

Научная статья
УДК 631.35(571.61)
EDN BVAQTK

Определение оптимальных параметров комбинации рабочих органов культиватора для междурядной обработки кукурузы в условиях Амурской области

Владимир Валерьевич Мазур¹, Константин Анатольевич Никульчев²,
Алексей Алексеевич Кувшинов³, Владимир Александрович Сахаров⁴

^{1,2,3,4} Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ vmazur149@mail.ru, ² nka@vniisoi.ru, ³ pzrk_igla1992@mail.ru, ⁴ sakharov.v.a@mail.ru

Аннотация. При разработке и использовании биологизированного земледелия необходимо снижать химическую нагрузку на почву. Применение химического способа борьбы с сорной растительностью приводит к появлению резистентности у некоторых видов сорняков к гербицидам, что требует увеличения доз внесения или разработки новых химических средств, и, в конечном итоге, приводит к большему загрязнению окружающей среды. Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур призвано повысить уровень механизации, организовать правильный и своевременный уход за посевами, обеспечить качество обработки, гарантирующей реализацию потенциала сорта (гибрида) в данных климатических условиях. Важным элементом механизированного ухода за посевами кукурузы является междурядная обработка по уничтожению сорной растительности и улучшению водно-воздушного режима почвы. Цель исследования – определение оптимальных параметров культиватора для междурядной обработки кукурузы в условиях Амурской области. Рассмотрены теоретические особенности процессов подрезания сорняков стрельчатой лапой и работа рыхлительной и плоскорежущей лап. По результатам применения культиватора с комбинациями: две односторонние плоскорежущие лапы (бритвы) с перекрытием кромки рабочего органа в сочетании со стрельчатой лапой по центру междурядья; две универсальные стрельчатые лапы с перекрытием кромки рабочего органа с долообразной лапой и игольчатыми дисками по центру междурядья, выбрана первая комбинация, как показавшая наилучшие предварительные результаты. Для определения режимных параметров рабочего процесса машинно-тракторного агрегата, состоящего из трактора и пропашного культиватора с выбранной ранее оптимальной комбинацией рабочих органов, проведен полнофакторный эксперимент 3². При рабочей скорости трактора 9,4–10 км/ч и глубине обработки 12,2–13,5 см достигнуто удаление более 60 % сорных растений в междурядьях посевов кукурузы.

Ключевые слова: кукуруза, междурядная обработка, культиватор

Для цитирования: Мазур В. В., Никульчев К. А., Кувшинов А. А., Сахаров В. А. Определение оптимальных параметров комбинации рабочих органов культиватора для междурядной обработки кукурузы в условиях Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 197–208.

Original article

Determination of optimal parameters of cultivator working body combination for row-to-row processing of corn in Amur region

Vladimir V. Mazur¹, Konstantin A. Nikulchev²,
Alexey A. Kuvshinov³, Vladimir A. Sakharov⁴

^{1,2,3,4} All-Russian Scientific Research Institute of Soybean

Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ vmazur149@mail.ru, ² nka@vniisoi.ru, ³ pzrk_igla1992@mail.ru, ⁴ sakharov.v.a@mail.ru

Abstract. The development of biologization of agriculture focus on the necessity of soil chemical load reduction. The use of a chemical method of weed control leads to herbicide resistance in some weed species. It requires an increase in application dose or new chemical product designing, which ultimately will contribute to even greater environmental pollution. The development of crop cultivation technologies is aimed to enhance mechanization level, proper and timely care of crops, to ensure processing quality that guarantees realization of the variety (hybrid) potential in these climatic conditions. An important element of mechanized farming of corn crops is row-to-row treatment in order to destroy weeds and improve soil water-air regime. The objective of the work was to determine the optimal parameters of the cultivator for row-to-row processing of corn in Amur region. Theoretical features of weed cutting with a goose foot share, the work of chisel and scuffle knife were considered. Working bodies were applied in two combinations, two one-side scuffle knives (razors) with a goose foot share, and two universal goose foot shares with a chisel and wheel spiders. The first combination showed the best preliminary results and was selected as the most optimal. To determine the operating parameters of the working process of a machine-tractor unit consisting of a tractor and a tilled cultivator with the previously selected optimal combination of working bodies, a full-factor experiment 3^2 was conducted. With a tractor operating speed of 9.4–10 km/h and a processing depth of 12.2–13.5 cm, weed removal in the row spacing of corn crops was achieved by more than 60%.

Keywords: corn, row-to-row processing, cultivator

For citation: Mazur V. V., Nikulchev K. A., Kuvshinov A. A., Sakharov V. A. Determination of optimal parameters of cultivator working body combination for row-to-row processing of corn in Amur region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:197–208 (in Russ.).

Введение. На Дальнем Востоке одной из стратегических культур, имеющих большое значение в экономике хозяйств, является кукуруза. Она занимает ведущее место по уровню и стабильности урожая зерна и играет роль страховой культуры среди зерновых. Необходимость производства кукурузы на зерно возрастает в связи с ростом потребности в концентрированных кормах для обеспечения животноводства в Амурской области.

Использование в течении десятилетий химических средств при производстве сельскохозяйственной продукции на фоне значительного роста продуктивности и увеличения продовольственной безопасности привело к появлению отрицательных явлений, связанных с загрязнением окружающей среды.

Биологические особенности выращиваемой культуры и климатические условия определенной зоны возделывания должны быть тесно связаны с технологией. Данное условие особенно важно при возделывании зерновой кукурузы, которая требует адаптивности к почвенно-климатическим условиям, особенностям выбранного гибрида и составу сельскохозяйственных машин и агрегатов.

