

УДК 632.952

## РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ФОРМИРОВАНИЮ СОВРЕМЕННОГО АССОРТИМЕНТА ФУНГИЦИДОВ

© 2020 г. Л. Д. Гришечкина<sup>1,\*</sup>, В. И. Долженко<sup>1</sup>, О. В. Кунгурцева<sup>1</sup>,  
Т. И. Ишкова<sup>1</sup>, С. Д. Здрожевская<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,  
ООО “Инновационный центр защиты растений”  
196608 Санкт-Петербург—Пушкин-8, шоссе Подбельского, 3, Россия*

*\*E-mail: ldg@icrz.ru*

Поступила в редакцию 14.02.2020 г.

После доработки 19.03.2020 г.

Принята к публикации 10.06.2020 г.

Показаны основные этапы формирования ассортимента фунгицидов, начиная с действующих веществ и состава препаративных форм. Увеличилось число комбинированных препаратов, что существенно расширило спектр подавляемых вредных организмов, снизило вероятность формирования резистентности и уменьшило пестицидный пресс. Ассортимент фунгицидов стал в 1.4 раза менее опасен для человека и теплокровных животных в сравнении с ассортиментом 1990 г.: снижены токсическая нагрузка на агробиоценоз в 4.5 раза и средняя норма применения в 3.6 раза. Количество возбудителей заболеваний возросло с 39 до 75, число препаратов – в 2.3 раза и препаративных форм – в 3 раза.

*Ключевые слова:* ассортимент фунгицидов, болезни растений, эффективность, экологическая безопасность.

**DOI:** 10.31857/S0002188120090070

### ВВЕДЕНИЕ

Наблюдаемые эпифитотии сельскохозяйственных культур свидетельствуют о необходимости постоянного совершенствования средств и технологий борьбы с ними, включая и подбор эффективных препаратов. На протяжении многих лет в целях снижения потерь, наносимых фитопатогенами, использовали различные средства защиты, начиная от вина, свежеизмельченных листьев кипариса, навоза, золы, спирта до меди и ее солей, а также серы, извести и т.п. Особое место занимала медь, которую широко применяли для борьбы с такими болезнями, как милдью винограда, фитофтороз картофеля и многими другими. В дальнейшем из-за ее дефицита более востребованными становились другие препараты, например, формалин в виде жидкости в борьбе с головневыми патогенами. Конкуренцию последнему составляли органортутные препараты, в частности, хлорная ртуть (сулема), с помощью которых боролись с семенной инфекцией.

С развитием сельского хозяйства и переводом растениеводства на промышленную основу чаще стали наблюдать массовые вспышки на различ-

ных сельскохозяйственных культурах таких болезней как ржавчина злаковых культур, мучнистая роса зерновых, яблони и огурца, фитофтороз картофеля и др. Это потребовало усиления химического блока защитных мероприятий за счет многократности обработок, т.к. широко используемые препараты контактного действия (медный купорос, бордоская жидкость, сера молотая и коллоидная) уже не могли справиться с быстро нарастающей инфекцией. В целом это негативно сказывалось на окружающей среде так же, как и достаточно высокие нормы применения препаратов, в частности, при обработке плодовых культур в борьбе с болезнями, где вносили до 30 кг/га. Основным способом применения фунгицидов было опыливание посевов и посадок сельскохозяйственных культур, т.к. преобладала препаративная форма в виде дуста. Серьезные опасения вызывали препараты гранозан и меркуран, которые являлись сильно ядовитыми действующими веществами (СДЯВ). В это время усилилась вредность отдельных видов опасных членистоногих, в частности, лугового мотылька, злаковых мух, тлей и др. в результате освоения больших массивов целинных земель и расширения их аре-

ала обитания. Для оперативного решения проблемы требовался определенный набор высокоэффективных и экономически целесообразных средств защиты растений с разным фитосанитарным назначением. Перед токсикологами страны стояла задача найти средства борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур с улучшенными санитарно-гигиеническими показателями. В первую очередь предстояло систематизировать и упорядочить исследования в данном направлении. В связи с чем была организована общая государственная система изучения и регистрации новых пестицидов зарубежного и отечественного производства. С тех пор ВИЗР, как головному институту, было доверено методическое обеспечение работ по формированию ассортимента средств защиты растений. Цель работы – обзор исследований по формированию современного ассортимента фунгицидов.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в разных почвенно-климатических зонах России на разных культурах: зерновых, зернобобовых, овощных, подсолнечнике, картофеле и т.п. Методической основой проведения исследований по подбору более эффективных препаратов в разное время были разработанные методические указания [1–4]. Для оценки опасности применяемых фунгицидов использовали показатель “токсическая нагрузка”, который определяли по Фадееву [5]. За многие годы исследований были изучены новые фунгициды из разных химических классов, включая препараты микробиологического синтеза и иммунизирующего действия.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Целенаправленные исследования по созданию ассортимента фунгицидов для основных сельскохозяйственных культур для борьбы с фитопатогенами были начаты в 1960-е гг. при создании в ВИЗР сети токсикологических лабораторий для государственных испытаний пестицидов. С ее открытием существенно повысилось качество проводимых исследований и объективность получаемых результатов благодаря усилиям ряда руководителей: М.Г. Кейсерухского, М.Н. Кирилловой, И.А. Юревича. В настоящее время координация исследований осуществляется под руководством академика РАН В.И. Долженко. Многие поколения ученых ВИЗР трудились над созданием ассортимента фунгицидов: И.М. Поляков, А.А. Шумакова, В.И. Попов, М.Е. Владимирская, Д.М. Кобахидзе и др. Они обеспечили методическое и централизованное проведение исследований для получе-

ния объективных результатов опытов, что служило основанием для принятия правильного решения их регламентации. Самое активное участие в этих работах принимали сотрудники ВИЗР и других институтов: Т.С. Баталова, Е.И. Андреева, Е.М. Кумачева, Г.Ш. Котикова, Л.А. Попова, С.Д. Здрожевская, Н.А. Шибкова и др. Много труда и знаний вложили сотрудники токсикологических лабораторий географической сети ВИЗР: В.И. Галинский, Ю.Б. Ефимов, Б.Н. Медведев, Л.И. Волгина, Л.Н. Никулина, Е.Ф. Гранин, А.С. Филипас и др. Весомый вклад по методическому обеспечению и централизации проведения исследований был сделан и сейчас продолжается Л.Д. Гришечкиной, А.В. Герасимовой, Т.И. Ишковой, О.В. Кунгурцевой. Это повысило уровень и достоверность получаемых результатов испытания пестицидов, особенно после гармонизации с методиками ЕОЗР “Методических указаний по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве” [4].

Кадровая политика руководства позволила за многие годы собрать в системе регистрационных испытаний пестицидов ВИЗР таких как А.И. Силаев, Е.Ф. Коренюк, В.А. Хилевский, Н.И. Бернад, О.Ю. Новичков, Г.В. Волкова, Г.В. Якуба, М.Е. Подгорная, Е.Г. Юрченко, А.Э. Снегирев, В.Т. Алехин и др.

Ввиду исключительной опасности головневых заболеваний для производства высококачественного зерна особое внимание было уделено подбору препаратов в борьбе с ними. По результатам целенаправленных исследований стало возможным отказаться от термического обеззараживания семян и использования препаратов группы меди, но самое важное – исключить из применения сильнотоксичные ртутьсодержащие фунгициды (гранозан и меркуран в форме дуста), которые в послевоенные годы на протяжении 20 лет широко использовали в системах защитных мероприятий. Эти протравители семян обладали высокой фунгицидной активностью против возбудителей головневых заболеваний, кроме возбудителей пыльной головни пшеницы и ячменя. Они хорошо подавляли семенную инфекцию (возбудителей корневой гнили, плесневения семян) и сохраняли урожай, не допуская их массового распространения.

С открытием в 1934 г. дитиокарбаматов был получен ряд препаратов органического синтеза, первыми из которых были ТМТД – для обработки семенного материала, дитан М-45, цинеб, цирам – для опрыскивания вегетирующих растений. ТМТД (д.в. тирам) не только был менее токсичен для теплокровных животных и человека, но

и отличался простотой и дешевизной производства, что сделало его более привлекательным для применения на многие годы не только в СССР, но и других странах мира. В дальнейшем тирам стали добавлять в состав комбинированных препаратов в качестве уникального средства борьбы с плесневыми грибами и бактериальными заболеваниями. В силу контактного действия и невозможности проникновения его внутрь семени в посевах зерновых чаще стали обнаруживать пыльную головню. В 1966 г. В. Шмелингом и К. Кулькой был синтезирован карбоксин из химического класса карбоксамиды, на основе которого был создан первый протравитель семян зерновых культур витавакс, содержащий 75% активного вещества [6]. Препарат обладал системными свойствами, глубоко проникал внутрь семени и был высоко эффективен по отношению возбудителя пыльной головни яровой и озимой пшеницы и ячменя. Меньшая токсичность карбоксина для теплокровных животных и человека ( $LD_{50}$  для крыс = 3800 мг/кг) способствовала снижению опасности химического метода борьбы. Узкая направленность фунгицидной активности витавакса привела к накоплению в посевах зерновых культур грибов рода фузариум, что послужило основанием для комбинирования его с другими действующими веществами, в частности, с тирамом. Так были созданы смесевые препараты витавакс 200ФФ, витасил, витарос, которые эффективно подавляли развитие не только возбудителей плесневения семян, но и фузариозной корневой гнили. Уменьшение содержания карбоксина до 19,2–37,5% негативно сказалось на эффективности комбинированных препаратов по отношению к возбудителю пыльной головни.

