

Технические средства для экологически безопасной ресурсосберегающей технологии защиты растений

Мавлудин Мавлудинович Абдулгалимов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»,
г. Махачкала, Республика Дагестан
e-mail: mavludin.62@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются проблемы защиты растений от сорной растительности и необходимость совершенствования методов борьбы с сорняками при производстве сельхозпродукции, описаны применяемые способы борьбы. Приведена конструкция усовершенствованного огневого культиватора для выжигания сорняков в садах и виноградниках термическим способом, а также описан технологический процесс его работы.

Ключевые слова: защита растений; технологический процесс; методы борьбы; выжигание; сорняки; огневой культиватор; стабильность; корректируемость; устойчивость пламени.

Для цитирования: Абдулгалимов М. М. Технические средства для экологически безопасной ресурсосберегающей технологии защиты растений // Аграрный научный журнал. 2022. № 8. С. 66–71. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i8pp66-71>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Technical means for environmentally safe resource-saving plant protection technology

Mavludin M. Abdulgalimov

Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan", Makhachkala, Republic of Dagestan
e-mail: mavludin.62@mail.ru

Abstract. The paper discusses the problems of plant protection from weeds and the need to improve methods of weed control in the production of agricultural products, describes the methods of control used. The design of an improved fire cultivator for burning weeds in gardens and vineyards by thermal method, as well as the technological process of its operation, is presented.

Keywords: plant protection; technological process; methods of control; burning; weeds; fire cultivator; stability; correctability; flame stability.

For citation: Abdulgalimov M. M. Technical means for environmentally safe resource-saving plant protection technology // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(7):66–71. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i8pp66-71>.

Введение. Экологические подходы хозяйствования в аграрном секторе в настоящее время принимают мировой масштаб. По причине огромного интереса к экологичности продукции, производимой агропромышленным комплексом, потребитель больше всего акцентирует внимание на качестве приобретаемого продукта, наличии в нем вредных для человека элементов.

Независимо от степени формирования земледелия, используемых агротехнических приемов, технических средств для обеспечения защиты возделываемых культур в посевах содержатся сорняки [1].

Среди агротехнических мероприятий борьба с сорной растительностью является обязательной и вместе с тем затратной. Так, применение разных способов зависит от уровня засоренности, климатических и почвенных условий, а также обстоятельств произрастания и формирования возделываемых сельхозкультур [2, 3]. Засоренность сельхозугодий затрудняет проведение агротехнических работ, сорная растительность способствует снижению качества сельхозпродукции. Расходы на уничтожение сорняков составляют около 30 % от всех расходов по подготовке и уходу за сельскохозяйственными культурами.

Установлено, что засоренность снижает урожайность возделываемых сельхозкультур до 35 % и более. Сорная растительность не только снижает почвенное плодородие, но также способствует развитию вредителей и заболеваний. Она уменьшает сбор урожая, а их наличие усложняет сам процесс уборки и приводит к снижению качества производимой продукции.

Температура засоренных почв снижается на 2–4 °С, что способствует сокращению жизнедеятельности в них бактерий, сдерживая этим развитие тления органики и снижая количество полезных компонентов. Это объясняет заинтересованность агротоваропроизводителей к разработке и внедрению современных технических средств для борьбы с сорняками, позволяющих сократить расходы на выращивание сельхозкультур.





В современных условиях производство сельскохозяйственной продукции состоит не в абсолютном избавлении от сорной растительности, а в удержании их в объеме, не влияющем негативно на урожайность возделываемых культур. Главными факторами значительной засоренности считаются высокая продуктивность, жизнестойкость и сопротивляемость сорной растительности к используемым мерам защиты.

К классическим мероприятиям защиты от сорняков относятся химические и агротехнические, дающие возможность уменьшить количество сорняков до экономически выгодного порогового значения вредности при их коллективном использовании. Они также имеют ряд других общеизвестных недостатков. Так, негативное влияние на атмосферу производит определенная доля частиц раствора гербицидов, унесенная неуправляемым движением ветра. Происходит видоизменение сорняков и уменьшается воздействие на большинство их разновидностей химических способов уничтожения сорняков [4]. Исходя из этого, многие исследователи ведут изыскания других способов уничтожения сорной растительности. Вследствие чего кроме классических методов уничтожения сорной растительности, значительную общенаучную и практическую значительность, в смысле экологичности и производительности, имеют огневые методы борьбы с сорной растительностью [5].