Главная задача технологии выращивания зерновой кукурузы в современных

условиях – обеспечение раскрытия потенциала гибридов в рамках разработки и реализации биологизированного земледелия. Для ее решения проведен ряд исследований по улучшению элементов механизированной технологии ухода за широко-рядными посевами зерновой кукурузы и уменьшению использования технологии с химической составляющей.

Правильный и своевременный уход за посевами кукурузы преимущественно и определяет величину урожая. Важным элементом механизированного ухода за широко-рядными посевами кукурузы при возделывании на зерно является междурядная обработка, которая сводится в основном к уничтожению сорняков и улучшению водно-воздушного режима почвенных слоев [1, 2].

Почвенные гербициды вносятся после посева с заделкой зубowymi боронами. На полях Амурской области обработка посевов кукурузы включает использование гербицидов в фазу 3–5 листьев обрабатываемой культуры (2–4 листьев у сорняков) с одновременным внесением подкормки. Кроме химической прополки применяют междурядную культивацию с использованием машинно-тракторного агрегата (трактор МТЗ-82 и культиватор КРН-5,6) с внесением второй подкормки [3].

В результате изучения различных технологий возделывания и методов ухода за посевами кукурузы установлено, что наибольшая урожайность и защита от сорняков достигаются при оптимальном сочетании химических и агротехнических способов ухода за посевами [4–6].

Учеными Азербайджана выявлено, что самое эффективное развитие растений кукурузы наблюдается при двух между-рядных обработках (при норме высева, составляющей 47 тыс. семян на гектар и при внесении $N_{140}P_{100} + 20$ тонн навоза), так и при замене второй междурядной обработки на обработку с окучиванием [5].

В условиях Ростовской области исследователями рассмотрены итоги трехлетнего изучения по действию между-рядных обработок посевов кукурузы на плотность почвы, ее биологическую активность и продуктивность гибридов российского и иностранного производства. Выяснено, что междурядная обработка содействует уменьшению плотности почвы в слоях 0–5 и 5–10 см до оптимальных показателей. Урожайность зерна кукурузы при применении одной междурядной обработки увеличилась на 0,16 т/га, при двух обработках – на 0,20 т/га. В большей степени экономически выгодно проводить две междурядные обработки с дальнейшей защитой посевов от сорняков гербицидом Кассиус (0,05 кг/га) [6].

В 2016–2018 гг. в условиях лесостепной зоны Зауралья проводились исследования по влиянию механизированной обработки между-рядий и гербицида на наличие засоренности в посевах при использовании гибрида кукурузы Обский 140. В варианте без использования химических средств защиты число сорняков к периоду уборки увеличилось до 189,7 шт./м². Выполнение одной обработки между-рядий, проведенной в фазу 7–8 листа кукурузы на глубину от 3 до 5 см, обеспечило удаление сорняков до 29 %, но при этом отмечена низкая эффективность уничтожения многолетних сорняков. Применение гербицида Мастер Пауэр по рекомендации производителя обеспечило эффективность до 82 %, а вариант с совместным применением гербицида и между-рядной обработки – до 88 % [7].

Исследования, проведенные в период 2017–2019 гг., в условиях лесостепной зоны Поволжья показали, что раннесе-

лые гибриды кукурузы в значительной мере реализовали свой потенциал и показали урожайность на уровне от 8,31 до 8,55 т/га зерна. Способы защиты посевов кукурузы от сорной растительности влияли как на уровень урожайности, так и на продуктивность, что объясняется разной степенью эффективности механизированной обработки между-рядий и применения гербицида при защите культурных растений от сорняков. При между-рядной обработке количество сорных растений в среднем составило 8,4 шт./м², притом, что при использовании гербицида оно достигало уровня 5,1 шт./м². Средняя урожайность зерна кукурузы при использовании гербицида увеличилась на 0,92 т/га по сравнению с применением механической обработки между-рядий [8].

По результатам исследований, проведенных в условиях лесостепной зоны Западной Сибири, выполнено сравнение продуктивности гибридов кукурузы фуражного назначения при использовании в опытах следующих вариаций:

- 1) довсходовое и повсходовое боронование;
- 2) первая и вторая культивации между-рядий;
- 3) гербицид Лазурит (обработка в фазу 7–9 листьев кукурузы от двудольных сорных растений).

Установлено, что за три года гибрид Обский 140 СВ по уровню урожайности зерна был в большей мере восприимчив на проведение совокупности механических приемов (проведение боронований и культиваций). При этом было получено 67,5 ц/га зерна. Применение гербицида Лазурит привело к низкому уровню урожайности – 50,4 и 62,8 ц/га у гибридов Кубанский 101 СВ и Обский 140 СВ соответственно. Механические приемы (два боронования и две между-рядные культивации) и комплекс из довсходового боронования, применения гербицида и между-рядной культивации привели к наибольшему выходу зерна у данных исследуемых гибридов: 61,9 и 70,3 ц/га соответственно [9].

В условиях орошения (степная зона Кабардино-Балкарии) в течение трех лет проведены испытания перспективного гибрида кукурузы Maisky 260MV. Изучена

эффективность способов ухода за посевами при использовании агротехнологий различной интенсивности.

