

Аналитические исследования машинно-технологических комплексов для сорто-фиточистки посадок картофеля и овощных культур в селекции и семеноводстве

Алексей Семенович Дорохов, Алексей Викторович Сибирёв,
Александр Геннадьевич Аксенов, Максим Александрович Мосяков
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Россия.
e-mail: sibirev2011@yandex.ru

Аннотация. Проведены аналитические исследования машинно-технологических комплексов для удаления больных растений картофеля и овощных культур, описана методика проведения исследований, представлены конструктивно-технологические схемы современных машин, разработаны функциональная схема машины для фиточистки овощных культур и картофеля, морфологическая матрица, свидетельствующая о перспективности выполнения работ по автоматизации выполняемых операций фиточистки зараженных растений картофеля и овощных культур по наиболее значимым операциям, определяющим качественные показатели работы, влияющие на полноту очистки зараженных растений.

Ключевые слова: машинный комплекс; картофель; овощные культуры; рабочие органы; машина для сорто-фиточистки.

Для цитирования: Дорохов А. С., Сибирёв А. В., Аксенов А. Г. Мосяков М. А. Аналитические исследования машинно-технологических комплексов для сорто-фиточистки посадок картофеля и овощных культур в селекции и семеноводстве // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 76–82. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp76-82>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Analytical studies of machine-technological complexes for variety-phytocleaning of potato and vegetable crops in breeding and seed production

Aleksey S. Dorokhov, Aleksey V. Sibirev, Alexander G. Aksenov, Maxim A. Mosyakov
Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia
sibirev2011@yandex.ru.

Abstract. Analytical studies of machine-technological complexes for the removal of diseased potato and vegetable crops have been carried out, a research methodology has been described, structural and technological schemes of modern machines have been presented, a functional diagram of a machine for phyto-cleaning of vegetable crops and potatoes has been developed, a morphological matrix indicating the prospects for performing work on automation of the performed operations of phytocleaning of infected potato and vegetable crops for the most significant operations that determine the quality indicators of work that affect the completeness of the cleaning of infected plants.

Keywords: machine complex; potatoes; vegetable crops; working bodies; machine for variety-phytocleaning.

For citation: Dorokhov A. S., Sibirev A. V., Aksenov A. G., Mosyakov M. A. Analytical studies of machine-technological complexes for variety-phyto-cleaning of potato and vegetable crops in breeding and seed production // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(4):76–82. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp76-82>.

Введение. Одним из сдерживающих фактором более интенсивного увеличения объема валового сбора и площадей возделывания картофеля и овощных культур является нерешенная проблема выполнения комплекса агротехнических приемов, ограничивающих распространение вирусных, грибных и бактериальных болезней в процессе роста и развития растений.

Кроме обычного агротехнического ухода на семеноводческих посадках проводят специальные оздоровительные приемы, способствующие повышению качества, т.е. тщательные сортовые и фитопатологические прочистки с удалением больных растений и примесей. Обычно проводят три сорто-фиточистки.

Первую прочистку проводят при отрастании растений на 15–20 см. К этому времени проявляются признаки большинства вирусных болезней (морщинистой мозаики, скручивания и закручивания листьев, аукуба мозаики, готики и др.), а также черной ножки и ризоктониоза. Необходимо помнить, что запоздание с первой прочисткой резко снижает эффективность.

Вторую прочистку проводят в период массового цветения растений.

Удаляют сортовые примеси, растения, пораженные вирусными болезнями, черной ножкой, ризоктониозом, кольцевой гнилью (если к этому времени она уже появилась) и угнетенные, недоразвитые с признаками дефектов.

Третью прочистку проводят к концу цветения при зеленой ботве. Удаляют все растения с признаками болезней, отстающие в росте, недоразвитые, угнетенные, нетипичные по сортовым признакам и примеси других сортов с признаками бактериальных болезней.

Больные растения выкапывают вместе с клубнями и используют на фуражные цели или выносят за пределы поля и уничтожают. Прежде чем приступить к прочистке, необходимо провести апробацию посевов, установить процент зараженности и норму подлежащих к удалению растений.





