

References

1. Alatyrev, S. S. Tekhnika i tekhnologii dlya uborki kochannoj kapusty (obzor, teoriya, tekhnologicheskij raschet, razvitie) / S. S. Alatyrev, I. S. Kruchinkina, A. S. Alatyrev. – CHEBOKSARY: CHUVASHSKIY gosudarstvennyj universitet, 2020. – 238 s.
2. Patent № 2468565. Rossijskaya Federaciya, A01D 45/46. Stend dlya issledovaniya kapustouborochnyh mashin: zayavl. 03.05.2011: opubl. 10.12.2012 / S. S. Alatyrev, E. A. Tabakova, N. N. Toncheva. – Byul. № 34. – 5 s.
3. Proizvodstvennaya proverka novogo sposoba mekhanizirovannoj uborki kochannoj kapusty / S. S. Alatyrev, A. P. Yurkin, I. S. Kruchinkina, A. S. Alatyrev // Traktory i sel'hozmashiny. – 2017. – № 12. – S. 3-7.
4. Analysis of agricultural machinery development trend in our country / D. Y. Geng, T. Z. Zhand, H. Luo // Transactions of Chinese Society for Agricultural Machinery. – 2004. – N 4. – P. 208.
5. Design of cabbage pulling-out test bed and parameter optimization test / C. Zhou, F. Luan, X. Fang [et. al] // Chemical Engineering, Transactions. – 2017. – N 62. – P. 1267.
6. Development and experiment of self-propelled cabbage harvester / D. D. Du, G. Q. Fei, J. Wang // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. – 2015. – N 31(14). – P. 16.
7. Development and Utilization of a New Mechanized Cabbage Harvesting System for Large Fields / T. Amano, M. Yamagata, M. Kolma [et al.] // Agricultural Research Quarterly. – 2004. – N 38(2). – P. 97-103.
8. Discussion on structure of self-propelled hydraulic cabbage harvester / X. W. Wu, Y. J. Sun, X. K. Yuan // South Agricultural Machinery. – 2015. – N 11. – P. 35.
9. Kanamitsu, M. Development of Chinese cabbage harvester / M. Kanamitsu, K. Yamamoto // Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ). – 1996. – N 30 (1). – P. 35.
10. Optimization experiment of influence factors on greenhouse vegetable harvest cutting / T. H. Gao, T. B. Wang, Z. C. Zhou // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. – 2015. – N 31 (19). – P. 15.
11. Patent N 3497013. USA. February 24, 1970 / W. M. Baker, P. Road, J. Rte [et al.]. – 6 p.
12. Patent No3827503. USA. August 6. 1974 / C. J. Hansen. – 6 p.

Information about authors

1. **Alatyrev Sergey Sergeevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: S_Alatyrev1955@mail.ru, tel. 89373911350;
2. **Kruchinkina Irina Sergeevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Information Technologies, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: irinka58.84@mail.ru, tel. 89176533438;
3. **Alatyrev Aleksey Sergeevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: leha.alatyrev@mail.ru, tel. 89050273957.

УДК 635.21:632.76

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ БОРЬБЫ С КОЛОРАДСКИМ ЖУКОМ И ЕГО ЛИЧИНКАМИ

А. С. Зотиков

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. Картофель является одним из основных продуктов питания россиян. Российская Федерация входит в число крупнейших производителей картофеля в мире, при этом большая его часть выращивается в личных подсобных хозяйствах или на приусадебных участках.

Одними из самых широко распространённых и опасных вредителей картофеля являются колорадский жук и его личинки. Эти вредители очень прожорливы и способны уничтожить значительную часть урожая. Колорадский жук также отличается высокой плодовитостью и быстро адаптируется к самым неблагоприятным внешним факторам, о чём свидетельствует его широкое распространение практически во всех регионах, где выращивается картофель. Сложная организация жизненного цикла и физиологические особенности колорадского жука во многом объясняют недостаточную эффективность используемых в настоящее время средств борьбы с жуком и его личинками. Поэтому для получения высоких урожаев экологически чистого картофеля необходимо совершенствовать способы защиты от вредителя, сохраняя при этом бережное отношение к окружающей среде.