При завершении вегетационного периода выделен самый высокий уровень наличия сорных растений в посевах при использовании интенсивной технологии – 350 шт./м², при этом наблюдалась низкая урожайность зерна – 34,0 ц/га. Численность многолетних сорняков составила 130,0 шт./м². В базовом варианте: общая засоренность посевов – 110,0 шт./м², многолетних сорняков – до 120,0 шт./м², урожайность зерна – 42,5 ц/га. В результате уровень чистоты посевов составил 73,4 % (в пересчете на общее количество сорных растений), в том числе многолетние сорняки уничтожаются на 56,2 %, что приводит к формированию урожайности до уровня 47,6 ц/га и избавляет от потерь 13,6 ц/га зерна по сравнению с данными, полученными при использовании экстенсивной агротехники. В варианте технологии повышенной интенсивности данные показатели еще выше – 95,0 % гибели общей массы сорняков при урожайности зерна 50,8 ц/га с приростом до 16,8 ц/га [10].

С 1996 года генетически модифицированные, устойчивые к гербицидам культуры, особенно устойчивые к глифосату, внесли изменения в тактику, используемую производителями кукурузы, сои и хлопка для борьбы с сорняками. Сорняки приспособляются к обычной практике использования только глифосата. Производителям, использующим только один способ борьбы с сорняками, необходимо перейти на более разнообразный набор гербицидных, механических и культурных методов для поддержания эффективности глифосата [11].

Использование в условиях Амурской области обработки междурядий в посевах кукурузы культиватора с комбинациями, состоящими из двух односторонних плоскорежущих лап (бритв) с перекрытием кромки рабочего органа в сочетании со стрельчатой лапой по центру междурядья и варианта из двух универсальных стрельчатых лап с перекрытием кромки рабочего органа, дополненного долотообразной лапой и игольчатыми дисками по центру междурядья обеспечило прибавку урожайности зерна относительно варианта с применением химических средств защиты

на 7,34 и 5,88 ц/га, на фоне значительного улучшения фитосанитарного состояния посевов и улучшения агрофизических свойств почвы [12].

При выборе способа механической обработки междурядий в посевах кукурузы важным условием являются теоретическое обоснование воздействия на почву рабочих органов культиватора и экспериментальное подтверждение использования их комбинации.

Цель исследований – определение оптимальных параметров культиватора для междурядной обработки кукурузы в условиях Амурской области.

Материалы и методы исследований. Для улучшения водно-воздушного режима почвы, повышения ее аэрации с целью стимулирования развития корневой системы, уничтожения сорной растительности в период активного роста в широкорядных посевах кукурузы применяют пропашные культиваторы. По общепринятой системе технологий и машин для возделывания кукурузы на зерно в Амурской области предпочтение отдают системе ухода, основанной на использовании химических средств защиты растений (СЗР), которые высокоэффективны только при применении их в комплексе с агротехническими приемами [13].

Раздельное применение агротехнических приемов и СЗР снижает их эффективность, так как использование только химических СЗР не обеспечивает оптимальных условий для развития корневой системы, а агротехническая обработка междурядий сама по себе не способствует высокому качеству из-за недоступности уничтожения сорняков, расположенных вблизи культурных растений.

Теоретические особенности подрезания сорняков стрельчатой лапой. Лезвие стрельчатой лапы есть вершина двугранного угла, образованного фасками. Лезвие имеет свою толщину, которой определяется его острота. Резание лезвием не соответствует раскалыванию материала клином, образованным его фасками, тем самым действие лезвия не заменяется действием фасок.

При перемещении лезвия перпендикулярно его длине сила резания будет максимальной, но при резании с одновре-

менным проскальзыванием вдоль длины лезвия, сила резания будет тем меньше, чем больше продольное передвижение относительно нормального.

Чем больше скольжение, тем меньше необходимая сила резания. Причина в том, что, во-первых, при скольжении лезвия по материалу вместо напряжений смятия (сжатия) возникают напряжения растяжения или касательные напряжения сдвига, а временное сопротивление на растяжение и сдвиг меньше, чем на сжатие (смятие); во-вторых, если длина режущего лезвия равна l , а резание происходит под углом $(90^\circ - \gamma)$ между нормалью и направлением скорости лезвия, то ширина полосы перерезаемого материала (рис. 1) становится равной уже не l , а определяется по формуле (1):

$$l \cos(90^\circ - \gamma) = l \sin \gamma < l \quad (1)$$

Если лезвие передвигается под некоторым углом к нормали так, что, углубляясь в материал, одновременно проходит некоторый путь по касательной, то это еще не значит, что резание будет сопро-

вождаться скольжением перерезаемого материала по лезвию.

Для резания со скольжением потребуются следующие условия:

1. Направление скорости лезвия должно составлять с нормалью к нему угол, превосходящий по размерам угол трения лезвия о разрезаемый материал.
2. Разрезаемый материал должен быть податлив (упруг, пластичен).

Если в почве передвигается лезвие (лапа культиватора), то сила его давления N на почву и на корень сорняка m направлена по нормали к лезвию (рис. 1).

Разлагаем силу N на составляющие: N_v по направлению скорости движения лезвия и N_T – вдоль лезвия.

Угол между направлением скорости и нормалью к лезвию равен $(90^\circ - \gamma)$, где γ – половина угла раствора лапы.