После каждой прочистки еще раз проводят апробацию для установления качества проведенных прочисток и составляют акт, в который заносится процент удаленных растений. Для определения процента зараженности и количества растений, подлежащих удалению, определяют густоту посадки. Если мы установили густоту посадки примерно 50 тыс. растений на 1 га, то 1 % будет составлять 500 шт. растений. При этом следует отметить тот факт, что прочистки должны проводить хорошо проинструктированные рабочие в присутствии опытного специалиста, прошедшего обучение и имеющего практические навыки распознавания симптомов проявления болезней и сортовых примесей в посадках картофеля. При этом обычно два человека проходят вдоль борозды и внимательно осматривают растения в двух рядах справа и слева. Таким образом, для разработки машины с борозды, по которой выполняется проход. Обнаруженные больные растения или сортовые примеси выкапывают лопатой вместе с клубнями, в том числе и материнскими и удаляют с поля. Не рекомендуется выдергивать растения, так как при этом материнские клубни могут остаться в земле, повторно прорасти в этом же году и вновь дать больные растения. Удаленную при прочистке ботву и клубни необходимо полностью уничтожить [1–3].

Следовательно, для выполнения работ по фитопроочистке зараженных растений картофеля и овощных культур необходимо наличие высококвалифицированного персонала, от квалификации выполнения работ которого зависит получение качественного семенного материала.

Однако, данное обстоятельство не в полной мере позволяет обеспечить качественную очистку семенного материала от зараженных растений, следовательно, необходимо выполнить комплекс работ, направленных на разработку, изготовление, испытание машинно-технологического комплекса автоматического удаления зараженных растений картофеля и овощных культур без вмешательства оператора. С целью создания автоматизированной системы фитопроочистки необходимо выполнить анализ и синтез современного уровня развития машинных технологий отечественного и зарубежного производства.

Цель исследований – определение конструктивных особенностей и уровня автоматизации машинно-технологических комплексов для проведения сорто-фитопроочисток овощных культур и картофеля.

Методика исследований. В связи с тем, что первую прочистку проводят вскоре после появления полных всходов, когда растения достигают высоты 15–20 см при удалении кустов, пораженных черной ножкой, ризоктониозом и вирусами, следовательно, машина для прочистки зараженных растений картофеля должна обеспечить условие поступательного движения по поверхности поля с возможностью распознавания здоровых и зараженных растений картофеля.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, следует, что автоматизированный машинно-технологический комплекс для выполнения фитопроочисток зараженных растений картофеля и овощных культур должен обеспечить сканирование, распознавание зараженных и здоровых растений при передаче данных на исполнительный механизм удаления растений с синхронизацией движения автоматизированной технологической платформы [4–7].

Для выполнения данных условий необходимо обеспечить:

создание базы данных здоровых и зараженных растений картофеля различными фитопатогенами;

разработку манипулятора удаления зараженных растений картофеля и дальнейшей передачи в съемный технологический модуль утилизации;

разработку автоматизированной технологической платформы, выполняющей движение по междурядью посадок согласно алгоритму взаимодействия системы распознавания зараженных растений и приводом платформы.

В настоящее время имеются различные машинно-технологические комплексы для удаления зараженных растений картофеля и овощных культур, выполняющих технологический процесс по запланированному алгоритму последовательности выполнения работ.

Предприятиями отечественного сельскохозяйственного машиностроения в настоящее время не разрабатывают машины данной категории в том числе и с автоматизированным выполнением технологического процесса удаления зараженных растений.

Иностранные машиностроительные предприятия выполняют разработку данных машинно-технологических комплексов в том числе и с элементами автоматизации, но без широкого внедрения в работу функционирующих элементов машины цифровых технологий, обеспечивающих исключение или минимальное снижение антропогенного воздействия на показатели качества очистки.

Известна машина для фитопроочистки посадок картофеля «Selecto».

Данная машина является продуктом производства компании «B.Naaktregen Mechanization». Машина представляет собой четырехколесную тележку, колеса которой приводятся в движение тяжелыми колесными двигателями. Машина управляется с помощью шарнирно-сочлененного рулевого управления, которое сильнее и стабильнее, чем управление осью.

Для привода этой гидростатической машины используется трехцилиндровый дизельный двигатель мощностью 24 л.с., который очень тихий и экономичный в использовании.

