

УДК 632.95

## РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ С УНИКАЛЬНЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ И ПРОТЕКТОРНЫМИ СВОЙСТВАМИ

© 2019 г. Ю. Я. Спиридонов<sup>1,\*</sup>, С. С. Халиков<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии  
143050 Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, ул. Институт, влад. 5, Россия*

<sup>2</sup> *Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН  
119991 Москва, ул. Вавилова, 28, Россия*

*\*E-mail: spiridonov@vniif.ru*

*\*\*E-mail: salavatkhaliakov@mail.ru*

Поступила в редакцию 05.04.2018 г.

После доработки 18.05.2018 г.

Принята к публикации 12.10.2018 г.

Проведен анализ публикаций о проблемах нейтрализации фитотоксического действия гербицидов для защищаемой культуры. Рассмотрены альтернативные варианты повышения избирательности гербицидных препаратов. Разработаны рецептуры, увеличивающие эффективность гербицидных композиций с включением антидотов для защиты культурного растения. Антидоты в составе протравителей обеспечивают снижение токсического последствие гербицида в почве.

*Ключевые слова:* экологически безопасные протравители, физико-химические, технологические и протекторные свойства.

**DOI:** 10.1134/S0002188119010125

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что культурные растения – основной источник пищи для человечества. Поэтому актуальна проблема увеличения урожайности сельскохозяйственных культур соответственно темпам демографического роста. Увеличение продуктивности этих культур достигается за счет разработки новых высокоурожайных сортов, использования удобрений и пестицидов, а также применения современной агротехники возделывания культур.

Одним из основных факторов, негативно воздействующих на урожайность культур, являются сорняки, из-за которых ежегодные мировые потери составляют  $\approx 10\text{--}15\%$  от достижимого урожая [1]. Поэтому понятно стремление увеличить объемы применения гербицидов, при котором мировое потребление гербицидов составляет 47.5% от общего количества применяемых ежегодно пестицидов (2 млн т) [2]. Такое массовое применение гербицидов приводит к загрязнению почвы их остатками, которые не только создают экологические проблемы для будущего, но и негативно воздействуют на чувствительные культуры севооборота. Это особенно актуально в случае

возделывания чувствительных к остаткам гербицидов корнеклубнеплодов (сахарной свеклы, картофеля и пр.) [3].

Для снижения потерь гербицидов при их применении известно несколько подходов, в том числе разработка нанодисперсных рецептур, увеличивающих эффективность и безопасность препаратов, например, за счет создания гербицидных составов с контролируемым высвобождением действующего вещества и высокими адгезионными свойствами, препятствующими потере препаратов из-за неблагоприятных природных факторов (ветра, высокой температуры, осадков и пр.).

Другим подходом для уменьшения токсического воздействия почвенных остатков гербицидов на культурное растение является использование антидотов [4], которые по характеру действия бывают следующими:

взаимодействуют с токсичными гербицидами с образованием нетоксичных продуктов;

конкурируют с токсичными веществами за биомассу;

реактивируют активные центры ферментов, угнетенных токсичными веществами.

Цель работы – анализ современного состояния проблемы загрязненности почв остатками пестицидов, а также методов решения этой проблемы. Эти исследования приобретают особую актуальность, т.к. систематическое применение гербицидов в РФ привело к загрязнению их остатками до 22% почв, что составляет >17 млн га. Также ежегодный ущерб урожаю таких культур, как сахарная свекла, подсолнечник, картофель, соя и рапс, отличающихся особенно высокой чувствительностью к остаткам некоторых действующих веществ гербицидов (производных сульфонилмочевин и имидазолинонов) составляет  $\geq 20\%$  [3].

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для приготовления экологически безопасных препаративных форм использовали такие физические методы, как растворение, осаждение, измельчение, эмульгирование и механообработка с полисахаридами.

