

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕМЕННЫХ ПОСАДОК ОРИГИНАЛЬНОГО ТОПИНАМБУРА ЗА СЧЕТ БЕСКОНТАКТНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ БОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Старовойтова Оксана Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук<sup>1</sup>,  
Старовойтов Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор<sup>1</sup>,  
Манохина Александра Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук,  
доцент<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ ВНИИКХ, Московская область, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

*Аннотация.* Топинамбур, как и другие культуры, подвергается заболеваниям. Борьба с болезнями особенно важна в семеноводстве. Большинство болезней визуально проявляется на наземной части топинамбура, в первую очередь на листьях. Это мучнистая роса, септориоз, склеротиния и ряд других. Технологически бороться с ними традиционными методами сложно из-за высоты растений до 3,5 метров и высокой плотности посадок, что затрудняет фитопрочистки. В то же время больных растений, как правило, не много и массово применять традиционные опрыскиватели не обязательно. Операции по распознаванию болезней должны осуществлять сплошную, а применение мер – точечно. Эффективным приемом в такой ситуации может быть использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с видеозаписью посадок с координатной привязкой к местности, анализом видеоснимков и последующим принятием решения по удалению растения.

*Abstract.* Jerusalem artichoke, like other cultures, is exposed to diseases. Disease control is particularly important in seed production. Most diseases are

*visually manifested on the aboveground part of the Jerusalem artichoke, primarily on the leaves. This powdery mildew, Septoria, sclerotia and a number of others. Technologically, it is difficult to deal with them by traditional methods because of the height of plants up to 3.5 meters and the high density of plantings, which makes it difficult to phytoprotection. At the same time, as a rule, there are not many sick plants and it is not necessary to use traditional sprayers EN masse. Operations for the recognition of diseases should be carried out entirely, and the use of measures – point. An effective method in such a situation can be the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) with video recording of landings with a coordinate reference to the terrain, analysis of video images and subsequent decision-making on the removal of the plant.*

**Ключевые слова:** *болезни, топинамбур, посадки, беспилотные летательные аппараты.*

**Key words:** *diseases, Jerusalem artichoke, landings, unmanned aerial vehicles.*

## **Введение**

**Цель исследований** – своевременная оценка посадок семенного топинамбура для повышения качества получаемого семенного материала и получения высококонкурентной продукции.

**Системы точного земледелия значительно облегчают работу сельхозпроизводителям, повышают ее эффективность, сокращают затраты. Но в России технология точного земледелия только развивается. Внедрению мешают дороговизна компонентов, не всегда высокая квалификация персонала и отсутствие достаточного количества современной техники [1].**

Принципиальное отличие от обычного земледелия состоит в том, что технология точного земледелия рассматривает каждое сельскохозяйственное поле как неоднородное. Поле разделяется на некоторое количество однородных участков – новых единиц управления. Для получения с данного поля максимального количества качественной продукции на каждой новой единице управления необходимо с помощью варьирования уровня технологического воздействия создать оптимальные условия для произрастания растений. Новые информационно-измерительные и вычислительные технологии позволяют обнаруживать болезни и вредителей топинамбура по визуальному анализу цветных изображений, полученных с квадрокоптеров с фиксацией с помощью GPS/ГЛОНАСС границы выявленной неоднородности, т.е. точно определять нахождение на поле больных растений.

Известно, что условно точное земледелие можно разбить на три этапа: сбор данных, анализ данных и принятие решений, выполнение агротехнических операций в поле. Сбор данных включает в себя создание электронных карт полей болезней растений с привязкой к местности.

Так как стебли топинамбура могут достигать высоты 3,5 метров при высокой плотности растений, очевидно, что защитная обработка полей затруднена [2]. Топинамбур – устойчивая к болезням культура и больные растения в семеноводстве топинамбура – редкость. Но на посадках для производства кормов и топинамбура для переработки возможны проявления болезни. Топинамбур может подвергаться поражению грибными, бактериальными и вирусными заболеваниями. Наиболее часто встречаются: мучнистая роса, септориоз, белая гниль, склеротиния. Защитить свои насаждения от вредителей мечтает каждый производитель. А если общая площадь полей большая, и вручную обработать ее не получается, то целесообразно использовать беспилотные летательные аппараты (БПЛА), которые можно в перспективе использовать для фиточисток посадок, а репродукционные посадки защищать от болезней.