Для управления движущей частью был выбран плавный электрический джойстик. Круиз-контроль обеспечивает постоянную скорость в поле и входит в стандартную комплектацию.

В стандартной комплектации машина оснащена гидравлическим опрокидывающимся бункером, с помощью которого ее можно легко выгружать в кубический ящик, двумя сиденьями с гидравлической регулировкой по высоте, складными колпаками колес, дефлекторами ботвы и подготовкой для третьего сиденья.

ООО «Балтийские семена» для обеспечения высокого качества не только строго соблюдает технологические карты и рекомендации по выращиванию семенного картофеля, но и осуществляет фитопроочистки.

Компания приобрела современную машину для фитопроочистки «Selecto» (рис. 1), произведенную в Нидерландах, что позволит значительно увеличить скорость инспекции посадок овощных культур и картофеля. Машина оснащена тремя сиденьями и обеспечит проведение фитопроочистки поля с семенным картофелем площадью 15–18 га в день [8].



Рис. 1. Общий вид машины для фитопрочистки посадок картофеля «Selecto»

Компанией «VSS Agro» разработана селекционная машина «VSS Agro Selection» с гидравлическим приводом, которая предназначена для визуального осмотра картофельного поля на предмет аномальных растений во время движения (рис. 2).



Рис. 2. Общий вид машины для фитопрочистки посадок картофеля «VSS Agro Selection»

Девиантные растения можно собрать в пластиковый контейнер для хранения. Стандартная версия оснащена двумя сиденьями, регулируемым вручную по высоте и ширине. Третье место не является обязательным.

Трехколесная машина оснащена бензиновым двигателем с электрическим запуском мощностью 13 л.с. и гидравлическим приводом на двух колесах. Третье колесо не по центру. Колеса снабжены защитными колпачками и скребками. Скорость плавно регулируется от 0 до 12 км/ч, ширина колеи 1,5 м. Контейнер для хранения на 500 л (контейнер большего размера по желанию) изготовлен из пластика, поэтому его легко чистить.

Технические характеристики машины для фитопрочистки посадок картофеля «VSS Agro Selection» представлены в табл. 1.

Таблица 1

Техническая характеристика машины для фитопрочистки посадок картофеля «VSS Agro Selection»

Показатель	Значение
Привод ходовой системы машины	Гидравлический
Колесная формула	4×4
Силовая установка	Дизельный двигатель Perkins PowerPack
Управление	Дистанционное
Привод съемного бункера	Гидравлический
Ширина колеи, мм	1800

Известна машина для фитопрочистки посадок картофеля (Голландия) с дистанционным управлением движением / остановкой, обеспечивающая гидравлическое изменение межосевого расстояния внешнего сиденья, а также регулировку ширины колеи от 1500 до 2000 мм (рис. 3).

Технические характеристики машины для сорт-фитопрочистки посадок овощных культур и картофеля «Goucon Selection» представлены в табл. 2

Компанией «Gerkon techniek» разработана машина для фитопрочистки посадок картофеля и овощных культур, отличительной особенностью которой является наличие гусеничных движителей для снижения уплотнения воздействия на почву (рис. 4). Кроме того, с целью увеличения тягового усилия машина оборудована электрическим приводом каждого из движителей мощностью более 1,5 Квт.





Рис. 3. Общий вид машины для фитопро очистки посадок картофеля «Goucon Selection»

Таблица 2

Техническая характеристика машины для фитопро очистки посадок картофеля «Goucon Selection»

Показатель	Значение
Привод ходовой системы машины	Гидравлический
Колесная формула	4×4
Силовая установка	Дизельный двигатель Perkins PowerPack
Управление	Дистанционное
Привод съемного бункера	Гидравлический
Ширина колеи, мм	1500–2000



Рис. 4. Общий вид машины для фитопро очистки посадок картофеля «Gerkon techniek»

Габаритные размеры машины способствуют повышению маневренности при выполнении технологического процесса очистки от зараженных растений, значения которых 3500×2100×2250 мм по длине, ширине и высоте соответственно.

Результаты исследований. В конструкции машин для фитопро очистки, представленных в настоящее время на современном рынке можно выделить основные функционирующие элементы, которые представим в виде функциональной схемы, которая представлена на рис. 5 и включает в себя технологическую платформу (ТП), пультом управления процессом движения-остановки и манипулятора подъема-опускания (ПУ), рабочее место рабочих селекционеров, приемный бункер зараженных растений (ПБ).