Цель исследований – усовершенствование огневого культиватора для повышения производительности технологического процесса борьбы с сорной растительностью.

В задачи исследований входили анализ существующих методов, способов, технологий и технических средств для защиты растений от сорняков и разработка конструкции усовершенствованного огневого культиватора для технологического процесса уничтожения сорняков выжиганием.

Методика исследований. Совокупность агротехнических работ с использованием передовых агрегатов и технических средств является одним из основополагающих условий уничтожения сорной растительности. Насколько многообразна сорная растительность, настолько же многообразны методы и способы уничтожения с любым из ее разновидностей [6]. Возможность формировать требования для провоцирования прорастивания сорняков с дальнейшим устранением сформировавшихся ростков дает агротехнический способ их уничтожения. Практическая деятельность аграрного производства демонстрирует, что достигнуть наименьшего количества сорной растительности возможно только лишь при едином использовании предупредительных (профилактических) и истребительных (агротехнических, механических, химических, биологических) мероприятий по их уничтожению [7, 8].

Наравне с упомянутыми методами уничтожения сорной растительности как за рубежом, так и в России активно ведутся исследования различных физических методов борьбы с сорной растительностью: электротермическая обработка почвы, использование электрического тока высокого напряжения, ультразвука, лазерного луча, СВЧ-энергии, огневая культивация и др. Электрофизические способы уничтожения сорной растительности в аграрном секторе обширно не используются по причине необходимости соприкосновения с сорняками [9, 10]. Огневая культивация используется для уничтожения сорной растительности и их семян на посевных землях, некоторых пропашных культур, на оросительных каналах, по завершении уборочных работ. Указанные работы осуществляются огневыми культиваторами, оснащенными горелками, функционирующими на нефтяном топливе и природном газе. Борьба с ранними ростками сорной растительности ростом от 3,0 до 5,0 см проводится созданием температуры более 50 °С, что приводит к дегидратации (обезвоживанию), сворачиванию протоплазмы, высыханию стеблей и листочков и в итоге к их отмиранию, а температура отмирания для сформировавшихся сорняков: 300 °С – однолетних; от 1000 до 1200 °С – многолетних. При уничтожении семян сорной растительности огневым культиватором результативность составляет от 90 до 95 %, когда температура от 250 до 300 °С на выходе его горелок воздействует на обрабатываемую поверхность.

Также эффективно использование огневого культиватора в овощеводстве. Неплохие результаты прослеживаются при применении указанного метода на площадях, засеянных луком, свеклой, морковью и прочими культурами, для которых характерна запоздалая всхожесть. За счет облегченной конструкции огневые культиваторы не оказывают негативного воздействия на почвенную структуру [11].

Кроме того, все актуальнее оказывается уничтожение сорной растительности на поверхности грунта выжиганием, в ходе которого производится кратковременное воздействие высоких температур на всходы сорной растительности. Тепловое воздействие дает возможность осуществлять контроль за сорняками, в то же время на микробиологические, физические и химические свойства грунта почти не влияет [12]. Использование данного метода уничтожения сорняков сокращает количество обработок и отрицательное воздействие (уплотнение) на почву движителями агрегата не происходит [13]. Это обусловлено сокращением числа ходов по обрабатываемому участку, замедляя формирование эрозии почвы. Следует обратить внимание, что такой прием способствует сохранности почвенного плодородия.

Поиск направлений снижения числа ходов по обрабатываемому участку путем использования при этом современных технических средств, в том числе агрегатов для выжигания сорной растительности, является одним из условий разрешения рассматриваемой проблемы.

Количество сорной растительности на участках возделывания сельхозкультур постоянно увеличивает их пагубное воздействие. Это сопутствует падению урожайности возделываемых культур. Данное обстоятельство способствовало установлению математического толкования количественной зависимости между избытком сорной растительности и урожайностью конкретной сельхозкультуры, которая определяется с достаточной достоверностью экспонентным уравнением регрессии:

$$Y = ae^{-bx} + c, \quad (1)$$

где Y – урожайность возделываемой сельхозкультуры на конкретном участке, имеющем засоренность, %, г/м², т/га; a – величина, определяющая снижение урожайности при наибольшей засоренности сорной растительно-



стью участка возделывания сельхозкультуры; e – основание логарифма (натурального), $e = 2,718$; b – величина, отражающая выраженность уменьшения урожайности сельхозкультуры при наличии сорной растительностью на участке возделывания; x – избыток сорной растительности, %, г/м², т/га; c – величина, демонстрирующая объем сбережения урожайности при наибольшей засоренности сорной растительностью участка возделывания сельхозкультуры.