В статье рассматриваются методы защиты картофеля от колорадского жука, проводится анализ их эффективности, экологичности, доступности, безопасности и экономической целесообразности применения,

в том числе в рамках относительно небольших личных подсобных хозяйств (ЛПХ) с учетом используемых там средств механизации.

Ключевые слова: колорадский жук, вредитель, картофель, личное подсобное хозяйство, способы защиты картофеля.

Введение. Картофель является одним из важнейших продуктов питания россиян, о чём свидетельствуют последние статистические данные о потреблении картофеля в России: она остается на уровне 89 кг/чел в год с учётом продуктов переработки в пересчёте на свежий картофель. В Российской Федерации в хозяйствах всех категорий граждан и организаций в 2020 г. было собрано 19,1 млн. тонн картофеля [11]. При этом растёт экспорт картофеля и продуктов его переработки: крахмала и чипсов [3], что свидетельствует о перспективах развития отрасли. В связи с этим в настоящее время предъявляются более высокие требования к качеству сырья, например, к его экологичности.

Одними из самых широко распространённых и опасных вредителей картофеля являются колорадский жук и его личинки. Впервые описанный как вид в 1824 г. колорадский жук появился в России в 50-х годах XX в. и к настоящему времени массово расселился по всей территории страны, за исключением северных районов. После зимовки в почве на глубине 20-50 см взрослые особи (имаго) выходят на поверхность и начинают спариваться. Оплодотворённая самка откладывает по 25-30 яиц в одной кладке, а за сезон способна отложить 500-800 яиц. Вылупившаяся через 6-12 дней (в зависимости от среднесуточной температуры воздуха) личинка проходит 4 фазы развития. Наиболее прожорливыми и вредоносными являются первые (после зимовки) поколения личинок колорадского жука в третьей и четвертой фазе развития, так как максимальная плотность их появления соответствует фазе бутонизации и цветения растений картофеля. Именно в этот период начала формирования урожая (20-28 дней после появления всходов) посадки наиболее чувствительны к повреждениям и потери картофеля могут составить до 52 % урожая.

В России основной объём картофеля (66,4 %) в 2020 г. выращивался в личных подсобных хозяйствах и на приусадебных участках [11]. По этой причине методы борьбы с колорадским жуком должны соответствовать следующим требованиям: эффективности, экологичности, доступности, простоте в использовании, безопасности и экономической целесообразности производства, в том числе в условиях относительно небольших ЛПХ с учетом используемых в них средств механизации.

Цель исследований – выявить перспективные направления развития технологий и технических средств борьбы с колорадским жуком и определить предъявляемые к ним требования.

Результаты исследования и их обсуждение. В настоящее время используются химические, биологические, технические, агротехнические и другие методы и средства борьбы с колорадским жуком и его личинками. Рассмотрим некоторые из них.

Широко распространёнными являются химические способы борьбы с колорадским жуком, которые, однако, требуют строгого соблюдения условий использования, в том числе и погодных. Многие из них не отвечают требованиям экологичности, поскольку при их применении химические вещества накапливаются как в почве, так и в клубнях, а также негативно воздействуют на популяции энтомофагов и других полезных насекомых. Например, в 2019 г. была отмечена массовая гибель пчёл на территориях таких регионов Российской Федерации, как Башкортостан, Удмуртия, Марий Эл и др. в результате активного и неконтролируемого применения пестицидов и агрохимикатов [12]. Кроме того, у насекомого развивается резистентность к используемым препаратам. Этот способ также требует применения средств защиты при проведении обработки, что не гарантирует защиты от вредного воздействия химикатов. Это тем более актуально для небольших хозяйств, где инсектициды могут негативно воздействовать на случайных лиц, в том числе детей, в результате их непреднамеренного контакта с недавно обработанными растениями или во время процесса обработки культуры.

Борьба с колорадским жуком осложняется отсутствием природных врагов вредителя на территории России, так как для большинства птиц и животных, обитающих здесь, колорадские жуки и их личинки несъедобны. Поиск энтомофагов, хотя и является самым экологичным биологическим методом, всё-таки недостаточно эффективен, так как большинство известных природных врагов не способны сдерживать увеличение численности колорадского жука в нашей стране на безопасном уровне.