Согласно выше представленным описанием зарубежных машин для фитопро очистки картофеля и овощных культур (см. рис. 1–4), а также функциональной схемы машины (рис. 5) технологический процесс работы осуществляется следующим образом.

Оператор обеспечивает регулирование требуемой технологической колеи машины исходя из схемы посева овощных культур и картофеля при отсутствии возможности заматывания культурных растений и обеспечивает безопасную посадку селекционеров на рабочее место, посредством пульта управления 1 при опускании манипулятором посадочных мест 2. Далее оператор направляет машину по междурядью учетной делянки с минимально допустимой скоростью движения в диапазоне 2–3 км/ч для возможности проведения визуализированной оценки селекционерами сектора обзора посадок культурных растений и выявления зараженных (рис. 6).

По мере продвижения по учетной делянке селекционеры подают звуковой сигнал оператору машины, занимаемому посадочное место 3 для прекращения движения по обследуемой полосе при выявлении зараженных растений овощных культур и картофеля и оператор обеспечивает посредством воздействия манипулятора опускание рабочего места селекционера, который извлекает зараженное растение из почвы и укладывает его в сменный бункер 4 при подъеме рабочего места манипулятором и продолжается технологический процесс выявления зараженных растений по обследуемой делянке.



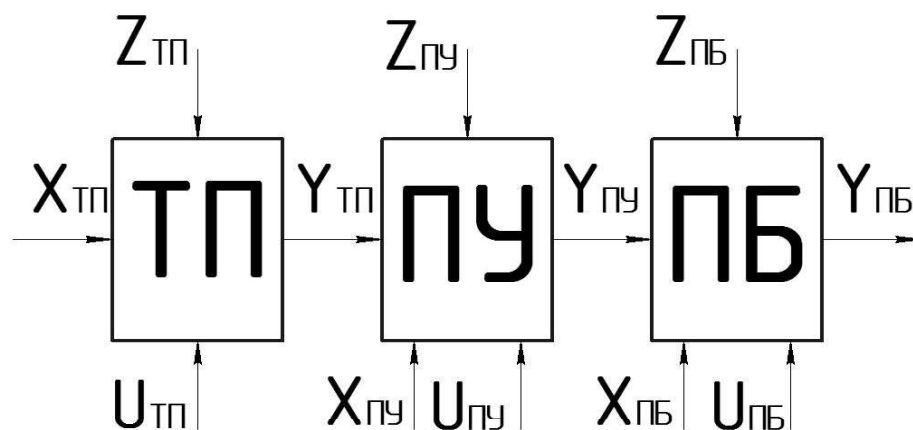


Рис. 5. Функциональная схема машины для фитопро очистки овощных культур и картофеля:
 ТП – платформа технологическая; ПУ – пульт управления; ПБ – бункер приемный;
 ХТП, ХПУ, ХПБ – функции внешнего воздействия платформы технологической, пульта управления, бункера приемного; ZTP, ZPU, ZPB – функция состояния платформы технологической, пульта управления, бункера приемного; UTP, UPU, UPB – функции управляющего воздействия платформы технологической, пульта управления, бункера приемного; YTP, YPU, YPB, YCT и YPC – результирующие параметры платформы технологической, пульта управления, бункера приемного