С учетом воздействия на возделываемые сельхозкультуры сорной растительности установлены следующие степени засоренности или пределы вредоносности (пагубности): фитоценотический (когда избыток сорной растительности не оказывают существенного воздействия на возделываемые культуры), критический (когда избыток сорной растительности способствует снижению урожайности возделываемых культур от 3,0 до 6,0 %), экономический (когда увеличение урожайности достигает от 5,0 до 7,0 %, который обеспечивается снижением до минимума количества сорной растительности).

Экономический предел вредоносности (пагубности) определяют по формуле

$$C_a = Y_a P, \quad (2)$$

где C_a – дополнительные расходы на уничтожение сорной растительности, руб./га; Y_a – дополнительный сбор возделываемой сельхозкультуры, т/га; P – тариф за единицу сбора возделываемой сельхозкультуры, руб./т.

Численные показатели экономических пределов вредоносности (пагубности) сорной растительности могут быть определенными не только лишь для любой возделываемой сельхозкультуры и единичного его производителя, также и для конкретного участка возделывания.

Скорость передвижения предлагаемого огневого культиватора рассчитывают по формуле

$$v = 3,6(l/t), \text{ км/ч}, \quad (3)$$

где l – протяженность ездки, м; t – время проезда ездки, с.

Расход газа определяют по формуле

$$V_r = V_{ге} - V_{ог}, \text{ л}, \quad (4)$$

где $V_{ге}$ – первоначальное количество газа в газовой емкости, л; $V_{ог}$ – остаток газа в конце ездки, л.

Площадь обработки находят по выражению

$$S = Bl / 10000, \text{ га}, \quad (5)$$

где B – ширина захвата агрегата, м.

Норму расхода рабочего газа рассчитывают по следующей формуле:

$$Q = V_r / S, \text{ л/га}. \quad (6)$$

Расход (минутный) рабочего газа определяют по выражению

$$Q_{\text{мин}} = 60000V / t, \text{ мл/мин}. \quad (7)$$

Величину уничтожительных температур ($^{\circ}\text{K}$) пламени от времени воздействия находят по формуле

$$T = 1700 - 950 \ln t, \quad (8)$$

где t – время воздействия, с.

Количество использованной теплоты, рассчитывают по формуле

$$K = \sum(t\tau) / G, \quad (9)$$

где t – температура, $^{\circ}\text{C}$; τ – время воздействия, с; G – расход газовой смеси, кг/га.

Технология уничтожения сорной растительности с применением открытого пламени горелок предусматривает уничтожение сорных семян путем оказания теплового воздействия на них; уничтожение ростков сорной растительности; уничтожение рослой сорной растительности.

Результаты исследований. Опираясь на схему технологического обезвреживания сорной растительности, огневой культиватор должен обеспечивать значительный уровень борьбы с сорняками; не наносить вред возделываемым растениям в границах ширины безопасной полосы; обеспечивать копирование рельефа движения в поперечно-продольно-вертикальной плоскостях; обладать защитными приспособлениями от повреждений рабочих элементов при контакте с попадающими на пути помехами.

Истребление сорняков в междурядьях не предполагает существенных проблем с поддержкой нынешних сельскохозяйственных орудий. Вместе с тем, вопрос противодействия сорнякам в рядах и зонах предохранения возделываемых сельскохозяйственных культур, невзирая на значительное количество технических средств и способов, имеющиеся в нынешнем аграрном секторе, все еще не получила окончательного разрешения [14].

Разработчики сельскохозяйственной техники и оснащения на современном этапе, сконцентрированы в основном на создании сельскохозяйственных агрегатов для уничтожения сорной растительности без использования токсичных препаратов, что актуально с востребованностью экологического сельскохозяйственного производства. Итогом формирования данных основ считаются агрегаты с газовым оснащением, использующие энергию пламени горения газа

для борьбы с сорняками [15, 16]. Они сочетают в себе значительную производительность, при небольших затратах на конструкцию и эксплуатационные расходы, а также возможность совместного эффективного выполнения работ по уходу за сельскохозяйственными культурами и борьбой с сорняками.

