicides to control weeds. For many small farms, herbicidal weeding of crops is practically impossible due to expensive inputs. To minimize corn production costs, the author analyzed the effectiveness of combining cultivator working tools for row-to-row processing of corn crops. The experiment was conducted in the Tambovka district of the Amur region. A “Bereginya” seeder was used to sow medium-ripened Falcon maize (hybrid). The seeding rate was 80...90 thousand germinating grains per 1 ha. The seeding depth was 4...6 cm. The cultivation operations involved pre-emergence harrowing and cultivation. To combat weeds and loosen the soil, two inter-row treatments were carried out during the phase of the first- and fifth-leaf formation. The experiment included four combinations of cultivator working tools: flat hoes (blades), universal center hoes, chisel-shaped hoes and hoe wheels. A variant with the use of a herbicide mix was adopted as the standard. The tillage depth with one-sided flat hoes (blades) was 6...8 cm, with universal center hoes – 10...12 cm, with chisel-shaped hoes – 15...20 cm, with hoe wheels – 8...10 cm. It was experimentally established that the use of a herbicide mix contributed to obtaining the highest corn yield of 3.87 t/ha. Mechanical weeding of row spacing using two universal center hoes with a chisel-shaped hoe and hoe wheels or two one-sided flat hoes with a center hoe made it possible to obtain yields of 3.39 and 3.38 t/ha, respectively, and increase the profitability of corn production by 3.8...38.6% as compared with the use of a herbicide mix. The study has proved the effectiveness of combining cultivator working tools in inter-row cultivation of corn crops.

Key words: cultivator, cultivator hoe, how wheels, grain, corn, a combination of cultivator's working tools.

For citation: Mazur V.V. Evaluation of the effectiveness of combining corn cultivator working tools. Agricultural Engineering (Moscow), 2022; 24(4): 37-41. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-4-37-41>.

Введение. Кукуруза – культура, входящая в первую пятерку продуктов продовольствия. Основными производителями кукурузного зерна в мире являются Соединенные Штаты Америки (США), Китайская Народная Республика (КНР), Бразилия, занимающие около 48% мировых посевов [1]. В России кукуруза выращивается как зерновая и кормовая культура. Из кукурузы изготавливают более 150 продовольственных и технических продуктов [2]. Зерно этой культуры используется в качестве основного компонента концентрированного корма для скота, свиней и птиц.

Без эффективной борьбы с сорняками вырастить кукурузу невозможно [3]. Ее рядки смыкаются поздно, и сорняки растут как в рядках, так и в междурядьях. Конкурентоспособность кукурузы к сорнякам в фазах ее развития является неодинаковой. От второго-третьего настоящих листьев до появления восьмого-десятого листьев засоренность может быть причиной резкого снижения урожайности кукурузы. В связи с этим борьбу с сорняками в посевах культуры следует проводить дифференцировано.

Крупные сельскохозяйственные организации для борьбы с сорняками используют широкий спектр различных современных гербицидов. Для многих крестьянских (фермерских) хозяйств гербицидная прополка посевов практически невозможна ввиду дороговизны препаратов. Поэтому поиск новых технологических приемов, а также средств механизации, позволяющих с минимальными затратами производить кукурузу, является актуальным [4]. Наибольшая урожайность зерна и эффективная защита от сорняков могут достигаться

при оптимальном сочетании химических и механических методов ухода за посевами [5]. Создание новой и совершенствование существующей почвообрабатывающей техники должны осуществляться по пути снижения энергоемкости технологических процессов и базироваться на основе принципов блочно-модульности, комбинированности и универсальности с адаптацией к конкретным почвенно-климатическим условиям [6].

Цель исследований: оценить эффективность применения комбинаций рабочих органов культиватора для возделывания кукурузы на зерно в условиях Приамурья.