Заслуживающим внимания является такой способ биологической борьбы с популяцией колорадского жука, как целенаправленное принуждение имаго-самцов к миграции с помощью специально выделенных пахучих веществ половых желез самок колорадского жука. Далее самцы уничтожаются в специальных ловушках или с помощью пестицидов.

В настоящее время большое внимание уделяется традиционной селекции как экологичному методу защиты картофеля от колорадского жука. Уже выведен такой сорт картофеля, как Башкирский (гибриды 4270-63 и 4292-149), у которого, вследствие уменьшения повреждений листовой поверхности колорадскими жуками и их личинками, потери урожая сократились в 3-5 раз [10]. Несмотря на успехи в данном направлении, пока еще не выведены сорта с абсолютной устойчивостью к колорадскому жуку. К тому же колорадский жук проявляет способность быстро приспосабливаться к внешним воздействиям, на что указывает широкий ареал обитания вредителя и скорость его распространения. Стоит отметить, что более популярны методы

традиционной селекции, а вот применение генной инженерии для выведения новых сортов до сих пор вызывает общественные споры и жестко регулируется на международном уровне. В настоящее время на территории России возделывание генно-модифицированных культур разрешено только на опытных участках.

Известен и экспериментально исследован такой перспективный метод борьбы с колорадским жуком, как электрофизический, основанный на применении электромагнитных излучений КВЧ- и СВЧ – диапазона [8], [9]. Данные излучения, воздействуя на белковые структуры клеток колорадского жука, приводят к их гибели. Преимуществами данного метода являются его экологичность, малая энергоёмкость, а также возможность использования в любой период развития растений. К тому же, изменяя частоту излучения и её мощность, можно стерилизовать почву, уничтожить сорную растительность, вредителей, обитающих в почве, а также избирательно поражать определенные виды насекомых. Вредным фактором, сопутствующим данному методу, является возможность облучения оператора и находящихся поблизости людей и животных, так как защитное экранирование требует повышенного внимания при неблагоприятных условиях эксплуатации и хранения. Также обязательное использование защитных экранов повышает металлоёмкость устройств, применяемых при электрофизическом методе борьбы с колорадским жуком.

Представляется перспективным и метод применения селективных источников электромагнитного излучения оптического диапазона для привлечения насекомых и управления ими [7]. Способы реализации могут быть разными: от применения стационарной оглушающей ловушки с питанием от солнечных батареек или других источников электрического тока до мобильного робота, оснащенного системой технического зрения и спутниковой системой навигации. Однако на эффективность систем передачи оптической информации насекомым влияют такие факторы, как время года и суток, погодные условия, особенности географического ландшафта местности, а также геометрические размеры биокибернетической системы.

Экономически эффективным и экологически чистым является агротехнический метод борьбы с колорадским жуком, основывающийся на использовании оптимальных технологий возделывания культур, при которых создаются наилучшие условия для роста и развития растений, поскольку он негативно влияет на вредителя. Например, в борьбе с колорадским жуком эффективно использование севооборота. Зимующий в почве вредитель с наступлением среднесуточной температуры $+15^{\circ}$ начинает выходить на поверхность. Лишенный кормовой базы, колорадский жук способен активно переползать, а при тёплой погоде (более 21°) и перелетать на значительные расстояния, но к тому моменту растения картофеля уже окрепнут, и вредитель будет представлять для них меньшую опасность. Однако в условиях, когда посевные площади небольшие и располагаются на незначительном расстоянии друг от друга, данный способ малоэффективен.

Одним из полезных и широко применяемых в этих целях агротехнических приёмов является окучивание, которое не только стимулирует рост клубней картофеля в результате улучшения аэрации, но также позволяет бороться с сорными растениями и насекомыми-вредителями. В период массового откладывания яйцекладок колорадским жуком высокое окучивание картофеля с присыпкой грунтом нижних листьев растений позволяет уничтожить большое количество отложенных яиц и нарушает условия развития куколок. Большое значение при этом имеет ширина междурядий. Известна традиционная технология размещения клубней картофеля с междурядьями в 70 см, которая не позволяет эффективно бороться с колорадским жуком из-за раннего смыкания междурядий листовой поверхностью картофеля. Более эффективными являются технологии размещения клубней с междурядьями в 90 см и с бороздой W-образного профиля, с расположением клубней в строчках в шахматном порядке [6]. Однако использование только данного способа борьбы с колорадским жуком является недостаточно эффективным: необходимо также одновременно с этим применять химические или другие методы борьбы с вредителем.