Трение корня сорняка о лезвие лапы отклоняет силу N на угол трения φ . Если $(90^\circ - \gamma > \varphi)$, то сила трения получает наибольшее значение, так как:

$$F_{max} = N \operatorname{tg} \varphi < N \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \gamma) \text{ или } N_T > F \quad (2)$$

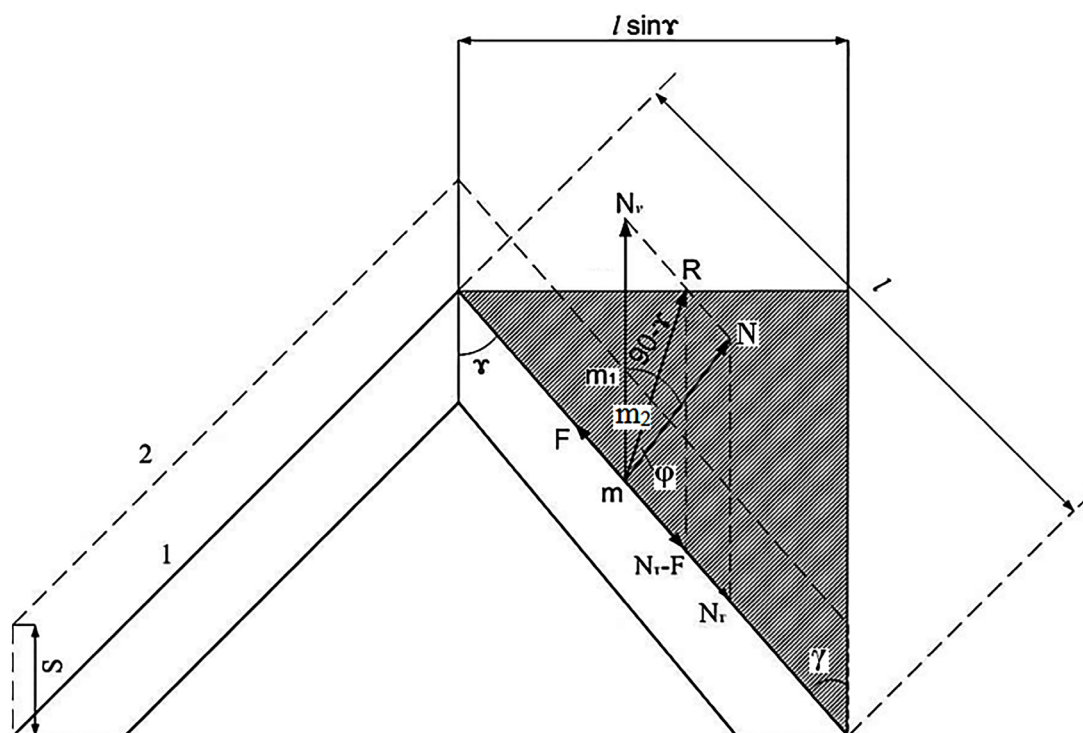


Рисунок 1 – Резание лезвием рабочего органа
Figure 1 – Cutting with a blade of working organ

В этих условиях на корень сорняка (или частицу почвы) действуют две силы: N_v и $(N_T - F)$, результирующей которых выступает сила R , направленная под углом φ к нормали N . Корень сорняка при резании должен передвигаться по направлению этой единственной силы R до тех пор, пока не произойдет срез.

Из этого следует, что при перемещении лапы из положения 1 в положение 2 на длину пути S , сорняк передвинется из точки m в точку m_2 , то есть пройдет по лезвию путь $m_1 \times m_2$, если только он не будет срезан раньше. Так как сорняк проходит вдоль лезвия определенный путь, то резание происходит со скольжением.

Если бы имело место неравенство $(90^\circ - \gamma < \varphi)$, то сила трения F как реактивная была бы равна слагающей N_T , и корень сорняка передвигался бы по направлению силы N_v , то есть резание со скалыванием не происходило бы.

Следовательно, резание со скольжением возможно, если $(\gamma < 90^\circ - \varphi)$, то есть если половина угла раствора лапы меньше разности между $\pi/2$ и углом трения перерезаемого материала по металлу лапы.

Коэффициент скольжения или мера скольжения материала по лезвию есть отношение пути $m_1 \times m_2$, проходимого частицей материала по лезвию, к пути $m \times m_2$ передвижения этой же частицы в почве.

По теореме синусов получаем значение коэффициента скольжения (3):

$$l = \frac{\sin[(90^\circ - \gamma) - \varphi]}{\sin \varphi} = \frac{\cos(\gamma + \varphi)}{\sin \gamma} \quad (3)$$

Коэффициент скольжения тем больше, чем меньше угол γ . Если $(90^\circ - \gamma = \varphi)$, или, что то же $(\gamma + \varphi = 90^\circ)$, то $l = 0$ и скольжения не происходит.

Рассмотрим теоретический аспект рабочего процесса рыхлительной лапы. Рабочие органы культиваторов-глубокорыхлителей и почвоуглубителей движутся в плотной, слежавшейся почве. Рабочие органы пропашных и обычных культиваторов для сплошной обработки, производящие обработку на глубину, меньшую толщины пахотного слоя, имеют дело с менее прочной почвой. В связи с этим имеются различия в их рабочем процессе.

Приближенно можно считать, что угол наклона рабочей поверхности лапы α и угол трения по ней почвы φ равны между собой (рис. 2).

Следовательно, можно допустить равенство (4):

$$\psi = 90^\circ - \frac{\alpha + \varphi + \varphi'}{2} = 90^\circ - (\alpha + \frac{\varphi'}{2}) \quad (4)$$

В этом случае направление площадки скалывания образует с нормалью к поверхности лапы угол, равный половине угла внутреннего трения.

Поперечное вертикальное сечение почвы, разрушаемой лапой, можно считать близким к равнобокой трапеции с нижним основанием b_0 , равным ширине лапы, и верхним основанием b'_0 , равным ширине разрыхленной почвы на поверхности поля.