Имеется ряд показателей, по которым с помощью технических средств может быть обнаружена болезнь растений (электромагнитные волны; световые методы и т.д.). Анализ спектра, отраженного от растений света, выходящего из кроны после нескольких взаимодействий, т.е. отражений, трансмиссий, и поглощения, с тканями растения позволяет обнаружить заболевание растений. Изменения отражательной способности листьев растений можно объяснить изменением состава листьев. Болезни могут повлиять на оптические свойства листьев при многих длинах волн [1, 3, 4, 5].

**Для использования БПЛА для оценки качества посадок оригинального топинамбура** может подойти БПЛА с дистанционными цветными видеозаписями с привязкой к местности для визуального анализа снимков. В перспективе предлагается использовать современные – мини-вертолеты с навигацией, видеокамерами (рисунок 1) и устройством, которое поможет распылять пестициды на поля с воздуха по команде оператора для опрыскивания полей микроудобрениями, росторегуляторами и защитными препаратами. Преимущества использования такой техники заключается в том, что она может использоваться не только для распыления защитных препаратов, но и контролировать посадки и своевременно определять сроки обработки и конкретные участки, которые нужно обработать. Установленная на БПЛА видеокамера позволяет сделать видеосъемку посадок топинамбура. Анализ видеосъемки позволяет оценить обстановку и определить болезни и их распространенность. Детальный просмотр растений, например, листьев позволяет, немедленно проанализировать фотографию, принять необходимые меры для подтверждения потенциального заболевания и принятия соответствующих действий по устранению больных растений [6, 7, 8].



**Рисунок 1 – БПЛА (ООО «Агро ДронГрупп»)**

**Метод исследования.** В РФ исследования возможностей БПЛА проводятся на аппаратах ГеоСкан. В связи с их высокой стоимостью и необходимостью решить относительно простую задачу провели видеосъемку поля и получили видеозаписи с БПЛА фирмы ООО «Агро ДронГрупп» (рисунок 1). Затем проводили анализ видеоматериалов и сравнение их с библиотекой болезней, сорняков и вредителей (рисунок 2).

Опыты проводили на экспериментальной базе Коренево Московской области на дерново-подзолистой супесчаной почве. Оценку вирусными и бактериальными болезнями и вредителями проводили на основе визуального обследования растений в делянке.

Учеты грибных, бактериальных, и вирусных болезней в поле проводили в следующие сроки: первое обследование – при высоте растений до 100 см (июль), второе – в фазу цветения ранних и среднеранних сортов (сентябрь), третье – в фазу бутонизации-цветения поздних сортов (октябрь).

Учеты болезней (ржавчина, мучнистая роса, церкоспороз, аскохитоз, мучнистая роса, бактериальная пятнистость, септориоз) осуществляли по

количеству пораженных растений по шкале: 9 баллов – симптомы поражения отсутствуют; 8 баллов – поражение может составлять от 1% до 10% поверхности листьев в виде единичных пятен на отдельных растениях (примерно до 10 листьев поражены инфекцией, всего около 50 пятен в расчете на 1 растение); 7 баллов – поражается от 10 до 25% поверхности листьев (симптомы поражения могут отмечаться почти на всех листьях у большей части растений, но кусты сохраняют нормальную форму, явно преобладающий цвет – зеленый); 5 баллов – поражается от 25 до 50% поверхности листьев растений (практически поражено каждое растение, но основной цвет куста остается зеленым, хотя бурые пятна на листьях составляют значительную часть); 3 балла – поражается более 50% площади листовой поверхности всех растений (трудно определить, какой цвет доминирует – бурый или зеленый, но стебли у большинства растений остаются зелеными); 1 балл – все листья растения полностью поразились, стебли погибают или погибли [9].