Развитие химического метода борьбы связано с открытием и разработкой многих химических классов веществ, в первую очередь препаратов системного действия таких как фениламины, карбоксамиды, бензимидазолы, морфолины. Они были изучены в разных регионах страны сотрудниками опытной сети токсикологических лабораторий. Препараты внутрирастительного действия расширили возможности химического метода борьбы с фитопатогенами, но самое главное — были найдены принципиально новые пути безопасного применения фунгицидов — обработка семян препаратами системного действия, которые способны длительно воздействовать на возбудителя болезни, располагающегося внутри семени, и одновременно подавлять аэрогенную инфекцию (мучнистую росу, ржавчину, септориоз и др.). Высокая избирательность их при более низких нормах применения и меньшая зависимость от

погодных условий (осадков, температуры, солнечной инсоляции) при лучшей плотности покрытия, удерживаемости, перераспределения пестицида внутри клетки растения гарантировала большую эффективность и соответственно позволяла уменьшить количество покровных обработок.

Бенлат — первый фунгицид системного и широкого спектра действия из химического класса бензимидазолы, который использовали не только для обработки вегетирующих растений, но и в борьбе с семенной инфекцией. Препарат оказывал действие не только на наружную инфекцию, но и подавлял развитие мицелия грибов, локализованного в различных частях зерновки. В зависимости от уровня инфекционной нагрузки его эффективность против пыльной головни значительно варьировала (от 50 и до 100%). В конце 1990-х гг. этот препарат был разрешен для применения на более 25 сельскохозяйственных культурах против более 30 вредных организмов. Широта спектра фунгицидной активности (корневая и прикорневая гниль фузариозной этиологии, головневые заболевания, офиоблез, церкоспореллез и даже фузариоз колоса, а также парша и мучнистая роса яблони, оидиум и серая гниль винограда) позволяла более рационально использовать фунгициды группы бензимидазолов в системах защитных мероприятий не только в садах и виноградниках, но и зерновых культур. В сравнении с дитиокарбаматами и фталимидами они характеризовались более длительным в сравнении с контактными препаратами периодом защиты культуры. Их эффективность в меньшей степени зависела от количества выпавших осадков. Явным преимуществом этих препаратов были сокращение в 10 раз норм применения, чем неограниченных фунгицидов, и в 2–5 раз, чем дитиокарбаматов и фталимидов [7]. Эти препараты наряду с фунгитоксическим действием обладали куративным и системным действием, что предотвращало поражение растений в случае внедрения патогена в растительную ткань. Нежелательными последствиями применения бензимидазолов явилась их высокая стойкость в объектах окружающей среды (период полураспада в почве равен 1–2 года).

Изучение препаратов контактного действия на примере цинеба (дитиокарбаматы) и мерпана или каптана (фталимины) и комбинированных препаратов на их основе (поликарбацин, купрозан, полимарцин) позволило выявить их недостатки — короткий период защитного действия (7–10 сут), плохая удерживаемость на обрабатываемой поверхности. Отдельные препараты, как фталимины, контролировали только определенных возбудителей заболеваний и не всегда их действие было

однозначно. Некоторые из них сдерживали развитие одних возбудителей, но при этом стимулировали развитие других. Например, цинеб, СП подавлял развитие парши яблони и стимулировал мучнистую росу. Каптан, СП отличался более широким спектром действия, существенно сдерживал паршу яблони и одновременно был эффективен против мучнистой росы и серой гнили, повышая товарные качества плодов. Для получения положительного результата требовались многократные обработки, что безусловно приводило к увеличению пестицидной нагрузки. Среди положительных качеств этих препаратов следует отметить хорошее распределение активного вещества внутри ткани растения и довольно быстрое разрушение в объектах окружающей среды (1.5–2.0 мес.), низкая токсичность для теплокровных животных и человека. Нормы применения этих препаратов были в 2–3 раза меньше в сравнении с препаратами, содержащими медь и серу. В системах защитных мероприятий садов, виноградников при ротационных обработках фталимида были незаменимы. Более широкий спектр активности имели комбинированные препараты.

В дальнейшем были синтезированы и изучены производные карбендазима (БМК, олгин, бавестин, дерозал), а чуть позднее — тиофанат-метил (топсин-М) из тиофанатов аналогичный по механизму действия бензимидазолам, он был высоко активен в отношении многих возбудителей болезней, включая мучнистую росу и церкоспореллез.

Ужесточение требований безопасности препаратов для охраны здоровья человека при использовании пестицидов в растениеводстве определило дальнейшие исследования по подбору фунгицидов. Акцент был сделан на нормы и сроки применения, обеспечивающие минимальное содержание остаточных количеств пестицидов в получаемой продукции. По результатам проведенных работ, были определены фунгициды для обработки вегетирующих растений (цинеб, купроцин-1, каптан, фталан, мильпрекс или додин и др.), менее опасные для человека и теплокровных животных, и выяснены особенности их действия на возбудителей заболеваний.

В период освоения больших массивов целинных земель (1950–1960-е гг.), расширения посевных площадей под яровой пшеницей и увеличения зернового клина повысилась значимость корневой гнили, мучнистой росы и многих фитофагов (лугового мотылька, злаковых мух, зерновой совки). Исходя из потребности усиления мер борьбы с фитопатогенами и вредными членистоногими, были разработаны препараты инсектофунгицидного назначения (гексатиурам, тигам,

фентиурам), уничтожающие комплексную инфекцию и почвообитающих вредителей. Высокая токсичность инсектицидной части (гамма-изомер ГХЦГ, тигам, фентиурам, гептахлор и др.) в отношении теплокровных животных и человека, а также стойкость в окружающей среде привели к тому, что в конце 1980-х гг. эти препараты были запрещены для использования в растениеводстве.

В эти годы реальную угрозу представляли мучнисторосые грибы, поражающие многие сельскохозяйственные культуры. По результатам работы был выявлен ряд препаратов, высокоэффективных в борьбе с ними на зерновых, овощных, плодовых и других культурах: органические фунгициды каратан, морестан, мороцид, акрекс, серусодержащие препараты в форме смачивающихся порошков [8]. Высокой эффективностью против мучнистой росы выделялись препараты на основе липофильных производных морфолинов: тридеморф, фадеморф и фенпропиморф с системным перераспределением активного вещества и повышенной дождестойкостью. Они препятствовали формированию мицелия возбудителя заболевания, блокируя синтез эргостерола — важного компонента клеточной оболочки грибов, а их эффективность не снижалась даже в пасмурную погоду при низких температурах, что выгодно отличало их от триазолов. На зерновых культурах эти препараты хорошо подавляли ржавчину, но слабо действовали на возбудителя септориоза. Высокой эффективностью отличался сапроль (трифорин) из пиперазинов, в основном против мучнистой росы и парши. Препарат слабо передвигался по растению при попадании через листья, оказывая лишь локальное действие, ингибируя развитие гаусторий. Установлено, что он действовал на мембранную систему клетки, увеличивая проницаемость липидов и подавляя биосинтез стерина.

Подбирали ассортимент фунгицидов для защиты семечковых культур, в частности, яблони в борьбе с паршой за счет пиримидина (препарат рубиган). Для эффективного контроля серой и белой гнилей на подсолнечнике, овощных и других культурах были предложены дикарбоксимиды (ровраль, ронилан, сумилекс), с помощью которых была решена проблема защиты подсолнечника, томатов защищенного грунта и маточников моркови от этих патогенов.

Следует отметить определенные успехи наших отечественных разработчиков, которые предложили высокоэффективные препараты анилат и афос в борьбе с ржавчиной зерновых культур, и что особенно ценно — против пыльной головни (анилат), препарат ридид-П против пирикулярнозиса риса, комбинированные препараты против

комплексной инфекции, включая и низшие грибы: полихом, полимарцин, сероцин, борицид, арцерид, тубарид. Весьма примечательно, что в борьбе с пыльной головней пшеницы впервые у нас в стране и даже раньше, чем витавакс, был изучен анилат в форме 93%-ного технического чешуированного сульфанилоксидного моноэтаноламина с низкой токсичностью для теплокровных животных ( $LD_{50} = 5380$  мг/кг) в норме 1–3 кг/т [9, 10]. Однако технологичность его применения (погружение в 0.8–1%-ный рабочий раствор на 30 мин с последующим томлением семенного материала до 12 ч и подсушиванием) была трудоемка и впоследствии послужила основанием для исключения его из “Государственного Каталога...”. В обновленном ассортименте фунгицидов преобладали малотоксичные средства защиты с низким коэффициентом кумуляции, нестабильностью во внешней среде и отсутствием аллергенных, бластоогенных, мутагенных, терратогенных и других негативных свойств. По спектру действия рекомендованные препараты позволяли защитить многие сельскохозяйственные культуры от большинства опасных фитопатогенов, сократить нормы применения до 0.2–1.0 кг/га, особенно это было важно для многократно обрабатываемых виноградников.

