

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ФИТОСАНИТАРНОГО МОНИТОРИНГА В ОТНОШЕНИИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

Ю.В. Шумилов¹, Н.Н. Лунева², С.А. Ермоленко¹, А.П. Савва¹, Т.Ю. Закота²,
Е.Н. Мысник², Р.Ю. Данилов¹

¹Всероссийский НИИ биологической защиты растений, Краснодар

²Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Беспилотные летательные аппараты имеют ряд преимуществ над традиционными методами проведения фитосанитарного мониторинга в отношении сорных растений. Это возможность оперативного обследования всей территории поля, с выявлением очагов сорной растительности, сокращением времени проведения учетов и увеличением количества учетных точек. С использованием аппаратов вертолетного типа можно проводить детальные учеты выявленных очагов с различных углов обзора, осуществлять учет сорняков в высокорослых культурах. Данные исследований засоренности полевых культур в нескольких хозяйствах позволяют экстраполировать результаты исследований, полученных на полях стационара, на территорию степной зоны возделывания Краснодарского края.

Ключевые слова: фитосанитарный мониторинг, сорные растения, наземные и дистанционные обследования.

Поступила в редакцию: 04.09.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Одной из важнейших задач современного земледелия для повышения объемов производства продукции является поддержание благоприятного фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур, обуславливающего принятие технологических решений [Дубачинский, 2007]. Рациональная организация защиты растений от сорных растений (СР) основана, прежде всего, на объективной оценке засоренности посевов, вредоносности и прогнозе состояния агрофитоценоза в будущем.

Наиболее распространены относительные (оценка проективного покрытия в процентах, либо обилия СР, в баллах) и абсолютные (оценка количества экземпляров

сорняков на квадратный метр (m^2), в штуках на m^2) учеты засоренности посевов [Захаренко, 1990]. Традиционные методы фитосанитарного мониторинга достаточно трудоемки: проведение учета даже на одном поле требует много времени и сил. Альтернативой, обеспечивающей получение качественной информации в сочетании с сокращением затрат времени и сил, является привлечение для целей фитосанитарного обследования агрофитоценозов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), что наблюдается в настоящее время за рубежом в странах с развитым аграрным сектором [Дроны..., 2016].

Материалы и методы

На полях научного севооборота ВНИИБЗР были выделены тестовые стационарные участки посевов кукурузы, подсолнечника и сои различной степени засоренности, а также моновидовые участки СР из числа доминирующих на территории стационара по методике, предложенной ВИЗР [Методические..., 2013]. Границы выделенных участков нанесены на картографическую основу посредством определения координат в системе GPS.

Наземные обследования выделенных участков на засоренность проводили в течение всего вегетационного сезона по традиционной методике [Методические..., 2013]. Засоренность оценивали по 5-ти балльной шкале, исходя из степени покрытия учетной площади надземными частями растений. Оценку засоренности посевов проводили на площадках в $10 m^2$, на каждой культуре осматривали 5–10 таких площадок по диагонали поля. По результатам обследования составляли описание поля, в котором указывали тип засоренности и обилие сорняков в баллах. Также на каждом участке систематическим методом [Захаренко, 1990] отбирали по 10 и более учетных площадок размером 30×30 см и подсчитывали количество каждого вида СР.

Синхронно с наземными проводили дистанционные воздушные обследования тестовых участков с помощью БПЛА по существующей методике аэровизуальной диагностики фитосанитарного состояния сельскохозяйственных культур [Саулич и др., 1983].

Дистанционные методы аэровизуального мониторинга апробированы на производственных посевах кукурузы и отдельных видов СР.

С целью определения возможности применения БПЛА для мониторинга сорной растительности были испытаны два аппарата вертолетного типа: гексакоптер «ФитоСан-1А» (опытный образец, собранный сотрудниками ВНИИБЗР) и квадрокоптер «DJI

Phantom 3 Advanced» (промышленный образец), а также аппарат самолетного типа «Геоскан 101» (промышленный образец).

