

УДК 632.95

БИОПЕСТИЦИДЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ (ДАЙДЖЕСТ ПУБЛИКАЦИЙ ЗА 2012–2017 гг.)

© 2019 г. С. Г. Жемчужин¹, Ю. Я. Спиридонов^{1,*}, Г. С. Босак¹

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии
143050 р.п. Большие Вяземы, Московская обл., ул. Институт, влад. 5, Россия*

*E-mail: spiridonov@vniif.ru

Поступила в редакцию 13.05.2019 г.

После доработки 31.05.2019 г.

Принята к публикации 08.08.2019 г.

Представлен обзор опубликованных в последнее время работ, освещающих различные аспекты проблемы биопестицидов.

Ключевые слова: биопестициды, изучение, перспективы применения.

DOI: 10.1134/S0002188119110140

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное применение пестицидов в сельском хозяйстве и других областях деятельности человека вступило в настоящее время в противоречие с глобальной проблемой защиты окружающей среды. Это вызывает острую необходимость поиска и применения вместо вредных сильнодействующих химических, как правило, синтетических средств защиты против вредителей, болезней и сорных растений соединений, препаратов, а также микроорганизмов, экологически приемлемых и не оказывающих вредного воздействия на человека и окружающую среду в целом. Наиболее пригодными для этих целей представляются биопестициды, основанные на природных материалах и продуктах их превращения.

В отечественной научной литературе имеется лишь один посвященный биопестицидам обзор, опубликованный в 2014 г. [1]. За прошедшее время в научном мире проведено большое число разноплановых исследований биопестицидов, что диктует необходимость провести анализ вновь появившихся в мировой научной литературе публикаций. Во вновь предлагаемом обзоре проведен мониторинг опубликованных в последнее время работ, освещающих различные аспекты проблемы биопестицидов. Биопестициды представляют собой непосредственно природные материалы (растительные масла, экстракты растений, бактерии и грибы) или разработанные на их основе препараты. Применение биопестицидов в корне отличается от традиционной биологиче-

ской защиты растений, использующей живые организмы (насекомых, клещей, нематод, бактерий), культивирование которых представляет определенные трудности и требует существенных затрат. Производство биопестицидов экономически более выгодно и более технологично, ибо имеется возможность приготовления удобных в применении препаративных форм.

Согласно направлениям применения биопестицидов, их можно подразделить на 3 основные группы: биоинсектициды и биоакарициды, биофунгициды и биогербициды.

БИОИНСЕКТИЦИДЫ И БИОАКАРИЦИДЫ

Наиболее часто для борьбы с вредителями сельхозкультур предлагают растительные субстанции – масла и экстракты. Растение *Leucas aspera* традиционно используют в Индии в качестве инсектицида. Методом гидродистилляции из надземных частей получено эффективное против вредителей инсектицидное масло [2]. Из эфирного масла растения *Ajania fruticalosa* выделены 12 составляющих с инсектицидной активностью, в том числе 1,8 цинеол,(+)-камфор и миртенол [3]. Установлено что настои ромашки аптечной, календулы лекарственной, перца жгучего и табака можно использовать против паутиного клеща и его яиц в тепличных условиях [4]. Изучена инсектицидная активность этанольных экстрактов из магнолии *Magnolia dealbata* по отношению к насекомым из семейства пестрокрылых [5]. Показано, что вторичные метаболиты бархатцев ин-

гибируют развитие гусениц и индуцируют смертность гусениц и куколок вредителя *Spodoptera frugiperda* [6]. Масло нима отдельно или в сочетании с энтомопатогенным грибом *Beauveria bassiana* применяли для защиты хлопчатника от вредителей [7]. Оценена *in vitro* и *in planta* нематоцидная активность экстрактов листьев черного перца [8]. Установлена инсектицидная активность эфирного масла пеперомии и его основных компонентов против дынной мухи [9]. Определены химический состав и токсичность по отношению к сигаретному жуку эфирного масла из корней *Alpinia blepharocalyx* [10]. Установлена инсектицидная антифидантная активность лимонидов из листьев растения *Soymida febrifuga* [11]. Из экстрактов органическими растворителями из сухих корневищ чемерицы выделены инсектицидные метаболиты, которые обладали активностью против имаго *Leptinotarsa decemlineata* (колорадского жука) [12]. Установлено, что экстракт петролейным эфиром корней *Atractilodes lancea* обладает инсектицидной и репеллентной активностью против имаго *Tribolium castaneum* [13]. Из красной водоросли *Chondria armata* выделено соединение, показавшее летальную активность против тараканов в дозе 5 нг/насекомое [14]. Выявлена инсектицидная активность эфирного масла надземных частей *Perilla frutescens* против амбарных вредителей [15]. Установлено, что рост и развитие совки малой ингибируются ингибитором химотриксина, выделенным из дикой пшеницы-двухзернянки [16]. Оценена инсектицидная активность и фунгитоксичность растительных экстрактов и компонентов хрена и чеснока [17]. Для борьбы с галловыми нематодами корневой системы бананов предложено использовать сухие порошки морских водорослей *Ulva lactuca*, *Jania rubens* и др. [18]. Для контроля галловой нематоды использовали измельченные корни кустарника *Ochradenas baccatus* внесением их в почву [19]. Показано, что растительные порошки *Azadirachta indica*, *Lantana camara* и *Tephrosia vogelii* обладают сильной репеллентной активностью против *Prostephanus fruncatus* в запасах зерна кукурузы [20]. В опытах гексановый экстракт листьев агавы вызывал 100%-ную смертность белокрылки, а этилацетатный экстракт – такую же смертность нематоды *Panagrellus redivivus* [21]. Оценивали смертность, скорость роста, скорость питания и эффективность усвоения пищи личинок и имаго колорадского жука после обработки эфирными маслами ряда растений в Иране [22]. Изучали активные против комара *Aedes aegypti* ларвицидные соединения из эфирного масла тэфрозии [23]. Из плодов тропического дерева *Aphanamixis grandifolia* выделено

5 новых терпеноидов, обладающих цитотоксичной и инсектицидной активностью [24].

Весьма обширны публикации по изысканию средств контроля вредителей на основе других биологических агентов.