Участившиеся эпифитотии фитофтороза картофеля и томата, пероноспороза тыквенных культур и подсолнечника значительно ухудшили фитосанитарное состояние полевых культур в России. В условиях чрезвычайной ситуации в агробиоценозах стало невозможным успешно защищать эти культуры от прогрессирующей инфекции низших грибов препаратами контактного действия, среди которых особое место занимали фунгициды группы меди. По настоящему революционной стала разработка и внедрение феноламинов: ацилаланинов (металаксил) и оксазолидинов (оксадиксил), обладающих специфической системной активностью против низших грибов. Наибольшую известность получили ридомил и в меньшей степени – сандофан. Металаксил сильно угнетал рост и образование зооспорангиев в течение 3-х и более недель, но слабо влиял на прорастание спор. Особенно эффективными были препараты на молодых растущих тканях, поскольку активное вещество передвигалось акропетально с токами воды, длительно сохранялось в них и ограничивало проникновение мицелия в растение. Использование ридомила повысило не только урожайность картофеля, но и улучшило сохранность клубней в период хранения [11, 12]. С помощью препарата апрон, содержащего металаксил, стало возможным защитить

подсолнечник, сахарную свеклу и огурец от низших грибов. Широкомасштабное использование феноламинов привело к потере их эффективности из-за резистентности. Она была обнаружена у *Phytophthora infestans* de Bary и *Pseudoperonospora cubensis* Rost. к металаксилу и стала в начале 1970-х гг. для картофелеводов и овощеводов России и других стран серьезной проблемой [13–18]. Положение с резистентностью усугубляла наблюдаемая перекрестная резистентность между ридомилом, сандофаном и галбеном (беналаксилем, который не вошел в “[Каталог ...]”). По этой причине феноламины стали применять в смесевых препаратах.

Новый этап в развитии химического метода борьбы был связан с триазолами, которые вошли в практику защиты растений во всем мире во второй половине 1970-х гг. Высокая активность, широкий спектр контролируемых фитопатогенов, системное передвижение по растению, более низкие нормы применения, а также пролонгированный период защиты (21–30 и более суток) значительно расширили возможности более рационального использования средств защиты в растениеводстве [19, 20]. Триазолы защищали молодые ткани растений за счет передвижения по ксилеме к ее верхним участкам. Отдельные из них (ципроконазол и триадимефон) передвигались по растению не только акропетально, но и базипетально. Одним из первых триазоловых соединений, появившихся в ассортименте фунгицидов, был триадименол (байтан), который обладал не только куративным, но и искореняющим эффектом. Он превосходно контролировал поверхностную, внутрисеменную и аэрогенную инфекции (мучнистую росу, ржавчину) на начальном этапе развития культур. Его высокая эффективность и пролонгированное действие дали возможность уменьшить кратность обработок вегетирующих растений до 1–2-х против применяемых ранее 3-х, а порой и отказываться от них. Широкое применение нашли триазолы на зерновых культурах в борьбе с возбудителями твердой и пыльной головни, болезнями листьев и колоса. Не менее значимыми были успехи в борьбе со многими патогенами на других сельскохозяйственных культурах. Наличие ростстимулирующей активности за счет влияния на гормональный обмен в семенах, рост и развитие корневой системы, стеблей и плодов и т.д., а также способности повышать устойчивость к неблагоприятным условиям, в частности, засухе, низким температурам и загрязнению воздуха обеспечило этой группе препаратов приоритет на долгие годы.

За счет триазоловых препаратов значительно улучшились санитарно-гигиенические показатели, снизился класс опасности и пестицидная нагрузка на агробиоценоз. В интенсивных технологиях возделывания зерновых культур байлетон и в большей степени тилт сыграли решающую роль в борьбе с мучнистой росой, разными видами ржавчины, пятнистостями листьев и колоса, что позволило вывести защиту растений на новый уровень благодаря лечащему, стимулирующему и продолжительному действию. В дальнейшем были синтезированы триазолы 2-го поколения с более низкими нормами применения: тебуконазол (раксил) и диниконазол-М (суми-8), которые контролировали головневые заболевания, септориоз, гельминтоспориоз, плесневение семян. Это позволило провести ротацию химических классов фунгицидов и заменить токсичные препараты на менее опасные, в результате чего значительно улучшилось фитосанитарное состояние агробиоценозов полевых культур, повысились их продуктивность и безопасность.

Качественное совершенствование ассортимента фунгицидов началось в 1980-е гг. в связи с ужесточением требований к использованию пестицидов в интегрированных системах защиты растений. Например, наряду с эффективностью особое внимание стали уделять и безопасности средств защиты растений для полезных компонентов агробиоценоза. В этот период из-за неблагоприятных санитарно-гигиенических показателей были запрещены для применения такие фунгициды как цирам, фигон, каликсин, микодифоль, эпидор, индар. Основное внимание было направлено на разработку научных основ улучшения препаративных форм фунгицидов, подбору наполнителей и добавок, не только повышающих эффективность препаратов, но и их безопасность. Были оценены природные прилипатели (крахмал, казеин, декстрин и др.) на способность удерживать пестицид на семенах, поскольку без них пленка, образующаяся на поверхности семян, быстро разрушалась. В результате исследований была определена особая значимость ПАВов и пленкообразующих составов, увеличивающих контакт препарата с растением и его эффективность за счет лучшей прилипаемости и пролонгированности действия [21]. Благодаря ПАВам улучшилось проникновение активного вещества в кутикулу листа в растворенном виде и повысилась результативность их использования и, как следствие, урожайность культуры. Положительную роль играли антииспарители, снижающие загрязнение окружающей среды и повышающие эффективность обработок. Были найдены наиболее эффективные составы

на основе водорастворимых полимеров – натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (**NaКМЦ**) и поливиниловый спирт (**ПВС**). Данная разработка **ВИЗР** нашла широкое применение в стране при централизованном протравливании семян пшеницы, ячменя, кукурузы и даже хлопчатника. Подбран состав пленкообразователей, среди которых **NaКМЦ** используют и в настоящее время при производстве отечественных фунгицидов. Ранее применяемые полимеры (**NaКМЦ** и **ПВС**) хорошо сочетались с рядом системных и контактных фунгицидов (витавакс 200, ТМТД, фундазол и др.).

В состав препаратов стали добавлять разные клеящие вещества (ССБ – сульфитно-спиртовую барду, ОП-7 и др.), способствующие удержанию препарата на листьях и уменьшающие токсичность пестицида для культуры за счет повышения адсорбции действующих веществ в растительной ткани. При использовании такого приема как инкрустация посевного материала с помощью разных добавок не только пленкообразователей, но и микроэлементов, удобрений и регуляторов роста растений добились не только повышения удерживаемости пестицидов на поверхности семян, но и создали благоприятные условия для роста и развития молодых растений, вследствие чего повысилась их продуктивность [22, 23]. Уже сейчас созданы композиционные смеси, содержащие биодеструктурируемые полимеры на основе полимерных систем, позволяющие улучшить результативность предпосевной обработки семян [21, 24].

Несовершенство препаративных форм в виде дустов и порошков, а также связанные с ними высокие нормы применения препаратов (25–50 кг/га) способствовали замене их на смачивающиеся порошки, а затем пасты, текучие пасты с пленкообразующими составами, концентраты суспензий (табл. 1).

Положительные качества смачивающихся порошков таких как сохранность фунгицидных свойств в течение длительного времени позволяла лидировать им среди других препаративных форм. По санитарно-гигиеническим показателям (повышенная запыленность рабочей зоны при их использовании, слеживаемость и комковатость при их хранении) такая препаративная форма была очень уязвима. Новым этапом в совершенствовании ассортимента фунгицидов явилось появление препаратов для предпосевной обработки семенного материала в виде концентрированных и водных суспензий (ТМТД, раксил, премис, суми-8 и др.), текучих паст (тир, ТМТД), текучих суспензий (ориус 5), которые значительно улучшили санитарно-гигиенические показатели и уменьшили загрязнение окружающей среды. Концентраты суспензий образовывали стабильные дис-

персии твердых частиц размером 3–5 микрон в водной или масляной среде (КС, СК, ФЛО, ВСК и т.п.) обеспечивали лучшее покрытие и удерживаемость рабочего раствора и в конечном итоге эффективность и безопасность (табл. 2).

Большая работа развернулась по созданию ассортимента фунгицидов для обработки посевного материала не только зерновых культур и картофеля, но и для малообеспеченных культур, таких как рапс, кукуруза, горох, хлопчатник и др. Из-за большой вредоносности крестоцветной блошки в период появления всходов рапса были разработаны препараты инсектофунгицидного назначения (офтанол Т, рапкол ТЗ, тигам и тигам Ц), позволявшие одновременно ограничивать жизнедеятельность вредных членистоногих и контролировать возбудителей заболеваний, в частности, комплекса семенной и почвенной инфекции. Для гороха был зарегистрирован таммол, эффективный в борьбе с аскохитозом, альтернариозом, корневой гнилью и плесневением семян, для проса против головни – орлок, для кукурузы против головни и вредных членистоногих – тигам Ц, для льна-долгунца – тигам и тигам Ц против антракноза, крапчатости и почвообитающих вредителей. Эти препараты были представлены в виде паст, текучих паст, текучих паст с пленкообразующими составами, а также концентрированных и водных суспензий, обладающих рядом преимуществ по санитарно-гигиеническим показателям.