Аппараты вертолетного типа имеют одинаковый запас времени полета на одной батарее (до 25 минут) и аналогичное по характеристикам полетное и навигационное оборудование. На борту гексакоптера «ФитоСан-1А» установлена экшн-камера Sony HDR-AS30V с матрицей EXMOR R CMOS разрешением 11.9 МПикс. Квадрокоптер «DJI Phantom 3 Advanced» оснащен камерой DJI с матрицей Sony EXMOR разрешением 12.4 МПикс. Максимальное разрешение фотосъемки – 4000×3000 Пикс.

Аппарат самолетного типа «Геоскан 101» имеет длительный запас времени полета (около 60 минут). На борту аппарата установлена гиперспектральная камера Gamma (видимый диапазон – 16 каналов, ближний инфракрасный – 25 каналов), диапазон от 450 до 904 нм.

Наземные обследования также были осуществлены в период с 2012 по 2017 гг. на территории степной зоны возделывания Краснодарского края (Славянский, Каневской, Красноармейский районы, городской округ Краснодар) в посевах кукурузы (49 полей), подсолнечника (41 поле) и сои (43 поля) согласно методике геоботанического обследования полей [Лунева, 2009]. Материалы обследований систематизированы в базе данных «Сорные растения степной зоны возделывания Краснодарского края и борьба с ними» [Лунева и др., 2017] и подготовлены к анализу при помощи программы «Герболог-Инфо» [Свидетельство ... , 2016]. Осуществлен расчет встречаемости видов и оценка ее постоянства по методике Казанцевой [Казанцева, 1971]. Названия семейств и видов сорных растений приведены в соответствии с современной ботанической номенклатурой [Лунева, Мысник, 2017].

Результаты и обсуждение

В результате сравнительной оценки установлено, что БПЛА вертолетного типа имеют преимущества перед беспилотниками самолетного типа при использовании для дистанционного мониторинга засоренности сельскохозяйственных культур. Это связано с тем, что вертолетные аппараты позволяют проводить детальное обследование посевов с возможностью посадки на само поле и регистрации даже малого числа всходов сорняков и их видовой принадлежности. БПЛА вертолетного типа можно использовать без оборудованных площадок для взлета и приземления, также они обладают высокой степенью маневренности и оперативности. Поэтому в дальнейшей нашей работе мы использовали две модели мультикоптеров: гексакоптер «ФитоСан-1А» и квадрокоптер «DJI Phantom 3 Advanced». Нужно иметь в виду, что у летательных аппаратов самолетного типа есть свое преимущество: за счет низкого расхода энергии они могут летать 60 минут и более, в результате чего производят съемки большей площади.

Первичным инструментом в методах дистанционного фитосанитарного мониторинга СР является камера, установленная на борту БПЛА. От характеристик камеры и устройства (подвеса), управляющего камерой, зависит качество полученных изображений. На готовом промышленном образце установлена камера с более высоким разрешением, чем на гексакоптере «ФитосСан-1А», что позволяет делать четкие фотоснимки. Камерой квадрокоптера управляет подвес с высокой стабилизацией, позволяющий опускать камеру строго вертикально. Это дает возможность производить съемку СР в посевах высокорослых культур (кукуруза и подсолнечник).

В свою очередь гексакоптер «ФитоСан-1А» имеет свои преимущества над промышленным образцом квадрокоптера. Он может производить посадки на неровной поверхности поля, за счет более совершенных и высоких посадочных опор. Шесть несущих винтов делают аппарат более устойчивым в ветреную погоду. В отличие от промышленного образца, на гексакоптере можно оперативно заменять комплектующие (камеру, подвес, батарею, винты, двигатели) на более совершенные, что позволяет улучшать его полетные характеристики и получать более четкие фотоснимки СР.

