

Для организации защиты растений от вредных организмов важное место занимает своевременный и точный фитосанитарный мониторинг. Своевременное обнаружение и прогноз развития заболевания, вредных насекомых – неотъемлемая часть любых защитных мероприятий сельскохозяйственных культур.

Важнейшая причина больших недоборов урожая сельскохозяйственных культур – листовые болезни, распространяющиеся воздушно-капельным путём. Перспективным средством предупреждения распространения грибных болезней различных культур является мониторинг переносимых воздухом спор грибных фитопатогенов, который может обеспечить раннее выявление инфекционного начала и своевременное проведение защитных мероприятий.

О привлечении насекомых на свет известно с античных времен. На сегодняшний день существуют широкие технические возможности для использования положительного фототаксиса насекомых, создания недорогих, компактных, низкоэнергоемких и высокоэффективных устройств. Несмотря на последние достижения в различных отраслях науки большинство известных светоловушек предназначены для уничтожения насекомых, являются высокоэнергосодержащими, работают от сети или являются видоспецифичными (привлекают самцов одного вида насекомых).

В Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР) коллективом молодых ученых лаборатории фитосанитарного мониторинга агроэкосистем ведутся работы по совершенствованию методов фитосанитарного мониторинга на основе создания технических средств контроля фитопатогенной инфекции в воздухе и на поверхности растений. Данные устройства обладают высокой эффективностью отлова инфекционного начала (спор): за 3-10 дней до проявления симптомов развития болезней или минимальном их проявлении, и являются перспективными в экспресс-диагностике болезней растений.

Разрабатываются мобильные, автономные световые ловушки насекомых различных конструкций, с различными комбинациями спектров светодиодов, безопасных для живых организмов. В результате анализа литературных данных и многолетних испытаний выделены наиболее эффективные спектры светоизлучателей и конструкционные особенности устройств для привлечения широкого спектра насекомых.

В данной работе представлены разработанные группой молодых ученых ФГБНУ ФНЦБЗР различные инновационные конструкции спороулавливающих устройств для выявления возбудителей болезней в агроценозах и световых ловушке для насекомых. Показана эффективность применения данных устройств на зерновых, технических, овощных, плодовых, декоративных культур.

Научная разработка соответствует направлению «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642) - Переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.

Разработанные инновационные устройства запатентованы и зарегистрированы в Роспатенте: патенты на полезные модели РФ: № 186343 от 16.01.2019, № 191629 от 14.08.2019, № 199559 от 08.09.2020, № 202119 от 02.02.21, № 207814 от 15.07.2021, № 215042 от 28.11.2022, № 215295 от 07.12.2022, № 219256 от 06.07.2023, № 223313 от 19.10.2023; свидетельства на базы данных: № 2020622355 от 18.11.20. № 2023623143 от 18.09.2023 и др.

Разработка комплекса устройств для фитосанитарного мониторинга агроэкосистем проводилась в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ при выполнении научно - исследовательских

работ по теме № 0686-2019-0012, № FGRN-2022-0001, в рамках проектов РФФИ р_а № 19-416-230043, РНФ № 22-26-20119, КНФ № МФИ-П-20.1, УМНИК.

С 2019 г. в ФГБНУ ФНЦБЗР заключены 31 договор на изготовление устройств мониторинга агроэкосистем на сумму 1 324 000 руб. и договора на проведение НИР с использованием инновационных устройств на сумму 3 478 000 руб. Получено 36 актов внедрения разработанных устройств на территории Краснодарского и Ставропольского краев, Карачаево-Черкесской республики, р. Адыгея, р. Крым и других регионов РФ, в р. Беларусь. Площадь производственных и опытных полей, на которых внедрены разработанные устройства, составила более 500 га.

Устройства неоднократно отмечены Дипломами и медалями различных международных и российских форумов-выставок.

Комплекс спороулавливающих устройств для мониторинга возбудителей болезней.

К наиболее эффективным устройствам, использующимся в настоящее время и активно внедряющимся в практику сельхозпроизводства, относятся: стационарный спороулавливатель (подана заявка), устройство для определения заспоренности растений (Патент РФ № 202119), пробоотборник воздуха (ПСЛ) (Патент РФ № 191629).