Материалы и методы. В 2020-2021 гг. проведены исследования на опытном поле ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Материально-техническая база находится в селе Садовое Тамбовского района Амурской области. Почва опытного участка – луговая черноземовидная маломощная в комплексе со среднетяжелой. В пахотном слое она имеет слабокислую реакцию, среднюю величину потенциальной гидролитической кислотности и повышенную сумму поглощенных оснований. В составе поглощенных катионов преобладает ион кальция. Степень насыщенности основаниями высокая. Особенностью данного типа почв является то, что при сравнительно высоком потенциальном плодородии содержание минерального азота и подвижного фосфора очень низкое (25...42 и 28...32 мг/кг почвы соответственно), а содержание калия очень высокое (170...240 мг/кг почвы).

Климат области резко континентальный с признаками муссонности. Вегетационный период в годы проведения эксперимента характеризовался повышенной температурой воздуха и избыточной влажностью (табл. 1).

Таблица 1

Погодные условия в период вегетации растений кукурузы¹

Table 1

Weather conditions during the corn growing season¹

Месяц Month	Температура воздуха, °С (данные ГМС г. Благовещенка) <i>Air temperature, °C (data from the Hydro-Meteorological Services (HMS) of Blagoveshchensk)</i>			Осадки, мм (данные ГМС с. Садовое) <i>Precipitation, mm (HMS data from Sadovoe village)</i>		
	2020 г.	2021 г.	средняя многолетняя <i>Average long-term</i>	2020 г.	2021 г.	среднее многолетнее <i>Average long-term</i>
Май / May	13,4	11,9	12,4	72	96,1	39
Июнь / June	19,0	20,2	18,8	140	57,1	85
Июль / July	21,8	23,4	21,5	43	104,2	106
Август / August	19,6	18,8	19,2	175	194,2	103
Сентябрь / September	14,0	14,2	12,4	111	95,9	66
За лето / During summer	20,1	20,8	19,8	358	355,5	294
За сезон / During the growing season	17,6	17,7	16,8	541	547,5	399

За сезон 2020 г. температура воздуха была выше средней на 0,8°C, а осадков выпало на 142 мм больше нормы. В период вегетации растений 2021 г. температура воздуха превышала норму на 0,9°C, осадков выпало на 148,5 мм больше среднего многолетнего значения.

Схема опыта включала в себя следующие варианты:

1. Стандарт (контроль) – комплекс химических средств защиты растений от сорняков.
2. Две односторонние плоскорежущие лапы (бритвы) со смещением + стрелчатая лапа.

¹ Амурский ЦГМС [Электронный ресурс]. URL: <https://amurpogoda.com/> (дата обращения: 01.02.2022 г)

3. Две односторонние плоскорежущие лапы (бритвы) со смещением + долотообразная лапа + игольчатые диски.

4. Две универсальные стрелчатые лапы со смещением + игольчатые диски.

5. Две универсальные стрелчатые лапы со смещением + долотообразная лапа + игольчатые диски.

В контрольном варианте опыта применяли почвенный гербицид Гардо Голд (С-Метолахлор 312,5 г/л + Тербутилазин 187,5 г/л) 3...4 л/га, по вегетирующим растениям Титус Плюс (Дикамба (диметиламинная соль) 609 г/кг дикамбы к-ты + Римсульфурон 32,5 г/кг) 0,385 кг/га и Тренд 90 (Водный раствор этоксилата изодецилового спирта 900 г/л) 0,2 л/га; в вариантах 2-5 проводили две междурядные обработки в периоды появления 2-3 и 5-6 листьев. Повторность в опыте трехкратная, общая площадь делянки – 200 м², учетная площадь – 50 м².

Обработку результатов экспериментальных исследований проводили дисперсионным анализом с использованием программы для персонального компьютера «Microsoft Excel». Достоверность полученных результатов оценивалась по существенности разности выборочных средних по *t*-критерию, проверкой гипотезы о принадлежности «сомнительной» варианты к совокупности, соответствия между наблюдаемыми и ожидаемыми (теоретическими)

распределениями по критерию χ^2 , различий между дисперсиями по критерию *F* [7].