При проведении оценки возможности использования БПЛА в дистанционном мониторинге засоренности сельскохозяйственных культур нас интересовало, в какой степени беспилотники смогут заменить человека при проведении обследований, и насколько точно будут соотноситься традиционные наземные методы обследований с современными аэровизуальными. БПЛА посредством установленных на них камер позволяют получать изображения в режиме реального времени как всего обследуемого поля, так и отдельных его участков. Управляет аппаратом специалист, находящийся на краю поля. Беспилотник вертолетного типа позволяет получить изображение из любой точки поля, особенно это актуально при оценке засоренности труднодоступных мест и высокорослых культур.

Для проведения глазомерного учета на поле площадью 70–100 га одному специалисту необходимо потратить 2–3 часа. С помощью беспилотника можно получить изображения этой же площади за 15–20 минут, использовав одну

аккумуляторную батарею. Далее специалист обрабатывает полученные изображения на персональном компьютере.

В течение вегетационных сезонов с 2015 по 2018 гг. определены оптимальные режимы полетов летательных аппаратов (траектория, скорость, высота, необходимость снижения или зависания), позволяющие наиболее эффективно регистрировать параметры посевов сельскохозяйственных культур. Выявлено, что первоначально необходимо провести общую ортофотосъемку всего участка с высоты 30–50 м с невысокой скоростью полета (15–25 км/ч), для получения качественных изображений обследуемых посевов с минимальными временными и энергозатратами. По этим изображениям выявляется местоположение и оценивается площадь участков на поле с различной градацией заселенности сорной растительностью, особенно многолетней. Общую ортофотосъемку можно проводить на любой стадии развития культурных растений, в зависимости от дальнейших задач по определению засоренности посевов. По результатам предварительной оценки создается карта степени засоренности, при этом поле разбивается на группы отдельных участков на: слабую – 1 балл, среднюю – 2 балла, сильную – 3 балла и очень сильную засоренность – 4 балла. За один пролет гексакоптер может произвести фотосъемку 30–40 учетных точек на поле, что занимает 20–25 минут, в зависимости от скорости ветра. Этого достаточно для оценки засоренности на поле площадью до 100 га, при условии относительной однородности видового состава засоренности поля. Учетные точки распределяются в зависимости от занимаемой площади участков каждой степени засоренности. При этом большее количество учетных точек отводится на участки с сильной и очень сильной степенью засоренности. В случае высокой «пестроты» поля по засоренности количество учетных площадок можно увеличить вдвое, проводя учет в два подхода с заменой аккумуляторной батареи гексакоптера.

Однако ортофотосъемка не позволяет определить видовой состав и фазы развития растений, а также выявить количественные показатели засоренности СР, находящимися на стадии всходов. Для более детального учета на участках с разной степенью засоренности необходимо произвести фотосъемку, минимально снизив дрон над верхушками растений (до 1–2 м). При этом можно определить количество всходов сорняков, но очень трудно определить их видовой состав. Поэтому необходимо производить посадки на поле, произвести съемку на всей площади под беспилотником. Количество посадок для фотосъемки аналогично предыдущему методу учета. Анализ полученных фотографий с использованием определителей и атласов позволяет выявить видовой состав СР на каждом участке. Полученная таким образом информация используется для построения более детальных карт засоренности посевов с описанием типов засоренности, оценки проективного покрытия, либо обилия СР каждого вида. Также можно произвести оценку эффективности внесенного гербицида и качество проведенной обработки с использованием методики ВИЗР [Методические..., 2013].

С использованием традиционных наземных методов и БПЛА каждый год проводилось до 9 учетов по выделенным тестовым участкам на подсолнечнике, сое, кукурузе.

Большая часть учетов была проведена на ранних стадиях (фаза всходов – первые настоящие листья) развития сельскохозяйственных культур и СР поскольку основные защитные мероприятия от них проводятся именно в эти периоды. По итогам проведенных съемок накоплено более 5500 изображений, которые были обработаны и проанализированы.