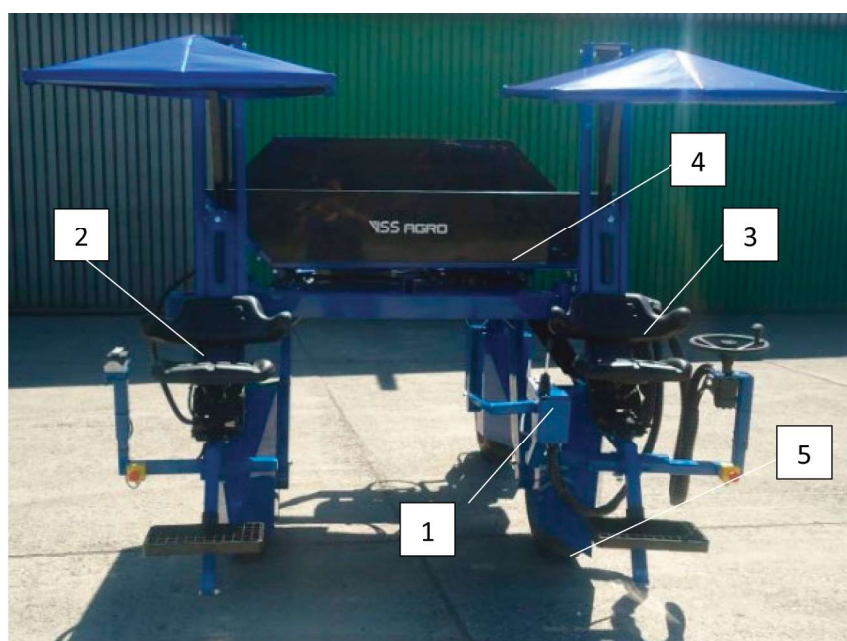


Рис. 6. Общий вид машины для автоматизированной системы фитопро очистки овощных культур и картофеля: 1 – пульт управления; 2 – посадочное место селекционера; 3 – посадочное место оператора; 4 – бункер сменный; 5 – двигатель

Следует отметить, что уровень автоматизации современных машин для контроля состояния растений картофеля и овощных культур лимитируется только лишь уровнем электронно-гидравлического воздействия привода подъема и опускания рабочего места селекционера [9–11].

Однако, в настоящее время имеются разработки, касающиеся выполнения технологического процесса удаления сорняков в автоматизированном режиме при исключении антропогенного воздействия на качество выполняемой операции.

Общий вид данной машины представлен на рис. 7

Основной целью работы данной машины при ее функционировании являются молодые побеги сорных растений, которые она при помощи камеры с высоким разрешением определяет по форме листа. Однако робот может справиться и со взрослыми экземплярами.

В автоматическом режиме он обнаруживает сорняки и с помощью ударного инструмента диаметром один сантиметр загоняет их в землю на глубину в три сантиметра, тратя на одно растение около десятой доли секунды.

Кроме того, аппарат предназначен для измерения состояния почвы и опрыскивания растений.

В зависимости от вида работ на платформе может быть размещен один из модулей. Устройство имеет собственную систему навигации, способно определять GPS-координаты сельскохозяйственных видов, создавать карты проведенных работ и подготавливать необходимую документацию. Робот BoniRob уже был испытан на поле с морковью, где расстояние между корнеплодами достигало двух сантиметров, а плотность сорняков – около 20 раст./м². В данных условиях машина не испытывала никаких затруднений. Максимальная скорость работы составила 1,75 раст./с при движении со скоростью 3,7 см/с.



