

технологии возделывания: отмечена роль хищных и паразитических агентов биоты в подавлении фитофагов; показана эффективность использования биопрепаратов на основе микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности (метаболитов) для защиты сои от вредителей и болезней; отражена роль биозащиты сои от наиболее злостных сорняков с использованием фитофагов, микогербицидов, физиологических и физических методов их подавления.

About the biological protection of soybean agrophytocenoses against noxious organisms. Baranov V.F., Makhonin V.L.

The article provides the review of scientific publications on bio-protection of soybean agrophytocenoses against noxious organisms: phytophages, phytopathogens and weeds. On the basis of this review were given the ways, methods and means of transition to ecologically-safe technology of cultivation: the role of predatory and parasitic pathogens of biota in phytophages' suppressing is noted; the efficiency of usage of biological preparations on the basis of microorganisms and their metabolic products (metabolites) for soybean protection against pests and diseases is shown; the role of bio-protection against the most persistent weeds using phytophages, mycoherbicides, physiological and physical methods of their suppressing is reflected.

Ключевые слова: соя, агрофитоценоз, фитофаги, фитопатогены, сорняки, биозащита, биоинсектоакарициды, биофунгициды, микогербициды, метаболиты, физические методы, фитосанитария, мониторинг

УДК 633.853.52:631

«Соприкосновение с природой есть самое последнее слово всякого прогресса, науки, рассудка, здравого смысла, вкуса и отличной манеры»

Ф.М. Достоевский

Обзорные статьи

О БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ СОИ ОТ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ

В.Ф. Баранов,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В.Л. Махонин,

кандидат сельскохозяйственных наук

ГНУ ВНИИМК Россельхозакадемии

350038, г. Краснодар, ул. Филатова, д. 17

Тел.: (861) 254 24 14

E-mail: vniimk-soyagro@yandex.ru

Представлен обзор научных публикаций по биозащите агрофитоценозов сои от вредных организмов – фитофагов, фитопатогенов и сорняков, на основании которого освещены пути, способы и средства перехода на экологически безопасную

XXI век намечен стать прорывным в агробиологии, в том числе и биозащите. Академик К.В. Новожилов, характеризуя современное состояние агросектора, стратегически ёмко сформулировал задачу на перспективу: «Устойчивое развитие земледелия, растениеводства и непосредственно связанной с ними защиты растений определяется такими критериями, как экологическая безопасность, экономиче-

ская эффективность, высокая продуктивность и социальная гармония» [1].

При чрезмерном увеличении объемов применяемых химических средств защиты растений от вредных макро- и микроорганизмов усложнилась экологическая ситуация в агроландшафтах из-за нарушения природных процессов гармоничного сосуществования представителей естественной биоты. Не только возрастание объемов химизации, но и способность вредных организмов вырабатывать резистентность к массово применяемым пестицидам обострили проблему сохранения экологической безопасности агроэкосистем. Поэтому актуализировался вопрос биологизации защиты растений.

Отечественная аграрная наука вносит большую лепту в это важное направление исследований. В последние десятилетия достигнуты заметные успехи по теоретическому обоснованию путей биологизации земледелия и разработке эффективных биопрепаратов для практического использования. Большой вклад в это важное дело вносят ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ) [2], Всероссийский институт защиты растений (ВИЗР) [3; 4], Всероссийский НИИ биологических средств защиты растений (ВНИИБСЗР) [5; 6; 7], Новосибирский ГАУ, Кемеровский ГСХИ, Дальневосточный научный центр [8; 9; 10; 11]. Здесь биометод защиты растений развивается как приоритетное перспективное направление аграрной науки в целях сохранения здоровья людей и природной среды для будущих поколений.

Значительный вклад в это важное направление агрономических исследований внёс и продолжает вносить ВНИИМК. Здесь исследования по биометоду на масличных культурах были начаты в 1975 г. в условиях селекционных теплиц, а с 1981 г. – в открытом грунте. Учитывая большую значимость и перспективность таких научно-исследовательских работ, в 1993 г. в институте была создана лаборатория биометода, которую успешно возглавляет

с самого начала её образования известный учёный-микробиолог Л.В. Маслиенко. За 30-летний период исследований были изучены механизмы взаимодействия микроорганизмов в системе патоген-антагонист; разработаны методики отбора новых более активных штаммов грибов и бактерий-антагонистов фитопатогенов и фитофагов сои; на основе скрининга создана уникальная коллекция штаммов продуцентов микро-биопрепаратов с использованием грибов родов *Penicillium*, *Chaetomium* и др., а также бактерий из родов *Bacillus* и *Pseudomonas*. Созданы эффективные биопрепараты полифункционального действия: Вермикулен, Хетомин, Бациллин, Веррукозин и Фуникулозум, обладающие высокой антогонистической активностью к комплексу патогенов. На разработанные препараты получен ряд авторских свидетельств и патентов на изобретения [12; 13; 14], а препарат Вермикулен был внесён в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации.

В представляемом нами обзоре по биозащите агрофитоценозов от вредных организмов освещаются пути, способы и средства перехода на экологически безопасную технологию возделывания сои; дополнительного к агротехническим мероприятиям применения биологических и физических средств и препаратов для ингибирования фитофагов, фитопатогенов и сорняков: биоинсектоакарицидов, биофунгицидов, микогербицидов, электричества, лазера и других, безвредных для окружающей среды приёмов. Такой целеенаправленный агробиокомплекс защиты сои от вредных организмов позволяет не только сохранить урожай, но и избежать пагубного последствия пестицидов на окружающую среду и здоровье людей.

Соя, являясь средообразующей культурой, способна облагораживать санитарную обстановку в полевых, кормовых, овощных и рисовых севооборотах. Эта

культура, как резерват полезной биоты, выполняет функцию стабилизатора биоразнообразия всей агроэкосистемы. Она слабо поражается проволочниками (*Elateridae*), тлями (*Aphidoidea*), трипсами (*Thysanoptera*), довольно устойчива к амбарным вредителям, вынослива к ряду грибных, бактериальных и вирусных патогенов. Но в то же время ущерб её урожайности могут наносить десятки вредных организмов: фитофаги различных семейств, фитопатогены грибной, бактериальной и вирусной природы, сорные растения, особенно многолетние корневищные и корнеотпрысковые.