Биологические исследования препаратов в качестве средств для предпосевной обработки семян проводили на семенах яровой пшеницы, ярового рапса и кукурузы. Для выявления антидотного действия препаратов изучение биологической активности композиций проводили в почве, содержащей остатки гербицида зингер (метсульфурон-метил).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В последние годы для улучшения эффективности борьбы с сорняками развивается направление совместного использования гербицидов с антидотами для защиты культурного растения в период вегетации [4]. Таким инновационным направлением занимаются не только известные западные фирмы, но и отечественные производители [5]. В компании “Bayer Crop Science” разработали комплексный препарат майсТер, состоящий из гербицидов системного действия (йодосульфурон-метил-натрий и форамсульфурон), которые, перемещаясь по сосудистой системе сорного растения с восходящим и нисходящим током питательных веществ, поражают биохимическую мишень – фермент ацетолактатсинтетазу, участвующий в цепи биосинтеза аминокислот, в результате нарушаются процессы синтеза белков, что вызывает прекращение деления клеток в меристемных тканях [6]. Применение этого препарата высокоэффективно против однолетних и многолетних злаковых и двудольных сорняков. Содержание антидота (изоксадифен-этил) обеспечивает высокую селективность к обрабатываемой культуре, и поэтому майсТер хорошо переносит

большинство зарегистрированных гибридов кукурузы в рекомендованных нормах внесения.

Российская компания “Щелково Агрохим” разработала целую серию препаратов овсюген на основе гербицида феноксапроп-П-этила и антидота фенклоразол-этила, взятых в различных весовых соотношениях. Использование этих препаратов показало высокую эффективность в посевах яровой пшеницы, где наблюдали высокую степень засоренности однолетними двудольными и злаковыми сорняками [7].

Российская компания “Доктор Фармер” предложила для отечественного рынка избирательный послевсходовый граминицид системного действия – грассер, ЭВМ против однолетних злаковых сорняков в посевах яровой и озимой пшеницы. В состав препарата входят гербицид феноксапроп-П-этил и антидот 1,8-нафталеновый ангидрид при норме расхода 69 и 120 г/л. Уникальность препарата заключается в том, что он обладает высокой эффективностью против широкого спектра однолетних злаковых сорняков, быстро проникает в ткани сорных злаков и активно перемещается к точкам роста, и применять его можно независимо от фазы развития культуры [5].

Известно, что высокой антидотной активностью обладают некоторые гетероциклические амиды, среди которых выделяются N-дихлорацетил-1,3-оксазолидины [4]. Промышленным антидотом этого типа является фурилазол – (RS)-3-дихлорацетил-5-(2-фурил)-2,2-диметилксазолидин, разработанный и производящийся компанией “Monsanto”. Препарат представляет наибольшую ценность для уменьшения повреждений кукурузы при обработке посевов такими активными фитотоксикантами, как сульфонилмочевины или имидазолиноны [8, 9].

Нами была предпринята попытка изучения возможности использования т. н. антидотов вегетационного периода в составе протравителей, используемых для обработки посевного материала. Предварительными исследованиями в области разработки рецептур комплексных протравителей с добавлением в их состав антидотов сделана попытка получения экологически безопасных препаратов (основу препаратов, включающую использование горючих и токсичных органических растворителей, составляют суспензионные концентраты), которые защищают семя, проростки и взрослое культурное растение от почвенных остатков гербицидов из класса сульфонилмочевин.

В основу наших исследований входила разработка средств защиты растений на наноразмерном уровне [10], что, в свою очередь, позволило разработать принципы развития исследований,

новых наноматериалов, методов, технических средств и нанотехнологий. Использование этих методов и технологий будет способствовать улучшению препаративных форм пестицидов, которые должны отвечать 3-м основным критериям: эффективность, экономичность и экологическая безопасность для окружающей среды.

Такой подход на основе применения методов нанофитосанитарии позволит получать препаративные формы для эффективного нанесения, удерживания, проникновения и перемещения пестицидов к местам их действия в растениях и вредных организмах. Следует отметить, что методы нанотехнологий, благодаря наночастицам, имеют множество потенциальных возможностей в сельском хозяйстве [11]. Например, гербицид, полученный на основе нанотехнологий, будет содержать много триллионов частиц активного ингредиента на 1 л, т.к. продукты, содержащие частицы активных ингредиентов, которые находятся на уровне наноразмерного определения от 1 нм до 100 нм, в 2000–50000 раз меньше частиц в обычных средствах защиты растений. Дополнительная площадь поверхности, создаваемая за счет уменьшения размеров частиц, повышает эффективность, ускоряет поглощение препарата растением, увеличивает его растворимость и стабильность в баке опрыскивателя, уменьшая или устраняя риск осаждения и разделения.