Наибольшая информативность изображений получалась при проведении съемок в облачную погоду, утренние или вечерние часы, когда растения дают наименьшее количество бликов отраженного солнечного света. Однако этот недостаток можно компенсировать заменой фотокамеры на камеру с более высоким разрешением и позволяющей получать изображения высокой четкости и качества.

Результаты проведенных учетов показали наличие на всех тестовых участках с различной степенью встречаемости амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.), проса куриного (*Echinochloa crusgalli* (L.) Gaertn.), канатника Теофраста (*Abutilon theophrasti* Medik.), вьюнка полевого (*Convolvulus arvensis* L.) и дурнишника калифорнийско-

го (*Xanthium californicum* Greene). На участках с посевами подсолнечника и сои были также отмечены: марь белая (*Chenopodium album* L.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), на участках с посевами сои – портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.).

Общие ортофотосъемки позволили выявить на посевах исследуемых культур компактные участки с куриным просом, дурнишником калифорнийским, щирицей запрокинутой и амброзией полыннолистной. Эти участки отличались по цветовой гамме и формам листьев растений.

Дистанционные съемки, проведенные на небольших высотах и посадках, позволили оценить обилие всходов сорных растений и их численность на м². В наибольшей степени были засорены посева подсолнечника, главным образом просом куриным, щирицей запрокинутой, амброзией полыннолистной, канатником Теофраста и дурнишником калифорнийским, со стабильным показателем обилия 4 балла. Марь белая и вьюнок полевой, достигая на отдельных участках высокого балла обилия (4), на отдельных участках отсутствовали (табл. 1).

Таблица 1. Оценка обилия и численности видов сорных растений на тестовых участках посевов подсолнечника, сои и кукурузы (опытное поле ВНИИБЗР, 2016 год)

| Вид сорного растения | Сельскохозяйственная культура | | | | | |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|
| | Подсолнечник | | Соя | | Кукуруза | |
| | обилие, балл | численность, шт./м ² | обилие, балл | численность, шт./м ² | обилие, балл | численность, шт./м ² |
| Просо куриное | 4 | 1500–2050 | 2–4 | 12–663 | 4 | 23–155 |
| Щирица запрокинутая | 4 | 350–1070 | 3–4 | 23–101 | – | – |
| Амброзия полыннолиственная | 4 | 29–250 | 2–3 | 10–39 | 1–2 | 0.1–3 |
| Канатник Теофраста | 4 | 29–200 | 2–3 | 1–29 | 1–2 | 0.1–3 |
| Дурнишник калифорнийский | 4 | 25–29 | 2 | 1–2 | 1–3 | 1–10 |
| Марь белая | 0–4 | 0–50 | 2–3 | 2–37 | – | – |
| Вьюнок полевой | 0–4 | 0–50 | 2 | 1–11 | 1–2 | 0.1–1 |
| Портулак огородный | – * | – | 2 | 1–8 | – | – |

* – данный вид не встречался на обследуемом тестовом участке

Тестовые участки сои были засорены просом куриным, щирицей запрокинутой (до 4 баллов), амброзией полыннолистной, канатником Теофраста, марью белой (до 3 баллов), дурнишником калифорнийским, вьюнком полевым и портулаком огородным (до 2 баллов). Участки кукурузы были засорены просом куриным с обилием в 4 балла, дурнишником калифорнийским (1–3 балла), амброзией полыннолистной, канатником Теофраста и вьюнком полевым (1–2 балла).

В 2017 г. начаты работы по оценке возможности использования гиперспектрального зондирования в целях фитосанитарного мониторинга СР. На полях научного севооборота ВНИИБЗР созданы моновидовые тестовые участки: просо куриное, амброзия полыннолиственная, щирица запрокинутая, канатник Теофраста, дурнишник калифорнийский. В качестве объекта сравнения использовалась кукуруза.