Оценивали новые комбинации токсина *Bacillus thuringiensis* для борьбы с личинками чешуекрылых насекомых [25]. Для борьбы с листоверткой использовали энтомогенный гриб *Metarhizium anisoplia* [26]. Оценена эффективность таблеток *Streptomyces roseoflavus* в борьбе с корнеузелковой нематодой на огурце и влияние препарата на почвенные микроорганизмы [27]. Впервые установлено иммуносупрессивное и инсектицидное действие культуры энтомопатогенного гриба *Cordyceps militaris* на личинки колорадского жука [28]. Изучена эффективность борьбы с *Cydia pomonella* в садах с помощью *Bacillus thuringiensis* и вируса гранулеза [29]. Выявлена и подтверждена патогенность выращенного в биореакторе гриба *Aspergillus clavatus* по отношению к комарам *Culex quinquefasciatus* [30]. Опубликован мини-обзор по успешному применению энтопатогенных нематод для биологической борьбы с личинками *Diatrobra virgifera* в Европе [31]. Оценена эффективность коммерческого препарата *Bacillus thuringiensis* в борьбе с личинками звонцов на полях риса [32]. Выделен из почвы и охарактеризован штамм *Bacillus subtilis* НХ08. Выявлена хорошая инсектицидная активность штамма против *Helicoverpa armigera* [33]. Исследована и подтверждена патогенность метаболитов и конидий *Aspergillus clavatus*, продуцируемых в биореакторе, против комаров *Culex quinquefasciatus* [34]. Для борьбы с табачной белокрылкой рекомендована смесь энтомопатогенного гриба *Isaria fumososea* с 4-мя химическими инсектицидами [35]. Выделенная из морского грунта в Индии бактерия *Bacillus cereus* оказалась активной против 3-х видов комаров [36].

БИОФУНГИЦИДЫ

Скрининг литературных источников показывает, что исследователи и практики проявляют большой интерес также к фунгицидам биологического происхождения – биофунгицидам.

Доказано, что применение биофунгицида ви-тапла обеспечивает развитие здоровых растений, сохранение урожая льна и снижает пестицидную нагрузку [37]. Из уреазы канавалии мечевидной получен полипептид с фунгицидным действием [38]. Выделены и охарактеризованы почвенные виды *Streptomyces* как потенциальных агентов, подавляющих патогенные для растений грибы [39]. Из ферментированного бульона *Xenorhabdus bevi-*

enii SN269 выделен мадулицин II, эффективно ингибирующий рост мицелия грибов *Phytophthora capsici* и *Botrytis cinerea* [40]. Издана книга “Целлобиозолипиды: структура, распространение, фунгицидная активность”, в которой представлены сведения о внеклеточных гликолипидах, их структуре, путях биосинтеза и уникальной фунгицидной активности [41]. Обсуждался вопрос разработки микробиологических фунгицидных препаратов для условий Северо-Востока Европейской части РФ [42]. Из бактерии *Lysobacter capsici* выделен цитотоксин цикло (*L*-Pro-Tyr) с фунгицидной активностью против оомицетов *Phytophthora infestans* и *Plasmopara viticola* [43]. Показана перспектива использования микопаразитизма в сельскохозяйственной практике [44]. Выявлено, что метаболиты *Trichoderma asperellum* способны ингибировать фитопатогенные грибы *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* и др. [45]. Изучена фунгицидная активность штаммов ТНП-3 и ТНП-5 бактерий *Bacillus subtilis* по отношению к грибам родов *Aspergillus*, *Mucor*, *Candida*, *Fusarium* и показана перспектива использования для профилактики микотоксикозов в табунном коневодстве [46]. Для борьбы с пенициллезом на тюльпанах в защищенном грунте рекомендован фунгицид на основе фитобактериомицина [47]. Прослежена история борьбы с фитопатогенными грибами с использованием фунгицида на основе грибов [48]. Установлено, что применение биопрепаратов сдерживает распространение корневых гнилей огурца. Наиболее эффективны были глиокладин и макозар [49]. Рассмотрена возможность использования против фитопатогенного гриба *Fusarium solani* препарата на основе цианобактерии *Fisherella muscicola* в смеси с азидом натрия [50]. Из эндофитных бактерий *Bacillus subtilis* выделены липопептиды с фунгицидной активностью [51]. Выявлен фунгицидный потенциал гриба *Metarhizium anisopliae* как агента биоконтроля возбудителей болезней растений, таких как *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* и *Rhizoctonia solani* [52]. Предложен интегрированный метод борьбы с пузырчатой ожогом листьев чая с использованием биоагента *Ochrobactrum anthropi* strain ВМО-111, оксихлорида меди и гексаконазола [53]. Из *Streptomyces* sp. SN0280 выделены антимикробные метаболиты с фунгицидной активностью против *Phytophthora capsici* [54]. Изучена фунгицидная активность выделенных из растений алкалоидов стахидрина, эхинопсина и атинизиния хлорида против фитопатогенных *Fusarium incarnatum* и *Candida albicans* [55].

В научном мире сохраняется интерес к фунгицидам растительного происхождения. Оценена