Также известен еще один агротехнический способ борьбы с колорадским жуком: заливание поля слоем воды в 0,1-1 м после сбора урожая [5]. После этого через 10-30 дней поле осушают. В результате колорадские жуки оказываются в неблагоприятных условиях и погибают. О широком применении данного способа в настоящий момент говорить не приходится, так как такой способ не является рациональным для большинства хозяйств, занятых производством картофеля.

Механические способы сбора и уничтожения колорадского жука подразумевают применение машин и отличаются минимальным негативным воздействием на окружающую среду. Известен целый перечень технических устройств и машин, которые используют различные способы механического воздействия на вредителя. Существуют как простейшие конструкции кустарного производства, работающие от мускульной силы человека и состоящие из щёток или лопастей, находящихся на вращающемся валу, сбивающих жуков и их личинок в специальные приёмники (рисунок 1), так и промышленные образцы навесного оборудования, использующего энергию сжатого воздуха для обдува кустов картофеля и стряхивающего воздушным потоком вредителей в накопители для последующей утилизации.

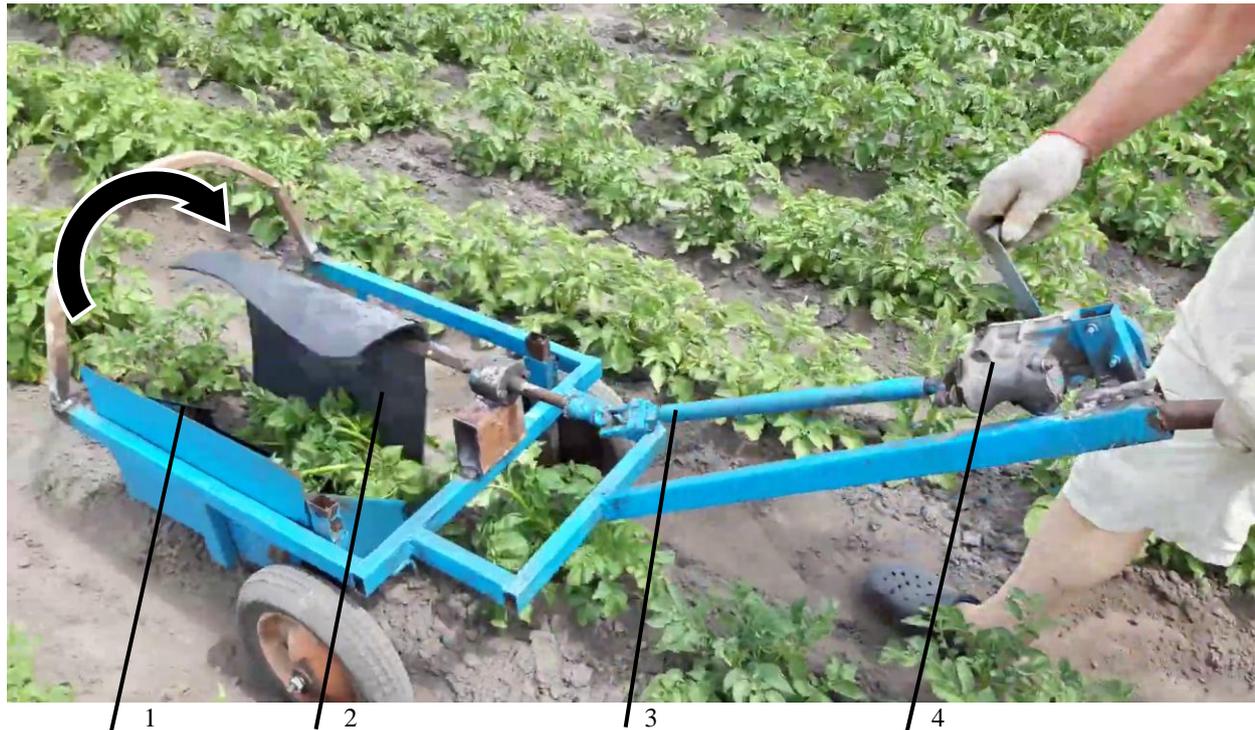


Рис. 1. Пример конструкции кустарного производства для сбора колорадского жука механическим способом:
 1 – лоток для сбора колорадского жука и его личинок; 2 – упруго-эластичный элемент; 3 – вал привода;
 4 – редуктор с ручным приводом.