Прогресс в области нанотехнологий может быть полезен для решения проблемы устойчивости гербицидов, существующей на протяжении долгого времени [12]. Высокая степень проникновения наногербицидов способствует гибели сорняка до того, как у него может развиться устойчивость. Подготовка наноструктуры с соответствующими носителями послужит фактором для развития устойчивого и экономичного сельского хозяйства. Наногербициды позволяют достичь высокой степени локализации активного вещества в пределах самого растения, избегая его эволюционной устойчивости к определенному гербициду на базовом уровне. Следовательно, применение таких уникальных наногербицидов для борьбы с устойчивостью к гербицидам является высокоперспективным направлением.

К нанодисперсным препаратам с контролируемым выделением ДВ [13] относят: микрокапсулированные формы (МКС), микроэмульсии (МКЭ) и концентраты коллоидных растворов (ККР), которые обладают следующими особенностями:

микрокапсулированные препаративные формы, в которых наночастицы пестицида (10–50 мкм) заключаются в инертную полимерную оболочку (до 100 мкм). Эта форма обеспечивает пролонгированность действия (после обработки капсула те-

ряет водную пленку и медленно выделяет ДВ через пористую оболочку полимера), большую избирательность, меньшую токсичность, снижает летучесть ДВ и пр.;

концентраты коллоидных растворов, в которых частицы ДВ пестицида находятся в диапазоне от 10 до 100 нм, т.е. размеры ДВ становятся сопоставимыми с клеточными размерами биологических объектов – клеточными структурами культурных и сорных растений. Это дает возможность препарату активно проникать в клетки, что способствует его более высокой биологической эффективности;

препаративная форма в виде МКЭ способствует значительному улучшению поглощения препарата. Масло служит проводником действующих веществ через кутикулу листа и способствует их быстрому и легкому проникновению глубоко в ткани вредных объектов. Использование масляных компонентов при создании формуляции требует применения большего количества поверхностно-активных веществ (ПАВ), что положительно влияет на снижение поверхностного натяжения рабочей жидкости, приводит к образованию мелкодисперсной эмульсии и способствует увеличению биологической активности. Попадая на сорное растение, масляная эмульсия равномерно распределяется, образуя пленку на поверхности листа, которая препятствует испарению, кристаллизации и смыванию гербицида. Тем самым, дольше сохраняется гербицидная активность препарата, не зависящая от погодных условий. Кроме того, уменьшается токсическое и фитотоксическое действие препарата благодаря замене токсичных компонентов препаративной формы маслом.

Продолжая работы по поиску экологически безопасных препаратов для защиты растений [14], на протяжении ряда лет проводили исследования по разработке комплексных протравителей с добавлением антидотов, которые бы защищали семя, проростки и взрослое растение не только от болезней, но и от почвенных остатков сульфонилмочевин, широко используемых в сельском хозяйстве.

Объектами наших исследований были такие известные антидоты, как 1,8-нафталевый ангидрид (НА), фурилазол (ФА) и его производные, которые входили в составы известных протравителей на основе фунгицидов. Путем жидкофазного многокомпонентного суспендирования фунгицидов (тебуконазол (ТКБ), тиурама (ТМТД)), регулятора роста флороксан (РРФ) и антидота (НА) в водном растворе формообразующих компонентов (натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы

(**Na-КМЦ**), эмульгатора и ПАВ) были получены суспензионные концентраты с различным содержанием антидота НА [15]. Для выявления антидотного действия этих препаратов, изучение биологической активности композиций проводили в почвах, содержащих остатки гербицида зингер (метсульфурон-метил). Полученные суспензионные концентраты использовали в качестве протравителя семян рапса, когда его высевали после озимой пшеницы, которую с целью прополки обрабатывали гербицидом зингер. Как правило, через год после применения этого гербицида в почве содержались неразложившиеся фитотоксичные остатки метсульфурон-метила, снижающие урожай рапса приблизительно на 30%. Результаты проведенных биологических испытаний показали, что использование этих протравителей позволило не только полностью устранить токсическое действие остатков метсульфурон-метила в дозе 0.3 г/га (30%-ное снижение) в черноземной почве для ярового рапса, но и добиться стимуляции роста его надземной биомассы. Кроме того, разработанные протравители обладали комплексным действием, проявляя свойства фунгицида, регулятора роста растений и антидота (против остатков гербицида в почве); значительно повышали всхожесть семян рапса, яровой пшеницы и кукурузы (увеличение энергии прорастания достигало 15, 28 и 30% соответственно). При этом биомасса культурного растения (ярового рапса) увеличивалась на 11.7% [16].