фунгицидная активность эфирного масла из *Abies sibirica*, выращенной в Казахстане [56]. Впервые изучена фунгистатическая активность экстрактов из ряда дикорастущих растений Якутии по воздействию на патогенные грибы рода *Aspergillus*, в том числе на гриб *Aspergillus fumigatus* [57]. Установлено, что эфирные масла пальмарозы и тмина белого обеспечивают 100%-ное ингибирование антракноза манго [58]. Выяснено, что полисахарид из морских водорослей (препарат ульван) защищает культурные растения от 3-х патогенов антракноза [59]. Изучена возможность защиты яблони от *Colletotrichum gloeosporioides* с помощью препарата ульван [60]. Оценена возможность контроля патогенов цитрусовых с помощью экстрактов протеинов из клубней картофеля [61]. Приведены данные о биологической и хозяйственной эффективности бактерицидных препаратов фитофлавинов и фитоплазминов против бактериозов овощных культур [62]. Проведена оценка фунгицидной активности некоторых видов растений из Главного ботанического сада РАН [63]. Изучено сохранение биологической активности биопрепаратов фитоспорина-М, гуми-20 и боргума против грибных фитопатогенов для картофеля при хранении [64]. Обнаружена фумигантная активность эфирного масла из надземных частей эльсгольции реснитчатой против *Liposcelis bostrychophila* [65]. Исследована фунгицидная активность экстрактов погонатерума косматого против 20 фитопатогенных грибов, в том числе *Rhizoctonia solani* [66]. Для борьбы с грибами-патогенами, в частности *Aspergillus*, на плодах яблок предложена рецептура, содержащая бактерии *Streptomyces hydroscopius* [67]. Выявлена антибактериальная активность эфирных масел из чабера горного, тимьяна обыкновенного и душицы обыкновенной по отношению к возбудителю сосудистого бактериоза капусты [68]. Оценена эффективность растительного экстракта *Maleaya cordata* против ложной мучнистой росы огурца [69]. Проведен альтернативный контроль агента *Calara paradoxa*, вызывающего черную гниль ананаса, растительным экстрактом *Moormodica charantia* [70]. Изучен механизм токсичности и биоактивные компоненты экссудатов корней китайского лука-порея против поражающего бананы *Fusarium oxysporum* [71]. Предложен контроль патогенов цитрусовых экстрактами протеинов из клубней картофеля [72]. Установлено, что эфирные масла из растений *Hyptis marrubioides*, *Aloysia gratisima* и *Cordia verbenaceae* снижают развитие азиатской ржавчины сои [73]. Исследована активность препаратов *Bacillus subtilis*, *Ampelomyces luisqualis*, *Phoma glomerata*, экстрактов из семян

нима, масла коричневого дерева и экстракта листьев *Reynoutria* против *Podosphaera leucotricha*, вызывающей ржавую пятнистость персика [74]. Оценен потенциал ингибирующего действия эфирных масел из 6-ти видов лекарственных растений на естественную микрофлору и образование микотоксинов *Fusarium* в пшенице. Исследованные масла рекомендованы для обработки зерна пшеницы в хранилищах [75]. Осуществлен локальный и системный контроль мучнистой росы на эвкалипте с использованием эфирных масел и отваров традиционных бразильских лекарственных растений [76]. Установлено, что экстракты корней *Coleus forskochlii* ингибируют мицелиальный рост и споруляцию патогенного гриба *Alternaria solani* [77]. Проведена оценка антибактериальной активности суспензии, содержащей имбирь, черный перец, яблочный уксус, мед в отношении *Salmonella*, *Pseudomonas* и *E. coli* и ее применение для продления срока хранения шампиньонов [78]. Изучали влияние эфирного масла *Zataria multidlara* на гриб *Alternaria alternata*. Под действием масла происходил коллапс гиф и прекращалось развитие конидиеносцев [79]. Выявлено противогрибное действие экстракта юкки на патогены в семенах сорго [80]. Из эндофитного гриба *Epicoosum* sp. выделены 3 поликетиды, имеющих мощную антимикробную активность против фитопатогенных грибов какао [81]. Оценена активность *in vitro* 9 цианобактериальных и 10 микроводорослевых штаммов против 9 пищевых патогенов [82]. Изучена антигрибная активность порошков и экстрактов из 9 марокканских растений против возбудителя голубой плесени лимона *Penicillium italicum* [83]. Предложено использование эфирного масла эвкалипта против возбудителя ожога листьев таро *Phytophthora colocasiae* [84]. Тестирована антибактериальная активность экстрактов ламинарии японской против *Clavibacter michiganensis* [85]. Проведена антигрибная и ферментативная оценка неочищенных растительных экстрактов, выделенных из кориандра и розмарина, против склеротиниозной гнили моркови [86]. Оценивали активность *in vitro* и *in plant* ряда эфирных масел против патогена *Venturia inaequales* [87]. В условиях *in vitro* оценена активность метанольных и этанольных экстрактов чилийских растений *Ephedra Breana*, *Fabiana imbricate* и *Nolana sedifolia* против гриба *Botrytis cinerea* [88]. Предложен контроль антракноза плодов папайи с помощью 1%-ного раствора масла клещевины [89]. Проведен сравнительный анализ фунгицидной активности экстрактов семян черного тмина против фитопатогенного оомицета *Phytophthora intestans* [90]. Выявлен фунгицидный

потенциал энтомогенного гриба *Metarhizium anisopliae* как агента биоконтроля возбудителей болезней растений *Botrytis oinaria*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoetonia solani* и подавления пурпуровой пятнистости малины и септориоза смородины [91]. Изучена эффективность биофунгицида фитоспорин-М, Ж на яровой пшенице при прямом посеве [92]. Штамм В1619 *Bacillus amyloliquefaciens* показал хороший эффект при борьбе с болезнями овощей в теплицах. Разработаны рецептуры и технология приготовления диспергируемых в воде гранул биофунгицида [93]. Установлена антигрибная активность эфирного масла желтодревесника на *Fusarium sulfureum* и сухую гниль клубней картофеля [94]. Опубликована отечественная работа по оценке эффективности фунгицидного действия биоцидов на основе наночастиц серебра [95].

БИОГЕРБИЦИДЫ И РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ, БИОАНТИФУЛИНГИ

Изучена гербицидная активность феосфериды А, фитотоксичного метаболита гриба *Pharaphoma A*, sp. ВИЗР 1.46 в комбинации с 5-ю различными адьювантами. Экстракт твердофазной культуры гриба использован в биотестах на растениях *Cirsium arvense* [96]. Установлено, что обработка семян сорго водным экстрактом агавы улучшает здоровье семян и рост проростков [97]. Изучено влияние хвойного препарата на рост сеянцев сосны в условиях лесного питомника. Препарат рекомендован для применения в качестве эффективного стимулятора роста при выращивании посадочного материала хвойных пород [98]. Изучено влияние различных экстрактов листьев и почек растущего в Красноярском крае тополя бальзамического на рост и развитие яровой мягкой пшеницы сорта Омская 30 [99]. Предложен прототип био-препарата на основе штамма *Pseudomonas chlororaphis* VSK-26a3 для повышения урожайности зерновых и бобовых культур [100]. Оценена эффективность применения природного стимулятора – препарата взвра на основе экстрактивных веществ хвои пихты при возделывании табака [101]. Выявлено, что природные стимуляторы роста (настой веток ивы, дрожжей, листьев алоэ) оказывают положительное влияние на корнеобразование черенков декоративных растений сеткеразии и циссуса [102]. Показано, что добавки в баковые смеси гербицидов активных веществ природного происхождения лигногумата и препарата МиГИМ положительно влияют на рост и развитие льна, его урожай и качество [103]. Приведены результаты испытаний нового биорегуля-