В опыте высевали кукурузу среднеспелого сорта (гибрида) Фалькон². Предшественник – соя. Дата посева – 10-25 мая. Норма высева – 80...90 тыс. всхожих зерен на 1 га. Посев кукурузы проводили сеялкой «Берегиня». Глубина заделки семян составляла 4...6 см. Уход за посевами заключался в довсходовом бороновании и культивации. Для уничтожения сорняков и рыхления почвы проводили две междурядные обработки в фазу формирования первого и пятого листьев. Глубина обработки односторонними плоскорежущими лапами (бритвами) – 6...8 см, глубина обработки универсальными стрелчатыми лапами – 10...12 см; долотообразной лапой – 15...20 см; игольчатыми дисками – 8...10 см. Защитная зона при первой обработке достигала 5 см, при второй обработке – 10 см [8].

Предлагаемый модернизированный культиватор имеет расположенный по центру бруса прицепное устройство 13 для навешивания на навеску трактора. На раме 1 установлены два опорных колеса 14. К раме жестко прикреплены секции культиватора 10. Глубина хода рабочих органов устанавливается при помощи колеса секции культиватора 9 и положения рабочих органов по высоте (рис.). При помощи пружин 11 и 12 можно изменять давление воздействия на почву рабочих органов.

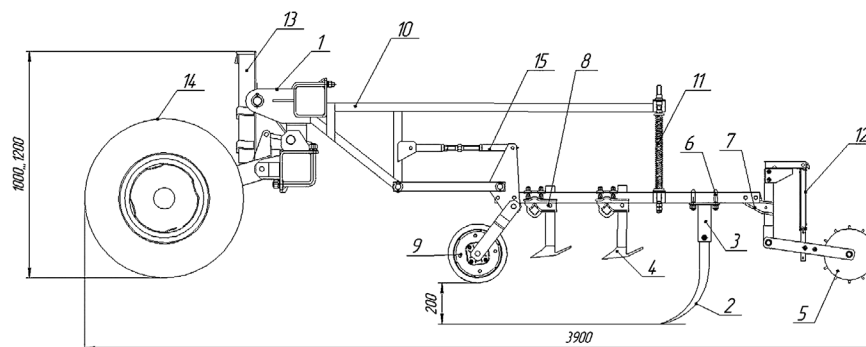


Рис. Вариант установки рабочих органов секции на раме культиватора:

1 – рама культиватора; 2 – долотообразная лапа; 3 – кронштейн долотообразной лапы; 4 – односторонняя плоскорежущая лапа (бритва); 5 – игольчатые диски; 6 – стремянка; 7, 8 – держатели; 9 – колесо секции культиватора; 10 – секция культиватора; 11, 12 – пружины; 13 – прицепное устройство; 14 – опорное колесо; 15 – регулировочный винт

Fig. Option of installing the working tools of the section on the cultivator frame:

1 – cultivator frame; 2 – chisel-shaped hoe; 3 – chisel-shaped hoe bracket; 4 – one-sided flat hoe (blade); 5 – hoe wheel; 6 – U-clamp; 7, 8 – holders; 9 – cultivator section wheel; 10 – cultivator section; 11, 12 – spring; 13 – trailer; 14 – support wheel; 15 – adjusting screw

Результаты и их обсуждение. При обработке междурядий посевов кукурузы односторонние плоскорежущие лапы 4 (бритвы) размещены с условием соблюдения защитной зоны, а долотообразная лапа 2 размещена по центру междурядья, производя рыхление почвы по глубине и обеспечивая лучшее водоотведение, а игольчатые диски разрушают образование комков.

В результате исследований установлено, что в 2020 г. наибольшую урожайность обеспечил состав рабочих органов культиватора из двух односторонних плоскорежущих лап, долотообразной лапы и игольчатых дисков [9]. Наименьший показатель урожайности зафиксирован при использовании двух односторонних плоскорежущих лап со стрелчатой лапой. В 2021 г. лучший результат был в контрольном варианте (обработка гербицидами), а самая низкая урожайность получена при использовании двух односторонних плоскорежущих лап, долотообразной лапы и игольчатых дисков.