Очень интересной была разработка водорастворимых пакетов препарата тилт премиум, которые полностью исключали контакт оператора с фунгицидом и давали возможность уменьшить норму его применения с 0.5 л/га до 0.33 кг/га. Эта препаративная форма, несмотря на экологичность применения, в дальнейшем была исключена из “Государственного Каталога...” [25]. Революционным прорывом стала разработка российских ученых под руководством академика РАН Каракотова С.Д. по созданию препаративных форм пестицидов в виде коллоидных систем, где действующее вещество находится в виде наночастиц. Эти препаративные формы отличаются тем, что образуют нанодисперсные растворы с дисперсностью менее 100 нм: ККР (титул 390, титул Дуо, триада, кантор), МЭ (ранкона, бенефис, полярис, медаея, винтаж, ранкона АЙ-Микс), концентрат наноэмульсии (колосаль Про). Характерной особенностью этих препаративных форм является термодинамическая стабильность и однородность дисперсии активных веществ водной и органической фаз, которые разделены молекулами поверхностно-активных веществ. В отличие от макроэмульсий они образуются само-

**Таблица 1.** Количество твердых препаративных форм фунгицидов, шт.

Препаративная форма	Годы				
	1980	1990	2000	2010	2019
Дуст	3	3	–	–	–
Порошок	2	7	2	1	–
Смачивающийся порошок	61	67	42	35	49
Водорастворимый порошок	–	–	–	–	2
Водно-диспергируемые гранулы	–	–	4	14	34
Водорастворимые гранулы	–	–	2	1	4

**Таблица 2.** Количество жидких препаративных форм фунгицидов, шт.

Препаративная форма	Годы				
	1980	1990	2000	2010	2019
Паста и текучая паста	3	2	–	5	2
Водный раствор	3	6	1	–	2
Коллоидный раствор	–	–	–	1	1
Водорастворимый концентрат	3	4	–	–	4
Водный концентрат	–	–	2	1	2
Концентрат суспензии, суспензионный концентрат, водно-суспензионный концентрат	–	2	28	76	196
Эмульгирующий концентрат	6	–	–	–	–
Концентрат коллоидного раствора	–	–	–	2	3
Дисперсионный концентрат	–	–	–	–	2
Концентрат микроэмульсии	–	–	–	1	1
Водная эмульсия	–	–	1	–	3
Концентрат эмульсии	–	15	14	25	80
Водная суспензия	–	1	1	1	1
Текучая суспензия + текучий концентрат суспензии	–	–	–	–	6
Суспензионная эмульсия	–	–	–	1	4
Суспензионная микроэмульсия + эмульсия масляно-водная	–	–	–	–	2
Микроэмульсия	–	–	–	3	10
Масляная дисперсия	–	–	–	–	1

произвольно с размером частиц 5–5000 нм. Стабильные наноземульсии получают уже при размере частиц 2000 нм при разведении водой. Это быстро повышает их действие и активность, снижает расход на единицу площади. Они хорошо смачивают обрабатываемую поверхность растений, проникают в семенной материал и растительные ткани и быстро воздействуют на патоген. Уменьшение токсичности препаративной формы обеспечивает использование водного растворителя вместо масляной фазы в коллоидных системах. В целом это повышает эффективность защитных мероприятий.

Такое качественное преобразование состава фунгицидов за счет новых препаративных форм снизило их опасность для полезных компонентов агробиоценоза и явилось новым этапом в химической борьбе с болезнями, поскольку привело к резкому сокращению токсической нагрузки на единицу обрабатываемой площади.

Улучшение состава фунгицидов проходило за счет включения новых активных действующих веществ, менее опасных для окружающей среды. Открытие в конце 1980-х гг. и получение аналоговым синтезом расшифрованных токсинов, вырабатываемых бактерией *Pseudomonas pyricinia* из нового химического класса фенилпирролы, позволило уменьшить опасность применения химических средств защиты растений. Первым из этого класса был препарат берет (д.в. фенпиклонил), эффективно контролировавший только наружную инфекцию, в силу контактного действия он ограниченно распределялся в проростке, что требовало заблаговременной за несколько месяцев обработки посевного материала. Это были первые шаги в сторону экологической направленности защиты растений благодаря высокой степени деградации фенпиклонила в объектах окружающей среды до нетоксичных продуктов за короткий период. Наибольшую значимость этот препарат получил в борьбе со снежной плесенью на озимых зерновых культурах, поскольку была обнаружена резистентность у этого патогена к бензимидазолам, в частности, к карбендазиму, а у фенилпирролов отсутствовала перекрестная устойчивость. Препарат эффективно использовали на зерновых культурах в борьбе с твердой головней, плесневением семян, корневой гнилью и т.п. Недостаточная активность фенпиклонила против гельминтоспориоза, септориоза и снежной плесени была устранена за счет комбинирования с имазалилом и карбоксином (берет специал и берет универсал).

В дальнейшем с появлением другого действующего вещества флудиоксонила (препарат максим) контактного и широкого спектра действия с

длительной остаточной активностью значительно удешевилась стоимость препарата. Препарат весьма успешно защищал картофель от поражения возбудителями ооспороза, серебристой парши, фузариоза, фомоза, альтернариоза и мокрой гнили. Положительные результаты были получены при проведении испытаний на зерновых культурах, в частности, против снежной плесени, твердой головни и фузариозной корневой гнили, а также на сахарной свекле, подсолнечнике, сое, горохе и цветочных культурах. Высокая активность флудиоксонила против грибов рода фузариум дополнялась пролонгированным действием против возбудителей твердой головни и ризоктониозной корневой гнили путем ингибирования прорастания спор и роста их мицелия. В целях эффективной борьбы с грибами, находящимися внутри семени, включая возбудителя пыльной головни, требовалось добавление к нему триазолов — препараты максим Экстрим и максим Форте [26].

В 1990-е гг. основное внимание уделяли изучению триазолов 2- и 3-го поколения: вектра, СК, премис, КС, гранит, СК, альто, СК, опус, КС, винцит, СК, дивиденд, КС и др., что позволило рекомендовать их сельскохозяйственному производству для защиты от комплексной инфекции зерновых культур при интенсивной технологии выращивания. Успешное решение проблемы защиты садов от парши связано с триазолами — препаратами атеми и особенно скор, последний выгодно отличался низкими нормами применения и высоким защитным эффектом. Интенсивное использование ингибиторов биосинтеза эргостерина, в первую очередь триазолов, привело к снижению их эффективности в борьбе с мучнистой росой на зерновых культурах. Первые сообщения об этом явлении были получены из Шотландии, а затем из Западной Европы. Предпринятые попытки замедлить развитие резистентности опирались прежде на стратегию, выработанную FRAC и предполагавшую использование многокомпонентных смесей. Это вызвало появление 2- и 3-компонентных комбинированных препаратов на основе триазолов (арчер, рекс, райдер, фалькон), которые также расширили спектр фунгицидной активности и исключили повторные обработки с нарастающими болезнями. В борьбе с комплексной семенной инфекцией зерновых культур и почвенными патогенами были изучены комбинированные препараты для обработки семенного материала, содержащие флутриафол (ферракс, ферракс экстра) и диниконазола (суми-8, суми-8 супер, суми-8 универсал).

Комбинированные препараты появляются и для борьбы с низшими грибами (арцерид, авик-



сил, ридомил МЦ, сандофан 8М), а также изучают новые активные действующие вещества, эффективные в борьбе с ними. Особый интерес вызвали препараты с локальной системной активностью и трансламинарным распределением активного вещества: диметоморф из производных коричной кислоты (акробат), цимоксанил из ацетамидов (курзат). Позднее в 2011 г. этот перечень пополнил мандипропамид из мандамидов (ревус), в 2014 г. – этабоксам из тиазолкарбоксамидов (этофин). Первый отличался ярко выраженной фунгицидной направленностью по отношению к пероноспоровой инфекции и отсутствием перекрестной устойчивости к фениламидам. В борьбе с этими фитопатогенами весьма успешным был препарат эфатол на основе фосэтил алюминия (производные фосфористой кислоты), который не оказывал прямого действия на возбудителя болезни, а действовал только опосредованно, стимулируя защитные и иммунные механизмы растений. Проникает он в растения через корни или листья, передвигается по растению как акропетально, так и базипетально. Накапливаясь в клетке, он преграждает путь патогену и ускоряет процесс его гибели. Легкое передвижение по растению акропетально и базипетально обеспечивает высокий защитный эффект.

Только спустя 15 лет после открытия препаратов системного действия в борьбе с почвенными оомицетами появляется ипроваликарб (мелоди) из карбаматов, который также системно распределялся по растению. Он обладал защитным, лечебным и искореняющим эффектом, ингибируя биосинтез фосфолипидов и синтез клеточных мембран. Впервые ипроваликарб был изучен в комбинации с пропиенебом (мелоди Дуо), но не был зарегистрирован в России. Затем по результатам проведенных исследований на картофеле и винограде он был рекомендован в комбинации с медью в борьбе с фитофторозом и милдью.