тора роста растений препарата стимунал ЕФ на сое [104]. Установлено, что 11 штаммов эндофитных бактерий, населяющих семена пшеницы, имеют высокую ростстимулирующую активность, увеличивающую длину корня салата в 2.3–4.6 раза [105]. Изучена антифоулинговая активность 15 изоцианидов, полученных из протеиногенных аминокислот (антифоулинг – обрастание живыми организмами) [106]. Осуществлен скрининг и выделение альгицидных соединений из морской зеленой водоросли *Ulva intestinalis* [107]. Изучены природные абенхины и их синтетические аналоги, обладающие альгицидной активностью против цианобактерий, способствующих цветению воды [108]. Из воды “красного” морского прилива выделена альгицидная бактерия *Altererythrobacter xiamenensis* [109]. Из коралла *Sinularia rigida* выделены кембраноиды с антифоулинговой активностью [110]. Выявлена возможность предотвращения морского биообрастания с использованием природного аллелопатического соединения бататазина-III и его синтетических аналогов [111]. Изучено действие натуральных продуктов из китайских трав (водиана, куркумина, 4-метокси-салицилальдегида, эскулингидрата и грамина) на рост вредоносных водорослей *Chattonella marina* [112]. Выделены, очищены и идентифицированы 10 соединений из зеленой водоросли *Ulva prolifera*, обладающих активностью против вредоносных водорослей *Chattonella marina* “красного” прилива [113].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературных источников в обзоре позволяет утверждать, что исследования по изучению и возможностям применения биопестицидов в практике продолжают проводить достаточно широким фронтом, что свидетельствует об актуальности проблемы:

– на пестицидную активность исследуют эфирные масла и экстракты различных растений;

– изучают возможности применения и оценивают эффективность биопестицидов в реальных условиях сельского хозяйства;

– оценивают пестицидную активность грибов и бактерий;

– оценивают возможность использования биопестицидов в качестве антифоулингов;

– разрабатывают новые формы биопестицидных препаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жемчужин С.Г. Биопестициды: открытие, изучение и перспективы применения // Агрохимия. 2014. № 3. С. 93–99.
2. Joshi R.K. Leucas aspera link essential oil from India: β -caryophyllene and 1-octen-3-ol chemotypes // J. Chromatogr. Sci. 2016. V. 54. № 3. P. 295–298.
3. Liang J., Gao Sh., You Ch., Zhang W. // Chem. Biodivers. 2016. V. 13. № 8. P. 1053–1057.
4. Кубрик К.Ю., Новокрещенов А.С., Корчемнова Л.Г. Применение инсектицидных растений против паутинного клеща (*Tetranychus urticae*) в условиях теплицы // Омск. биол. шк. 2012. № 9. С. 92–94.
5. Flores-Estevez N., Vasquez-Morales S., Cano-Medina T., Sanchez-Velasquez L. Insecticidal activity of raw ethanolic extracts from *Magnolia dealbata* on a tephritid pest // J. Environ. Sci. Health. 2013. V. 48. № 7. P. 582–586.
6. Aldana-Llanos L., Salinas-Sanchez D., Valdes-Estrada E., Gutierrez-Ochoa M. et al. Biological activity of dose extracts of *Tagetes erecta* L. on *Spodoptera frugiperda* // Southwest. Entomol. 2012. V. 37. № 1. P. 31–38.
7. Togbe C., Haagsma R., Zannou E., Gbehounou G. Field evaluation of the efficacy of neem oil and *Beauveria bassiana* in cotton production // Appl. Entomol. 2015. V. 139. № 3. P. 217–228.
8. Nile S.H., Nile A.S., Keum Y.S., Baskar V. In vitro and in planta nematocidal activity of black pepper leaf extracts // Crop Protec. 2017. V. 100. P. 1–7.
9. Dorla E., Gauvin-Bialecki A., Deuscher Z., Allibert A. Insecticidal activity of the leaf essential oil of *Peperomia borbonensis* and its major components against the melon fly // Chem. Biodivers. 2017. V. 14. № 6. P. 34–38.
10. Wang Y., You C.X., Yang K., Chen R. Chemical constituents and insecticidal activities of the essential oil from *Alpinia blepharocalyx* rhizomes against *Lasioderma serricorne* // J. Serb. Chem. Soc. 2015. V. 80. № 2. P. 171–178.
11. Ashok Y.P., Suresh G., Suri Appa R., Shankaraiah G. Limonoids from the leaves of *Soymida febrifuga* and their insect antifeedant activities // Bioorg. Med. Chem. Lett. 2014. V. 24. № 3. P. 888–892.
12. Aydin T., Cakir A., Kazaz C., Bayrak N. Insecticidal metabolites from the rhizomes of *Veratrum album* against adults of Colorado potato beetle // Chem. Biodivers. 2014. V. 11. № 8. P. 1192–1204.
13. Chen H.P., Yang K., You Ch.X., Du Sh. Chemical constituents and biological activities against *Tribolium castaneum* of the essential oil from *Citrus wilsonii* leaves // J. Serb. Chem. Soc. 2014. V. 79. № 10. P. 1213–1222.
14. Moria Sh., Sugaharaa K., Maedab M., Nomotoa K. Insecticidal activity guided isolation of palytoxin from a red alga, *Chondria armata* // Tetrahedron Lett. 2016. V. 57. № 32. P. 3612–3617.
15. You Ch., Yang K., Wu Y., Zhang J. Chemical composition and insecticidal activities of the essential oil of *Perrilla frutescens* aerial parts against two stored product insects // Eur. Food Res. Technol. 2014. V. 239. № 3. P. 481–490.
16. Ruan J., Yan J., Chen H., Jianping Ch. Purification and properties of the chymotrypsin inhibitor from wild emmer wheat of Israel and its toxic effect on beet army-