Первоочередной задачей была оценка возможности определения различий спектральных характеристик культурных и СР. Съемки проведены гиперспектральной камерой Gamaa, установленной на борту БПЛА «Геоскан 101», и наземно – спектрорадиометром в период, когда растительность закрывала максимальную площадь поверхности почвы. Получены спектры отражения кукурузы

и отдельных видов СР, обработаны и построены кривые спектральной яркости объектов (рис.1).

Анализ спектральных кривых показал, что данные наземного полевого спектрометрирования хорошо соотносятся с данными аэросъемки. Спектры кукурузы, проса куриного, амброзии полыннолистной и дурнишника калифорнийского имеют значимые различия отражательной способности в диапазоне 470–900 нм. Довольно близкие значения имеют спектры кукурузы и щирицы запрокинутой в диапазоне 670–900 нм, а также щирицы запрокинутой и канатника Теофраста в диапазоне 470–670 нм. Предположительно, это связано с биохимическим составом и отражательной способностью растительных объектов. Полученные результаты свидетельствуют о принципиальной возможности использования дистанционных гиперспектральных измерений в целях фитосанитарного мониторинга СР.

Для оценки возможности использования результатов, полученных при локальных обследованиях, на остальной территории степной зоны возделывания Краснодарского края, были проведены обследования агрофитоценозов подсолнечника, кукурузы и сои в нескольких хозяйствах. Было выявлено, что из 89 видов СР, формирующих агрофитоценозы посевов кукурузы, к наиболее высокому V классу постоянства (80–100% встречаемости) относятся

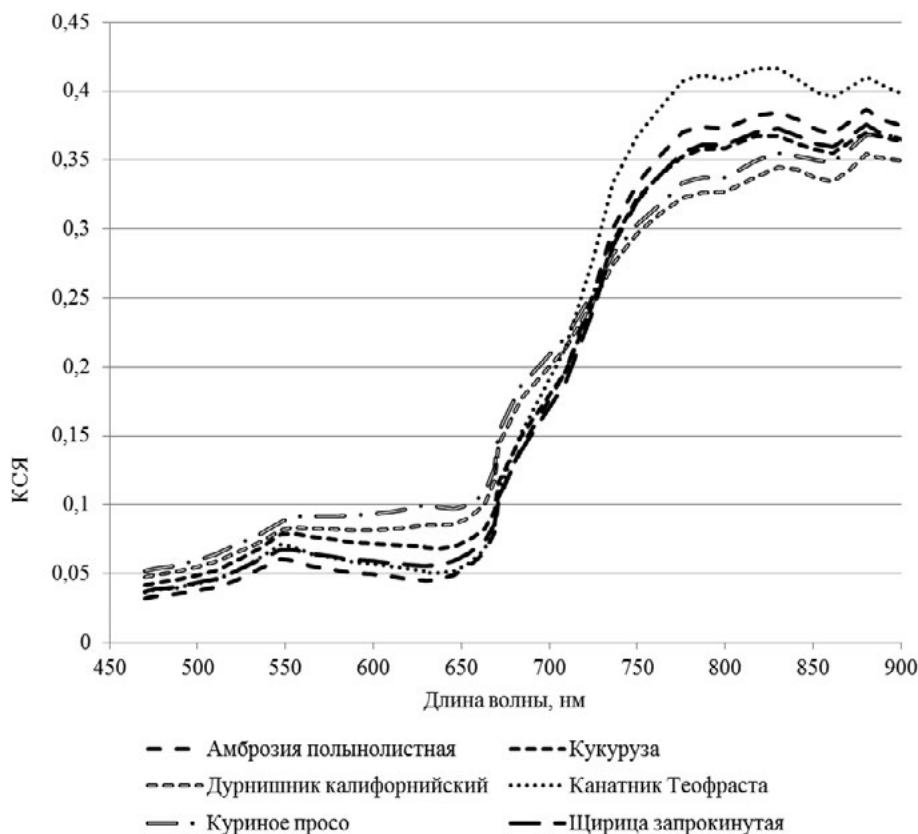


Рисунок 1. Графики коэффициента спектральной яркости (КСЯ) кукурузы и отдельных видов сорняков по данным воздушной гиперспектральной съемки (поля научного севооборота ВНИИБЗР, 2017)