Также более эффективным способом борьбы с насекомыми в ряде случаев является возможность совмещения механического сбора жуков и их личинок с междурядной обработкой почвы, что не только оптимизирует борьбу с вредителем, но и приводит к уменьшению затрат. Однако такие недостатки, как высокая металлоёмкость и энергопотребление, низкая производительность труда и плохое качество работы, а также опасность травмирования ботвы являются причиной того, что данные способы не нашли широкого распространения, особенно на фоне использования дешёвых инсектицидов.

Одним из последних изобретений является устройство (рисунок 2) для уничтожения колорадских жуков на посадках картофеля [4], представляющее собой самоходную роботизированную платформу, оборудованную механическими стряхивателями, системой спутниковой навигации и системой распознавания вредителя, а также точечным распылителем, подключённым к баку с инсектицидом. Преимуществами данного устройства являются автономность, экономичность, а также более высокая экологичность, чем при использовании химических методов уничтожения колорадского жука. Это достигается за счёт целенаправленного и точечного опрыскивания инсектицидом самого вредителя. При этом не поражаются химикатами те листья растений картофеля, на которых не были обнаружены колорадский жук и его личинки. Благодаря системе распознавания, исключается негативное воздействие на энтомофагов и других полезных насекомых. Но если оценивать существующий на данный момент образец данного устройства, можно сделать вывод о том, что необходимость присутствия оператора на грядке рядом с кустом ботвы для управления процессом заставляет сомневаться в перспективности и научной обоснованности такого устройства. Однако хотелось бы отметить, что перспективность использования электронно-вычислительных машин и роботизированной техники в борьбе с различными вредителями сомнению не подлежит.