Борьба с сорной растительностью и их семенами должна быть результативной и проводится высокопроизводительными техническими средствами при минимальных издержках [17, 18]. Реализация процесса обезвреживания сорной растительности на поверхности почвы допустима с использованием огневого культиватора [19].

Нами усовершенствована конструкция огневого культиватора собственной разработки (патент № 2584481 РФ) для борьбы с сорной растительностью в междурядьях и рядах многолетних насаждений и виноградников.

Усовершенствованный огневой культиватор (рис. 1–3) включает в себя газовые секции-горелки 1, состоящие из съемных спаренных отрезков труб (горелок) 5, с глухими фланцами 20 на концах и отверстиями внизу для ввинчивания газовоздушных сопел 6, соединенных между собой трубами-смесителями 19, имеющими сверху отверстия для подсоединения воздушной трубы 3 и газовой трубы 2 с соплом 4; щиты-отражатели 7; полозья-коньки (опорные) 8 с вертикальными пластинами-ножами (вертикальные) 9 для поддержания прямолинейного движения агрегата; сопла газовоздушные (концевые) 10; заслонки 11, заваренные к щупам 12 и втулкам 13; кронштейны с упорами 15; рычаги 16, соединенные друг с другом пружинами (возвратными) 17 [19].

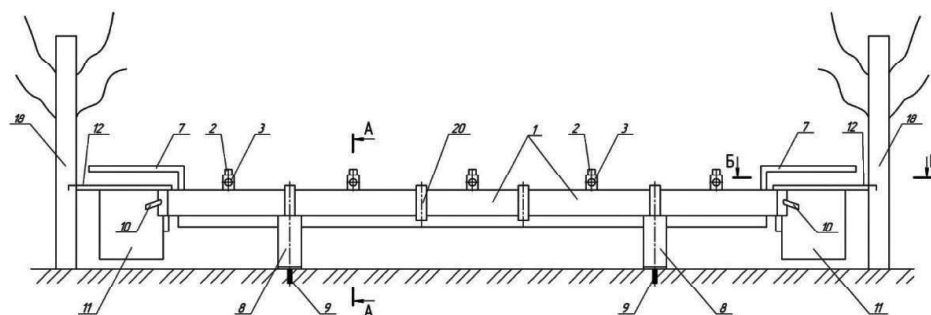


Рис. 1. Вид спереди огневого культиватора А-А

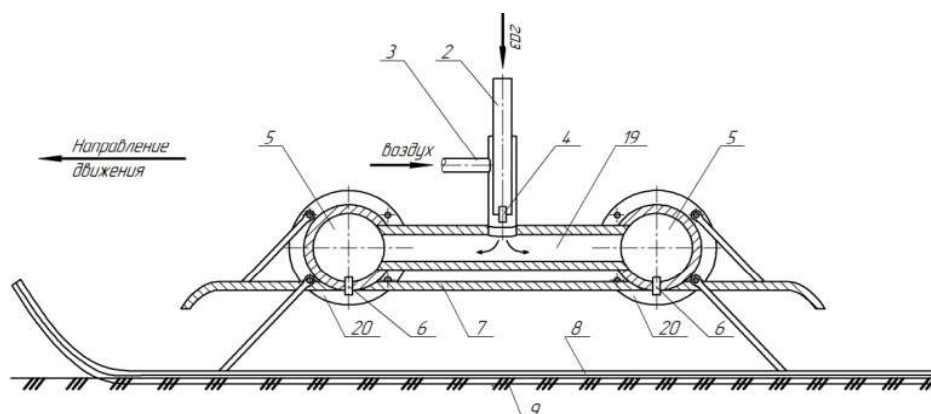


Рис. 2. Конструкция спаренных секций-горелок

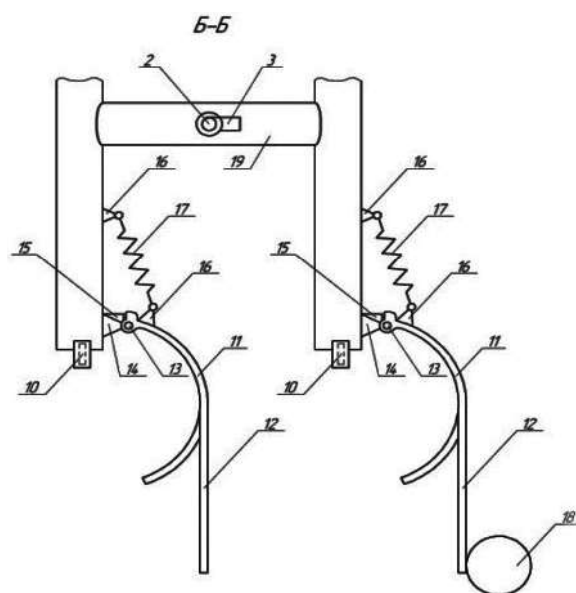


Рис. 3. Механизмы защиты штаблов от пламени





Огневой культиватор работает следующим образом.

По трубопроводу 2 (движущегося огневого культиватора), через сопло 4 газ подается в трубу-смеситель 19 (полость трубы), туда же по «трубе-рубашке» 3, имеющей возможность подсоединения к тракторному компрессору подается воздух, обволакивающий струю газа. Смесь газа с воздухом из трубы-смесителя 19 перетекает в спаренные трубы-горелки 5, а на выходе через газоздушные сопла 6 ее разжигают.

Пламя горелок и горячий воздух при этом, сконцентрированные под щитом-отражателем 7, выжигают сорные растения и их семена. Пламя концевых сопел 10 поступает в направлении рядов насаждений вниз под небольшим углом. В процессе перемещения агрегата щупы 12 последовательно, контактируя со штамбом 18, отводятся в сторону, обратную направлению движения агрегата, при этом заваренные к ним дугообразные заслонки 11 также поочередно (один за другим) поворачиваются вокруг осей и перекрывают пламя от концевых сопел 10, предотвращая прямого контакта со штамбом насаждения 18. По завершению контактов щупов 12 со штамбом 18 заслонки 11 возвращаются под