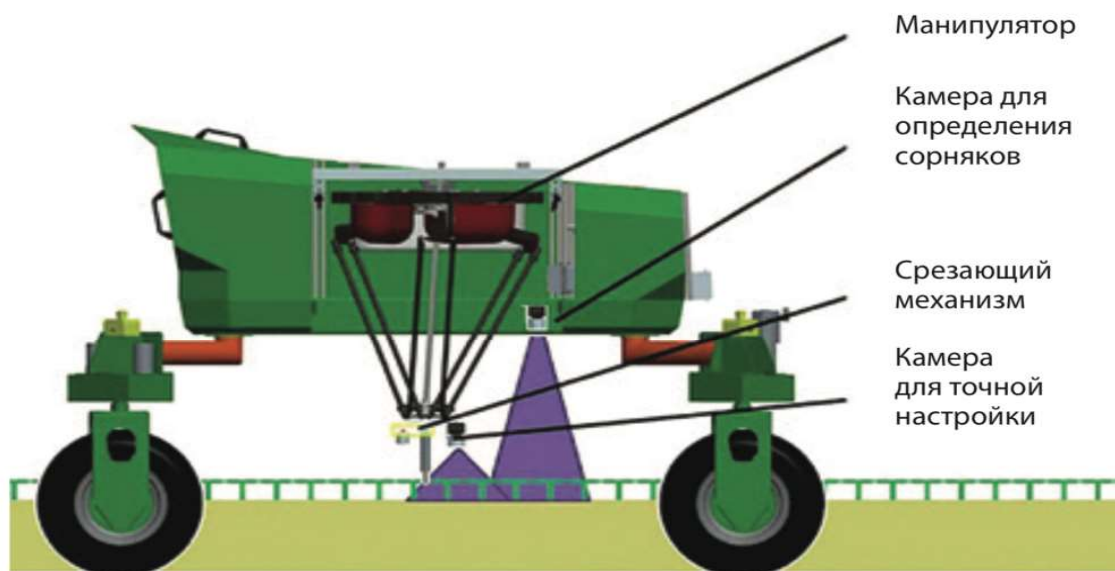


Рис. 7. Общий вид машины «Boni Rob» для автоматизированного удаления сорняков [12]

Помимо этого, универсальная платформа способна перемещать полезный груз до 150 кг, а ее генератор – обеспечивать энергией непрерывную работу в течение 24 ч при одной заправке топливом. Основная идея создания такого устройства заключается в том, что фермер может купить только одну платформу и несколько необходимых ему модулей, а другие дополнения он сможет брать в аренду у специализирующейся на этом организации. Сегодня фирмой-изготовителем проводятся испытания робота в реальных условиях, а также осуществляется разработка варианта универсальной платформы меньшего размера и набора сменных модулей к ней. Данные аппараты могут действовать в составе групп, почти не уступая в производительности более крупным экземплярам.

Для определения состояния уровня автоматизации машинно-технологических комплексов для проведения фитопрочисток овощных культур и картофеля рассмотрим морфологическую матрицу распределения основных выполняемых операций исследуемого процесса критериями оценки которых являются режимные, технологические, эргономические, эксплуатационные параметры по операциям:

- регулирование колеи движителей;
- регулирование клиренса расположения технологической площадки;
- движение технологической площадки по учетной делянке;
- определение зараженных растений овощных культур и картофеля;
- извлечение зараженных растений овощных культур и картофеля из почвы;
- перемещение зараженных растений овощных культур и картофеля в съемный бункер;
- подъем и опускание съемного бункера.

Анализ морфологической матрицы, представленной в табл. 3, свидетельствует о перспективности выполнения работ по автоматизации выполняемых операций фитопрочистки зараженных растений картофеля и овощных культур по наиболее значимым операциям, определяющим качественные показатели работы, влияющие на полноту очистки зараженных растений, к которым следует отнести пункты 4, 5 и 6 представленные выше.

Таблица 3

Морфологическая матрица распределения уровня автоматизации машинно-технологических комплексов для проведения фитопрочисток

Технологическая операция	Принцип воздействия		
	Механический	Гидравлический	Электрический
Регулирование колеи движителей	+	+	+
Регулирование клиренса расположения технологической площадки		+	+
Движение технологической площадки по учетной делянке	+		
Определение зараженных растений овощных культур и картофеля	+		
Извлечение зараженных растений овощных культур и картофеля из почвы	+		
Перемещение зараженных растений овощных культур и картофеля в съемный бункер	+		
Подъем и опускание съемного бункера		+	+

Однако, для выполнения комплекса работ, направленных на повышение уровня автоматизации выделенных операций фитопрочистки необходимо выполнить более детальный анализ функционирующих элементов, обеспечивающих требуемый уровень автоматизации.

Заключение. Проведен анализ современного состояния машинно-технологических комплексов для удаления больных растений картофеля и овощных культур позволяющий сделать вывод о том, что машиностроительные предприятия выполняют разработку данных машинно-технологических комплексов в том числе и с элементами автоматизации, но без широкого внедрения в работу функционирующих элементов машины цифровых технологий, обес-