В среднем за два года наибольшую урожайность обеспечил комплекс гербицидов (контроль), а самая низкая

урожайность получена в варианте с двумя универсальными стрелчатыми лапами и игольчатыми дисками (табл. 2).

В опыте есть существенные различия между вариантами. Фактически рассчитанный критерий Фишера больше теоретического ($F_{\phi} > F_{05}$). Нулевая гипотеза H_0 отвергается. В 2020 г. ошибка разности средних s_d соответствовала 0,109 т. Относительная величина НСР₀₅ равна 6,88%. В 2021 г. ошибка разности средних s_d – 0,102 т. НСР₀₅ в относительной величине составила 7,35%.

В 2020 г. после проведенных обработок в вариантах 3, 4, 5 практически до самой уборки кукурузы почва в междурядьях оставалась рыхлой и чистой от сорняков. Это связано с большим количеством выпавших осадков в июне (140 мм) и практически отсутствием их в июле (43 мм). В варианте

² ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ». Государственный реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9464005/> (дата обращения: 07.02.2022)

2 после обработки подрезанные пласты почвы плохо крошились по причине отсутствия игольчатых дисков. В 2021 г. сложились благоприятные условия для роста сорняков

ввиду хорошего сочетания влаги и тепла, а для роста кукурузы выпавшие осадки уплотнили почву, что сказалось на урожайности.

Таблица 2

Урожайность зерна кукурузы в зависимости от комбинации рабочих органов культиватора

Table 2

Corn grain yield depending on the combination of cultivator working tools

Состав рабочих органов культиватора <i>Composition of the working tools of the cultivator</i>		Урожайность, т/га / <i>Yield, t/ha</i>			Прибавка / <i>Increase</i>	
		2020 г.	2021 г.	средняя / <i>Medium</i>	т/га	%
1	Контроль (обработка гербицидами) <i>Control (herbicide treatment)</i>	3,83	3,92	3,87	–	–
2	Две односторонние плоскорежущие лапы + стрелчатая лапа <i>Two single-sided flat hoes + a center hoe</i>	3,15	3,62	3,38	–0,49	–12,6
3	Две односторонние плоскорежущие лапы + долотообразная лапа + игольчатые диски <i>Two single-sided flat hoes + chisel-shaped hoe + hoe wheels</i>	3,77	2,52	3,14	–0,7	–18,0
4	Две универсальные стрелчатые лапы + игольчатые диски <i>Two universal center hoes+ hoe wheels</i>	3,38	2,57	2,97	–0,9	–23,2
5	Две универсальные стрелчатые лапы + долотообразная лапа + игольчатые диски <i>Two universal center hoes+ chisel-shaped hoes + hoe wheels</i>	4,03	3,01	3,52	–0,35	–9,04
<i>HCP₀₅, т/га / HCP₀₅, t/ha</i>		0,25	0,23			

В среднем за два года из рассматриваемых вариантов комбинаций рабочих органов культиватора оптимальным является сочетание двух универсальных стрелчатых лап, долотообразной лапы и игольчатых дисков. Несущественно ему уступают вариант с двумя односторонними плоскорежущими лапами и стрелчатой лапой (урожайность ниже на 0,01 т/га) и вариант с двумя односторонними плоскорежущими лапами, долотообразной лапой и игольчатыми дисками (урожайность ниже на 0,12 т/га). Для ухода за посевами кукурузы приемлемы все комбинации рабочих органов

культиватора, за исключением варианта с двумя универсальными стрелчатыми лапами и игольчатыми дисками.

Экономические расчеты показали, что наиболее рентабельным при производстве кукурузы является применение культиватора с комбинацией рабочих органов: двух односторонних плоскорежущих лап и стрелчатой лапы. Менее рентабельным является использование культиватора с сочетанием трех рабочих органов: двух универсальных стрелчатых лап, долотообразной лапы и игольчатых дисков (табл. 3).