- worm *Spodoptera exigua* // Biochem. Physiol. 2017. V. 142. P. 141–147.
17. Tedeschi P., Leis M., Pezzi M., Civolani S., Maietti A., Brandolini V. Insecticidal activity and fungitoxicity of plant extracts and components of horseradish and garlic // J. Environ. Sci. Health. 2011. V. 46. № 6. P. 486–490.
 18. Эль-Ансари М., Хамуда Р. Использование морских водорослей для биоконтроля галловых нематод корневой системы бананов // Биол. моря. 2014. Т. 40. № 2. С. 152–157.
 19. Oka Y., Shuker S., Tkachi N., Trabelcy B. Nematicidal activity of *Ochradenus baccatus* against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* // Plant Pathol. 2014. V. 63. № 1. P. 221–231.
 20. Chebet F., Deng A., Ogendo J., Kamau A. Biological activity of selected plant powders against *Prostephanus truncatus* in stored maize grains // Plant Prot. Sci. 2013. V. 49. № 1. P. 34–43.
 21. Herbert-Doctor L., Saavedra-Aguilar M., Villarreal M., Cardoso-Taketa A. Insecticidal and nematicidal activity of *Agave tequilana* juice against *Bemisia tabaci* and *Panagrellus redivivus* // Southwest. Entomol. 2016. V. 41. № 1. P. 27–40.
 22. Taghizadeh S., Nouri-Ganbalani G., Rafiee-Dastjerdi H., Hadian J. Antifeedant activity and toxicity of some plant essential oils to *Colorado potato beetle* // Plant Prot. Sci. 2014. V. 50. № 4. P. 207–216.
 23. Arriaga A., De-Oliveira M., Silva M., De Lemos T. *Tephrosia purpurea*: A source of larvicidal compounds against *Aedes aegypti* // Химия природ. соед. 2014. № 6. P. 979–981.
 24. Zhang Y., Wang J., Wie D., Gu Y. Bioactive terpenoids from the fruits of *Aphanamixis grandifolia* // J. Natur. Prod. 2013. V. 76. № 6. P. 1191–1195.
 25. Elleuch J., Zghal R., Jema M., Azzouz H. New *Bacillus thuringiensis* toxin combinations for biological control of lepidopteran larvae // Interer. J. Biol. Macromol. 2014. V. 65. № 1. P. 148–154.
 26. Hong M., Peng G., Keyhani N., Xia Y. Application of the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae* for leaf-roller control // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2017. V. 101. № 17. P. 6793–6807.
 27. Qiao D., Li H., Han X., Zhang Y. Control efficacy of *Streptomyces roseoflavus* tablets on cucumber root-knot nematode and its effect on soil microorganisms // Chin. J. Pest. Sci. 2015. V. 17. № 2. P. 163–177.
 28. Крюков В.Ю., Ярославцева О.Н., Дубовский И.М., Тюрин М.В. Инсектицидное и иммуносупрессивное действие аскомицета *Cordyceps militaris* на личинок колорадского жука // Изв. РАН Сер. биол. 2014. № 3. С. 296.
 29. Liu X., Lei Ch., Sun X. Control efficacy of *Bacillus thuringiensis* and a new granulovirus isolate against *Cydia pomonella* in orchards // Biocontr. Sci. Technol. 2013. V. 23. № 5–6. P. 691–700.
 30. Seye F., Bawin T., Boukraa S., Zimmer J. Pathogenicity of *Aspergillus clavatus* produced in a fungal biofilm bioreactor toward *Culex quinquefasciatus* // J. Pestic. Sci. 2014. V. 39. № 3. P. 127–132.
 31. Toepfer S., Knuth P., Glas M., Kuhlmann U. Successful application of entomopathogenic nematodes for the biological control of western corn rootworm larvae in Europe: a mini review // Julius–Kühn–Arch. 2014. № 444. S. 59–66.
 32. Stevens M., Hughes P., Mo J. Evaluation of the commercial *Bacillus thuringiensis* for the control of chironomid midge larvae in establishing rice crops // J. Invertebr. Pathol. 2013. V. 112. № 1. P. 9–15.
 33. Liu W., Qin H., Liu Sh., Liu X. Study on isolation and insecticidal activities of *Bacillus Subtilis* strain // J. Natur. Sci. Hunan Norm. Univ. 2014. V. 37. № 5. P. 14–20.
 34. Seye F., Bawin T., Boukraa S., Zimmer J. Pathogenicity of *Aspergillus clavatus* produced in a fungal biofilm bioreactor toward *Culex quinquefasciatus* // J. Pestic. Sci. 2014. V. 39. № 3. P. 127–132.
 35. Zou Ch., Li L., Dong T., Zhang B. Joint action of the entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea* and four chemical insecticides against the whitefly *Bemisia tabaci* // Biocontr. Sci. Technol. 2014. V. 24. № 3–4. P. 315–324.
 36. Poopathi S., Mani C., Praba V., Lakshmi P. Identification and characterization of a novel marine *Bacillus cereus* for mosquito control // Parasitol Res. 2014. V. 113. № 1. P. 323–332.
 37. Захарова Л.М., Кудрявцев Н.А. Биофунгицид виталан на посевах льна // Защита и карантин раст. 2015. № 4. С. 26–28.
 38. Lopes F., Dobrovolska O., Real-Guerra R., Broll V. et al. Pliable natural biocide: Jaburetox is an intrinsically disordered insecticidal and fungicidal polypeptide derived from jack bean urease // FEBS J. 2015. V. 282. № 6. P. 1043–1064.
 39. Evangelista-Martinez Z. Isolation and characterization of soil *Streptomyces* species as potential biological control agents against fungal plant pathogens // World J. Microbiol. Biotechnol. 2014. V. 30. № 5. P. 1639–1647.
 40. Zhang Ch., Shi D., Zhang W., Xi X. Isolation and purification of madumycin II from fermented broth of *Xenorhabdus bovienii* // Chin. J. Pest. Sci. 2016. V. 18. № 6. P. 783–786.
 41. Кулаковская Е.В. Целлобиозолипиды: структура, распространение, фунгицидная активность. М.: Научный мир, 2015. 114 с.
 42. Рябова О.В. К вопросу разработки микробиологических препаратов (фунгицидов и удобрений) для условий Северо-Востока Европейской части Российской Федерации // Аграр. наука Евро-Северо-Востока РФ. 2016. № 1. С. 31–40.
 43. Balaev A.N., Okmanovich K.A., Osipov V.N., Fedorov V.E. Cyclo (*L*-Pro-*L*-Tyr), the fungicide isolated from *Lysobacter Capsici* AZ78: A structure–activity relationship study // Химия гетероцикл. соед. 2014. № 2. С. 317–323.
 44. Буракаева А.Д. Микрофильные грибы в биотехнологии фунгицидных препаратов // Вестн. ОГУ. 2014. № 6. С. 98–103, 253–256.
 45. Yang P., Yang Q., Xu Q. Study on metabolites related to biocontrol from *Trichoderma asperellum* // J. Harbin Univ. Commer. Natur. Sci. Ed. 2014. V. 30. № 1. P. 37–40.
 46. Жирков А.Д., Татарнинова С.С., Тарабукина Н.П., Неустроев М.П. Фунгицидная активность штаммов бактерий *Bacillus subtilis* по отношению к ток-