**Технические характеристики беспилотного вертолета:** размер – 53 см; дальность – 2000 м; время полета – 25 мин; пульт работает от – АКБ Li-Po 7.4V 6000mAh; длина – 350 мм; ширина – 350 мм; высота – 190 мм; время полёта – до 23 мин; дальность полёта – до 3,5 км; максимальная скорость полета – 58 км/ч; максимальная высота полёта – до 6 км; эффективные пиксели – 12,4 Мп; автопилот – есть; навигация – GPS/ГЛОНАСС; режим видеозаписи – UHD: 4K 4096x2160.

Авиационный способ обработки сельскохозяйственных и лесных угодий имеет преимущества перед наземным по производительности, возможности обрабатывать поле с увлажненной почвой, отсутствию механических повреждений растений. Целесообразно применение легкого летательного аппарата для авиационно-химических работ [1].

**Результаты и обсуждение.** Растения топинамбура в наших опытах достигали высоты 2,0-3,5 м, и именно навигационные технологии (БПЛА) позволили эффективно защитить

селекционные посадки от различных видов вредителей и болезней. Нами создан электронный каталог болезней, вредителей и сорняков (рисунок 2). Это позволяет сравнивать и распознавать полученные объекты с каталогом, вести статистику и принимать управляющие воздействия. Используя облеты полей БПЛА и сравнивая первичные видеозаписи с фактическим состоянием растений и специальными мишенями, установлено, что возможно распознавание болезней с помощью БПЛА.

На коллекционных посадках ФГБНУ ВНИИКХ на дерново-подзолистой супесчаной почве бактериальные и вирусные болезни обнаружены не были.

Болезни топинамбура



Септориоз  
*Septoria*



Мучнистая роса  
*Erysiphe cichoracearum* DCF  
*helianthi* Jacz.



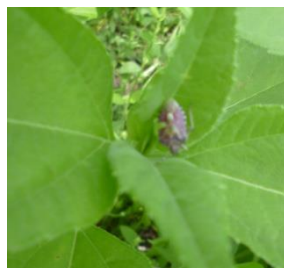
Склеротиния  
*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) Mass