действием возвратных пружин 17, поочередно в первоначальное положение, разворачиваясь до упоров 15, размещенных на кронштейнах 14, которые совместно с пружинами 17 поддерживают заслонки 11 с щупами 12 в неподвижном состоянии до контакта с последующей помехой. Ножи 9 в виде пластин, заваренные к полозкам 8, формируют «полозки-коньки» и, вклиниваясь в почву, обеспечивают прямолинейность движения и предотвращают боковое скольжение агрегата на землях имеющих уклон.

Упрощенная конструкция, незначительная металлоемкость и возможность одновременной обработки междурядий и рядов многолетних насаждений, которые обеспечат высокую эффективность, возможность применения на участках со сложным рельефом, используя при этом минитехнику, в том числе и рабочий скот и ресурсосбережение технологического процесса являются основными преимуществами усовершенствованного огневого культиватора.

Применение разработанного нами огневого культиватора для борьбы с сорняками позволяет уменьшить количество обработок и затраты по уходу за возделываемыми культурами, применить его на пересеченной местности, а также в горных условиях с применением малой механизации и рабочего скота, а огневой метод уничтожения сорной растительности экологически безопасен.

Следует отметить, что данный агрегат разработан для применения в садах и виноградниках, но может быть использован и на других посевах. Применение его рекомендуется преимущественно в весенний период, когда отсутствует сухостой и возгораться нечему, а пламя и жар оказывают воздействие только на зеленую листовую поверхность. Задача, в основном, заключается в кратковременном создании высокой температуры вокруг зеленой массы сорняков, вызывающей их завядание. В вегетационный период ряды и междурядья многолетних насаждений затеняются и количество сорняков снижается. Также рекомендуется применение огневого культиватора по росе и в сырую погоду.

Пламя огневого культиватора имеет небольшую «струю», не достигающую до поверхности земли. При этом прогрев почвы исключается и почвенные микроорганизмы не пострадают.

Новизна устройства заключается в доработке конструкции огневого культиватора для технологического процесса выжигания сорняков в садах и виноградниках (патент RU A01M №187387).

Заключение. Негативные результаты от использования для борьбы с сорной растительностью применяемых методов свидетельствуют о потребности их усовершенствования.

Усовершенствованная технология и конструкция предложенного огневого культиватора обеспечивают высокую эффективность защиты растений путем уничтожения сорной растительности.