ежовник обыкновенный и вьюнок полевой. К IV классу постоянства (60–80% встречаемости) относятся: амброзия полынолистная, марь белая, канатник Теофраста, щирица жминдовидная (*Amaranthus blitoides* S. Watson), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L. s. str.).

Из 93 видов, выявленных в агрофитоценозах посевов подсолнечника, к СР с высокими классами постоянства относятся: амброзия полынолистная, вьюнок полевой, бодяк щетинистый, щирица запрокинутая; к средним классам постоянства – просо куриное, марь белая, канатник Теофраста, щирица жминдовидная, подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve).

В посевах сои зарегистрировано 63 вида СР, из которых к высоким классам постоянства относятся вьюнок полевой, бодяк щетинистый, амброзия полынолистная, просо куриное, щирица запрокинутая, горец почечуйный (*Persicaria maculata* (Rafin.) A.&D.Love). Такие виды, как гречишка вьюнковая, подмаренник цепкий, канатник Теофраста. Марь белая, щетинник сизый входят в средний класс постоянства (40–60% встречаемости).

Заключение

В результате наших исследований установлено, что БПЛА вертолетного типа позволяют проводить детальное обследование посевов с возможностью посадки на поле и регистрации даже малого числа всходов сорняков, с последующим определением по фотоснимкам их видовой принадлежности.

БПЛА вертолетного типа позволяет получить изображение из любой точки поля, что особенно актуально при

Следовательно, виды СР, доминирующие в посевах кукурузы, подсолнечника и сои на тестовых участках стационара ВНИИБЗР, входят в состав видов, формирующих засоренность этих культур на территории степной зоны возделывания Краснодарского края [Лунева, Закота, 2016]. Факт выявления в агрофитоценозах этих культур на территориях сельскохозяйственных предприятий еще целого ряда доминирующих видов свидетельствует о настоятельной необходимости не пользоваться усредненными данными фитосанитарного мониторинга по области, а обследовать каждое поле.

Беспилотные летательные аппараты с различными фото-, спектральными камерами являются первичным инструментом в получении информации о состоянии СР на посевах сельскохозяйственных культур. Специалист может получить большой объем изображений, но необходимо их уметь грамотно быстро обработать и интерпретировать. Для определения видового состава по полученным изображениям необходимо использовать доступный, понятный, интерактивный справочный ресурс, содержащий фототеку оригинальных изображений сорняков, созданный на основе современных данных.

оценке засоренности труднодоступных мест и высокорослых культур.

Определены оптимальные режимы полетов летательных аппаратов (траектория, скорость, высота, необходимость снижения или зависания), позволяющих наиболее эффективно оценить общий уровень и тип засоренности. Полученная таким образом информация о засоренности важна для принятия обоснованного решения по экономи-

ческой целесообразности защитных мероприятий, выбору гербицида, сроков проведения обработок.

БПЛА самолетного типа позволяет оперативно получить общую оценку посевов с большей площади за меньшее время, что актуально при использовании спектральных камер.

БПЛА имеют ряд преимуществ над традиционными методами учета СР, которые заключаются в оперативном обследовании всей территории поля, выявлении очагов

СР, проведении детальных учетов выявленных очагов с различных углов обзора, учете сорняков в высокорослых культурах, сокращении времени проведения учетов и увеличения количества учетных точек.

Полученная информация может быть использована для принятия обоснованного решения по экономической целесообразности защитных мероприятий, выбору гербицида, срокам проведения обработок и прогнозирования развития сорной растительности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края в рамках гранта № 16-44-230125 р_юг_а.