Таблица 3

Экономическая эффективность возделывания кукурузы на зерно

Table 3

Economic efficiency of corn cultivation for grain

Показатель, единица измерения <i>Indicator, units of measurement</i>	Вариант опыта / <i>Experiment take No.</i>				
	1	2	3	4	5
Урожайность, т/га / <i>Productivity, t/ha</i>	3,92	3,62	2,52	2,57	3,01
Прибавка урожая, т/га / <i>Yield increase, t/ha</i>	-	–0,30	–1,40	–1,35	–0,91
Стоимость валовой продукции, руб. / <i>Cost of gross output, rub.</i>	54880,0	50680,0	35280,0	35980,0	42140,0
Стоимость прибавки, руб. / <i>Cost of the increase, rub.</i>	-	–4200,0	–19600,0	–18900,0	–12740,0
Прямые производственные затраты, всего, руб/га <i>Direct production costs, total, rub/ha</i>	32223,6	24257,6	24160,4	24164,8	24203,7
в том числе дополнительные / <i>including additional costs</i>	-	–7966,0	–8063,2	–8058,8	–8019,9
Условно чистый доход, руб/га / <i>Net operating income, rub/ha</i>	22656,4	26422,4	11119,6	11815,2	17936,3
в том числе дополнительный / <i>including additional income</i>	-	3766,0	–11536,8	–10841,2	–4720,1
Себестоимость 1 т, руб. / <i>Cost of 1 ton, rub.</i>	8220,3	6701,0	9587,5	9402,7	8041,1
Уровень рентабельности, % / <i>Profitability level, %</i>	70,3	108,9	46,0	48,9	74,1
Цена реализации, руб/т / <i>Selling price, rub/t</i>	14000,0	14000,0	14000,0	14000,0	14000,0

Возделывание кукурузы с использованием комплекса гербицидов является рентабельным, но себестоимость 1 т зерна на 1519,3 и 179,2 руб. выше, чем во втором и пятом вариантах, где применяли сочетание рабочих органов культиватора.

Выводы

1. Для крупных сельскохозяйственных организаций рентабельным является возделывание кукурузы с использованием комплекса гербицидов.

Библиографический список

1. Бумбар И.В., Мазур В.В., Кувшинов А.А. Совершенствование технологий и технических средств при возделывании кукурузы на зерно в Южной сельскохозяйственной зоне Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 2(58). С. 131-136. <https://doi.org/10.24412/1999-6837-2021-2-131-136>
2. Семькин В.А., Пигорев И.Я., Оксененко И.А. Возделывание кукурузы на зерно без гербицидов // Современные наукоемкие технологии. 2008. № 4. С. 44-46. EDN: IQFXMF
3. Кузнецова С.В., Багринцева В.Н. Сорные растения в посевах кукурузы // Земледелие. 2015. № 6. С. 44-45. EDN: UGTHOX
4. Hegarty T.W., Royle S.M. Combined effects of moisture content prior to compaction, compactive effort and rainfall quantity on soil crust strength. *European Journal of Soil Science*, 2006. 29 (2): 167-173. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1978.tb02047.x>
5. Chaplygin M.E., Podzorov A.V., Podzorova M.V., Alchimbayeva A. Modern approaches to technology of cultivation of corn. E3S Web of Conferences "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTE2020". EDP Sciences, 2020. P. 01032. EDN: YROIWD
6. Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В. Перспективы развития методов и технических средств защиты сельскохозяйственных растений // Агроинженерия. 2021. № 1 (101). С. 26-35. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-1-26-35>
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. EDN: ZJQBUD
8. Система земледелия Амурской области: Производственно-практический справочник / Под общ. ред. д-ра с.-х. наук, проф. П.В. Тихончука. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2016. 570 с. EDN: XRDEZF
9. Мазур В.В. Эффективная комбинация рабочих органов культиватора для возделывания кукурузы на зерно // Молодёжь XXI века: шаг в будущее: Материалы XXII Региональной научно-практической конференции, Благовещенск, 20 мая 2021 г. Благовещенск: БГПУ, 2021. С. 815-816. EDN: GMFFXN