Экономическая целесообразность обосновывается снижением числа обработок в процессе уничтожения сорной растительности относительно других технологий, а также низкой стоимостью ресурсов.

Работы по модернизации конструкции огневого культиватора для уничтожения сорной растительности, а также разработка рекомендаций по его применению продолжатся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Передериева В.М., Власова О.И., Шутко А.П. Аллелопатические свойства сорных растений и их растительных остатков в процессе // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) // 2011. №09(73). С. 111–121. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/09/pdf/11>.
2. Hatcher P. E., Melander B. Combining Physical, Cultural and Biological Methods: Prospects for Integrated Non-Chemical Weed Management Strategies // Weed Research. 2003. Vol. 43, Iss. 5. P. 303–322. DOI: <http://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00352.x>.
3. Abouziena H. F., Hagaag W. M. Weed Control in Clean Agriculture: A Review // Planta Daninha. 2016. Vol. 34, Iss. 2. P. 377–392. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582016340200019>.
4. Schütte G. Herbicide Resistance: Promises and Prospects of Biodiversity for European Agriculture // Agriculture and Human Values. 2003. Vol. 20, Iss. 3. P. 217–230. DOI: <http://doi.org/10.1023/A:1026108900945>.
5. Bond W., Grundy A. C. Non-Chemical Weed Management in Organic Farming Systems // Weed Research. 2001. Vol. 41, Iss. 5. P. 383–405. DOI: <http://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2001.00246.x>.
6. Анализ параметров работы устройства для гидравлического удаления сорной растительности / А. Ю. Измайлов [и др.] // Инженерные технологии и системы. 2019. Т. 29. № 4. С. 614–634. <http://DOI: 10.15507/2658-4123.029.201904>.
7. Agricultural and Forestry Machinery Catalogue of Exporters Czech Republic. Copyright: A. ZeT, Brno, 2005.
8. Бежин А.И. Обоснование параметров и режимов работы культиваторного агрегата для сплошной обработки почвы: дис. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2004. 183 с.



9. Popay I., Field R. Grazing Animals as Weed Control Agents // *Weed Technology*. 1996. Vol. 10, Iss. 1. P. 217–231. DOI: <http://doi.org/10.1017/S0890037X00045942>.
10. Effectiveness of Hot Water, Infrared and Open Flame Thermal Units for Controlling Weeds / T. Astatkie [et al.] // *Biological Agriculture and Horticulture*. 2007. Vol. 25, Iss. 1. P. 1–12. DOI: <http://doi.org/10.1080/01448765.2007.10823205>.
11. Абдулгалимов М.М. Нестандартные решения и технические средства для борьбы с сорняками в садах и виноградниках // Сб. науч. трудов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Победы и 40-летию инженерного факультета ДаГТАУ им. М.М. Джамбулатова. Махачкала, 2015. С. 4–6.
12. Blackshaw R. E., Anderson R. L., Lemerle D. Cultural Weed Management // In: *Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts And Technology*. 1 ed. Wallingford, England: CABI, 2007. Pp. 35–47. URL: <https://researchoutput.csu.edu.au/en/publications/cultural-weed-management> (дата обращения: 20.11.2019).
13. Melikov I., Kravchenko V., Senkevich S., Hasanova E. and Kravchenko L. (2019). Traction and energy efficiency tests of oligomeric tires for category 3 tractors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 403 012126. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012126>.
14. Способ борьбы с сорняками / Н.А. Токарев [и др.] // *Земледелие*. 2012. № 8. С. 37–38.
15. Baerveldt S., Ascard J. Effect of Soil Cover on Weeds // *Biological Agriculture and Horticulture*. 1999. Vol. 17, Iss. 2. P. 101–111. DOI: <https://doi.org/10.1080/01448765.1999.9754830>.
16. Latsch R., Anken T., Herzog C., Sauter J. Controlling Rumex Obtusifolius by Means of Hot Water // *Weed Research*. 2017. Vol. 57, Iss. 1. P. 16–24. DOI: <http://doi.org/10.1111/wre.12233>.
17. Патент №2584481 РФ. Огневой культиватор / Абдулгалимов М. М. Бюл. № 14, 2016.
18. Совершенствование технологии и средств механизации для борьбы с сорной растительностью / М. М. Абдулгалимов [и др.] // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. № 5. С. 38–42.
19. Патент №187387 РФ. Огневой культиватор / Абдулгалимов М. М. Бюл. № 7, 2019.