Изменившаяся фитосанитарная обстановка в агробиоценозах, как следствие нарушений технологий их возделывания, вызвали массовые вспышки болезней многих сельскохозяйственных культур в результате негативных процессов, протекающих в сельском хозяйстве страны, а также меняющихся условий климата. Усиление вредоносности ряда доминантных видов фитопатогенов и вредителей, расширение их ареала и продвижение в северные районы отдельных видов, перегруппировка составов вредоносных комплексов неизбежно привела к нарастанию объемов применения средств защиты растений и, как следствие, увеличению пестицидного пресса и загрязнения ксенобиотиками выращиваемой про-

дукции. Все это способствовало пересмотру концепции и методических подходов к вопросам, связанным с защитой растений, включая формирование ассортимента фунгицидов. Исходя из этого, наряду с эффективностью и безопасностью для здоровья людей основное внимание стали уделять безопасности применяемых средств защиты для всех компонентов окружающей среды. Это заставило заменить старые препаративные формы на новые, более безопасные: хорошо известных препаратов ТМТД – на водно-суспензионный концентрат (ВСК) или текучую пасту (ТПС); купроксат – на концентрат суспензии (КС); тиовит и кумулус – на водно-диспергируемые гранулы (ВДГ). В результате этого улучшились не только их санитарно-гигиенические показатели, но и новые препаративные формы были лишены некоторых недостатков, присущих старым. Например, препараты группы серы в форме ВДГ в отличие от смачивающихся порошков не снижали фотосинтезирующую активность вегетирующих растений, мелкодисперсный порошок медьсодержащих препаратов, особенно в форме концентрата суспензии (купроксат) обеспечивал наилучшее биологическое воздействие вплоть до 21 сут за счет ускоренного проникновения частиц действующего вещества размером <1 мк от ранее рекомендованных фунгицидов группы меди, тем самым повышая эффективность и безопасность средств защиты растений. Снижение пестицидной нагрузки и большей безопасности применения препаратов зарубежного синтеза связано с большей очисткой действующих веществ от вредных примесей и балластных изомеров, что позволило вдвое уменьшить пестицидную нагрузку по металаксилу без снижения его эффективности при замене энантиомера *S* на энантиомер *P* (ридомил Голд МЦ).

Несомненным успехом на пороге XXI века стало создание препаратов нового поколения, ингибирующих дыхательные процессы грибов: оксазолидиндионов, имидазолинонов и стробилуринов. Уникальный механизм действия выгодно отличал их от большой группы ИБЭ, представленной в основном триазолами, что позволяло их использовать при снижении чувствительности к триазолам, бензимидазолам, дитиокарбаматам, фениламидам и т.п. Среди них особое место занимали стробилурины, синтезированные аналоговым способом по подобию природных антибиотиков, выделенных из базидиомицетов порядка агариковых грибов из семейства болетовых (*Strobilurus tenacellus*) и семейства трихоловых (*Oudemansiella mucida*). Широкий спектр фунгицидной активности против фитопатогенов из разных

классов (оомицетов, дейтеромицетов, базидиомицетов) хорошо сочетался с низкими нормами применения и оригинальным распределением активного вещества в тканях растений (мезосистемное, квазисистемное, трансламинарное и истинно или частично системное). Длительность защитного эффекта этих препаратов определялась перераспределением активного вещества в процессе диффузии в газообразной фазе и хорошим закреплением их на обработанной поверхности в виде затвердевшего осадка при помощи плохо смываемых липофильных частиц. Коммерческий успех и явное преимущество их применения заключалось в возможности более рационального использования в системах защитных мероприятий для контроля мучнисторосяных и ложномучнисторосяных грибов. Быстрая деградация в объектах окружающей среды до нетоксичных продуктов, щадящее действие на почвенную биоту, пчел и дождевых червей позволяли говорить, что экологическая направленность химического метода борьбы приобрела реальные очертания. Первые из них – азоксистробин (амистар), крезоксим-метил (строби, ВДГ) и трифлостробин (зато, ВДГ) – были изучены и рекомендованы для борьбы с болезнями семечковых культур (паршой, мучнистой росой, гнилями при хранении яблок), зерновых (мучнистой росой, ржавчиной, пятнистостью листьев и колоса) и виноградарников.

Созданные в 1996 г. стробилурины уже в 1999 г. были зарегистрированы в мире на 84 различных культурах (в основном зерновых, винограде, фруктовых и овощных), что составляло приблизительно 10% мировых продаж [27].

Преимущество их использования ощутили овощеводы: препараты не только повышали урожайность, но короткий период ожидания (5 сут) позволял их применять на огурце консервных сортов, где крайне нежелательны обработки перед уборкой медьсодержащими препаратами и дитиокарбаматами с длительным периодом ожидания [28]. Широкий спектр действия стробилуринов (строби и квадрис) позволял защитить виноградарники от милды и оидиума, семечковые культуры от парши, мучнистой росы и других заболеваний, включая гнили при хранении плодов, обеспечивая стабильную высококачественную урожайность культуры. Весьма успешные испытания квадриса на зерновых культурах позволили рекомендовать его против листовых форм пятнистостей: септориоза, ринхоспориоза, сетчатой пятнистости, мучнистой росы, пиренофороза. Было установлено, что лучшую результативность обеспечивают стробилурины при профилактических обработках (до инфицирования) или после

препаратов куративного действия в случае заражения растений. В последствии из-за резистентности в ассортимент фунгицидов были введены комбинированные препараты, содержащие стробилурины и триазолы. Доказано, что комбинированные препараты с триазолами, морфолинами и препаратами, которым свойственен куративный эффект, снижают процесс формирования резистентности. В России изучение комбинированных препаратов на основе стробилуринов и триазолов (абакус, амистар экстра, амистар Трио, аканто Плюс, терсел, кабрио Топ и т.д.) дало возможность расширить ассортимент фунгицидов для многих культур при обработке посевного материала и вегетирующих растений. В настоящее время их число насчитывает 6 действующих веществ: из них пикоксистробин и флуоксастробин обладают явно выраженными системными свойствами.

В связи с возникшей проблемой фузариоза колоса на Северном Кавказе, связанной с внедрением интенсивных технологий, предполагающих возделывание высокоурожайных сортов зерновых культур на фоне повышенных доз азотных удобрений и при минимальных обработках почвы, много внимания было уделено подбору препаратов для борьбы с ним. Исследования были направлены на выявление препаратов, эффективно контролирующих первоначально только наружную инфекцию фузариоза на поверхности колоса, а в дальнейшем поиск был расширен и дополнен оценкой эффективности против внутрисеменной инфекции. С помощью модифицированных методических указаний для проведения исследований в этом направлении были отобраны эффективные фунгициды для защиты пшеницы от этого фитопатогена и определены сроки наилучшего подавления инфекционного начала [29]. Фунгицидные обработки пшеницы снижали пораженность колоса фузариозом до 77% в зависимости от агроэкологических условий, складывающихся в годы проведения опытов при пораженности колоса в контроле 69.7–78.6% [30]. Такие препараты, как замир и фалькон, обеспечивали не только снижение видимых признаков заболевания, но и зараженность зерновок латентной семенной инфекцией в 3–4 раза в сравнении с контролем (74.4%) [31, 32].

Важной тенденцией современного ассортимента фунгицидов стало появление новых высокоактивных препаратов полифункционального действия, учитывающих токсические свойства действующих веществ, их поведение в объектах окружающей среды и обладающих ростстимулирующими качествами. Возможности эффективного контроля комплекса заболеваний, таких как корневая гниль разной этиологии, головневые болезни, пятнистости листьев и репродуктивных

органов и т.д. расширили комбинированные фунгициды разного механизма и спектра активности с эффектом синергизма или аддитивности [33]. В целом это значительно снизило вероятность формирования резистентных форм патогенов и позволило избежать селективирующего эффекта для отдельных из них. Особенно ярко это прослежено для зерновых культур. Число комбинированных препаратов в борьбе с комплексом болезней для зерновых культур в последние годы возросло почти в 2 раза. Комбинированные препараты гарантированно защищают от корневой гнили в любых условиях и при разной этиологии (дивиденд экстрим, скарлет, террасил форте, максим экстрим, доспех 3, стингер трио, клад и др.). В борьбе с низшими грибами (*Pythium*) эффективны препараты дивиденд экстрим, сертикор и бенефис, содержащие металаксил и мефеноксам. Против ризоктониозной корневой гнили фунгицидную активность проявляют препараты на основе пенцикурона (престиж) и флудиоксонила (максим). Появление в России нового действующего вещества седаксан (вайбранс Интеграл), обладающего фунгицидной активностью в отношении грибов рода *Rhizoctonia*, позволит продолжить успешную борьбу с данным патогеном [34, 35]. Церкоспореллез, начиная с 1980-х гг., остается одним из вредоносных заболеваний в европейских странах, включая и Россию. В борьбе с ним препараты, содержащие прохлораз, имазалил и протиоконазол (премис Дуо, полярис, бенефис, квартет, турион, терция), применяют перед посевом семян, а для обработки вегетирующих растений – бампер Супер и замир.