Для понимания механизма действия разработанных протравителей с помощью метода ядерного магнитного резонанса (**ЯМР**) проведено сравнительное исследование проникновения НА и ТБК в зерна ячменя и пшеницы из различных препаративных форм (суспензии, эмульсии и пр.) [17]. Метод ЯМР показал свою эффективность при изучении проникновения действующих веществ из многокомпонентной композиции внутрь зерна. С помощью этого метода показано, что суспензионная форма протравителя обеспечивала большее проникновение НА и ТБК внутрь зерна, чем водные суспензии чистых действующих веществ. Наиболее эффективно проникновение происходило на стадии проращивания зерен. Чистый ТБК почти не проникал внутрь зерна даже на стадии прорастания во влажной атмосфере, в то время как в составе нового протравителя ТБК показал более эффективное проникновение (25–55% от использованного при обработке). Увеличение биодоступности НА и ТБК в составе многокомпонентного протравителя происходило благодаря использованию механохимической технологии, позволяющей получать нанодиспер-

гированные препараты с полифункциональными свойствами.

Известно, что антидот НА антагонистически воздействует на гормоны растений, связанные с реализацией активности ауксиноподобных гербицидов; он также может восстанавливать синтез липидов, а при обработке семян – ингибировать поглощение гербицидов растениями [18]. В результате, НА способствует ускорению детоксикации гербицидов (сульфонилмочевин) в почве и увеличению устойчивости растений к их действию. Также исследовали антидотные свойства НА при его модификации растворимости в воде с помощью механохимического комплексообразования с водорастворимыми полимерами. В качестве полимеров выбрали полисахариды арабиногалактан (**АГ**), ламинария (**Л**) и **Na-КМЦ** [19]. Анализ полученных комплексов показал реальную возможность улучшения растворимости НА с помощью вышеуказанных полисахаридов до 35–40 раз. Однако было отмечено резкое увеличение растворимости НА (почти в 130 раз) в составе комплекса НА : **Na-КМЦ** = 1 : 2. Этот факт объяснили возможностью гидролиза НА до соответствующей дикарбоновой кислоты (**НК**, 1,8-нафталиндикарбоновая кислота). По-нашему мнению, гидролиз НА до НК возможен по следующей схеме: вначале происходит активация группы  $C(O)-O-C(O)$  нафталевого ангидрида за счет взаимодействия с **Na-КМЦ** в условиях совместной механообработки; механоактивированные композиции НА : **Na-КМЦ** = 1 : 1 и 1 : 2 при попадании в водную среду начинают гидролизываться до НК за счет взаимодействия активной группы  $C(O)-O-C(O)$  нафталевого ангидрида с молекулой воды.

Образование НК при длительном (3 ч и более) перемешивании в воде композиций НА : **Na-КМЦ** = 1 : 1 и 1 : 2 (условия теста на растворимость) было подтверждено данными ВЭЖХ-анализа и методом  $^1H$ -ЯМР. Тогда как композиция НА : **АГ** = 1 : 9 демонстрировала высокую стабильность в водных растворах. Также с помощью метода ЯМР показано, что твердофазная механохимическая обработка нафталевого ангидрида с полисахаридами не приводила к химической модификации НА.

Результаты биологических исследований комплексов НА с полисахаридами и образцов НК показали, что и на рапсе, и на кукурузе существенной разницы в антидотной активности НА и НК не выявлено. Анализ данных, полученных в биологических испытаниях, показал, что НА и НК обладали высокой стимулирующей активностью на кукурузе [19].

Анализ рынка и литературы подтвердил, что исследования по поиску многофункциональных протравителей с антидотным действием продолжают оставаться актуальными [3, 4], т.к. большинство посевных площадей содержат остатки гербицидов, способных нанести непоправимый вред новым посевам зерновых. В связи с этим продолжили исследования по поиску и разработке комплексных протравителей с антидотным действием и изучили возможности использования известного антидота ФА в составе протравителя [20] для комплексной защиты семян кукурузы от болезней, вредителей и почвенных остатков метсульфуронметила. На основе анализа приготовленных суспензионных форм протравителя подтверждена высокая антидотная активность протравителей на основе ФА и определены граничные пределы (5–7.5%) содержания фурилазола, превышение которых не приводило к существенному увеличению антидотной активности.