REFERENCES

1. Perederieva V.M., Vlasova O.I., Shutko A.P. Allelopathic properties of weeds and their plant residues in the process. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific Journal of KubGAU)*. 2011; 09 (73): 111–121. Access mode: <http://ej.kubagro.ru/2011/09/pdf/11>.
2. Hatcher P. E., Melander B. Combining Physical, Cultural and Biological Methods: Pro-spects for Integrated Non-Chemical Weed Management Strategies. *Weed Research*. 2003; 43; 5: 303–322. DOI: <http://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00352.x>.
3. Abouziena H. F., Hagaag W. M. Weed Control in Clean Agriculture: A Review. *Planta Daninha*. 2016; 34; 2: 377–392. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582016340200019>.
4. Schütte G. Herbicide Resistance: Promises and Prospects of Biodiversity for European Ag-riculture. *Agriculture and Human Values*. 2003; 20; 3: 217–230. DOI: <http://doi.org/10.1023/A:1026108900945>.
5. Bond W., Grundy A. C. Non-Chemical Weed Management in Organic Farming Systems. *Weed Research*. 2001; 41; 5: 383–405. DOI: <http://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2001.00246.x>.
6. Analysis of operating parameters of a device for hydraulic weed removal / A. Yu. Izmailov et al. *Engineering technologies and systems*. 2019; 29; 4: 614–634. <http://DOI: 10.15507/2658-4123.029.201904>.
7. Agricultural and Forestry Machinery Catalog of Exporters Czech Republic. Copyright: A. ZeT, Brno, 2005.
8. Bezhin A.I. Justification of the parameters and modes of operation of the cultivator unit for continuous tillage. Orenburg, 2004. 183 p.
9. Popay I., Field R. Grazing Animals as Weed Control Agents. *Weed Technology*. 1996; 10; 1: 217–231. DOI: <http://doi.org/10.1017/S0890037X00045942>.
10. Effectiveness of Hot Water, Infrared and Open Flame Thermal Units for Controlling Weeds / T. Astatkie et al. *Biological Agriculture and Horticulture*. 2007; 25; 1: 1–12. DOI: <http://doi.org/10.1080/01448765.2007.10823205>.
11. Abdulgalimov, M.M. Non-standard solutions and technical means for weed control in orchards and vineyards // scientific Proceedings of the Intern. scientific-practical. conf. Makhachkala, 2015: 4–6.
12. Blackshaw R. E., Anderson R. L., Lemerle D. Cultural Weed Management. *Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts And Technology*. 1 ed. Wallingford, England: CABI, 2007: 35–47. URL: <https://researchoutput.csu.edu.au/en/publications/cultural-weed-management> (accessed 11/20/2019).
13. Melikov I., Kravchenko V., Senkevich S., Hasanova E. and Kravchenko L. (2019). Traction and energy efficiency tests of oligomeric tires for category 3 tractors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 403 012126. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012126>.
14. Method of weed control / N.A. Tokarev et al. *Agriculture*. 2012; 8: 37–38.
15. Baerveldt S., Ascard J. Effect of Soil Cover on Weeds. *Biological Agriculture and Horticulture*. 1999; 17; 2: 101–111. DOI: <https://doi.org/10.1080/01448765.1999.9754830>.
16. Latsch R., Anken T., Herzog C., Sauter J. Controlling Rumex Obtusifolius by Means of Hot Water. *Weed Research*. 2017; 57; 1: 16–24. DOI: <http://doi.org/10.1111/wre.12233>.
17. Patent No. 2584481 RF. Fire cultivator / Abdulgalimov M.M. Bull. No. 14, 2016
18. Improvement of technology and means of mechanization for weed control / M. M. Abdulgalimov et al. *Agricultural machines and technologies*. 2017; 5: 38–42.
19. Patent No. 187387 RF. Fire cultivator / Abdulgalimov M.M. Bull. No. 7, 2019.

Статья поступила в редакцию 03.03.2022; одобрена после рецензирования 13.04.2022; принята к публикации 30.04.2022.
The article was submitted 03.03.2022; approved after reviewing 13.04.2022; accepted for publication 30.04.2022.