Доминирование в ассортименте триазоловых соединений для защиты многих сельскохозяйственных культур (зерновых, семечковых, ягодников, картофеля, овощных и др.) повышает риск формирования резистентной популяции фитопатогенных организмов. В последние годы появились представители 2-го поколения из химического класса карбоксамиды: бикафен, флукапироксад, изопиразам, пенфлупен, пентиопирад и пиразол-карбоксамиды: седаксан и бензовиндифлупир с механизмом действия, существенно отличающимся от триазолов [36], что позволяет использовать их в антирезистентных защитных мероприятиях. В первую очередь карбоксамиды угнетают дыхательный процесс грибов, что впоследствии приводит к подавлению синтеза биопреципитов в клетках грибных организмов. Такое нарушение энергетического метаболизма связано с ингибированием дыхательного фермента сукцинатдегидрогеназы в митохондриях возбудителя болезни в дыхательной цепи комплекса II-окисления янтарной кислоты (сукцината) в фумарат, катализируемого сукцинатхинонредуктазой. Препараты

обладают системной или локально-системной активностью [37–39] и рекомендованы для зерновых (систива, адексар, абруста, бонтима, элатус Риа), картофеля (эместо Квантум, серкадис), семечковых культур (серкадис Плюс, эмбрения, фонтелис), винограда (серкадис).

Среди препаратов полифункционального действия особую значимость приобрели комбинированные средства защиты с многосторонней биологической активностью в отношении как фитопатогенов, так и вредных членистоногих. С открытием и разработкой неоникотиноидов, характеризующихся меньшей токсичностью для здоровья людей и обладающих системными свойствами, снова появилась возможность контроля жизнедеятельности вредителей и ограничения семенной и почвенной инфекции. Быстрое поглощение и акропетальное перемещение неоникотиноидов по растению позволило использовать их не только для обработки вегетирующих растений, но и для предпосевной обработки семенного материала в борьбе с сосущими и грызущими вредителями, включая почвообитающих. Если первоначально инсектофунгициды были рекомендованы для защиты рапса от крестоцветных блошек и возбудителей болезней, наносящих существенный вред всходам, то за последние годы эта группа препаратов нашла широкое применение на картофеле в борьбе с колорадским жуком, ризоктониозом, фузариозом и другими патогенами на клубнях [37–39]. В целом это повысило рентабельность проводимых защитных мероприятий. Затем инсектофунгициды стали применять для защиты зерновых культур, где основной вред наносят хлебная жужелица, злаковые мухи, головневые заболевания, корневая гниль и др. [40–46]. За последнее время количество рекомендованных инсектофунгицидов увеличилось до 24 препаратов.

Применение препаратов, учитывающих структуру патогенного комплекса, динамику его изменения и причиняемый ущерб защищаемой культуре, дает возможность управлять фитосанитарным состоянием агробиоценозов с наименьшими эколого-экономическими последствиями. Исходя из этого, было уделено особое внимание изучению селективных препаратов нового поколения с принципиально иным механизмом действия, не затрагивающим естественную биоценологическую регуляцию агробиоценоза, а именно – активаторов растений и иммунорегуляторов. Главной мишенью этих препаратов является растение, у которого стимулируется иммунная система, что обеспечивает устойчивость к заболеванию. Гриб при контакте не погибает, а соединения как природного, так и синтетического происхождения лишь влияют на комплекс биохимических реакций в растениях, нарушая их естественное тече-

ние. Вследствие этого для развития патогена наступают неблагоприятные условия, снижается его активность, меняется обмен веществ защищаемого растения: уменьшается проницаемость мембран, увеличивается накопление фитоалексинов, усиливается образование активных форм кислорода и т.п., что приводит часто к его гибели. Было установлено, что препараты альбит, новосил, бион, ВДГ (исключен из «Государственного Каталога...») и др. в чрезвычайно низких нормах применения на ранних стадиях развития растений снижали заболванение до экономически неощутимых размеров [47]. И все же более значимое влияние они оказывают на формирование урожайности, что по мнению Злотникова А.К. [48], на примере препарата альбит, связано с размножением в почве азотфиксаторов, фосфатмобилизирующих и других полезных бактерий. Они улучшают минеральное питание растений и в конечном итоге повышают урожайность культуры. Эти препараты щадящего действия минимизируют негативное действие пестицидов на агробиocenоз, что позволяет использовать их в органическом земледелии, интерес к которому возрос в последнее время.

Применение этих препаратов должно быть научно обосновано, поскольку их эффективность во многом определяется инфекционным фоном и временем проведения обработки растений. Как показала практика, эти препараты действуют на растения в более мягкой форме, но порой с меньшей эффективностью. На основе веществ, выделенных из хвойных пород в виде флавоноидов или тритерпеновых кислот, разработанные препараты силк, растСТим, новосил, вэрва и вэрвель эффективно контролировали аэрогенную инфекцию на слабом фоне развития [49, 50]. Использование этих препаратов должно сопровождаться оценкой всех рисков в современном земледелии.

Сегодня мы имеем достаточно большой выбор средств защиты, представленный разными химическими классами и комбинированными препаратами. Исследования по подбору препаратов продолжаются, где важной целью становится обеспечение безопасности пестицидов для здоровья людей и полезных компонентов агроценоза, исключаящее загрязнение выращенной сельскохозяйственной продукции. Вопросы регламентации использования пестицидов в растениеводстве и контроля допустимого уровня содержания препарата в сельскохозяйственной продукции остаются крайне актуальными. В результате совершенствования ассортимента фунгицидов исключены фунгициды 2-го класса опасности неизбирательного действия с высокими нормами внесения, подавляющие жизнедеятельность почвенной мик-

робиоты с обитающими в ней микроорганизмами-антагонистами возбудителей болезней и симбионтами, а также полезными насекомыми.

Безусловно, важную роль в снижении пестицидной нагрузки играют и новые технологии применения пестицидов, включая оптимальные сроки, способы и методы их нанесения. Примером может служить применение стробилуринов в плодоводстве: норма применения и расход рабочей жидкости зависит от высоты дерева семечковых культур [51–53]. Это позволяет уменьшить расход фунгицидов, пестицидный пресс, а также негативное влияние стрессов, обусловленных химическими препаратами. Гармонизация микробиологического и химического методов борьбы не только за счет новых действующих веществ, но и новейших технологий и способов применения средств защиты растений [54–56] позволяет уменьшить экологическую опасность химических средств защиты. Ярким примером такого сочетания является применение инсектицидов и фунгицидов через систему капельного полива растений при выращивании овощных культур в теплицах, где допускается выпуск энтомофагов [58–62]. Такая технология позволяет ограничить жизнедеятельность вредных членистоногих и одновременно подавляет развитие корневой гнили на овощных культурах защищенного грунта.

Более совершенные технологии опрыскивания растений путем повышения качества нанесения препарата на защищаемую поверхность уменьшают потери рабочего раствора и снос мелких капель или стекание крупных капель [63–65]. Целенаправленные исследования, связанные с экономией расхода фунгицида как важного фактора снижения пестицидного пресса и уменьшения влияния стрессовых ситуаций, обусловленных химическими средствами, позволили экономить до 16–30% пестицидов и объема рабочих растворов при обработке вегетирующих растений за счет более совершенного нанесения препарата с помощью современной аппаратуры. Высокая рентабельность отмечена при оптимизации применения пестицидов в плодоводстве, согласно концепции «дерево—ряд—объем», предложенной зарубежными исследователями [66]. Для зерновых культур весьма успешной была технология нанесения препарата, изменившая угол распыления рабочей жидкости до 45° за счет увеличения поверхности покрытия колоса фунгицидами с 4.2 до 29.5%, в результате которой снизилась распространенность фузариоза колоса с 40 до 25% [67].

Таким образом, проведенные исследования по совершенствованию ассортимента фунгицидов свидетельствуют о существенных достижениях в этом направлении. В процессе его формирования

**Таблица 3.** Совершенствование ассортимента фунгицидов

Показатель	Годы			
	1990	2000	2010	2019
Количество препаратов, всего	174	119	190	407
Количество препаративных форм	8	17	26	24
Количество химических классов	32	25	30	38
Количество действующих веществ	87	51	59	89
Средняя норма применения	3.2	2.2	0.9	0.9
Токсическая нагрузка	1061	653	292	234
Средняя ЛД <sub>50</sub> (для крыс мг/кг)	3201	3209	3354	4563
Класс опасности	2.8	2.7	2.5	2.6
Количество комбинированных препаратов	25	32	67	233
Новые молекулы	30	1	3	24
Количество вредных организмов	39	50	53	75

за многие годы значительно модифицирован состав действующих веществ: исключены сильно токсичные препараты и высокотоксичные соединения, что сделало его более безопасным для человека, теплокровных животных и всех компонентов агробиоценозов. Наполнение его новыми химическими классами (стробилурины, бензофеноны, пиразолкарбоксамиды и др.) с механизмом действия, отличным от применяемых ранее препаратов, с высокой степенью деградации во всех элементах окружающей среды дала возможность оптимизировать систему защитных мероприятий против комплекса фитопатогенов и снизить вероятность развития резистентности. Увеличение числа комбинированных препаратов на основе 2-х или более действующих веществ, включая средства защиты разного фитосанитарного назначения (аканто Плюс, амистар Голд, пиктор, орвего, бенифис, вайбранс Интеграл и т.п.), эффективно подавляющих комплексную инфекцию и жизнедеятельность вредных членистоногих, способствовало уменьшению общего уровня загрязнения окружающей среды ксенобиотиками. Повышение доли отечественных средств защиты, удешевляющих выращенную сельскохозяйственную продукцию, сыграла важную роль в импортозамещении. Существенные преобразования коснулись состава препаративных форм фунгици-