О необходимости биологизации возделывания сои мы говорили ещё в 1989 г. на Всесоюзном координационном совещании по сое, проходившем во ВНИИ сои (г. Благовещенск), где подчёркивалась актуальность, наряду с совершенствованием защитных функций агрофитоценозов, создания сортов с комплексным иммунитетом, применения на посевах энтомофагов, биоинсектицидов, биофунгицидов и микогербицидов как безвредных для природной среды препаратов [15].

В профилактике поражения посевов вредными организмами особо значим мониторинг их появления и распространения, позволяющий своевременно провести защитные мероприятия с наименьшими затратами и не приносящий существенного вреда полезным видам. Сохранение гармоничного соотношения полезных и вредных организмов, при котором исключается ущерб урожайности культурных растений, является главной задачей биологической защиты агрофитоценозов.

При изучении энтомофауны посевов сои в Краснодарском крае О.М. Шабалта отметила наличие 53 видов фитофагов, повреждающих её, и 35 видов энтомофагов – вредителей сои [16]. Самыми распространёнными фитофагами сои здесь являются чешуекрылые или бабочки (*Lepidoptera*), а к наиболее вредоносным из них относятся луговой мотылёк

(*Loxostege sticticalis* L.), акациевая огнёвка (*Etiella zincenella* Tr.), хлопковая и люцерновая совки (*Heliothis armigera* Hbn. и *H. dipsacea* L.), репейница (*Vanessa cardui*). Распространён на Северном Кавказе опасный вредитель сои – обыкновенный паутинный клещ (*Tetranychus urticae* Koch). В то же время на сое встречаются энтомофаги этих вредителей: божья коровка (*Coccinellidae*), точечный стеторус (*Stethorus punctillum* Ws.), тахины (*Tachinidae*) и жуки-жужелицы (*Carabidae*), питающиеся гусеницами. Хищный полосатый трипс (*Aelothrips mediatum*) и обыкновенная златоглазка (*Chrysoperla carnea*), встречающиеся в посевах сои, являются активными истребителями паутинного клеща и тлей.

Учёными ВНИИ биологических средств защиты растений отмечено в посевах сои 600–700 видов паразитических перепончатокрылых насекомых (*Hymenoptera*) и 29 видов хищников, активное использование лучших видов которых позволяет предотвратить вред от фитофагов [5].

Для защиты посевов сельскохозяйственных культур от чешуекрылых вредителей широко использовался метод расселения яйцеда трихограммы (*Trichogramma evanescens*). Он испытан на сое в опытах Кавминводского опорного пункта ВНИИБСЗР [17; 18]. Авторы (В.Г. Коваленков, Н.М. Тюрина, С.В. Казадаева) рекомендуют осуществлять выпуск трихограммы по 60 тыс. особей на 1 га в период откладывания яиц совками, 2–3 раза с интервалом 5–7 дней. Для защиты сои от акациевой огнёвки и надземных совков здесь был испытан также габробракон (*Habrobracon Ashm.*) с нормой 5 тыс. особей/га профилактическим расселением в заросли белой и жёлтой акации в лесополосах до миграции огнёвки на посевы, 2–3-кратно через 7 дней, а против совков – в дозе 2 тыс. особей/га расселением на посевы при появлении гусениц средних и старших возрастов каждого поколения, 2-кратно с интервалом 10 дней. Это позволило в производственных опытах за-

щитить посевы сои от этих злостных вредителей, достигнув биологической эффективности от применения трихограммы 51–62 % против совок и от габробракона – 68–87 % против акациевой огнёвки.

Исследованиями Е.В. Литвиненко в Краснодарском крае установлена высокая биологическая эффективность на сое эктопаразита *Habrobracon hebetor* Say против акациевой огнёвки, энтомопатогенных нематод рода *Steinernema* против гусениц хлопковой совки и хищника *Amblyseius* против паутинного клеща [19]. В лабораторных и полевых опытах здесь отмечена биоэффективность нематод 63–86 % в подавлении гусениц совки. Была также установлена довольно высокая биологическая эффективность (64–92 %) против паутинного клеща низкотоксичных для теплокровных конкрета и масла табака, гринделии и экстракта азалии.

Особый интерес представляют исследования микробиологических средств защиты сельскохозяйственных культур от вредных насекомых. Как отмечает в обзорном анализе Р.Н. Хлопцева [20], наибольшее распространение как в нашей стране, так и за рубежом получили биопрепараты на основе бактерий *Bacillus thuringiensis*, которые легко культивируются на искусственных средах и обладают высокой агрессивностью против распространённых вредителей.

Из вирусов наиболее патогенными для вредителей оказались бакуловирусы (*Baculoviridae*), к которым относятся изученные и распространённые вирусы ядерного полиэдрома и гранулёза. Из известных науке 300 видов бакуловирусов в промышленном производстве для биоинсектицидов используются только 10, а испытаны – 50. Работы в этом направлении проводятся в США, Великобритании, Германии и в России.

В настоящее время известны также более 500 видов энтомопатогенных грибов, поражающих вредных насекомых, из которых 10 получили применение в биопрепаратах. Но изготовление грибных

инсектицидов затруднительно из-за высоких требований микофагов к питательной среде, влажности и температуре воздуха.

В Георгиевском районе Ставропольского края сотрудниками Кавминводского опорного пункта ВНИИБСЗР на посевах сои был испытан бактериальный инсектоакарицид Битоксиациллин, показавший высокую (64–90 %) эффективность в защите сои от паутинного клеща (опрыскиванием посевов по 3 л/га при заселении вредителем 10 % растений) и против лугового мотылька (65–87 %) (при опрыскивании посевов по 5 л/га в период массового отрождения гусениц каждого поколения, 2-кратно с интервалом 8–10 дней) [18].

В опытах Дальневосточного ГАУ высокую эффективность в защите сои от соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glizines*) обеспечил биопрепарат Хитозан при обработке его 0,2 % раствором семян перед посевом. Здесь за 3 года применения этого препарата популяция нематод уменьшилась в 3 раза (до безвредного уровня), а урожайность семян сои возросла по сравнению с контрольным вариантом в 2,2 раза [21].