Стационарный флюгерный спороулавливатель (рисунок 1А) предназначен для обнаружения начала лёта спор фитопатогенных грибов над посевами сельскохозяйственных культур.

Конструктивно представляет собой стойку с флюгером в передней части которого закреплена специальная пластиковая рамка (рисунок 1Б), покрытая вазелином, на которую осаждаются споры фитопатогенных грибов. Спороловушка дополнительно снабжена GPS модулем, для фиксации места отбора проб в полевых условиях. Спороулавливатель прост в использовании и удобен для исследователя, так как не нуждается в присутствии пользователя. Замена рамки осуществляется раз в 1-7 дней,

после чего в лабораторных условиях, рамку анализируют под микроскопом, для обнаружения спор фитопатогенов.



А

Б

Рисунок 1 – Стационарный флюгерный спороулавливатель (А) (ориг.)

Рамка для стационарного флюгерного спороулавливателя (Б) (ориг.)

Устройство для определения заспоренности растений (рисунок 2А) предназначено для мониторинга миграции, распределения спор и раннего выявления очагов фитопатогенной инфекции в посевах сельскохозяйственных культур.

Конструктивно устройство представляет собой импактор, в котором для осаждения примеси из воздуха используется стандартное предметное стекло, покрытое удерживающим составом – вазелином (рисунок 2Б).



А

Б

Рисунок 2 – Устройство для определения заспоренности растений (А)

(ориг.); Предметное стекло с отобранными пробами (Б) (ориг.)

После отбора проб предметные стекла анализируются под микроскопом с целью идентификации и подсчета инфекционных частиц (спор).

Портативный спороулавливатель используется совместно с дистанционно пилотируемым летательным аппаратом (БПЛА) (рисунок 3А). Внутри корпуса устройства размещается aspirator и металлическая пластина, удерживающая предметное стекло, покрытое удерживающим составом (вазелином).



Рисунок 3 – Портативный спороулавливатель в комплекте с беспилотным летательным аппаратом (А) (ориг.);

Вид устройства сверху (Б) (ориг.)

Посредством работы aspirатора, воздух через щелевой патрубок, расположенный в верхней части устройства на открывающейся крышке (рисунок 3Б), попадает внутрь и содержащиеся в нём инфекционные частицы оседают на предметное стекло.

Помимо разработок самих конструкций спороулавливателей в ФГБНУ ФНЦБЗР ведутся работы по созданию различных способов упрощения обработки данных, получаемых посредством спороулавливающих устройств. Так, например, была создана и зарегистрирована **База данных разметки спор грибных болезней озимой пшеницы на изображениях** (Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623143 от 18.09.23), которая содержит структурированную визуальную информацию о спорах возбудителей листовых болезней озимой пшеницы.

На зерновых культурах спороулавливающими устройствами эффективно отлавливаются споры возбудителей болезней: мучнистой росы (*Blumeria graminis*), бурой (листовой) ржавчины пшеницы (*Puccinia triticina*), жёлтой ржавчины пшеницы (*Puccinia striiformis*), жёлтой пятнистости листьев (*Pyrenophora tritici-repentis*).

На овощных культурах, споры таких фитопатогенов как *Alternaria spp.*, *Stemphylium spp.*, *Phytophthora spp.* На плодовых, в частности в яблоневом саду выявлялись споры *Venturia inaequalis* (возбудитель парши яблони), *Podosphaera leucotricha* (возбудитель мучнистой росы яблони).

На декоративных культурах (исследования проводились в насаждениях садовых роз), были выявлены споры *Podosphaera pannosa*, *Alternaria sp.* и *Erysiphe sp.*

Разработанный комплекс спороулавливающих устройств позволяет при систематическом контроле зафиксировать весьма малые значения пораженности растений, не доступные для визуального определения. Спороулавливатели могут применяться для мониторинга развития и распространенности болезней зерновых, овощных, плодовых, а также декоративных культур.