Угол σ_1 , расположенный в плоскости скалывания, равен половине внутреннего угла трения обрабатываемой почвы (5):

$$\sigma_1 = \frac{\varphi'}{2} \quad (5)$$

Длину верхнего основания трапеции b'_0 можно определить по формуле (6):

$$b'_0 = b_0 + \frac{2 a \operatorname{tg} \sigma_1}{\sin \psi} = b_0 + \frac{2 a \operatorname{tg} \sigma_1}{\cos(\alpha + \frac{\varphi'}{2})} \quad (6)$$

На основании этого можно определить угол σ_2 , который образует проекция направления скалывания на поперечную вертикальную плоскость:

$$\sigma_2 = \operatorname{arctg} \frac{b'_0 - b_0}{2a} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \sigma_1}{\cos(\alpha + \frac{\varphi'}{2})} \quad (7)$$

Величина угла σ_1 , а, следовательно, и ширина обрабатываемой лапой почвы на поверхности поля зависят от механических свойств почвы и меняются в широких пределах при изменении скорости движения лапы.

Действие рыхлительной лапы на почву в продольном направлении распространяется вперед на расстояние c (рис. 2), которое зависит от глубины хода α и от угла скалывания ψ :

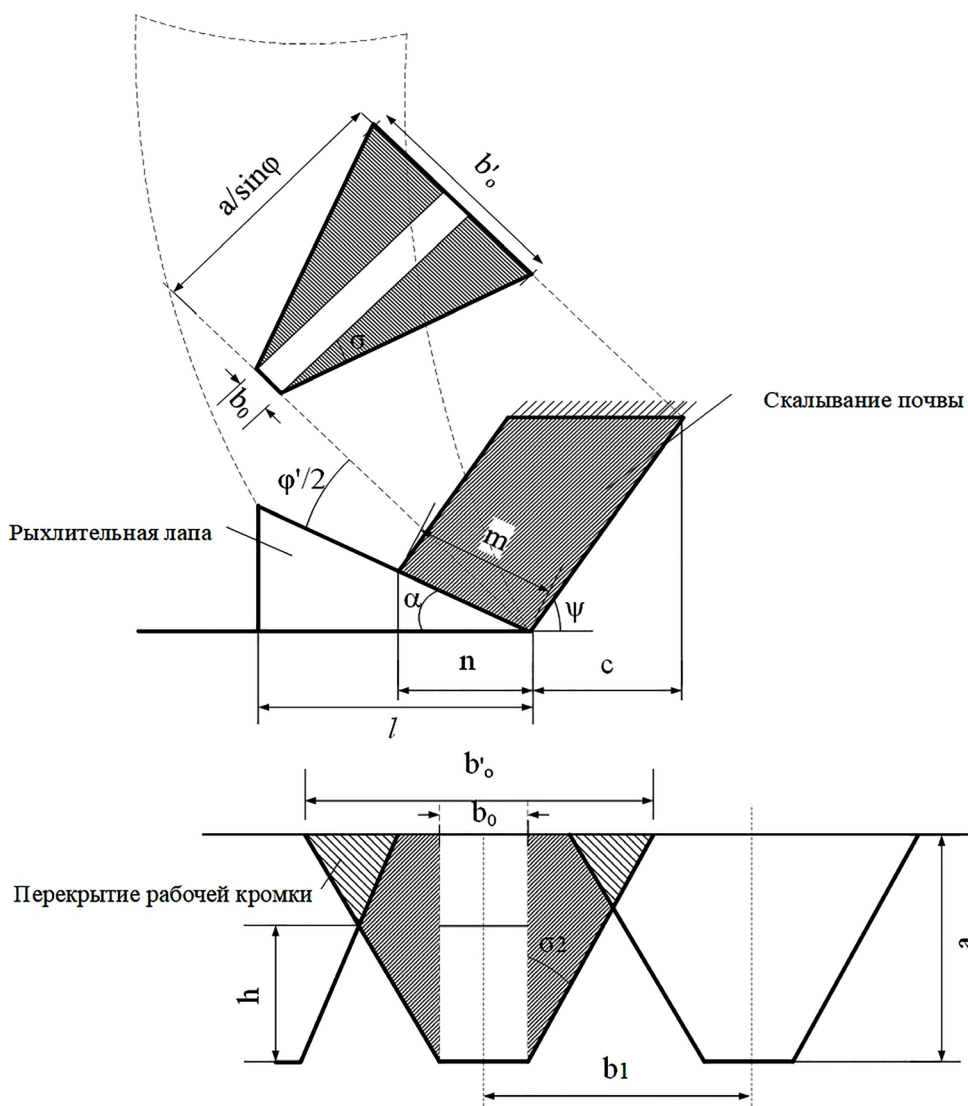


Рисунок 2 – Воздействие рыхлительной лапы на связную почву
Figure 2 – Impact of a chisel on cohesive soil

$$c = a \operatorname{ctg} \psi = a \operatorname{tg} \left(\alpha + \frac{\varphi'}{2} \right) \quad (8)$$

Заглубление рыхлительной лапы облегчается тем, что она имеет небольшую опорную поверхность, поэтому удельное давление от веса культиватора оказывается больше сопротивления почвы смятию.

По мере погружения лапы в почву, при ее движении вперед, возрастает давление почвы на рабочую поверхность, что позволяет лапе углубиться до установленного предела.

Однако при значительном износе и затуплении рабочего органа на плотной почве давление от веса может оказаться

недостаточным для заглубления лапы на требуемую глубину.

Теоретический аспект работы плоскорежущей лапы. Плоскорежущая лапа при движении перерезает встречающиеся перед ее лезвием корни, сдвигает почву вперед и в сторону, и рыхлит ее в большей или меньшей мере в зависимости от угла наклона рабочей поверхности.