- сигенным и плесневым грибам // Аграр. вести Урала. 2013. № 7. С. 20–21.
47. *Каштанова Ю.А., Белошапкина О.О.* Фитопатогенные грибы рода *Penicillium* sp. на тыльпанах: распространенность, видовой состав, защитные средства // Вестн. АлтайГАУ. 2014. № 11. С. 88–91.
 48. *Le Guillou I.* Set a fungus to catch a fungus // Educ. Chem. 2013. V. 50. № 4. P. 14–17.
 49. *Орлова О.Н.* Биофунгициды против корневых гнилей огурца // Картофель и овощи. 2015. № 11. С. 20–21.
 50. *Гайфутдинова А.Р., Домрачева Л.И., Трефилова Л.В.* Перспективы использования *Fischerella muscicola* и азида натрия для подавления развития *Fusarium solani* // Теор. и прикл. экол. 2013. № 2. С. 124–128.
 51. *Ji J., Yang J., Gao X., Huang L.* Isolation and identification of lipopeptides produced by endophytic bacteria *Bacillus subtilis* ERY-y and antifungal mechanism studies // Chin. J. Pest. Sci. 2015. V. 17. № 2. P. 172–178.
 52. *Лемяк А.А., Шнамова Т.В., Штерншус М.В.* Фунгицидные свойства энтомопатогенного гриба *Metarhizium anisopliae* // Защита и карантин раст. 2014. № 4. С. 21–23.
 53. *Sowndhararajan K., Marimuthu S., Manian S.* Integrated control of blister blight disease in tea using the bio-control agent *Ochrobactrum anthropi* strain BMO-111 with chemical fungicides // J. Appl. Microbiol. 2013. V. 114. № 5. P. 1491–1499.
 54. *Tian H., Shafi J., Ji M., Bi Y.* Antimicrobial Metabolites from *Streptomyces* sp. SN0280 // J. Natur. Prod. 2017. V. 80. № 4. P. 1015–1019.
 55. *Турмухамбетов А.Ж., Нормангамбетов Ж.С., Жарылгасина Г.Т., Турмухамбетов А.А. и др.* Фунгицидная активность алкалоидов // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевт. продукции. 2016. № 71. С. 239–240.
 56. *Айурова Р., Сакипова З., Шайденко Е., Нейезхлебова М.* Chemical composition and antifungal activity of essential oils from *Abies sibirica*, growing in Kazakhstan // Международ. журн. эксперимент. обр. 2014. № 2. P. 69–71.
 57. *Сивцева С.В., Охлопкова Ж.М.* Фунгистатическая активность экстрактов из некоторых дикорастущих растений Якутии // Уч. зап. ПетрозаводскГУ. 2016. № 6. С. 106–113.
 58. *Chala A., Getahun M., Alemayehu S., Tadesse M.* Survey of mango anthracnose in southern Ethiopia and *in vitro* screening of some essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* // Inter. J. Fruit Sci. 2014. V. 14. № 2. P. 157–173.
 59. *Stadnik M., Brusco de Freitas M., Araujo L.* Ulvan protects plants against three anthracnose pathogens // Julius–Kühn–Arch. 2014. № 447. S. 468–469.
 60. *Araujo L., Goncalves A., Stadnik M.* Ulvan effect on conidial germination and appressoria formation of *Colletotrichum gloeosporioides* // J. Phytoparasitica. 2014. V. 42. № 5. P. 631–640.
 61. *Rodríguez I., Sayago J., Torres S., Zampini I.* Control of citrus pathogens by protein extracts from *Solanum tuberosum* tubers // Eur. J. Plant Pathol. 2015. V. 141. № 3. P. 585–595.
 62. *Алексеева К.Л., Борисова И.П.* Применение фитолавина и фитоплазмина против бактериальных болезней овощных культур // Вестн. овощевод. 2012. № 2. С. 19–21.
 63. *Эльсеграни М.И., Келдыш М.А.* Оценка фунгицидной активности некоторых видов растений // Бюл. Гл. бот. сада РАН. 2014. Т. 200. № 2. С. 63–70.
 64. *Максимов И., Абизгильдина Р., Пусенкова Л.* Сохранение защитного потенциала биопрепаратов в клубнях картофеля в поствегетационный период // Глав. агроном. 2012. № 8. С. 36–38.
 65. *Ping Zh., Liu X., Lai D., Zhou L.* Analysis of essential oil of *Elsholtzia ciliate* aerial parts and its biological activity // Helv. Chim. Acta. 2016. V. 99. № 1. P. 90–94.
 66. *Lei Sh., Ni L., Wu X., Niu R.* Study on anti-fungal constituents of *Pogonatherum crinitum* // Chin. J. Pest. Sci. 2017. V. 19. № 1. P. 119–124.
 67. *Dodic J., Roncevic Z., Grahovac J., Bajic B.* Biosinteza komponenti antifungalnog delovanja prema *Aspergillus* spp. primenom *Streptomyces hygroscopicus* // Hem. Ind. 2015. V. 69. № 2. P. 201–208.
 68. *Во Т.Н., Джалилов Ф.С.* Антибактериальная активность эфирных масел и их использование для обеззараживания семян капусты от сосудистого бактериоза // Изв. ТСХА. 2014. № 6. С. 59–68.
 69. *Schuster Ch., Schmitt A.* Efficacy of a plant extract of *Macleaya cordata* against downy mildew of cucumber // Eur. J. Plant Pathol. 2015. V. 142. № 3. P. 567–575.
 70. *Souza W., Carla O., Nascimento L., Vieira D., Santos T.* Alternative control of *Chalara paradoxa*, causal agent of black rot of pineapple by plant extract of *Mormodica charantia* // Eur. J. Plant Pathol. 2015. V. 142. № 3. P. 481–488.
 71. *Zuo C., Li Ch., Li B., Wei Yu.* The toxic mechanism and bioactive components of Chinese leek root exudates acting against *Fusarium oxysporum* // Eur. J. Plant Pathol. 2015. V. 143. № 3. P. 447–460.
 72. *Rodríguez I.F., Sayago J.E., Torres S., Zampini I.C.* Control of citrus pathogens by protein extracts from *Solanum tuberosum* tubers // Eur. J. Plant Pathol. 2015. V. 141. № 3. P. 585–595.
 73. *da Silva A., de Souza P., Carvalho A., Marques Z.* Essential oils from *Hyptis marruboides*, *Aloysia gratissima* and *Cordia verbenacea* reduce the progress of Asian soybean rust // Acta Sci. Agron. 2014. V. 36. № 2. P. 159–166.
 74. *Lalancette N., Furman L., White J.* Management of peach rusty spot epidemics with biorational fungicides // Crop Protect. 2013. V. 43. P. 7–13.
 75. *Sumalan R.-M., Alexa E., Poiana M.-A.* Assessment of inhibitory potential of essential oils on natural mycoflora and *Fusarium* mycotoxins production in wheat // Chem. Cent. J. 2013. V. 7. № 1. P. 1–12.
 76. *Da Silva A., de Souza P., de Resende M., da Silva M. et al.* Local and systemic control of powdery mildew in *Eucalyptus* using essential oils and decoctions from traditional Brazilian medicinal plants // Forest Pathol. 2014. V. 44. № 2. P. 145–153.
 77. *Nidiry E., Ganeshan G., Lokesh N.* Antifungal activity of the extractives of *Coleus forskohlii* roots and forskolin // Pharm. Chem. J. 2015. V. 49. № 9. P. 624–626.