И.А. Тихонович и Н.А. Проворов (ВНИИСХМ), обобщив и систематизировав отечественные и зарубежные достижения по микробиологическим средствам оптимизации фитосанитарного состояния агрофитоценозов, считают весьма значимым в биозащите культурных растений от вредителей использование микоризных симбионтов и эндофитов грибной и бактериальной биоты почвы [22].

Что касается перспектив дальнейшего поиска эффективных микробиоинсектоакарицидов, то здесь открывается широкий простор в нахождении природных, адаптивных к экстремальным условиям видов грибов, бактерий и вирусов, а также в создании на нанотехнологическом генно-инженерном уровнях новых более патогенных микроорганизмов и безопасных средств, надёжно обеспечивающих защи-

ту агрофитоценозов от вредоносных фитофагов [23].

Значительный ущерб посевам сои могут наносить различные фитопатогены: грибные, бактериальные и вирусные. Наиболее вредоносны из них грибные болезни. Среди обнаруженных на Северном Кавказе более 100 видов грибов, как отмечает Д.В. Подкина [24], наиболее распространены 12: фузариоз всходов, корневая гниль и фузариозное увядание (возбудителями являются грибы из рода *Fusarium*), альтернариоз (*Alternaria alternata*), антракноз (*Colletotrichum truncatum*), гниль белая (*Sclerotinia sclerotiorum*), гниль серая (*Botrytis cinerea*), гниль пепельная (*Macrophomina phaseolina*), ожёг бобов и стеблей – фомопсис (*Diaporthe phaseolorum*), пероноспороз – ЛМП (*Peronospora manchurica*), пурпурный церкоспороз (*Cercospora kikuchii*), пятнистость ржавая – септориоз (*Septoria glycines*), рак стебля (*Diaporthe phaseolorum*).

Из бактериальных болезней на юге России распространены бактериальная угловатая пятнистость, или бактериальный ожог (*Pseudomonas syringae*), бактериальное увядание – вилт (*Pseudomonas solanacearum*), пустульный бактериоз (*Xanthomonas campestris*), семядольная форма бактериоза (*Pseudomonas syringae*).

Вирусные болезни сои встречаются во всех соесеющих зонах возделывания этой культуры. На её посевах обнаружены около 30 вирусов, о чём свидетельствует О.А. Лавриченко [25]. Наиболее распространённый в Краснодарском крае – вирус мозаики сои (*Soja virus*), способный снизить урожайность сои на 24–43 % на юге РФ и до 78 % – на Дальнем Востоке. Может поражать эту культуру и ряд других вирусов: жёлтой мозаики фасоли (*Phaseolus virus*), кольцевой пятнистости табака (*Nicotiana virus*), задержки роста (*Soybean sfun virus*), мозаики люцерны (*Medicago virus*).

В Дальневосточном и Сибирском регионах России, характеризующихся оби-

лием осадков, распространены на сое фузариозные и бактериальные корневые гнили, пероноспороз, септориоз, церкоспороз, угловая бактериальная пятнистость и вирус мозаики сои. В.И. Заостровных и Л.К. Дубовицкая в своей монографической работе по фитосанитарии посевов сои [26] свидетельствуют о высокой ($r = 0,98$) зависимости зерновой продуктивности этой культуры от степени развития корневых гнилей, снижающих здесь урожайность зерна сои почти на половину. Это лишний раз подтверждает особую значимость для сохранения урожайности сои обеспечения надёжной защиты её посевов от фитопатогенов.

Наиболее распространённым и радикальным способом защиты посевов сои от почвообитающих патогенных микроорганизмов является предпосевная обработка семян химическими или биологическими препаратами. Появилось значительное количество публикаций по успешному применению на сое биофунгицидов. Так, исследованиями Е.В. Демьяненко установлена надёжность применения биологического иммунизатора Строма при обработке им семян перед посевом в дозе 1 кг/т, обеспечившего близкие результаты с химическим протравителем Фундазолом (3 кг/т) как по ингибированию фузариоза (в 7–8 раз), так и по уровню урожайности сои, возросшей в 2,5–3,0 раза (с 0,8 до 2,1–2,4 т/га) [27].

Лабораторией биометода ВНИИМК (Л.В. Маслиенко, Д.А. Курилова) в результате проведённого скрининга были выявлены перспективные штаммы фитопатогенов, подавляющие фузариоз. Выделены наиболее эффективные на сое штамм 14-3 *Pseudomonas chlororaphis* (препаративная форма ЖК – жидкая культура, титр $5,7 \times 10^{12}$ КОЕ/мл, норма расхода 2 л/т) и штамм ХК-1 гриба *Cheetomium olivaceum* (препаративная форма ВС – водная суспензия, титр $6,3 \times 10^7$ КОЕ/мл, норма расхода 3 л/т). Испытание их в полевых условиях на рисовых чеках в ООО «Кубрис» Красноармейско-

го района и в степной зоне края на Армавирской опытной станции ВНИИМК показало близкие результаты с химическими протравителями, как по подавлению фузариозной инфекции, так и по величине полученного урожая сои [28; 29]. Здесь от применения биопрепарата ХК-1 полевая всхожесть семян возрастала в 1,5 раза (с 49–52 % до 74–75 %), а урожайность семян сои была выше контроля: на 12 % в рисовом севообороте и на 10 % – на Армавирской опытной станции.

В опытах польских исследователей при предпосевной обработке семян сои сорта Polen высокую эффективность в защите сои от почвенной патогенной грибной биоты показал биопрепарат Хитозан [30].

В Сибирском НИИ земледелия и химизации получена смесь штаммов бактерий *Pseudomonas*, обладающая высокой антагонистической активностью в отношении наиболее распространённых болезней сои: фузариозных и бактериальных гнилей. Установлено, что наряду с фитосанитарным эффектом, выражающимся в снижении развития этих болезней на сое, отмечается усиление азотфиксации и повышение продуктивности растений на 29–33 % по сравнению с контролем [31].