Критерии авторства

Мазур В.В. выполнил теоретические исследования, на основании полученных результатов провел эксперимент и подготовил рукопись. Мазур В.В. имеет на статью авторские права и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 16.02.2022

Одобрена после рецензирования 18.03.2022

Принята к публикации 17.06.2022

2. Для ухода за посевами кукурузы применение культиватора с сочетанием рабочих органов: двух односторонних плоскорежущих лап со стрелчатой лапой и двух универсальных стрелчатых лап с долотообразной лапой и игольчатыми дисками – позволяет увеличить рентабельность производства кукурузы на 3,8...3,86% в сравнении с результатами применения комплекса гербицидов.

3. В крестьянских (фермерских) хозяйствах для ухода за посевами кукурузы неприемлемым является применение двух универсальных стрелчатых лап с игольчатыми дисками.

References

1. Bumbar I.V., Mazur V.V., Kuvshinov A.A. Sovershenstvovanie tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv pri vzdelyvanii kukuruzy na zerno v Yuzhnoy sel'skokhozyaystvennoy zone Amurskoy oblasti [Improving technologies and technical means for used in the corn cultivation for grain in the Southern agricultural zone of the Amur region]. *Dal'nevostochniy agrarniy vestnik*, 2021; 2(58): 131-136. <http://dx.doi.org/10.24412/1999-6837-2021-2-131-136> (In Rus.)
2. Semykin V.A., Pigorev I.Ya., Oksenenko I.A. Vozdelyvanie kukuruzy na zerno bez gerbitsidov [Cultivation of corn for grain without herbicides]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2008; 4: 58-60. (In Rus.)
3. Kuznetsova S.V., Bagrintseva V.N. Sornye rasteniya v posevakh kukuruzy [Weeds in corn crops]. *Zemledelie*, 2015; 6: 44-45. (In Rus.)
4. Hegarty T.W., Royle S.M. Combined effects of moisture content prior to compaction, compactive effort and rainfall quantity on soil crust strength. *European Journal of Soil Science*, 2006; 29(2): 167-173. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2389.1978.tb02047.x>
5. Chaplygin M.E., Podzorov A.V., Podzorova M.V., Alchimbayeva A. Modern approaches to technology of cultivation of corn. E3S Web of Conferences, Sevastopol, 2020: 01032.
6. Dorokhov A.S., Starostin I.A., Esin A.V. Perspektivy razvitiya metodov i tekhnicheskikh sredstv zashchity sel'skokhozyaystvennykh rasteniy [Prospects for the development of methods and technical means of the protection of agricultural plants]. *Agricultural Engineering*, 2021; 1 (101): 26-35. <http://dx.doi.org/10.26897/2687-1149-2021-1-26-35> (In Rus.)
7. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Rus.)
8. Sistema zemledeliya Amurskoy oblasti: Proizvodstvenno-prakticheskiy spravochnik [System of agriculture of the Amur region: practical industrial reference book] / Ed. by DSc (Ag), Prof. P.V. Tikhonchuk. Blagoveshchensk, Izd-vo Dal'nevostochnogo GAU, 2016. 570 p. (In Rus.)
9. Mazur V.V. Effektivnaya kombinatsiya rabochikh organov kul'tivatora dlya vzdelyvaniya kukuruzy na zerno [Effective combination of cultivator's working tools for growing corn for grain]. *Molodezh' XXI veka: shag v budushchee: Materialy XXII Regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Blagoveshchensk, May 20, 2021). Blagoveshchensk, BGPU, 2021: 815-816. (In Rus.)

Contribution

V.V. Mazur performed theoretical studies and, based on the results obtained, conducted the experiment and wrote the manuscript. V.V. Mazur has author's rights and is responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this paper

The article was received 16.02.2022

Approved after reviewing 18.03.2022

Accepted for publication 17.06.2022