78. Jain N., Karaiya H., Amrita K., Tiwari S., Dubey V., Ramalingam C. Evaluation of antibacterial properties of the suspension of ginger, black pepper, vinegar, honey and its application in shelf life extension of *Agaricus bisporus* // Inter. J. Drug Dev. Res. 2013. V. 5. № 2. P. 179–186.
79. Mahmoudi E., Ahmadi A., Naderi D. Effect of *Zataria multiflora* essential oil on *Alternaria alternata* in vitro // J. Plant Diseases. Protect. 2012. V. 119. № 2. P. 53–58.
80. Wulff E., Zida E., Torp J., Lund O. *Yucca schidigera* extract: a potential biofungicide against seedborne pathogens of sorghum // Plant Pathol. 2012. V. 61. № 2. P. 331–338.
81. Talontsi F., Dittrich B., Schüffler A., Sun H., Laatsch, H. *Epicoccoides*: antimicrobial and antifungal polyketides from an endophytic fungus *Epicoccum* sp. associated with *Theobroma cacao* // Eur. J. Org. Chem. 2013. № 15. P. 3174–3180.
82. Najdenski H., Gigova L., Ilev I., Lukavsky J. Antibacterial and antifungal activities of selected microalgae and cyanobacteria // Int. J. Food Sci. Technol. 2013. V. 48. № 7. P. 1533–1540.
83. Askarne L., Talibi I., Boubaker H., Boudyach E. In vitro and in vivo antifungal activity of several Moroccan plants against *Penicillium italicum*, the causal agent of citrus blue mold // Crop. Protect. 2012. V. 40. P. 53–58.
84. Sameza M., Bedine B., Tchameni N., Nguemngang M. Potential use of *Eucalyptus globulus* essential oil against *Phytophthora colocasiae*, the causal agent of taro leaf blight // Eur. J. Plant Pathol. 2014. V. 140. № 2. P. 243–250.
85. Cai J., Feng J., Wang F., Xu Q. Antibacterial activity of petroleum ether fraction from *Laminaria japonica* extracts against *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* // Eur. J. Plant Pathol. 2014. V. 140. № 2. P. 291–300.
86. Ojaghian M., Chen Y., Chen S., Cui Z. Antifungal and enzymatic evaluation of plant crude extracts derived from cinnamon and rosemary against *Sclerotinia carrot rot* // Ann. Appl. Biol. 2014. V. 164. № 3. P. 415–429.
87. Nagy G., Hochbaum T., Sarosi S., Ladanyi M. In vitro and in planta activity of some essential oils against *Venturia inaequalis* // Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj-Napoca. 2014. V. 42. № 1. P. 109–114.
88. Vio-Michaelis S., Apablaza-Hidalgo G., Gomez M., Pena-Vera R., Montenegro G. Antifungal activity of three Chilean plant extracts on *Botrytis cinerea* // Bot. Sci. 2012. V. 90. № 2. P. 179–183.
89. Siqueira C., das Gracas M., Freire II M., Nascimento M., Rodrigues M. Control of papaya fruits anthracnose by essential oil of *Ricinus communis* // Braz. Arch. Biol. Technol. 2012. V. 55. № 1. P. 75–80.
90. Ощенко Ю., Вешкурова О., Салихов Ш., Зайцев Д. Сравнительный анализ экстрактов семян и проростков *Nigella sativa*, обладающих антифунгальной активностью против оомицета *Phytophthora infestans* // Химия природ. соед. 2013. Т. № 5. С. 841–843.
91. Леляк А.А., Шпатов Т.В., Штерншис М.В. Фунгицидные свойства энтомопатогенного гриба *Metarhizium anisopliae* // Защита и карантин раст. 2014. № 4. С. 21–23.
92. Давлетшин Ф.М., Гильманов Р.Г., Сафин Х.М., Аюпов Д.С. Эффективность биофунгицида фитоспорин М, Ж на яровой пшенице при прямом посеве // Достиж. науки и техн. АПК. 2014. № 2. С. 39–40.
93. Gan Y., Shi X., Ming L., Lu F. Optimization of formulation study on *Bacillus amyloliquefaciens* biofungicide B1619 water dispersible granules by orthogonal process // Chin. J. Pest. Sci. 2016. V. 18. № 4. P. 516–523.
94. Li Xing, Xue Hua-Li. Antifungal activity of the essential oil of *Zanthoxylum bungeanum* and its major constituent on *Fusarium sulphureum* and dry rot of potato tubers // Phytoparasitica. 2014. V. 42. № 4. P. 509–517.
95. Понизовская В.Б., Ребрикова Н.Л., Антропова А.Б., Мокеева В.Л. Сравнение эффективности фунгицидного действия биоцидов на основе наночастиц серебра, четвертичных аммониевых и полигуанидиновых соединений // Микол. и фитопатол. 2016. Т. 50. № 1. С. 43–52.
96. Полуэктова Е.В., Берестецкий А.О. Гербицидная активность феосфериды А, фитотоксического метаболита гриба *Paraphoma* sp. ВИЗР 1.46 и оценка возможности ее повышения за счет совместного применения с адьювантами // Вестн. защиты растений. 2016. № 3. С. 135–136.
97. Andresen M., Wulff E., Mbega E., Stokholm M. et al. Seed treatment with an aqueous extract of *Agave sisalana* improves seed health and seedling growth of sorghum // Eur. J. Plant Pathol. 2015. V. 141. № 1. P. 119–132.
98. Егорова А.В., Чернобровкина Н.П., Робонен Е.В. Влияние хвойного препарата на рост и элементный состав семян *Pinus sylvestris* L. в условиях лесного питомника // Химия растит. сырья. 2017. № 2. С. 171–180.
99. Калюта Е.В., Мальцев М.И., Шепелева О.В., Исаева Е.В. Экстракты тополя бальзамического как регуляторы роста яровой мягкой пшеницы // Химия растит. сырья. 2017. № 4. С. 203–209.
100. Клыккова М.В., Дунайцев И.А., Жиглецова С.К., Кондрашенко Т.Н. Влияние на урожайность зерновых и бобовых культур психролелерантного штамма *Pseudomonas chlororaphis* Vsk-26a3 с фосфатрастворяющими и фунгицидными свойствами // Агрохимия. 2017. № 7. С. 63–70.
101. Плотникова Т.В., Хуришайнен Т.В., Кучин А.В. Влияние регулятора роста растений вэрва на развитие рассадных гнилей, урожай и качество табака // Защита и карантин раст. 2016. № 11. С. 27–28.
102. Шабалина Н.А. Применение природных ростстимуляторов для черенков декоративных растений // Вестн. ПГФА. 2017. № 19. С. 229–231.
103. Захарова Л.М. Лигногумат и мГиМ в составе баковых смесей гербицидов в посевах льна // Защита и карантин раст. 2014. № 6. С. 44–45.
104. Рябчинская Т.А., Харченко Г.Л., Бобрешова И.Ю., Саранцева Н.А. Эффективность стимунола ЕФ на сое // Защита и карантин раст. 2014. № 7. С. 38–40.