Испытаниями, проведенными в Кавминводском опорном пункте ВНИИБЗСР на посевах сои в Ставропольском крае в 1999–2004 гг., установлена высокая эффективность применения биопрепарата Планриза для предпосевной обработки семян в дозе 1 л/т, обеспечившего эффективность 86–93 % в защите сои от наиболее распространённых грибных и бактериальных фитопатогенов. Здесь испытаны и биопрепараты против аэрогенной инфекции возбудителей болезней (мучнистой росы, антракноза, пероноспороза, бактериоза, фузариоза) используемые для опрыскивания посевов: Псевдобактерин 2 в дозе 1,5 л/га и Бактофит – 3 л/га, в период вегетации при появлении первых признаков заболеваний, 2-кратно с интервалом 8–10 дней. При этом достигается эффективность в подав-

лении фитопатогенов 66–85 % от Псевдобактерина-2 и 70–92 % – от Бактофита [18].

Как отмечает М.В. Штерншис, биологическую защиту растений следует рассматривать в широком плане, включая сюда не только биоинсектоакарициды и биофунгициды, но и безвредные для человека и природы метаболиты (токсины и ферменты) жизнедеятельности микроорганизмов, эфирные масла, спирты и другие органические соединения природного происхождения [9]. В этом направлении интересный поиск был проведён в Тихоокеанском НИИ биоорганической химии Дальневосточного отделения РАН и Кемеровском СХИ, где установили высокую эффективность углеродсодержащих полимеров из морских водорослей олигосахаров и фукоидана, снизивших поражаемость всходов сои фузариозом и бактериозом в 1,5–2,0 раза, а вегетирующих растений в период цветения от аскохитоза, пероноспороза и септориоза – в 2,2–3,0 раза и повысивших урожайность сои на 0,29 т/га (13 %) в сравнении с контролем [29]. Этими веществами обрабатывали семена сои сорта СибНИИК-315 перед посевом в концентрации 60 % с добавлением 3 %-ного раствора натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы как плёнкообразователя.

Повышению толерантности к фитопатогенам могут способствовать и биологически активные вещества, ускоряющие процессы роста растений. Так, по сообщению О.В. Сырмолот, в испытаниях в Дальневосточном НИИ защиты растений, биопрепарат Экстрасол, созданный на основе ризосферных азотфиксирующих бактерий, не только стимулировал ростовые процессы, но и подавлял развитие фитопатогенных грибов и бактерий [33]. Этот препарат был испытан методом обработки семян и опрыскивания растений, и выявлено явное преимущество первого из них. Прибавка урожая сои от инокуляции Экстрасолом семян перед посевом в среднем за 2009–2010 гг. составила

0,5 т/га (29,4 %) у сорта Приморская 13 и 0,3 т/га (20,0 %) у сорта Приморская 69. Иммунологическая роль азотфиксирующих бактерий отмечалась и в работе Е.В. Казанцевой и Л.Ф. Ашмариной [31].

В условиях Дальнего Востока и Сибири испытывали на сое и ряд новых биологически активных препаратов. Из них наибольшую активность в защите посевов от грибных патогенов проявил ускоритель роста растений ДВ-47-4 при обработке им семян, снизивший поражаемость растений: септориозом – на 19,1 %, пероноспорозом – на 34,5, церкоспорозом – на 5,7 %, в условиях Приморского края. В Кемеровской области при предпосевной обработке семян этим биопрепаратом поражение всходов бактериозом снизилось в 2,3 раза, фузариозом – в 1,8 раза; в 3 раза уменьшилось поражение вегетирующих растений аскохитозом, пероноспорозом и септориозом; на 13–15 % увеличилась урожайность [11].

Эти данные, по свидетельству М.В. Шнерншис [9], подтверждают теоретические предпосылки М.С. Дудина о роли фитоактиваторов устойчивости растений (элиситоров), воздействующих не на вредный организм, а на метаболизм самого растения. С этой точки зрения к такому направлению можно отнести и индуцированную устойчивость растений к болезням как важное направление биологической защиты агрофитоценозов. В этом аспекте следует отметить и способность культурных растений противостоять поражению фитопатогенами при оптимизации условий их произрастания, в том числе и антропогенным воздействием. Замечено, что чем активнее протекают ростовые процессы и развитие растений, тем выше иммунитет их к заболеваниям. Ослабленные же растения из-за недостатка или избытка какого-либо фактора жизни, как правило, сильнее поражаются фитопатогенами. Особенно негативно на болезнеустойчивости растений сои сказывается избыток влаги и азота, недостаток фосфора, калия, бора,

молибдена. Поэтому соблюдение земельного закона оптимума при выполнении агроприёмов является первоосновой оздоровления агроценозов и важнейшей составляющей биологизации защиты растений.

В поддержании благоприятного фитосанитарного состояния агрофитоценозов сои большую значимость имеют и предшествующие ей культуры в севообороте. Так, в исследованиях Е.В. Демьяненко в Московской области яровой рапс подавлял развитие фузариоза на следующих за ним посевах сои, а повторное размещение её на одном поле приводило к распространению не только этого заболевания, но и вируса задержки роста [34]. Эти сведения подтверждают исключительную роль плодосменного севооборота для сои, способствующего облагораживанию фитосанитарного состояния посевов.

Соя, из-за медленного начального роста растений и их низкорослости, в сильной степени может поражаться сорняками, особенно высокорослыми, затеняющими её. К злостным вредоносным сорнякам на её посевах относятся повсеместно многолетние корнеотпрысковые: бодяк полевой, или осот розовый (*Cirsium arvense*), осот полевой, или жёлтый (*Sonchus arvensis*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*); корневищные: пырей ползучий (*Elytrigia repens*) в северных районах соеяния и гумай (*Sorghum halepense*) – в южных. Из однолетников особой распространённостью и вредоносностью отличаются поздние яровые сорняки: амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia*), канатник Теофраста (*Abutilon theophrasti*), паслён колючий (клювовидный) (*Solanum rostratum*), щирица запрокинутая, жминдолистная и белая (*Amaranthus retroflexus*, *A. blitoides* и *A. albus*), куриное просо – ежовник (*Echinochloa crus galli*), щетинники сизый и зелёный (*Setaria glauca* и *S. viridis*), дурнишник зобовидный, колючий и калифорнийский (*Xanthium strumarium*, *X. spinosum* и *X. californicum*).