Представляло научный и практический интерес изучение антидотных свойств других производных фурилазола, в частности, его новых фторпроизводных, полученных и исследованных на проростках кукурузы [21]. Однако антидотных свойств у этих производных фурилазола не выявлено. Установлено, что они оказывали выраженное стимулирующее влияние на длину проростков и корневую систему кукурузы при обработке ее семян. Наиболее активным оказалось новое вещество 2-хлор-2-фтор-1-(5-(фуран-2-ил)-2,2-диметилоразолидин-3-ил)этанол (в виде смеси диастереомеров), условно обозначенное как “фурилазол-Ф1” или **ФА-Ф1**. Применение этого вещества в дозе 1 г/т семян кукурузы способствовало увеличению длины проростков на 44%, длины корневой системы – на 107% по сравнению с контролем (водой). Это свойство ФА-Ф1 изучали для снятия токсического действия фитотоксикантов, используемых в составе протравителей. Представляло также научный и практический интерес выяснение природы биологического действия ФА-Ф1 для возможного использования его в составе протравителей в качестве индуктора устойчивости по отношению к фитотоксикантам. Для лучшего понимания биологических свойств и активности ФА-Ф1 провели испытания путем его включения в составы ранее разработанных протравителей [15] на основе ТБК, ТМТД и ряда формирующих компонентов (ПАВ, структурообразователя, прилипателя). Результаты биологических испытаний показали, что наибольший эффект снятия фитотоксичности фунгицидов наблюдали при включении ФА-Ф1 в состав протравителя: при увеличении его нормы с

100 мг/т до 10 г/т отметили эффект стимуляции роста на 5.6% по сравнению с контролем (водой). Кроме того, наблюдали полное снятие фитотоксичности при использовании нормы 10 г/т, что значительно превышало таковой показатель предшественника – фурилазола. Таким образом, показано, что известные сейфнеры НА и ФА, используемые в составе протравителей для снятия токсического действия почвенных остатков гербицидов, сами могут быть фитотоксикантами, и поэтому важно правильно выбирать их оптимальные дозы в протравителе [21]. Поскольку применение соединения ФА-Ф1 уменьшало фитотоксичность фунгицидов, включенных в состав протравителя, это открыло перспективы его использования в составе инновационных протравителей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов проведенных исследований по изучению проблем снижения токсического действия гербицидных препаратов на культурные растения и объекты окружающей среды показал перспективность разработки препаратов с использованием методов нанотехнологии. К таким препаратам относятся гербициды в виде препаративных форм как концентрат коллоидных растворов, микроэмульсии и микрокапсулированные суспензии, а также формы с контролируемым выделением активного гербицида. Весьма перспективным подходом является разработка комплексных протравителей с добавлением антидотов для снятия токсического действия остатков почвенных гербицидов.

В ближайшей перспективе представляет интерес разработка препаратов с контролируемым выделением гербицида (например, метрибузина) за счет его микрокапсулирования физико-химическим методом осаждения. Суть метода заключается в использовании 2-х осадителей – этилацетата и изопропанола, а в качестве оболочки микрокапсул – поливинилового спирта (ПВС) и/или натриевой соли КМЦ, процесс получения осуществляется без специального оборудования. Авторы считают эту технологию универсальной и приемлемой для получения микрокапсул различных пестицидов (в частности, триазольных фунгицидов – тебуконазола и пропиконазола) [22, 23].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gupta P.K. Pesticide Exposure-Indian Scene // Toxicology. V. 198. 2004. P. 83–90.