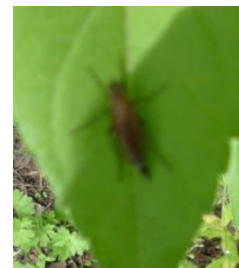
Вредители



Бронзовка  
*Cetonia aurata*



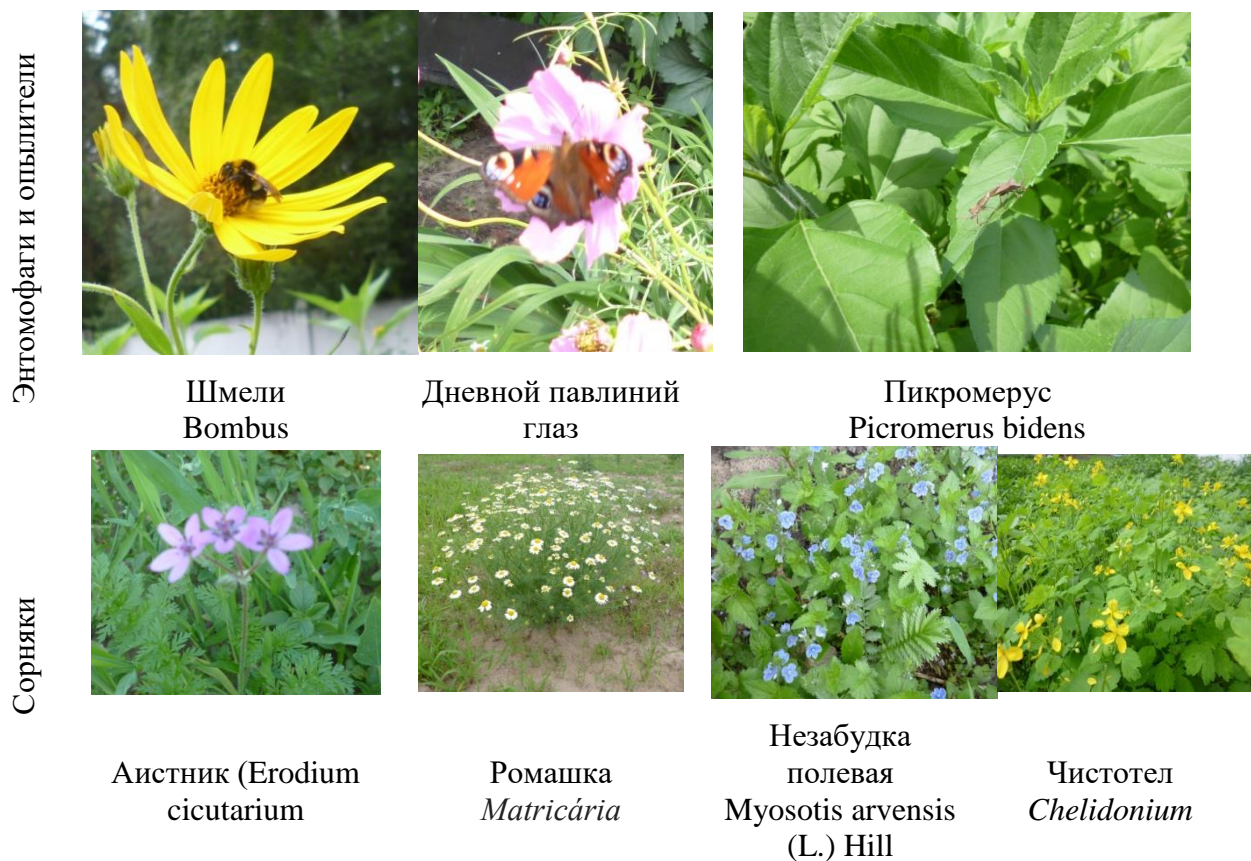
Клоп  
свекловичный  
*Poeciloscytux*  
(*Polymerus*)  
*cognatus*



Саранчовые  
(*Acridiidea*)