Библиографический список (References)

- Дубачинский С.Н. Принятие технологических решений в зависимости от фитосанитарного состояния агроценозов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2007. Т. 2. N 14-1. С. 121–124.
- Захаренко В.А. Гербициды. М.: Агропромиздат, 1990. 240 с.
- Дроны помогут фермерам в борьбе с сорняками [Электронный ресурс] Robogeek, 2016. URL: <http://www.robogeek.ru/letayuschie-roboty/drony-pomogut-fermeram-v-borbe-s-sornyakami> (дата обращения: 01.09.2018)
- Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве // РАСХН. ВИЗР. Под ред. В.И. Долженко. СПб, 2013. 280 с.
- Казанцева А.С. Основные агрофитоценозы предкамских районов ТАССР // Вопросы агрофитоценологии. Казань, 1971. С. 10–74.
- Лунева Н.Н. Технологические методы учета и мониторинга сорных растений в агроэкосистемах // Высокопроизводительные и высокоточные технологии и методы фитосанитарного мониторинга. СПб: ВИЗР, 2009. С. 39–56.
- Лунева Н.Н., Т.Ю. Закота. Видовой состав сорных растений в посевах полевых культур степной зоны Краснодарского края // Вестник защиты растений. 2016. N 1(87). С. 54–56.
- Лунева Н.Н., Лебедева Е.Г., Мыслик Е.Н., Белоусова Е.Н. Компьютерные технологии в гербологических исследованиях // Защита и карантин растений. 2017. N7. С. 18–20.
- Лунева Н.Н., Мыслик Е.Н. Современная ботаническая номенклатура видов сорных растений Российской Федерации. Под редакцией И.Я. Гричанова. Санкт-Петербург: ВИЗР, 2018. 80 с. (Приложения к журналу «Вестник защиты растений», N 26).
- Саулич М.И., Е.С. Будрик, А.С. Пугачев, Ф.А. Карлик, Е.И. Глебов. Методические указания по разработке аэровизуальной диагностики фитосанитарного состояния посевов и насаждений / Л.: ВИЗР, 1983. 73 с.
- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2016610137. Рос. Федерация. Герболог-Инфо / Н.Н.Лунева, Е.Г. Лебедева, Е.Н. Мыслик; правообладатель ФГБНУ ВИЗР. № 2016610137; заявл. 17.11.2015; зарегистр. 11.01.2016; опубл. 20.02.2016, Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем. N 2. 1 с.