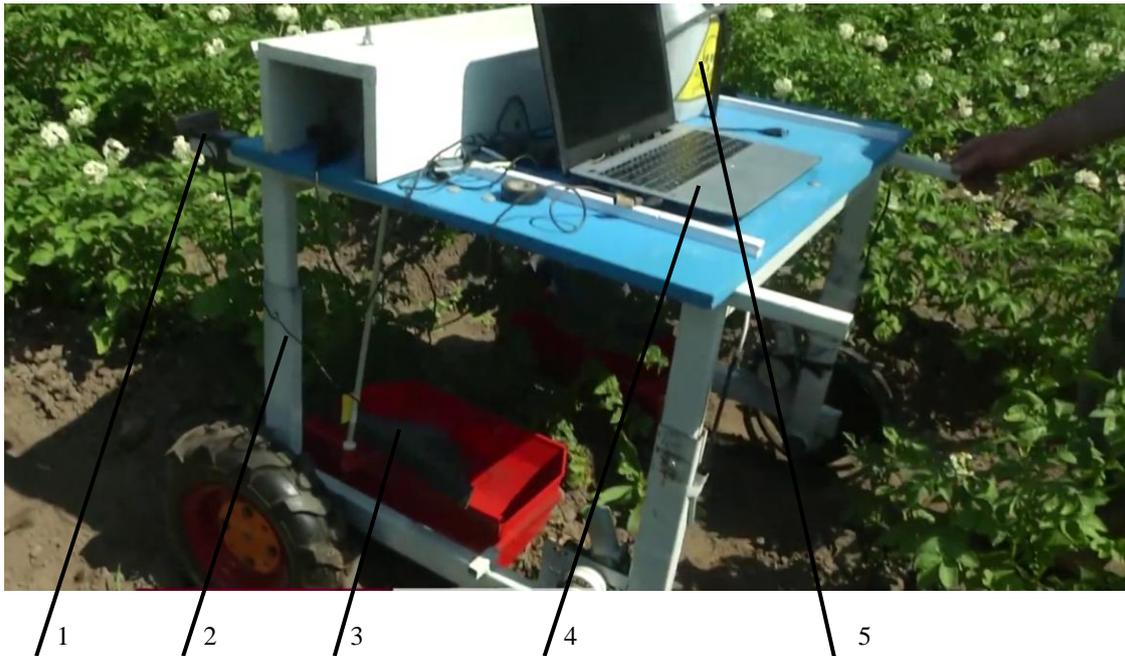


Рис. 2. Опытный образец устройства для уничтожения колорадских жуков на посадках картофеля: 1 – камера распознавания; 2 – рама с колёсами; 3 – резиновая лопатка механизма стряхивания; 4 – управляющий компьютер; 5 – бак с инсектицидом.

В странах Европейского Союза, являющегося по совокупности одним из мировых лидеров по производству картофеля, борьба с колорадским жуком в прошлом велась в основном за счет интенсивного применения инсектицидов, что, в конечном итоге, привело к развитию резистентности у вредителя. Теперь количество доступных активных химических веществ, контролирующих численность колорадского жука, уменьшается, а регистрация новых продуктов на рынке занимает много времени с учётом современных требований к защите окружающей среды. Всё это привело к тому, что в Европейском Союзе мониторинг резистентных популяций и внедрение интегрированного управления сопротивлением вредителю с помощью инструментов РНК-интерференции является одной из перспективных, безопасных, эффективных и экологических стратегий при управлении численностью колорадского жука [13].

В странах, где колорадский жук появился недавно, например, в Финляндии, с вредителем удалось справиться организационно-хозяйственными методами с помощью механической обработки очагов появления вредителя (самостоятельно пытаться избавиться от жука фермерам не рекомендовали, а агентство по продовольствию и центр транспорта и защиты окружающей среды (ELY-keskus) предоставлял необходимую информацию и специалистов).

Выводы. Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что используемые в настоящее время методы борьбы с колорадским жуком, основанные на широком применении инсектицидов и агрохимикатов, не отвечают требованиям экологичности и эффективности. В целях заботы об окружающей среде при возделывании экологически чистого картофеля предпочтение следует отдавать интегрированным методам защиты растений, включающим в себя, в первую очередь, механические средства сбора вредителя. Однако отсутствие рациональной конструкции, способной конкурировать с химическими средствами по себестоимости, эффективности применения и обслуживания, является причиной редкого использования машин при борьбе с вредителем. Однако не подлежит сомнению тот факт, что научно-обоснованное использование механических средств борьбы с вредителем совместно с агротехническими и организационно-хозяйственными методами позволит повысить ее эффективность.

Механические устройства при этом должны обладать низкой металлоёмкостью и энергопотреблением, высокой производительностью и качеством, чтобы их применение при борьбе с колорадским жуком стало более эффективным и популярным, чем использование химических средств борьбы с вредителем.

Литература

1. Бурдейко, В. А. Машина и рабочие органы для сбора колорадского жука / В. А. Бурдейко, И. В. Дубень // Вестник БарГУ. Серия: Технические науки. – 2018. – № 6. – С. 87-95.
2. Заяц, П. В. Анализ методов борьбы с колорадским жуком при возделывании экологически чистого картофеля / П. В. Заяц // Агропанорама. – 2008. – № 6. – С. 35-38.