105. Шербаков А.В., Чеботарь В.К., Заплаткин А.Н. Эндофитные бактерии, населяющие семена пшеницы, перспективные продуценты микробных препаратов для сельского хозяйства // Достиж. науки и техн. АПК. 2013. № 7. С. 35–38.
106. Fukuda T., Wagatsuma H., Kominami Y., Nogata Y. Antibarnacle activity of isocyanides derived from aminoacids // Chem. Biodivers. 2016. V. 13. № 11. P. 1502–1510.
107. Sun X., Jin H., Zhang L., Hu W. Screening and isolation of the algicidal compounds from marine green alga *Ulva intestinalis* // Chin. J. Oceanol. Limnol. 2016. V. 34. № 4. P. 781–788.
108. Nain-Perez A., Barbosa L., Claudio A., Maltha C., Forlani G. Natural abenquines and their synthetic analogues exert algicidal activity against bloom-forming cyanobacteria // J. Natur. Prod. 2017. V. 80. № 4. P. 813–818.
109. Lei X., Li Y., Chen Zh., Zheng W. *Altererythro bacter xiamenensis* sp. nov., an algicidal bacterium isolated from red tide seawater // J. Syst. Evol. Microbiol. 2014. V. 64. № 2. P. 631–637.
110. Lai D., Geng Z., Deng Z., van Ofwegen L. Cembranoids from the soft coral *Sinularia rigida* with antifouling activities // J. Agr. Food Chem. 2013. V. 61. № 19. P. 4585–4592.
111. Moodie L., Trepos R., Cervin G., Brathen K. Prevention of marine biofouling using the natural allelopathic compound Batatasin-III and synthetic analogues // J. Natur. Prod. 2017. V. 80. № 7. P. 2001–2011.
112. Liu F., He Zheng-Bing, Li H., Liu Jie-Sheng Inhibition of five natural products from Chinese herbs on the growth of *Chattonella marina* // Environ. Sci. Pollut. Res. 2016. V. 23. № 17. P. 17793–17800.
113. Sun Y., Wang H., Guo G., Pu Y. Isolation, purification and identification of antialgal substances in green alga *Ulva prolifera* for antialgal activity against the common harmful red tide microalgae // Environ. Sci. Pollut. Res. 2016. V. 23. № 2. P. 1449–1459.

Biopesticides: Modern Condition of the Problem (Digest of Publications for 2012–2017)

S. G. Zhemchuzhin^a, Yu Ya. Spiridonov^{a,#}, and G. S. Bosak^a

^a All-Russian Research Institute of Phytopathology
ul. Institut posses 5, Moscow district, r.p. Bol'shie Vyazemy 143050, Russia

[#] E-mail: spiridonov@vniif.ru

Recent works of different aspects of the problem of biopesticides have been reviewed.

Key words: biopesticides, development, applications.