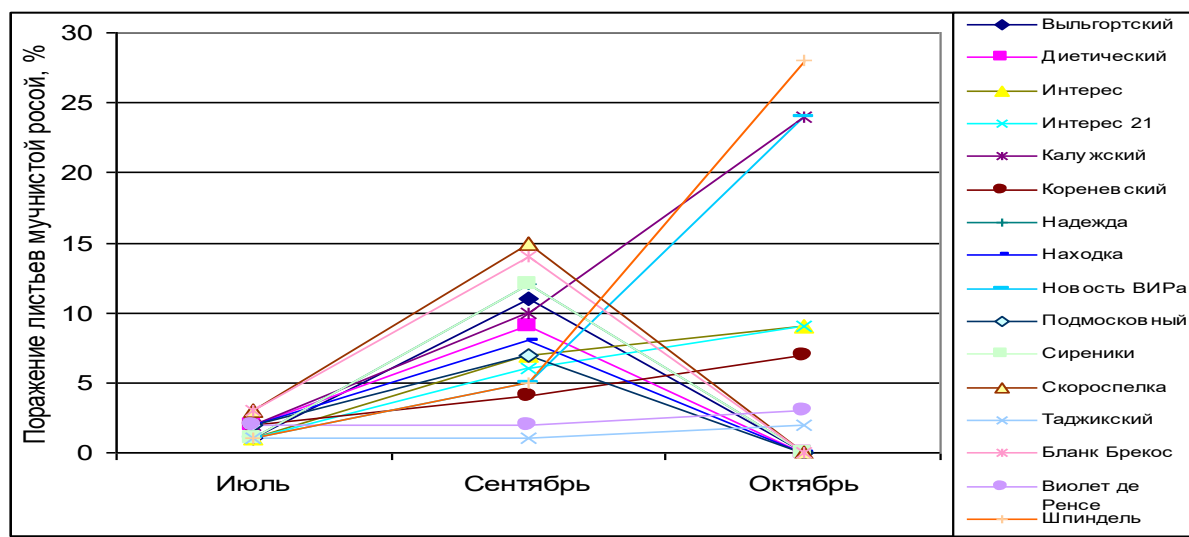
Щелкуны  
*Elateridae*



**Рисунок 2 – Распространенные болезни, вредители, энтомофаги и сорняки из библиотеки видеоснимков топинамбура**

Мучнистая роса практически не влияет на урожайность клубней, но отрицательно влияет на качество зелёного корма и силоса. Она, как правило, менее опасная болезнь на топинамбуре [10]. В зависимости от сорта отмечено поражение листьев мучнистой росой июле – 1...3%; в сентябре – 1...15% листьев; в октябре – 2...28% листьев (рисунок 3). Слабо поражены растения сортов: Интерес, Интерес 21, Корневский – 7...9%. При этом почти все листья чистыми оказались на сортах Таджикский и Виолет де Ренсе – 2...3%. Поражение растений составляло 1-10% поверхности листьев в виде единичных пятен на отдельных растениях, что соответствует 8 баллам.





**Рисунок 3 – Поражение листьев топинамбура мучнистой росой, %**

Среднее значение количества растений, поражённых мучнистой росой составило в июле – 1,6%, в сентябре – 8,0%, в октябре – 13,3%. НСР<sub>05</sub> составило 0,70; 4,00; 9,72%, соответственно. Следовательно, если топинамбур выращивать на зелёные корма, то лучше проводить скашивание надземной массы до наступления октября, чтобы избежать значительного поражения листьев мучнистой росой.

**Заключение (выводы).** Но основная цель – проведение фитопрочисток и своевременная оценка посадок семенного топинамбура, чтобы повысить качество получаемого семенного материала и получать высококонкурентную продукцию в долгосрочной перспективе, может решаться с использованием простейших БПЛА, оснащенных видеокамерой.

## Литература

1. Личман Г.И., Марченко Н.М. Космический мониторинг в системе точного земледелия // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 1. С. 27-31.

2. Кузьмина Г.С., Пономарев А.Г. [Новая культура для аграрного сектора России требует разработки новых технологий](#) // Сб. науч. докл. Междун. науч.-технич. конфер. «[Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий](#)». 2014. С. 140-145.

3. Старовойтова О.А., Старовойтов В.И., Манохина А.А. [Технология выращивания топинамбура в органическом земледелии](#) // [Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина](#). 2016. [№ 6 \(76\)](#). С. 42-47.

4. Moshou D, Bravo C., Oberti R., West J., Bodria L., McCartney A., Ramon H. Plant disease detection based on data fusion of hyper-spectral and multi-spectral fluorescence imaging using Kohonen Maps // Real Time Imag. J. Special Issue Spectral Imag. 2005. II 11 (2). pp. 75-83.

5. Wooley J.T. Reflectance and transmittance of light by leaves // Plant Physiol. 1971. 47. pp. 656-662.

6. Starovoytov V., Starovoytova O., Aldoshin N., Manohina A. [Jerusalem artichoke as a means of fields conservation](#) // [Acta Technologica Agriculturae](#). 2017. Т. 20. [№ 1](#). С. 7-10.

7. Способ возделывания топинамбура / В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, В.И. Черников // Пат. 2539635, заяв. 2013134375/13 – 22.07.2013.

8. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Звягинцев П.С., Манохина А.А., Жоврененко Т.В., Леденев В.П. [Внедрение инноваций в агропромышленный сектор – ключ к развитию экономики России](#) // [Международный технико-экономический журнал](#). 2015. [№ 4](#). С. 36-40.

9. Малько А.А., Николаев Ю.Н., Макарова В.С. и др. Технологический процесс производства оригинального и репродукционного семенного картофеля // М.: ФГУ «Россельхозцентр», ГНУ ВНИИКХ Россельхозакадемия, 2011. 32 с.

10. Манохина А.А., Старовойтова О.А., Старовойтов В.И. [Методика выращивания топинамбура](#). В сборнике: [Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России](#). Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. 2016. С. 160-162.