Своеобразие условий, в которых протекает перерезание корней, состоит в том, что они находятся в сравнительно легко деформируемой почвенной среде, особенно если иметь в виду работу плоскорежущей лапы пропашного культиватора. Корни легко перемещаются в почве под воздействием давления лезвия лапы.

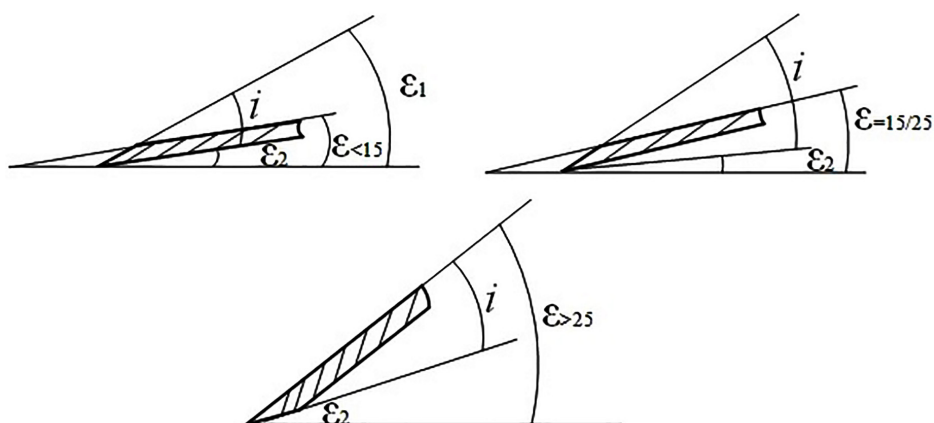


Рисунок 3 – Способы заточки лезвия лапы
Figure 3 – Ways to sharpen a shovel blade

Заточка лап лучше нижняя, так как расположенная сверху фаска способствует залипанию лапы. Однако при малом угле наклона поверхности ($\epsilon < 15^\circ$) приходится делать верхнюю заточку (рис. 3), чтобы был достаточной величины задний угол ϵ_2 . При угле наклона поверхности лапы равном $15/25^\circ$ следует применять комбинированную заточку.

Корни, скользящие по груди лапы, поднимаются к передней стойке, увлекая с собой комья почвы. Это приводит к увеличению сопротивления рабочих органов.

Стойка с заостренной передней гранью больше забивается, так как растительные остатки переламываются на ней и задерживаются.

Результаты исследований и их об- суждение. На рисунке 4 представлен экспериментальный культиватор для проведения исследований.

В целях определения режимных параметров работы трактора с выбранной ранее оптимальной комбинацией рабочих органов [12] (две плоскорезущие лапы и одна стрелчатая лапа по центру междуря-



а)



б)

а) культиватор перед работой; б) культиватор во время работы
Рисунок 4 – Междурядная обработка посевов кукурузы на зерно
Figure 4 – Row-to-row processing of corn crops for grain

дья) экспериментальным культиватором проведен полнофакторный эксперимент плана 3².

Критерием оптимизации является доля подрезанных сорняков после прохода трактора с культиватором.

Уровни и интервалы варьирования факторов, представленных в таблице 1, выбирались на основании предварительных лабораторных и полевых исследований, в ходе которых были выявлены пределы варьирования рабочей скорости трактора с культиватором – 8–10 км/ч, глубины обработки – (9–11)–(15–17) см.

Выходной параметр (y) – доля подрезанных сорняков (в процентах).

Обработка результатов эксперимента производилась по методике, изложен-

ной В. Н. Максимовым в работе «Многофакторный эксперимент в биологии» (1980). Полученные результаты представлены в таблице 2.

После раскодирования уравнение регрессии примет вид выражения (9):

$$y = 1501 - 201,15 \cdot V - 249,7 \cdot h + 34,06 \cdot h \cdot V + 9,57 \cdot h^2 - 1,31 \cdot h^2 \cdot V \quad (9)$$

По полученному уравнению регрессии в программе Sigma Plot v. 15 построены поверхность отклика и сечение ее поверхности, представленные на рисунке 5.

Из рисунка видно, что при соблюдении скоростного режима в пределах от 9,4 до 10 км/ч и глубины обработки почвы от