Световые ловушки для насекомых

Световые ловушки являются мобильным, автономным устройством для привлечения насекомых с положительным фототаксисом. При разработке устройств были подобраны наиболее эффективные для привлечения насекомых спектры длин волн светодиодов. Разработаны ловушки различных конструкций, которые имеют взаимозаменяемые насекомоприемники для решения различных задач.

Световая ловушка «конической конструкции» (RU 215042 U1, 28.11.2022). Особенностью устройства является угол привлечения насекомых, который составляет 360° в горизонтальной плоскости и 170 в вертикальной (рисунок 4). Аспирационная ловушка для насекомых (патент № 199559 U1, 08.09.2020). Особенностью устройства является угол привлечения насекомых,

который составляет 170° в горизонтальной плоскости. Устройство имеет направленный характер работы (рисунок 4).



Рисунок 5 - Светоловушка конической конструкции (ориг.), Аспирационная светоловушка для насекомых (ориг.).

Светоловушки имеют сменные взаимозаменяемые, насекомоприемники применимые для разных целей (сепарирующий, консервирующий). Ловушка с сепарирующим насекомоприемником (патент № 207814 U1, 18.11.2021г.) позволяет сохранить в станции обитания мелкие, в том числе индифферентные и полезные виды насекомых, при этом фиксировать в полости насекомоприемника целевые виды фитофагов. Ловушка с консервирующим насекомоприемником (RU 215295 U1, 07.12.2022) предназначена для фаунистических исследований.

Светоловушки эффективны для привлечения экономически значимых фитофагов, таких как хлопковая совка – *Helicoverpa armigera* (H.), вьюнковая совка – *Emmelia trabealis* (Sc.), совка-гамма – *Autographa gamma* (L.), озимая совка – *Agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller) и восклицательная совка – *Agrotis exclamationis* (L.), совка ипсилон - *Agrotis ipsilon*, H., совка капустная - *Mamestra brassicae*, L., совка С-черное - *Xestia s-nigrum*, L., совка огородная - *Lacanobia oleracea*, L., луговой мотылек *Loxostege sticticalis* L., огневка

кукурузная *Ostrinia nubilalis*, Н., огневка акациевая *Etiella zinckenella* Tr., щелкун полосатый *Agriotes lineatus* L., щелкун кубанский *Agriotes letigosus* Ross. и другие виды (рисунок 5).



Рисунок 5 –Насекомые – фитофаги привлекаемые светолушками для насекомых.

В отличие от таких средств фитосанитарного мониторинга, как феромонные ловушки, световые ловушки разработанные коллективом лаборатории фитосанитарного мониторинга агроэкосистем ФГБНУ ФНЦБЗР эффективно привлекают и самок насекомых, в том числе фертильных, готовых к яйцекладке (рисунок 7).



Рисунок 7 – Яйцекладка представителей семейства Noctuidae в насекомоприемнике световой ловушки (подсолнечник, ФНЦБЗР, 2018-2020 год) (ориг).

Отмечено, что при лете хлопковой совки до 150 экз. в неделю в полости насекомоприемника насчитывалось до 1000 яиц хлопковой и других видов совок. Массовые яйцекладки в полости насекомоприемника могут служить средством мониторинга аборигенных паразитов яиц и сигналом к применению овицидных препаратов.

Один из вариантов применения светоловушек, это массовый отлов фитофагов. Эффективность такого способа для снижения численности хлопковой совки и близких видов с учетом их миграционных способностей из расчета 1 ловушка на 4 га составила более 86 %.

Возможно сокращение финансовых затрат, вследствие отмены профилактических обработок при отсутствии спор фитопатогенов в посевах, которые определяются с помощью спороулавливателей и за счет замены химических препаратов на более дешевые биологические фунгициды.

Внедрение комплекса устройств в сельскохозяйственную практику позволит за счет точной и своевременной диагностики вредных объектов и проведения своевременных защитных мероприятий снизить финансовые затраты при выращивании различных культур от 10 до 20 %; пестицидную нагрузку на агроэкосистемы в 2-3 раза; восстановить природное биоразнообразие полезных видов и естественной биоценотической регуляции; получить экологически безопасную продукцию и сырье для переработки, в том числе для детского питания; развить экотуризм и сохранить здоровье населения.