2. Ware G.W., Whitacre D.M. The Pesticide Book. 6<sup>th</sup> Ed. Willoughby, Ohio (USA): Meister Media Worldwide, 2004. 526 p.
3. Спиридонов Ю.Я., Хохлов П.С., Шестаков В.Г. Антидоты гербицидов // *Агрохимия*. 2009. № 4. С. 81–91.
4. Яблонская Е.К., Котляров В.В., Федулов Ю.П. Антидоты гербицидов сельскохозяйственных культур // *Научн. журн. КубГАУ*. 2013. № 94 (10). С. 1–17.
5. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М., 2015. 735 с.
6. Маханькова Т.А., Кириленко Е.И., Редюк С.И. Новый гербицид майстер для прополки кукурузы // *Защита и карантин растений*. 2010. № 2. С. 38.
7. Маханькова Т.А., Кириленко Е.И., Голубев А.С. Ассортимент гербицидов для зерновых культур // *Защита и карантин растений*. 2011. № 3. С. 16–18.
8. Crop safeners for pesticides: Development, uses, and mechanisms of action / Eds. Hatzios K.K., Hoagland R.E. N.Y.: Academic Press, 1989. 400 p.
9. The pesticide manual. 12<sup>th</sup> Ed. / Ed. Tomlin C.D.S. The British Crop Protection Council, 2000. P. 482.
10. Захаренко В.А. Тенденции развития нанофитосанитарии в защите растений // *Защита и карантин растений*. 2009. № 5. С. 13–17.
11. Grillo R., Abhilash P.C., Fraceto L.F. Nanotechnology applied to bio-encapsulation of pesticides // *J. Nanosci. Nanotechnol.* 2016. V. 16. P. 1231–1234.
12. Eyu A.A., Ramalingam C.C. Nanotechnology in herbicide resistance / *Nanostructured materials – fabrication to applications* / Ed. Seehra M.S. 2009. IntechOpen, doi 10.5772/intechopen.68355
13. Sopena F., Maqueda C., Morillo E. Controlled release formulations of herbicides based on micro-encapsulation // *Cien. Inv. Agr.* 2009. № 35 (1). P. 27–42.
14. Халиков С.С., Душкин А.В., Давлетов Р.Д., Евсеенко В.И. Создание инновационных фунгицидных средств на основе тебуконазола с привлечением механохимических процессов // *Фундамент. исслед-я*. 2013. № 10. Ч. 12. С. 2695–2700.
15. Халиков С.С., Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П. Новый препарат для предпосевной обработки семян с комплексной защитой от болезней и остатков гербицидов в почве // *Агрохимия*. 2016. № 6. С. 39–45.
16. Халиков С.С., Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П. Композиция для предпосевной обработки семян. Пат. РФ № 2585858 (2015). Опубл. 10.06.2016. Бюл. № 16.
17. Селютин О.Ю., Халиков С.С., Поляков Н.Э. Сравнение проникновения компонентов протравителя методом ядерного магнитного резонанса // *Агрохимия*. 2017. № 4. С. 90–93.
18. Чкаников Д.И., Макеев А.М. Влияние антидота 1,8-нафталевого ангидрида на фитотоксичность и скорость метаболизма 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты и хлорсульфурина в растениях // *Физиология растений*. 1991. Т. 38. Вып. 2. С. 290–297.
19. Спиридонов Ю.Я., Поляков Н.Э., Ильин М.М., Халиков С.С. Регулирование антидотных свойств нафталевого ангидрида при его механохимической модификации // *Усп. совр. естествознания*. 2016. № 12. Ч. 1. С. 52–56.
20. Халиков С.С., Голубев А.С., Чкаников Н.Д., Коротов Н.А., Спиридонов Ю.Я. Инновационные протравители с антидотным действием // *Агрохимия*. 2017. № 4. С. 22–25.
21. Голубев А.С., Коротов Н.А., Федоровский О.Ю., Спиридонов Ю.Я., Чкаников Н.Д. Фторсодержащие аналоги промышленного антидота фурилазол // *Агрохимия*. 2017. № 6. С. 62–67.
22. Быковская Е.Е., Кролевец А.А. Способ получения микрокапсул пестицидов. Пат. РФ 2516357 (2014). Опубл. 20.05.2014. Бюл. № 14.
23. Быковская Е.Е., Кролевец А.А. Способ получения микрокапсул гетероциклических соединений триазинового ряда. Пат. РФ 2537173 (2014). Опубл. 27.12.2014. Бюл. № 36.

## Development of Ecologically Safeners with Unique Physicochemical, Technological and Protective Properties

Yu. Ya. Spiridonov<sup>a,#</sup> and S. S. Khalikov<sup>b,##</sup>

<sup>a</sup> All-Russian Research Institute of Phytopathology  
ul. Institute possession 5, r.p. Bolshie Vyazemy, Moscow region 143050, Russia

<sup>b</sup> Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds RAS  
ul. Vavilova 28, Moscow 119991, Russia

<sup>#</sup>E-mail: spiridonov@vniif.ru

<sup>##</sup>E-mail: salavatkhalikov@mail.ru

Analysis of publications on the problems of neutralizing the phytotoxic effect of herbicides for a protected crop was carried out. Alternative variants of reducing the toxicity of herbicidal preparations are considered. Formulations that increase the effectiveness of herbicidal compositions and include antidotes for the protection of a cultivated plant were developed. Antidotes in formulation of safeners provide a reduction of the toxic herbicide aftereffect in soil.

*Key words:* ecologically safeners, physicochemical, technological and protective properties.