Таблица 1 – Факторы и уровни варьирования

Table 1 – Factors and levels of variation

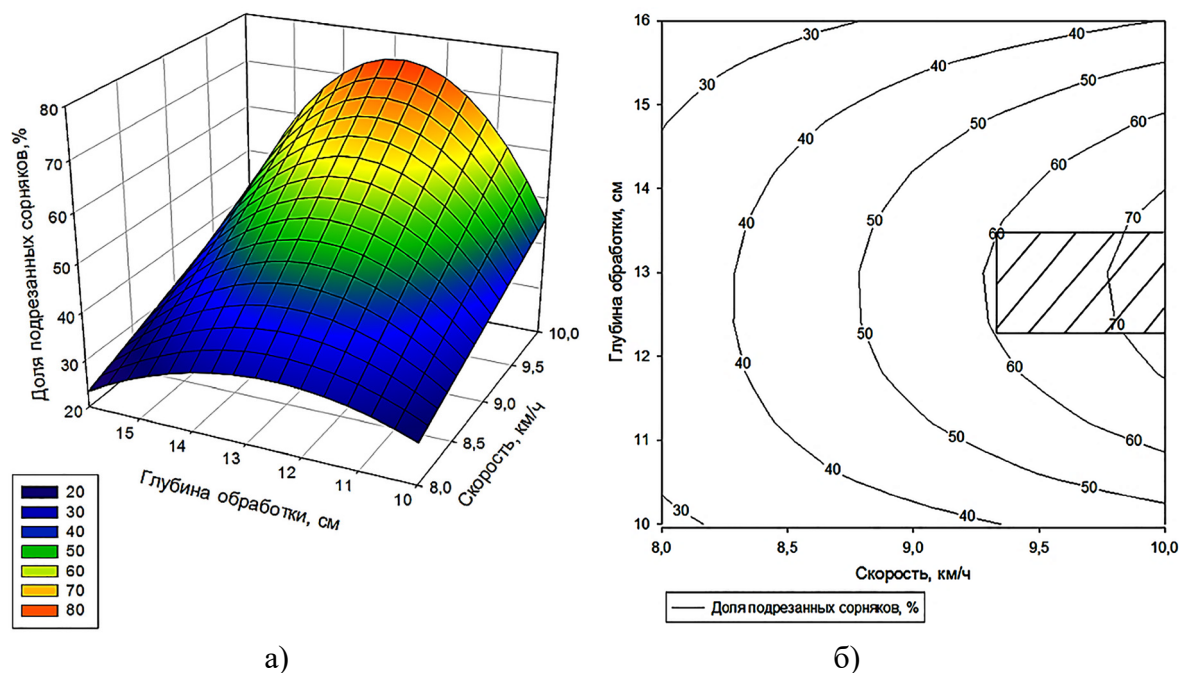
Факторы	Рабочая скорость трактора с культиватором (v), км/час	Глубина обработки (h), см
Обозначение	x_1	x_2
Верхний уровень (+1)	10	15–17
Основной уровень (0)	9	12–14
Нижний уровень (-1)	8	9–11

Таблица 2 – Средние значения результатов полнофакторного эксперимента по междурядной культивации посевов кукурузы в 2022 году, гибрид «Фалькон» (междурядье 70 см)

Table 2 – Average values of the results of a full-factor experiment on row-to-row cultivation of corn crops in 2022, hybrid "Falcon" (row spacing 70 cm)

Номер опыта	x_1 , рабочая скорость трактора с культиватором, км/ч	x_2 , глубина обработки, см	Доля подрезанных сорняков после прохода трактора с культиватором, %
1	8	9–11	28,0
2	9	9–11	37,5
3	10	9–11	46,0
4	8	12–14	35,0
5	9	12–14	53,0
6	10	12–14	75,5
7	8	15–17	24,0
8	9	15–17	31,8
9	10	15–17	39,8

Примечание: в расчете использованы средние значения x_2 .



а) поверхность отклика; б) сечение поверхности отклика

Рисунок 5 – Влияние рабочей скорости трактора с культиватором и глубины обработки на долю подрезанных сорняков

Figure 5 – Impact of working speed of a tractor with a cultivator and processing depth on cut weed proportion

12,2 до 13,5 см обеспечивается подрезание сорной растительности на величину более чем 60 %.

Заключение. Механической обработкой посевов кукурузы невозможно достичь высокой степени уничтожения сорняков, расположенных в ряду и вблизи культурных растений. Однако экспериментальные исследования показали, что

при использовании культиватора с комбинацией, состоящей из двух односторонних плоскорежущих лап (бритв) с перекрытием кромки рабочего органа в сочетании со стрелчатой лапой по центру междурядья, в диапазоне рабочей скорости трактора от 9,4 до 10 км/ч и при глубине обработки почвы от 12,2 до 13,5 см, возможно достичь более 60 % удаления сорняков.

Список источников

1. Азубеков Л. Х., Кушхабиев А. З., Урусов А. К., Кагермазов А. М. Современные методы возделывания кукурузы // Земледелие. 2014. № 5. С. 31–32. EDN: SUACMH.
2. Бижоева Т. П., Бижоев Р. В., Сарбашева А. И., Кушхабиев А. З. Формирование урожая сельскохозяйственных культур зерно-травяно-пропашного и зерно-пропашного севооборотов в различных условиях водного и минерального питания в степной зоне Центрального Предкавказья // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 6 (98). С. 133–144. DOI: 10.35330/1991-6639-2020-6-98-133-144.
3. Петренко Е. С., Эрнст О. Г., Смолянинова Н. О., Ахалбедашвили Д. В. Особенности технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях Амурской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12–7. С. 1266–1269. EDN: XHJJYR.
4. Панфилов А. Э., Цымбаленко И. Н., Казакова Н. И., Сайтов С. Б. Взаимодействие гербицидов кросс-спектра и междурядных обработок в комбинированных схемах контроля засоренности кукурузы // АПК России. 2017. Т. 24. № 2. С. 295–302. EDN: YUPJGF.
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 : EDP Sciences, 2020. P. 01032. DOI: 10.1051/e3sconf/202019301032.