В зависимости от характера и степени засорённости посевов сои ущерб её урожаю может составить от 2 до 52 %, о чём свидетельствуют результаты специальных полевых опытов ВНИИМК [35]. Экономический порог вредоносности (ЭПВ) сорняков составляет 3–5 шт. на 1 м² злаковых или 1–2 – двудольных. Наиболее вредоносны сорняки в первый период роста растений сои (до смыкания листьев в междурядьях). В интегрированной системе защиты сои от сорняков первостепенное значение имеют агротехнические мероприятия (севооборот, обработка почвы, удобрения), гербициды применяются только по ЭПВ, а биологические агенты и средства имеют локальное использование с учётом видового состава сорняков.

В специальном обзоре по методам борьбы с сорняками Л.И. Исаевой отмечено активное развитие исследований по биометодам защиты посевов от сорных растений в США, Канаде, Австралии и констатировано отставание в нашей стране [36]. Наряду с использованием фитофагов (клопы, трипсы, жесткокрылые, чешуекрылые и др.), расширен поиск фитопатогенных микроорганизмов (грибов, бактерий, вирусов) и продуктов их жизнедеятельности – метаболитов. Биологические методы борьбы с сорной растительностью, как экологически безопасные, успешно развиваются и в Китае [37].

В нашей стране масштабно было проведено испытание на Северном Кавказе интродуцированного из США амброзиевого полосатого листоеда (*Zygogramma suturalis*) и амброзиевой совки (*Tarachidia candefacta*) в борьбе с амброзией полыннолистной [38; 39]. Амброзиевый листоед был распространён в 23 районах Краснодарского края и Адыгеи и существенно сдерживал здесь этого злостного сорняка, однако из-за интенсивного использования гербицидов для уничтожения амброзии свободно живущие популяции листоедов большого распространения не получили.

А.О. Берестецкий (ВИЗР), анализируя состояние исследований в области биологической борьбы с сорными растениями, отметил перспективность поиска эффективных биогербицидов на основе фитопатогенных грибов [40]. Им освещены биологические свойства грибных патогенов (вирулентность, состав растений-хозяев, продуцирование токсинов), чувствительность к экологическим факторам и технологичность применения (производство и сохранение инокулюма, совместимость с технологиями возделывания сельскохозяйственных культур); рассмотрен подход к подбору патогенов для бодяка полевого – злостного сорного растения, широко распространённого в мире и трудно искоренимого механическими, агротехническими и химическими способами. Против этого сорняка уже успешно испытаны в Канаде биогербицид на основе гриба-патогена *Alternaria cirsi-naxia* [41], а в Италии – микогербицид на основе патогена *Stagonospora cirsi* Davis [42].

Е.Л. Гасич изучена микробиота вьюнка полевого на территории европейской части России и выделены микромицеты, перспективные для его подавления. Исследования вьюнка проведены в 12 областях Северо-Западного, Центрального и Южного федеральных округов, в том числе в Ростовской области, Краснодарском крае и Дагестане. Оценены 17 видов микромицетов, из которых шесть были наиболее агрессивными. Виды *Fusarium culmorum* и *F. semitectum* вызывали увядание растений с последующей 100 %-ной их гибелью. Для дальнейшего изучения были отобраны перспективные агенты подавления вьюнка полевого: *Septoria convoluli*, *S. longispora* и *S. calistegini* [43].

В Швейцарии создан эффективный биогербицид на основе патогенного гриба *Stagnospora convolvulus* LA-39, надёжно подавляющий растения вьюнка полевого и повоя заборного (*Calystegia sepium*) [44].

В США произведены и успешно испытаны на посевах сои микогербициды на основе патогенных грибов: *Alternaria crassa* против дурмана вонючего (*Datura stramonium*); *Fusarium lateritium* – против канатника Теофраста; *Alternaria cassia* – против кассии (*Cassia*); *Piccinia canaliculata* – против сыти (*Cyperus*). В этой стране налажено промышленное производство микогербицида Коллего для борьбы с сорняками в посевах сои и риса [36].

Кроме непосредственного использования живых спор патогенных грибов, в биогербицидах могут применяться и продукты их жизнедеятельности – токсины (метаболиты). В университетских лабораториях штата Монтана (США) идентифицирован и выделен продуцируемый грибом микотоксин, оказывающий негативное действие на свиной пальчатый (*Cynodon dactylon*), штата Северная Каролина – микотоксин, поражающий гумай [36].

В Украинском НИИ сельхозмикробиологии выделены токсины ризосферных стрептомицетов, обладающих гербицидным эффектом. Полученные метаболиты *Streptomyces hydroscopicus* № 6297 и 6293 вызывали увядание редьки дикой (*Raphanus raphanistrum* L.) и полную гибель вьюнка полевого, а № 10523 оказывал сильное фитотоксическое действие на осот розовый (бодяк полевой) [36].

А.О. Берестецкий считает перспективными для практического применения синтетические аналоги специфических микотоксинов макулозина-2 (продуцент *Alternaria alternate*) и биполартоксина (продуцент *Bipolaris cunodontis*). Многие микотоксины являются «универсальными», т.к. образуются из самых разных таксономических групп патогенов растений. Из них целесообразно отбирать наиболее эффективные и экологически безопасные для синтеза [45].

Представляет определённый интерес для подавления сорняков в агрофитоце-

нозах культурных растений также использование безвредных для окружающей среды природных органических веществ, ингибирующих сорные растения. В США исследованиями лаборатории университета штата Западная Вирджиния проведено испытание растительных эфирных масел тмина красного (*Vicatia atrosanguinea*), габера душистого (*Thymus serpyllum* L.), лимнантеса (*Limnanthes*) и кориандрника (*Cinnamomum*). Масла этих растений при концентрации 5–10 % и с добавкой 0,2 % (по объёму) адъювантов (смесь искожного сульфактанта и парафинового масла) приводили к гибели в течение 1–24 часов мари белой, амброзии полыннолистной и гумая в условиях вегетационного опыта. Сделан вывод о перспективности применения ряда растительных масел в качестве биогербицидов в системах органического земледелия [46].