печивающих исключение или минимальное снижение антропогенного воздействия на показатели качества очистки. Установлено, что в конструкции машин для фитопро очистки, представленных в настоящее время на современном рынке можно выделить основные функционирующие элементы, к числу которых следует отнести: технологическую платформу (ТП), пультом управления процессом движения-остановки и манипулятора подъема-опускания (ПУ), рабочее место рабочих селекционеров, приемный бункер зараженных растений (ПБ). Определена перспективность выполнения работ по автоматизации выполняемых операций фитопро очистки зараженных растений картофеля и овощных культур, определяющих качественные показатели работы, влияющие на полноту очистки зараженных растений, относятся определение зараженных растений овощных культур и картофеля; извлечение зараженных растений овощных культур и картофеля из почвы; перемещение зараженных растений овощных культур и картофеля в съемный бункер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов А.Г., А Сибирёв.В., Емельянов П.А. Обеспеченность техникой для овощеводства // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 8. С. 25–30.
2. Aniket U. Dongre, Rahul Battase, Sarthak Dudhale, Vipul R. Patil, Deepak Chavan (2017), Development of Potato Harvesting Model, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Issue number 4, pp. 1567–1570, Tamilnadu / India.
3. Farhadi R., Sakenian N., Azizi P. Design and construction of rotary potato grader // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2012. No. 2, P. 304–314.
4. Haverkort A.J., Struik P.C.. Potato in progress: science meets practice. Wageningen Academic Publishers, 2005. 366 p.
5. Mayer V., Vejchar D., Pastorková L. Measurement of potato tubers resistance against mechanical loading // Research in Agricultural Engineering. 2017. No. 2. P. 22–31.
6. Natenadze N. The design and theoretical justification of a vibratory digger shovel, Scientific technical union of mechanical engineering // Bulgarian association of mechanization in agriculture. 2016. No. 5. P. 9–12.
7. Черноиванов В.И., Ежевский А.А., В Федоренко.Ф. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства. М., 2012. 284 с.
8. <http://balticseed.com/news/ooo-selecto>.
9. Tauseef Asghar M., Ghafoor Abdul, Munir Anjum, Iqbal Muhammad, Ahmad Manzoor Design modification and field testing of groundnut digger // Asian Journal of Science and Technology. 2014. No. 5. P. 389–394.
10. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. Results of laboratory investigations of soil screening ability of a chain digger with asymmetric vibrator arrangement // INMATEH – Agricultural Engineering. 2019. No. 1. (57). P. 9–18.
11. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. Methodological justification of dynamic systems model construction by artificial neural networks // INMATEH – Agricultural Engineering. 2019. No. 2. (58). P. 63–75.
12. <http://robotrends.ru/robopedia/bonirob>

REFERENCES

1. Aksenov A.G., Sibirev A.V., Emelyanov P.A. Availability of equipment for vegetable growing. *Tractors and agricultural machines*. 2016; 8: 25–30.
2. Aniket U. Dongre, Rahul Battase, Sarthak Dudhale, Vipul R. Patil, Deepak Chavan. Development of Potato Harvesting Model. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2017; 4: 1567–1570.
3. Farhadi R., Sakenian N., Azizi P. Design and construction of rotary potato grader. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2012; 2: 304–314.
4. Haverkort A.J., Struik P.C. Potato in progress: science meets practice. Wageningen Academic Publishers, 2005. 366 p.
5. Mayer V., Vejchar D., Pastorková L. Measurement of potato tubers resistance against mechanical loading. *Research in Agricultural Engineering*. 2017; 2: 22–31.
6. Natenadze N. The design and theoretical justification of a vibratory digger shovel, Scientific technical union of mechanical engineering. *Bulgarian association of mechanization in agriculture*. 2016; 5: 9–12.
7. Chernoiivanov V.I., Ezhevsky A.A., Fedorenko V.F. World trends in machine-technological support of intelligent agriculture. Moscow, 2012. 284 p.
8. <http://balticseed.com/news/ooo-selecto>.
9. Tauseef Asghar M., Ghafoor Abdul, Munir Anjum, Iqbal Muhammad, Ahmad Manzoor Design modification and field testing of groundnut digger. *Asian Journal of Science and Technology*. 2014; 5: 389–394.
10. Dorokhov A.S., Aksenov A.G., Sibirev A.V. Results of laboratory investigations of soil screening ability of a chain digger with asymmetric vibrator arrangement. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2019; 1 (57): 9–18.
11. Dorokhov A.S., Aksenov A.G., Sibirev A.V. Methodological justification of dynamic systems model construction by artificial neural networks. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2019; 2 (58): 63–75.
12. <http://robotrends.ru/robopedia/bonirob>

Статья поступила в редакцию 20.09.2021; одобрена после рецензирования 22.10.2021; принята к публикации 11.11.2021.
The article was submitted 20.09.2021; approved after reviewing 22.10.2021; accepted for publication 11.11.2021.