6. Авдеенко А. П., Дудник В. В. Эффективность междурядных обработок при выращивании среднеранних гибридов кукурузы на зерно // *АгроЭкоИнфо*. 2019. № 2 (36). С. 19. EDN: JVJRDC.
7. Демин Е. А. Влияние междурядной обработки и гербицида на засоренность посевов кукурузы в условиях лесостепной зоны Зауралья // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2021. № 3 (66). С. 25–29. EDN: XTJIHR.
8. Тойгильдин А. Л., Подсевалов М. И., Аюпов Д. Э., Тюрин А. В. Продуктивность гибридов кукурузы на зерно в зависимости от приемов возделывания в условиях лесостепной зоны Поволжья // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 4 (52). С. 56–64. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-4-56-64.
9. Кашеваров Н. И., Полищук А. А., Лебедев А. Н., Понамарева В. И., Хазов М. В. Приемы ухода при возделывании различных по скороспелости гибридов кукурузы на зерно в условиях лесостепной зоны Западной Сибири // *Вестник Новосибирского государственного аграрного университета*. 2022. № 1 (62). С. 31–36. DOI: 10.31677/2072-6724-2022-62-1-31-36.
10. Тарчоков Х. Ш., Бжинаев Ф. Х., Матаева О. Х. Эффективность приемов ухода на посевах кукурузы в агротехнологиях нового поколения // *Научная жизнь*. 2021. Т. 16. № 8. С. 1039–1050. DOI: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-1039-1050.
11. Green J. M., Owen M. Herbicide-resistant crops: utilities and limitations for herbicide-resistant weed management // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011. No. 59 (11). P. 5819–5829. DOI: 10.1021/jf101286h.
12. Никульчев К. А., Мазур В. В., Кувшинов А. А. Совершенствование элементов технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях Амурской области // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 4 (68). С. 514–523. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-60.

References

1. Azubekov L. H., Kushkhabiev A. Z., Urusov A. K., Kagermazov A. M. Modern methods of cultivation of corn. *Zemledelie*, 2014;5:31–32 (in Russ.). EDN: SUACMH.
2. Bizhueva T. P., Bizhoev R. V., Sarbasheva A. I., Kushkhabiev A. Z. Formation of the harvest of agricultural crops of grain-herbal and grain-massed crop rotations under different conditions of water supply and mineral nutrition in the steppe zone of the Central Ciscaucasia. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN*, 2020;6(98):133–144 (in Russ.). DOI: 10.35330/1991-6639-2020-6-98-133-144.
3. Petrenko E. S., Ernst O. G., Smolyaninova N. O., Akhalbedashvili D. V. Features of technology of cultivation of corn for grain in conditions of the Amur region. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy*, 2016;12(7):1266–1269 (in Russ.). EDN: XHJJYR.
4. Panfilov A. E., Tsymbalenko I. N., Kazakova N. I., Saitov S. B. Interaction of cross-spectrum herbicide and inter-row treatments in combined schemes of corn controlling corn weed infestation. *APK Rossii*, 2017;24(2):295–302 (in Russ.). EDN: YUPJGF.
5. Chaplygin M. E., Podzorov A. V., Podzorova M. V., Alchimbayeva A. Modern approaches to technology of cultivation of corn. Proceedings from E3S Web of Conferences. (PP. 01032), Sevastopol, EDP Sciences, 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202019301032.
6. Avdeenko A. P., Dudnik V. V. Efficiency of row-to-row treatments in the cultivation of medium-early corn hybrids for grain. *AgroEcoInfo*, 2019;2(36):19 (in Russ.). EDN: JVJRDC.
7. Demin E. A. The effect of row-to-row processing and herbicide on the contamination of corn crops in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021;3(66):25–29 (in Russ.). EDN: XTJIHR.
8. Toigildin A. L., Podsevalov M. I., Ayupov D. E., Tyurin A. V. Productivity of corn hybrids for grain depending on cultivation methods in the conditions of the Volga forest-steppe zone. *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2020;4(52):56–64 (in Russ.). DOI: 10.18286/1816-4501-2020-4-56-64.
9. Kashevarov N. I., Polishchuk A. A., Lebedev A. N., Ponomareva V. I., Khazov M. V. Care methods for the cultivation of maize hybrids with different early maturity in the forest-steppe

zone of Western Siberia. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022;1(62):31–36 (in Russ.). DOI: 10.31677/2072-6724-2022-62-1-31-36.

10. Tarchokov Kh. Sh., Bzhinaev F. Kh., Mataeva O. Kh. The effectiveness of care techniques for corn crops in new generation agricultural technologies. *Nauchnaya zhizn'*, 2021;16(8):1039–1050 (in Russ.). DOI: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-1039-1050.

11. Green J. M., Owen M. Herbicide-resistant crops: utilities and limitations for herbicide-resistant weed management. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011;59(11):5819–5829. DOI: 10.1021/jf101286h.

12. Nikulchev K. A., Mazur V. V., Kuvshinov A. A. Improving the elements of corn cultivation technology for grain in the Amur region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2022;4(68):514–523 (in Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-60.

© Мазур В. В., Никульчев К. А., Кувшинов А. А., Сахаров В. А., 2023

Статья поступила в редакцию 12.10.2023; одобрена после рецензирования 28.11.2023; принята к публикации 05.12.2023.

The article was submitted 12.10.2023; approved after reviewing 28.11.2023; accepted for publication 05.12.2023.

Информация об авторах

Мазур Владимир Валерьевич, научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0001-9544-2140, Author ID: 1051393, vmazur149@mail.ru;

Никульчев Константин Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0002-5153-8076, Author ID: 704323, nka@vniisoi.ru;

Кувшинов Алексей Алексеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0002-6332-5406, Author ID: 898389, pzrk_igla1992@mail.ru;

Сахаров Владимир Александрович, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0003-3471-301X, Author ID: 959033, sakharov.v.a.@mail.ru

Information about the authors

Vladimir V. Mazur, Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0001-9544-2140, Author ID: 1051393, vmazur149@mail.ru;

Konstantin A. Nikulchev, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0002-5153-8076, Author ID: 704323, nka@vniisoi.ru;

Alexey A. Kuvshinov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0002-6332-5406, Author ID: 898389, pzrk_igla1992@mail.ru;

Vladimir A. Sakharov, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0003-3471-301X, Author ID: 959033, sakharov.v.a.@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.