дов, в результате которого снизилась опасность ряда токсических веществ как для оперативных работников по защите растений, так и полезных компонентов агробиоценозов. В связи с отказом от использования дустов, порошков с высокими нормами применения (10–50 кг/га) и переходом на препараты с более низкими нормами применения в виде водно-диспергируемых гранул (строби, ридомил голд МЦ), водных эмульсий (апрон голд), водно-суспензионных концентратов (витарос, бункер), концентратов суспензии (раксил ультра, винцит форте), суспензионных концентратов (винцит, амистар), эмульсий масляно-водных (эминент), концентратов коллоидного раствора (титул 390, титул Дуо, триада), микроэмульсий (тебу 60, поларис, ранкона, бенефис). Все это в целом способствовало существенному снижению пестицидной нагрузки на единицу обрабатываемой площади. Положительную роль сыграли современные технологии внесения препаратов, значительно обезопасившие химический метод борьбы. Например, современный ассортимент фунгицидов существенно изменился, он стал менее опасен для теплокровных животных, здоровья человека, окружающей среды. Среднее ЛД<sub>50</sub> (орально для крыс) составляет 4563 мг/кг, класс опасности — 2.6, средняя норма применения препарата составляет 0.9 кг, л/га (табл. 3).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетние исследования по изучению биологической активности фунгицидов в отношении десятков видов возбудителей заболеваний, разработке регламентов их эффективного и безопасного применения, поиску новых препаратов и препаративных форм, появление новых технологий и приемов использования защитных средств, изучение комбинаций разных действующих веществ с уникальными механизмами действия, создание антирезистентных стратегий и технологий, биологизация и экологическая оптимизация фитосанитарных средств позволили усовершенствовать и сформировать современный ассортимент фунгицидов в Российской Федерации для защиты сельскохозяйственных культур от фитопатогенов. Все это положительно сказалось на снижении пестицидной нагрузки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Попов В.И.* Методика полевых испытаний протравителей семян в токсикологических лабораториях. М., 1964. 29 с.
2. Методические указания по проведению полевых и производственных испытаний фунгицидов в борьбе с болезнями плодовых, овощных культур и ви-

- ноградников / Под ред. Шумакова А.А. М.: Колос, 1970. 39 с.
3. Баталова Т.С., Андреева Е.И., Кумачева Е.М., Котикова Г.Ш., Алексеева С.П., Ившина Н.Н. Методические указания по государственными испытаниям фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян сельскохозяйственных культур. М, 1985. 130 с.
  4. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Под ред. Долженко В.И. СПб.: МСХ РФ, ВИЗР, 2009. 379 с.
  5. Фадеев Ю.Н. Оценка санитарной и экологической безопасности пестицидов // Защита растений. 1988. № 7. С. 20–21.
  6. Поляков И.М. Химический метод защиты растений от болезней. Л.: Колос, 1971. 167 с.
  7. Котикова Г.Ш., Шумакова А.А. Совершенствование ассортимента фунгицидов // Тр. ВИЗР. 1983. С. 29–35.
  8. Кобахидзе Д.М. Развитие взглядов И.М. Полякова о научных основах создания ассортимента фунгицидов и протравителей семян // Тр. ВИЗР “Проблемы общей и частной фитотоксикологии”. 1979. С. 36–40.
  9. Попова Л.А. Изыскание и изучение новых препаратов для борьбы с пыльной головней пшеницы: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л.: ВИЗР, 1976. 22 с.
  10. Химические и биологические средства защиты растений. Кратк. справ. / Под ред. Сазонова П.В. М.: Колос, 1978. 206 с.
  11. Котикова Г.Ш. Перспективы совершенствования ассортимента фунгицидов на важнейших сельскохозяйственных культурах // Тр. ВИЗР “Химический метод защиты сельскохозяйственных растений от грибных болезней”. 1985. С. 60–64.
  12. Котикова Г.Ш. Состояние и перспективы совершенствования ассортимента фунгицидов // Тр. ВИЗР “Научные основы химической защиты сельскохозяйственных культур от болезней”. 1991. С. 63–72.
  13. Андреева Е.И., Фуреенко Е.И. О чувствительности рас возбудителя фитофтороза картофеля к ридомилу и его смесям // Тез. докл. 6-го совещ. “Генетические последствия использования химических средств защиты растений и пути преодоления резистентности вредных организмов с учетом задач окружающей среды”. Рига, 1984. С. 110–111.
  14. Воробьева Ю.В., Шемякина В.П. О встречаемости резистентных к ридомилу изолятов *Phytophthora infestans* в европейской части СССР // Состояние проблемы резистентности вредителей и возбудителей болезней растений к химическим средствам защиты растений и ее преодоление. Рига, 1988. С. 87–88.
  15. Воробьева Ю.В., Шемякина В.П., Кваснюк Н.Я. Резистентность фитофторы к системным фунгицидам // Защита растений. 1990. № 6. С. 28–29.
  16. Гринько Н.Н. Резистентность возбудителя ложной мучнистой росы огурца // Защита растений. 1992. № 2. С. 14.
  17. Мелоян В.В. Результаты изучения чувствительности *Phytophthora infestans* к фунгицидам фенил-амидного ряда // Тез. докл. 8-го совещ. “Современное положение с резистентностью вредителей, возбудителей болезней растений и сорняков к пестицидам”. Уфа, 1992. С. 78–79.
  18. Иванюк В.Г., Авдей О.В. Резистентность *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary к фениламидам в Белоруссии // Мат-лы 9-го совещ. “Современное состояние проблемы резистентности вредителей, возбудителей болезней и сорняков к пестицидам в России и сопредельных странах на рубеже XXI века”. СПб., 2000. С. 59–60.
  19. Гришечкина Л.Д. Современные фунгициды для сельского хозяйства // Изв. СПбГАУ. 2008. № 10. С. 37–40.
  20. Буга С.Ф. Теоретические и практические основы химической защиты зерновых культур от болезней в Беларуси. Несвиж, 2013. 240 с.
  21. Тюттерев С.Л., Панарин Е.Ф., Новожилов К.В., Попова Э.В., Кочеткова И.С., Азанова В.В. Создание на основе антимицробного полимера катапол препарата с повышенной антигрибной активностью // Мат-лы 2-го Всерос. съезда по защите растений. СПб., 2005. Т. 2. С. 343–345.
  22. Тюттерев С.Л. Протравливание семян зерновых культур // Защита и карантин растений. 2005. № 3. С. 89–132.
  23. Тюттерев С.Л. Обработка семян фунгицидами и другими средствами оптимизации жизни растений. СПб., 2006. 248 с.
  24. Лебединцева О.В., Тюттерев С.Л., Выцкий В.А., Панарин Е.Ф., Кочеткова И.С. Экологически безопасные биологически активные пленкообразующие составы для инкрустации семян // Тез. докл. Всерос. съезда по защите растений “Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность” СПб., 1995. С. 426.
  25. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М., 2019. 848 с.
  26. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Силаев А.И., Здрожевская С.Д., Коренюк Е.Ф., Милютенкова Т.И. Препараты на основе флудиоксонила для защиты пшеницы яровой от семенной и почвенной инфекции // Вестн. защиты раст. 2015. Вып. 1(83). С. 31–35.
  27. Bartlett D.W., Clough J., Godfrey R.A., Godwin J.R., Hall A.A., Heaney S.P., Maund S.J. Understanding the strobilurin fungicides // J. Pest. Royal Soc. Chem. 2001. P. 143–148.
  28. Bedlan G. Studies for optimization of spraying dates to control *Pseudoperonospora cubensis* in Austria // Pflanzenschutz berichte. 1987. № 48. P. 1–11.
  29. Гришечкина Л.Д. Методическое обеспечение исследований при формировании ассортимента фунгицидов на зерновых культурах // Вестн. защиты раст. 2016. Вып. 2. С. 22–26.
  30. Гришечкина Л.Д. Агробиологическое и экотоксикологическое обоснование формирования ассортимента фунгицидов для защиты пшеницы: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. СПб.: ВИЗР, 2018. 39 с.