Перспективным направлением в биологической защите посевов сельскохозяйственных культур является использование эффекта аллелопатии, т.е. способности растений выделять вещества, влияющие на рост окружающих растений. Подтверждением этому служат исследования, проведённые в штате Каролина (США). Здесь установлено ингибирующее действие на сорняки мульчи из растительных остатков пшеницы и ржи: рост растений мари белой был подавлен на 99 %, щирицы – на 96, амброзии – на 92 %. Выявлено, что ингибирующее действие соломенной мульчи связано с накоплением в почве токсичных веществ (феруловая, бета-фенилмолочная и бета-оксимасляная кислоты), ингибирующих прорастание и рост корней и всходов сорняков [36].

Разработку методов использования растительных токсинов в борьбе с сорняками и создание на их основе эффективных биогербицидов можно признать перспективным направлением в биозащите посевов от сорняков.

Оригинальные исследования проведе-

ны в университете штата Иллинойс (США) по изучению механизма фотосинтеза у разных растений. Установлено, что дельта-аминолинулиновая кислота (АЛА), образующаяся в процессе фотосинтеза, может на свету проявлять гербицидные свойства посредством саморазрушения растения под воздействием избытка образующихся тетрапироллов, формирующих высокоактивные радикалы кислорода, разрушающие клетки растения. На этом свойстве основано применение АЛА как биогербицида лазерного типа. Высокую чувствительность к нему проявили марь белая, щирица запрокинутая, горчица полевая, портулак, а высокую устойчивость показали пшеница, ячмень, овёс и кукуруза. Соя в фазе всходов не испытывала токсического воздействия АЛА, а в более поздние сроки отмечалась частичная гибель листьев, которая имела кратковременный характер без негативных последствий. Было установлено, что избирательность действия этого гербицида основана на способности растений вырабатывать различные группы тетрапироллов. У устойчивых растений тетрапироллы не принимают участия в реакциях образования свободных радикалов кислорода, разрушающих клетки. Отмечена необходимость дальнейшего изучения этого биогербицида, совершенно безвредного для окружающей среды, с целью возможности его производственного использования [36].

Перспективным профилактическим мероприятием в уничтожении сорняков является и использование метода соляризации, заключающегося в мульчировании почвы прозрачной полиэтиленовой плёнкой, что приводит к перегреву поверхности почвы и утрате всхожести семян сорных растений. Но этот метод применим пока только на доходных овощных культурах, а на полевых затраты на него не окупаются прибавкой урожая [36].

Возможно уничтожать сорняки в посевах сельхозкультур и с помощью воздействия на них физических факторов (электричества высокого напряжения, СВЧ, лазерного излучения). Во ВНИИ сои В.В. Цаун разработал и успешно испытал на сое электрический полотьник с напряжением 4,5 кВ, позволяющий уничтожать в междурядьях до 61 % сорняков без ущерба для культурных растений [47].

В заключение следует отметить многокомпонентность биологической системы защиты агрофитоценозов сои от вредных организмов. Биозащита включает комплекс агротехнических мероприятий как фундамент повышения культуры земледелия, что детально отражено в предыдущей нашей статье [48], и использование селекционно-генетических достижений по созданию сортов с комплексным и групповым иммунитетом к патогенным макро- и микроорганизмам [49], а также эффективное оздоровление посевов применением безвредных для окружающей среды и культурных растений биоинсектоакарицидов, биофунгицидов и микогербицидов. Схематично биологическая система защиты агрофитоценозов сои представлена на прилагаемом рисунке.

Научно обоснованное, применительно к конкретным экологическим условиям выращивания сои, использование намеченного в данной схеме агробиокомплекса защитных мероприятий: приёмов, методов, биопрепаратов, природных органических соединений, физических факторов и физиологических процессов (лазеризация, аллелопатия, соляризация и др.) позволяет поддерживать благоприятное фитосанитарное состояние агрофитоценозов без применения токсичных дорогостоящих пестицидов и на основе этого получать безвредную для здоровья людей, чистую (органическую) продукцию и сохранять природную среду для полезной биоты.