3. Медведева, А. Производство и переработка картофеля: что показывает динамика последних лет / А. Медведева. – Текст: электронный // AgroXXI.ru: Агропромышленный портал. - URL: <https://www.agroxxi.ru/analiz-rynka-selskoho-zajstvennyh-tovarov/proizvodstvo-i-pererabotka-kartofelja-chto-pokazyvaet-dinamika-poslednih-let.html> (дата обращения: 07.12.2020).
4. Патент 2733285. Российская Федерация. А01М 5/04. Устройство для уничтожения колорадских жуков на посадках картофеля: 2020101590: заявл. 16.01.2020: опубл. 01.10.2020 / А. И. Кузнецов, А. В. Тарышкин. – 6 с.
5. Патент 2120750. Российская Федерация. А01М 1/00. Способ защиты картофеля от колорадского жука и других насекомых-вредителей и устройство для его осуществления: 96118444/13: заявл. 11.09.1996: опубл. 27.10.1998 / С. М. Надеждин. – 4 с.
6. Патент 2649590. Российская Федерация. А01В 79/02. Способ посадки картофеля: 2017102113: заявл. 23.01.2017: опубл. 04.04.2018 / В. П. Топилин. – 8 с.
7. Плешкова, Ю. А. Повышение эффективности процесса передачи оптической информации насекомым с применением метода внешней фильтрации / Ю. А. Плешкова, А. М. Лихтер // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — 2012. — № 3. — С. 62-71.
8. Родионов, Л. А. Мобильная СВЧ-установка для борьбы с колорадским жуком / Л. А. Родионов, С. С. Нугманов // Материалы 64-й студенческой научно-практической конференции инженерного факультета ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет»: сборник статей. – Кинель: РИО СамГАУ, 2019. – С. 118-124.
9. Савельева, Э. Н. Обоснование применения электромагнитного излучения в защите картофеля от колорадского жука: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата биологических наук / Э. Н. Савельева. – Кинель, 2010. – С.19.
10. Традиционная селекция – экологичный метод решения проблемы защиты картофеля от колорадского жука / И. С. Марданшин, Р. И. Ибрагимов, Умаров И. А. [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 01. – С. 22-24.
11. Федеральная служба государственной статистики (Росстат): официальный сайт. – Москва. – URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 15.12.2020). – Текст: электронный.
12. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор): официальный сайт. – Москва. - URL: <https://fsvps.gov.ru/fsvps/press/656306.html> (дата обращения 07.12.2020). – Текст: электронный.
13. Modern Techniques in Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Control and Resistance Management: History Review and Future Perspectives / Martina Kadoic Balaško, Katarina M. Mikac, Renata Bažokand [et. al.] // *Insects*. – 2020. – N 1. – P. 581.

Сведения об авторе

Зотиков Артемий Сергеевич, аспирант кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29.

CHOICE OF TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS TO CONTROL THE NUMBER OF COLORADO POTATO BEETLE AND ITS LARVAES

A. S. Zotikov

*Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation*

Brief abstract. *Potatoes are one of the main foods of Russians. The Russian Federation is one of the largest potato producers in the world, with most of it grown on personal subsidiary plots or household plots.*

One of the most widespread and dangerous pests of potatoes are the Colorado potato beetle and its larvae. These pests are very voracious and can destroy a significant part of the crop. The Colorado potato beetle is also highly fertile and quickly adapts to the most unfavorable external factors, as evidenced by its wide distribution in almost all regions where potatoes are grown. The complex organization of the life cycle and physiological characteristics of the Colorado potato beetle largely explain the insufficient effectiveness of the currently used means of fighting the beetle and its larvae. Therefore, in order to obtain high yields of environmentally friendly potatoes, it is necessary to improve methods of protection against pests, while maintaining a respect for the environment.

The article discusses methods of protecting potatoes from the Colorado potato beetle, analyzes their effectiveness, environmental friendliness, accessibility, safety and economic feasibility of use, including in the framework of relatively small personal subsidiary farms, taking into account the means of mechanization used there.

Key words: *Colorado potato beetle, pest, potatoes, personal subsidiary farming, methods of protecting potatoes.*