Translation of Russian References

- Certificate on state registration of the computer program for PC 2016610137. Russian Federation. Gerbolog-Info / N.N.Luneva, E.G. Lebedeva, E.N. Mysnik; FGBNU VIZR. N 2016610137; declared 17.11.2015; registered 11.01.2016; published 20.02.2016, Programmy dlya EVM. Bazy danykh. Topologii integral'nykh mikroskhem. N 2. 1 p. (In Russian).
- Dolzhenko V.I. (ed.) Methodical instructions on registration tests of herbicides in agriculture / Rossijskaya Akademia Selskhozajstvennykh Nauk. Saint-Petersburg: VIZR, 2013. 280 p. (In Russian).
- Doubochinski S.N. The adoption of technological solutions depending on the phytosanitary condition of agroecosis. Orenburgskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. 2007. Vol. 2. N 14-1. P. 121–124.
- Drones will help farmers in weed control [Electronic resource] Robogeek, 2016. URL: <http://www.robogeek.ru/letayuschie-roboty/drony-pomogut-fermeram-v-borbe-s-sornyakami> (date accessed: 01.09.2018)
- Kazantseva A.S. Main agrophytocenoses of the districts near Kama of TASSR // Voprosy agrofitotsenologii. Kazan', 1971. P. 10 – 74. (In Russian).
- Luneva N.N. Technological methods of account and monitoring of weed plants in agroecosystems. In: Vysokoproizvoditel'nye i vysokotochnye tekhnologii i metody fitosanitarnogo monitoringa. Saint-Petersburg: VIZR, 2009. P. 39 – 56. (In Russian).
- Luneva N.N., Lebedeva E.G., Mysnik E.N., Belousova E.N. Computer technologies in weed researches. Zashchita i karantin rastenij. 2017. N 7. P. 18–20. (In Russian).
- Luneva N.N., Mysnik E.N. Modern botanical nomenclature of weed plant species of the Russian Federation. In: I.Y. Grichanov, ed. Vestnik zashchity rastenij, Prilozheniya. N 26. Saint-Petersburg: VIZR, 2018. P. 1-80 (In Russian).
- Luneva N.N., Zakota T.Y. Species composition of weeds in field crops of the steppe zone of Krasnodar region. Vestnik zashchity rastenij. 2016. N 1(87). P. 54–56. (In Russian).
- Saulich M.I., Budrick E.S., Pugachev A.S., Karlik F.A., Glebov E.I. Guidelines for the development of aerovisual diagnostics of crops and plantations phytosanitary condition. Leningrad. VIZR. 1983. 73 p. (In Russian).
- Zakharenko V. A. Herbicides. Moscow: Agropromizdat. 1990. 240 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 22–27

THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR PEST MONITORING IN RELATION TO WEEDS

Yu. V. Shumilov¹, N.N. Luneva², S.A. Ermolenko¹, A.P. Savva¹, T. Y. Zakota², E.H. Mysnik², R. Yu. Danilov¹

¹All-Russian Institute of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

²All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

Unmanned aerial vehicles have a number of advantages over traditional methods of phytosanitary monitoring of weeds. This is an opportunity for an operational survey of the entire field area, with the identification of weed vegetation foci, reducing the time of accounting and increasing the number of accounting points. Detailed records of the identified foci from the different viewing angles, to account for weeds in tall crops can be performed using the helicopter-type devices. The data of the field crops infestation studies in several farms allow for extrapolating the results of studies obtained on a station fields to the cultivated steppe areas of the Krasnodar Territory.

Keywords: phytosanitary monitoring, weed, ground and remote survey.

Received: 04.09.2018

Accepted: 20.11.2018

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ биологической защиты растений, Краснодар-39, 350039, Краснодар, Краснодарский край, РФ
Шумилов Юрий Валерьевич. Зав. лабораторией, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: oper263@mail.ru
Ермоленко Светлана Айдыновна. Зав. отделом, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: esa59@mail.ru
Савва Анатолий Павлович. Зав. лабораторией, кандидат биологических наук
Данилов Роман Юрьевич. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук
Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
**Лунева Наталья Николаевна.* Ведущий научный сотрудник, зав. сектором, кандидат биол. наук, e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru
Мысник Евгения Николаевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: vajra-sattva@yandex.ru
Закота Татьяна Юрьевна. Младший научный сотрудник, e-mail: bagira036@mail.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Biological Plant Protection, Krasnodar-39, 350039, Krasnodar, Krasnodar Territory, Russian Federation
Shumilov Yuri Valerievich. Head of Laboratory, PhD in Agriculture, e-mail: oper263@mail.ru
Ermolenko Svetlana Aidynovna. Head of Department, PhD in Agriculture, e-mail: esa59@mail.ru
Savva Anatoly Pavlovich. Head of Laboratory, PhD in Biology
Danilov Roman Yurievich. Senior Researcher, PhD in Biology
All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
**Luneva Nataliya Nikolaevna.* Leading Researcher, Head of Sector, PhD in Biology, e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru
Mysnik Evgenia Nikolaevna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: vajra-sattva@yandex.ru
Zakota Tatyana Yurevna. Junior Researcher, e-mail: bagira036@mail.ru

* Corresponding author