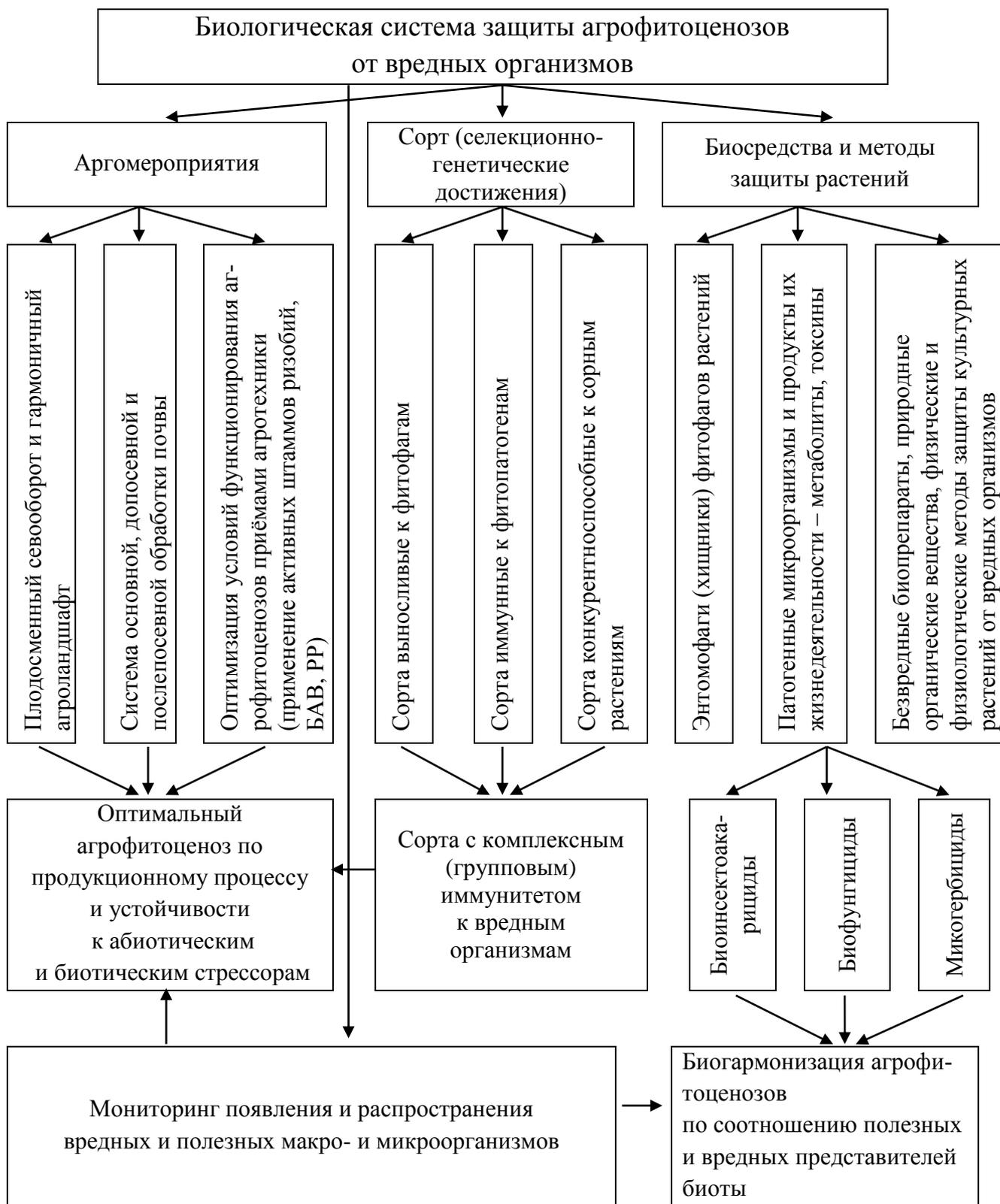


Рисунок – Схема биологической системы защиты агрофитоценозов сои от вредных организмов

Список литературы

1. *Новожилов К.В.* Некоторые направления экологизации защиты растений // Защита и карантин растений. – 2003. – № 8 – С. 14–17.
2. *Смирнов О.В.* Многоцелевое действие био-препаратов // Защита и карантин растений. – 2006. – № 2. – С. 20–21.
3. *Павлюшин В.А.* Научное обеспечение защиты растений и продовольственная безопасность России // Защита и карантин растений. – 2010. – № 2. – С. 11–15.
4. *Воронин К.Е., Сорокина А.П.* Научные исследования по биометоду в России // Защита и карантин растений. – 2002. – № 11. – С. 11–15.
5. *Надыкта В.Д., Исмаилов В.Я., Коваленков В.Г.* Биологическая борьба с вредителями: учёные предлагают, дело за внедрением // Защита и карантин растений. – 2007. – № 4. – С. 19–21.
6. *Надыкта В.Д.* За биологическим методом будущее // Защита и карантин растений. – 2005. – № 8. – С. 3–6.
7. *Исмаилов В.Я., Коваленков В.Г., Надыкта В.Д.* Биологический метод: прошлое, настоящее, будущее // Защита и карантин растений. – 2003. – № 3. – С. 13–16.
8. *Франк Р.И., Кищенко В.И.* Биопрепараты в современном земледелии // Защита и карантин растений. – 2008. – № 4. – С. 30–32.
9. *Штерншис М.В.* Роль и возможности биологической защиты растений // Защита и карантин растений. – 2006. – № 6. – С. 14–17.
10. *Чернышёв В.Б.* Возможности управления агроэкосистемой // Защита и карантин растений. – 2006. – № 8. – С. 20–21.
11. *Логачев В.В., Анисимов М.М., Золотарёва Е.В., Федотова О.В., Заостровных В.И., Трофимова Т.Ф., Ващенко А.П.* Новые биологически активные препараты // Защита и карантин растений. – 2010. – № 6. – С. 36–37.
12. *Тихонов О.И., Маслиенко Л.В.* Биометод перспективен // Масличные культуры. – 1984. – № 2. – С. 12–13.
13. *Маслиенко Л.В., Лавриченко О.А.* Биологический метод борьбы с болезнями подсолнечника // Сб.: Биосфера и человек. – Майкоп, 1997. – С. 27–29.
14. *Маслиенко Л.В.* Обоснование и разработка микробиологического метода борьбы с болезнями подсолнечника // Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Краснодар, 2005. – 48 с.
15. *Баранов В.Ф.* Разработка биологической технологии возделывания сои // Резервы повышения продуктивности сои: сб. науч. тр. СО ВАСХНИЛ. – 1990. – С. 75–80.
16. *Шабалта О.М.* Насекомые в посевах сои // Соя. Биология и технология возделывания / Под ред. Баранова В.Ф., Лукомца В.М. – Краснодар, 2005. – С. 333–363.
17. *Коваленков В.Г., Тюрина Н.М.* Опыт биологической защиты сои от вредителей и болезней // Агро XXI. – 2002. – № 2. – С. 4–5.
18. *Коваленков В.Г., Тюрина Н.М., Казадаева С.В.* Биологическая защита сои // Защита и карантин растений. – 2006. – № 4. – С. 36–39.
19. *Литвиненко Е.В.* Энтомоакароеценоз сои и совершенствование биологического метода контроля основных вредителей в условиях центральной зоны Краснодарского края // Автореф. дис. ... к. б. н. – Краснодар, 2003. – 23 с.
20. *Хлопцева Р.И.* Микробиологические средства защиты сельскохозяйственных культур от вредных насекомых. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1985. – 89 с.
21. *Кожушко И.Б., Крайцова Н.Н., Тихончук П.В.* Действие хитозана на соевую цистообразующую нематоду // Защита и карантин растений. – 2003. – № 3. – С. 29.
22. *Тихонович И.А., Проворов Н.А.* Симбиозы растений и микроорганизмов (молекулярная генетика агросистем будущего). – Изд-во Петербургского Университета, 2009. – 210 с.
23. *Захаренко В.А.* Тенденции развития нано-фитосанитарии в защите растений // Защита и карантин растений. – 2009. – № 5. – С. 13–17.
24. *Подкина Д.В.* Грибные и бактериальные болезни сои // Соя. Биология и технология возделывания / Под ред. Баранова В.Ф., Лукомца В.М. – Краснодар, 2005. – С. 286–322.
25. *Лавриченко О.А.* Вирусные болезни сои / Соя. Биология и технология возделывания // Под ред. Баранова В.Ф., Лукомца В.М. – Краснодар, 2005. – С. 322–333.
26. *Заостровных В.И., Дубовицкая Л.К.* Вредные организмы сои и системы фитосанитарной оптимизации её посевов. – Новосибирск, 2003. – 528 с.
27. *Демьяненко Е.В., Шкаликов В.А.* Сравнительное действие химических и биологических иммунизаторов как протравителей семян сои // Сб. докл. 3-й науч.-агрономической конф.ц. КФ МСХА. – Калуга, 1997. – С. 41–42.