31. Гришечкина Л.Д., Волкова Г.В., Долженко В.И. Исследование эффективности фунгицидов для защиты зерновых культур от фузариоза колоса // Докл. РАСХН. 2012. № 4. С. 13–16.
32. Grisechekina L.D., Dolzhenko V.I. Effective fungicides for cereal crop protection against toxicogenic fungi causing *Fusarium* head blight // Fungicides classification, role in disease management and toxicity effects. Nova, 2013. P. 105–112.
33. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И. Эффективность и экологическая безопасность современных фунгицидов для защиты зерновых культур // Агрохимия. 2013. № 12. С. 28–33.
34. Crummett D. New fungicide is developed to take down rhizoctonia 2011. www.farmpgress. Com – september.
35. Zeun R., Scallied G., Oostendorp M. Biological activity of sedaxane – a novel broad-spectrum fungicide of seed treatment // Pest Manag Sci. 2013. V. 69. P. 527–534.
36. Гришечкина Л.Д., Силаев А.И. Карбоксамиды – эффективные средства борьбы с комплексом болезней зерновых культур // Земледелие. 2017. № 2. С. 43–46.
37. Герасимова А.В., Зенкевич С.В., Лысов А.К., Патрикеева М.В., Сухорученко Г.И. Интегрированная защита картофеля // Защита и карантин растений. 2006. № 7. С. 44–47.
38. Герасимова А.В., Долженко О.В., Гришечкина Л.Д., Сухорученко Г.И. Перспективный и экономичный прием использования инсектофунгицида Престиж, КС для защиты картофеля от комплекса болезней и вредителей в Северо-Западном регионе // Прогрессивные технологии применения средств защиты растений с целью управления и ликвидации вредных организмов, вызывающих чрезвычайные ситуации. СПб., 2010. С. 3–14.
39. Герасимова А.В., Гришечкина Л.Д., Долженко О.В., Сухорученко Г.И., Силаев А.И., Новичков О.Ю. Результативность использования инсектофунгицида Престиж в системе защиты картофеля от комплекса вредных организмов // Мат-лы 5-го Международ. научн.-практ. конф. “Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов”. Краснодар, 2011. С. 254–257.
40. Долженко О.В., Иванова Г.П., Белых Е.Б. Эффективная технология применения препарата Престиж, КС для защиты картофеля от комплекса вредителей в Северо-Западном регионе // Прогрессивные технологии применения химических средств защиты растений с целью упреждения и ликвидации вредных организмов. СПб., 2008. С. 3–8.
41. Сухорученко Г.И., Долженко В.И., Васильева Т.И., Иванова Г.П., Зенькевич С.В., Белых Е.Б., Гончаров Н.Р. Эффективные ресурсосберегающие технологии применения препаратов тиаметоксама в борьбе с комплексом вредителей картофеля // Там же. С. 25–33.
42. Гришечкина Л.Д., Герасимова А.В., Милютенкова Т.И., Долженко В.И. Новые препараты для интегрированных систем защиты картофеля от болезней в России // Мат-лы Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 40-летию со дня организации РУП “Институт защиты растений”. Минск, 2011. С. 72–75.
43. Гришечкина Л.Д., Буркова Л.А., Ишкова Т.И., Хилевский В.А. Сценарий Комби для предпосевной обработки семян зерновых культур // Защита и карантин раст. 2013. № 2. С. 28–29.
44. Гришечкина Л.Д., Ишкова Т.И., Долженко В.И., Силаев А.И. Селест Топ – новый препарат для защиты озимой пшеницы от фитопатогенов и фитофагов // Мат-лы VI Международ. научн.-практ. конф. “Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов”. Краснодар, 2013. С. 60–62.
45. Ишкова Т.И., Гришечкина Л.Д., Иванов С.Г., Буркова Л.А., Силаев А.И., Кузьмина О.К. Комбинированная защита всходов рапса от вредителей и болезней // Мат-лы 5-го Международ. конф. “Агротехнический метод защиты растений”. Краснодар, 2011. С. 263–267.
46. Буркова Л.А., Белых Е.Б., Силаев А.И., Коренюк Е.Ф., Хилевский В.А., Долженко В.И. Обработка семян зерновых культур – эффективный способ борьбы с вредителями всходов // Мат-лы Международ. научн.-практ. конф. “Защита растений в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Новосибирск, 2013. С. 64–67.
47. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Силаев А.И. Биологические препараты для защиты зерновых культур от корневых гнилей // Мат-лы докл. Международ. научн.-практ. конф. “Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем”. Краснодар, 2008. Вып. 5. С. 221–224.
48. Злотников А.К. Биопрепарат Альбит для повышения урожая и защиты сельскохозяйственных культур / Под ред. Мелькумовой Е.А. Подольск, 2006. 326 с.
49. Гришечкина Л.Д., Коренюк Е.Ф., Милютенкова Т.И., Силаев А.И. Микробиологические препараты на основе *Bacillus subtilis* для защиты сельскохозяйственных культур от болезней // Мат-лы Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 50-летию ВНИИБЗР “Биологическая защита растений, как основа экологического земледелия и фитосанитарной стабилизации агроэкосистем”. Краснодар, 2010. С. 407–409.
50. Гришечкина Л.Д. Эффективность биорациональных препаратов на основе растительных терпеноидов в борьбе с болезнями зерновых культур // Мат-лы Международ. научн.-практ. конф. “Инновационные технологии применения биологических средств защиты растений в производстве органической сельскохозяйственной продукции”. Краснодар, 2014. С. 227–231.
51. Долженко В.И., Гришечкина Л.Д. Экологическое обоснование защиты яблони от парши и других болезней // Мат-лы Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 30-летию БелНИИЗР “Защита растений на рубеже XXI века”. Минск, 2000. С. 187–190.
52. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Милютенкова Т.И., Боровикова Н.А. Экологическая и экономическая целесообразность защиты яблони от парши // Сб. научн. тр. Северо-Кавказского зо-

- нального НИИ садоводства и виноградарства. Краснодар, 2001. Ч. 1. С. 273–277.
53. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Милютенкова Т.И. Современные фунгициды для защиты сада // Плодоводство и ягодоводство. 2012. Т. 30. С. 408–422.
  54. Долженко В.И. Фитосанитарные технологии возделывания зерновых культур // Мат-лы 4-й Международ. научн.-практ. конф. “Агротехнический метод защиты растений от вредных микроорганизмов”. Краснодар, 2007. С. 13–15.
  55. Санин С.С. Адаптивные интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от болезней при интенсивном растениеводстве // Сб. тр. “50 лет на страже продовольственной безопасности страны”. Б. Вяземы, 2008. С. 602–624.
  56. Санин С.С. Фитосанитарная экспертиза – основа рациональной и экологически обоснованной защиты растений // Мат-лы 3-го Всерос. съезда по защите растений “Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем”. СПб., 2013. Т. 1. С. 272–274.
  57. Павлюшин В.А., Новожилов К.В., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И. Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем // Там же. С. 150–158.
  58. Долженко В.И., Иванова Г.П., Буркова Л.А., Белых Е.Б. Экологически малоопасные технологии применения неоникотиноидных инсектицидов на овощных культурах // Мат-лы II Всерос. съезда по защите растений “Фитосанитарное оздоровление экосистем”. СПб., 2005. Т. 2. С. 93–95.
  59. Асякин Б.П., Иванова Г.П., Белых Е.Б., Раздобурдин В.А., Гришечкина Л.Д., Фоминых Т.С., Красавина Л.П., Новикова И.И., Гуськова Л.А. Биологическая система защиты овощных культур в теплицах с приемами управления деятельностью вредных и полезных организмов. СПб.: ВИЗР, 2010. 54 с.
  60. Гришечкина Л.Д. Современный ассортимент фунгицидов для защиты сельскохозяйственных культур от болезней // Тез. семинара “Современные средства и технологии защиты основных с/х культур от вредителей, болезней и сорной растительности”. С.-Петербургский химический форум. СПб., 2010. С. 44–45.
  61. Гришечкина Л.Д. Проблемы защиты овощных культур от болезней в теплицах // Защита и карантин раст. 2011. № 2. С. 16–18.
  62. Иванова Г.П., Асякин Б.П., Белых Е.Б., Раздобурдин В.А., Гришечкина Л.Д., Фоминых Т.С., Красавина Л.П., Новикова И.И. Технология управления численностью вредных организмов овощных культур тепличных агроценозов на основе интеграции методов и средств защиты растений. Метод. рекоменд. М.: Росинформагротех, 2011. 204 с.
  63. Лысов А.К., Волгарев С.А. Прогрессивные технологии опрыскивания проходят проверку // Защита и карантин раст. 2014. № 7. С. 35.
  64. Лысов А.К. Повышение эффективности осаждения капель диспергируемой рабочей жидкости при использовании вращающихся дисковых распылителей, перфорированных или сетчатых барабанов // Вестн. защиты раст. 2016. № 4 (60). С. 61–65.
  65. Лысов А.К., Корнилов Т.В. Совершенствование технологий применения средств защиты растений методом опрыскивания // Вестн. защиты раст. 2017. № 2 (92). С. 50–53.
  66. Steffek R., Reizenzein H., Persen U. Tree-row-volume – a new way for the registration of crop protection agents in orchards // Results of 3-year field trials in Austrian apple orchards. Pflanzen schutzdienst der Lander. Deutsche phytomedizinische gesellschaft. Germany, 1998. V. 51. P. 212.
  67. Halley S., Pedersen M., McMullen M., Lucach J. Sprayer modification for enhanced control of *Fusarium* Head Blight with fungicides // National Fusarium Head Blight Forum. (Best Western Ramkota in Sioux Falls, South Dakota, USA). 1999. P. 51–52.

## Development of Research on the Formation of Modern Assortment of Fungicides

L. D. Grishechkina<sup>a, #</sup>, V. I. Dolzhenko<sup>a</sup>, O. V. Kungurtseva<sup>a</sup>,  
T. I. Ishkova<sup>a</sup>, and S. D. Zdrozhevskaya<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Russian Research Institute of Plant Protection, LLC “Innovative Center for Plant Protection”  
shosse Podbelskogo 3, Saint Petersburg–Pushkin-8 196608, Russia

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

The main stages of formation of the assortment of fungicides, starting with active substances and the composition of preparative forms, are shown. The number of combined drugs increased, which significantly expanded the range of suppressed pests, reduced the likelihood of resistance formation, and reduced the pesticide pressure. The range of fungicides has become 1.4 times less dangerous for humans and warm-blooded animals in comparison with the range of 1990: the toxic load on agrobiocenosis has been reduced by 4.5 times and the average rate of application by 3.6 times. The number of pathogens increased from 39 to 75, the number of drugs – 2.3 times and the number of preparative forms – 3 times.

*Key words:* assortment of fungicides, plant diseases, efficiency, environmental safety.