References

1. Burdejko, V. A. Mashina i rabochie organy dlya sbora koloradskogo zhuka / V. A. Burdejko, I. V. Duben' // Vestnik BarGu. Seriya: Tekhnicheskie nauki. – 2018. – № 6. – S. 87-95.
2. Zayac, P. V. Analiz metodov bor'by s koloradskim zhukom pri vzdelyvanii ekologicheski chistogo kartofelya / P. V. Zayac // Agropanorama. – 2008. – № 6. – S. 35-38.
3. Medvedeva, A. Proizvodstvo i pererabotka kartofelya: chto pokazyvaet dinamika poslednih let / A. Medvedeva. – Tekst: elektronnyj // AgroXXI.ru: Agropromyshlennyj portal. - URL: <https://www.agroxxi.ru/analiz-rynka-selskohozjajstvennyh-tovarov/proizvodstvo-i-pererabotka-kartofelja-chto-pokazyvaet-dinamika-poslednih-let.html> (data obrashcheniya: 07.12.2020).
4. Patent 2733285. Rossijskaya Federaciya. A01M 5/04. Ustrojstvo dlya unichtozheniya koloradskih zhukov na posadkah kartofelya: 2020101590: zayavl. 16.01.2020: opubl. 01.10.2020 / A. I. Kuznecov, A. V. Taryshkin. – 6 s.
5. Patent 2120750. Rossijskaya Federaciya. A01M 1/00. Sposob zashchity kartofelya ot koloradskogo zhuka i drugih nasekomyh-vreditel'ej i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya: 96118444/13: zayavl. 11.09.1996: opubl. 27.10.1998 / S. M. Nadezhdin. – 4 s.
6. Patent 2649590. Rossijskaya Federaciya. A01B 79/02. Sposob posadki kartofelya: 2017102113: zayavl. 23.01.2017: opubl. 04.04.2018 / V. P. Topilin. – 8 s.
7. Pleshkova, YU. A. Povyshenie effektivnosti processa peredachi opticheskoy informacii nasekomym s primeneniem metoda vneshnej fil'tracii / YU. A. Pleshkova, A. M. Lihter // Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii. — 2012. — № 3. — S. 62-71.
8. Rodionov, L. A. Mobil'naya SVCH-ustanovka dlya bor'by s koloradskim zhukom / L. A. Rodionov, S. S. Nugmanov // Materialy 64-j studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii inzhenernogo fakul'teta FGBOU VO «Samsarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet»: sbornik statej. – Kinel': RIO SamGAU, 2019. – С. 118-124.
9. Savel'eva, E. N. Obosnovanie primeneniya elektromagnitnogo izlucheniya v zashchite kartofelya ot koloradskogo zhuka: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchyonoj stepeni kandidata biologicheskikh nauk / E. N. Savel'eva. – Kinel', 2010. – С.19.
10. Tradicionnaya selekciya – ekologichnyj metod resheniya problemy zashchity kartofelya ot koloradskogo zhuka / I. S. Mardanshin, R. I. Ibragimov, Umarov I. A. [i dr.] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2010. – № 01. – S. 22-24.
11. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat): oficial'nyj sajt. – Moskva. – URL: <https://rosstat.gov.ru> (data obrashcheniya 15.12.2020). – Tekst: elektronnyj.
12. Federal'naya sluzhba po veterinarnomu i fitosanitarnomu nadzoru (Rossel'hoznadzor): oficial'nyj sajt. – Moskva. - URL: <https://fsvps.gov.ru/fsvps/press/656306.html> (data obrashcheniya 07.12.2020). – Tekst: elektronnyj.
13. Modern Techniques in Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Control and Resistance Management: History Review and Future Perspectives / Martina Kadoic Balaško, Katarina M. Mikac, Renata Bažokand [et. al.] // Insects. – 2020. – N 1. – P. 581.

Information about the author

Zotikov Artemy Sergeevich, postgraduate student of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428000, Cheboksary, st. K. Marx, 29.

УДК 629.113

РАБОТА КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ СО ВСТРОЕННЫМ ДИФФЕРЕНЦИАЛОМ

Ю. Ф. Казаков, В. С. Павлов, В. П. Мазяров, А. Г. Юрнов, Н. Е. Лавренов

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. В статье представлены результаты системного анализа работы колесного движителя со встроенным колесным дифференциалом. Новизной разработанного колеса мобильного энергетического средства (МЭС) является отделение точки приложения вертикальной нагрузки и продольной толкающей силы от геометрической оси вращения колеса. Встроенный колесный планетарный редуктор, по сути, является дифференциалом – бесступенчатым механическим трансформатором крутящего момента. Принципиальная особенность редуктора заключается в том, что вал одного из сателлитов является ведущим и несущим. К конструкционным особенностям также относятся отсутствие солнечной шестерни, наличие центрирующего диска. В результате анализа были установлены особенности входных и выходных элементов, имеющих реальные связи друг с другом, процессов формирования движущего момента на колесе, элементов системы. Также был обоснован набор переменных, характеризующих состояние системы, и показатели, определяющие ее поведение – определенную последовательность состояний во времени. Были разработаны методы и способы целенаправленного изменения внешних воздействий на систему и представлен анализ