28. Маслиенко Л.В., Курилова Д.А., Шипиевская Е.Ю., Махонин В.Л. Влияние микробиопрепаратов на основе перспективных штаммов антагонистов возбудителей фузариоза на культуру сои в полевых условиях // Масличные культуры: Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2011. – Вып. 2. – С. 145–148.
29. Маслиенко Л.В., Курилова Д.А. Разработка микробиологического метода снижения вредности фузариоза на сое // Масличные культуры: Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2012. – Вып. 2. – С. 167–175.
30. Pastucha Alina Wplyw zaprawiania nasion chitozanem na adrowinoce I plonowanie soi (Glycine max (L.) Merrill) // Biul. Inst. hod. i aklim. rosl. – 2001. – С. 287–295. (Пол., рез. англ.).
31. Казанцева Е.В., Ашмарина Л.Ф. Эффективность предпосевной обработки семян сои бактериями *Pseudomonas* и *Rhizobium* // Проблемы стабилизации и развития сельскохозяйственного производства Сибири, Монголии и Казахстана в XXI веке / Тезисы докл. междунауч.-практ. конф. – Новосибирск, 1999. – С. 61–62.
32. Заостровных В.И., Трофимова Т.Ф., Шевченко Н.М., Чайкина Е.Л., Звягинцева Т.Н., Анисимов М.М. Влияние углеводсодержащих биополимеров из морских водорослей на устойчивость сои к заболеваниям // Защита и карантин растений. – 2009. – № 12. – С. 24.
33. Сырмолот О.В. Экстрасол и продуктивность сои в Приморском крае // Земледелие. – 2013. – № 3. – С. 47–48.
34. Демьяненко Е.В. Устойчивость сои северного экотипа в зависимости от степени повреждения и поражения растений // Автореф. дис. ... канд. с.-х. н. – М., 2002. – 15 с.
35. Дряхлов А.И. Использование гербицидов для уничтожения сорняков на посевах сои // Соя. Биология и технология возделывания / Под ред. Баранова В.Ф., Лукомца В.М. – Краснодар, 2005. – С. 146–168.
36. Исаева Л.И. Использование разных методов в интегрированной борьбе с сорняками. – М.: ВНИИТЭПА, 1989. – 52 с.
37. Zhao Yu-hong, Li Zhong-ke // Hubei minzu xueyuan xuebau. Ziran kexue ban / J. Hubei Inst. Nat. Natur. Sci. – 2003. – 21. – № 2. – С. 30–33. (кит., рез. англ.).
38. Половинкина О.А., Ярошенко В.А., Морева Л.Я. Накопление карантинных сорняков на примере интродукции амброзиевого листоеда // Экология и охрана окружающей среды / Тезисы докл. 4-й междунауч. науч.-практ. конф. – Рязань, 1998. – С. 72–74.
39. Матишов С.Г., Есипенко Л.П., Ильина Л.П., Агресьева И.В. Биологические способы борьбы с амброзией в антропогенных фитоценозах на юге России. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2011. – 140 с.
40. Берестецкий А.О. Проблемы и достижения в области биологической борьбы с сорными растениями при помощи фитопатогенных грибов // Микология и фитопатология. – 2004. – 38. – № 5. – С. 1–14.
41. Bailey Karen Microbial weed control: An off-beat application of plant pathology // Can. J. Plant Pathol. – 2004. – 26. – № 3. – С. 239–244.
42. Evedente Antonio, Cimmino Alessio, Berestetskiiy Alexander, Andolf Anna, Motta Andrea Stagonolides G-1 and modiolide A, nonenolides by *Stagonospora cirsii*, a potencial mycoherbicide for *Cirsium arvense* // J. Natur. Prod. – 2008. – 71. – № 11. – С. 1897–1901.
43. Гасич Е.Л. Микобиота вьюнка полевого на территории Европейской части России и микромицеты, перспективные для его контроля // Микология и фитопатология. – 2001. – 35. – № 2. – С. 1–10.
44. Boss D. Schlapfer E. Fuchs J., Defago G., Maurhofer M. Improvement and application of the biocontrol fungus *Stagonospora convolvuli* LA 39 formulation for efficient control of *Calystegia sepium* and *Convolvulus arvensis* // J. Plant Diseases and Prot. – 2007. – 114. – № 5. – С. 232–238.
45. Берестецкий А.О. Токсины микроорганизмов и разработка экологически безопасных средств борьбы с сорными растениями // Микотоксины в экосистемах Санкт-Петербурга и Ленинградской области: сб. докл. междунауч. конф. – СПб, 2003. – С. 54–59.
46. Tworowski Thomas Herbicide effects of essential oils // Weed Sci. – 2002. – 50. – № 4. – С. 425–431.
47. Цаун В.В. Использование электрического тока для уничтожения сорняков в посевах сои // Резервы повышения продуктивности сои / Сб. науч. трудов СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1990. – С. 155–158.
48. Баранов В.Ф., Махонин В.Л. Агромероприятия как основа биологизации технологии возделывания сои // Масличные культуры: Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2013. – Вып. 1 (153–154). – С. 141–150.
49. Баранов В.Ф., Махонин В.Л. Экологическая роль сорта в агроценозах сои // Масличные культуры: Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2013. – Вып. 2 (155–156). – С. 154–162.