
К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ НОВОГО БИОЦИДНОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

**Рябчинская Татьяна Алексеевна¹
Бобрешова Ирина Юрьевна¹
Каширских Юлия Владимировна¹
Мелькумова Елизавета Айрапетовна²**

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В настоящее время борьба с вредителями сельскохозяйственных культур в условиях экологизированного растениеводства значительно затруднена, поскольку ассортимент экологически малоопасных инсектицидов недостаточно широк, в основном он представлен микробиологическими препаратами. Данная проблема стоит также очень остро в органическом земледелии, где применение пестицидов максимально ограничено. Среди продуцентов биоцидных средств особенно слабо изучен локус биологически активных веществ с инсектицидными свойствами растительного происхождения. Цель исследований состояла в подборе эффективных биоцидных экстрактов растений, произрастающих на территории России и наиболее пригодных для разработки нового биопрепарата. Исследования проведены в лабораторных условиях, в качестве тест-объектов использовались различные виды тлей, личинки колорадского жука и обыкновенный паутинный клещ. Испытывались различные виды экстрактов с различным содержанием биологически активной композиции веществ, в качестве экстрагента выбран этанол различной степени разведения. Использованы общепринятые методики определения биологической эффективности биоцидных средств при энтомологических исследованиях. Представлены результаты первичных испытаний различных экстрактов более 20 видов растений, обладающих инсектицидным действием. Установлено, что эффективность экстрагирования действующих веществ зависит от степени измельчения биоматериала, концентрации этилового спирта, метода концентрирования действующих веществ, а биоцидное действие – от концентрации рабочего раствора. Установлено, что для оказания существенного токсического действия на личинок серой мясной мухи и колорадского жука концентраций действующих веществ в использованных экстрактах недостаточно, так как эффект не превышал 20%. Предложены 2 концентрации действующих веществ в экстрактах, позволяющие повысить биологическую эффективность применения до 70–90%. На разных тест-объектах доказано, что высокую биологическую эффективность при концентрации рабочего раствора 1% обеспечивает использование таких растений, как чистотел, полынь обыкновенная, пижма, чеснок, горчица, чемерица Лобеля.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инсектицидный препарат, биоцидное действие, экстракты растений, смертность насекомых, биологическая эффективность.

REVISITING THE DEVELOPMENT OF A NEW BIOCIDAL PREPARATION BASED ON PLANT COMPONENTS

**Ryabchinskaya Tatiana A.¹
Bobreshova Irina Yu.¹
Kashirskikh Yuliya V.¹
Melkumova Elizaveta A.²**

¹All-Russian Research Institute of Plant Protection

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

At present the fight against pests of agricultural crops in the conditions of ecologized crop production is significantly impeded, since the range of environmentally low-hazard insecticides is not wide enough and is mainly represented by microbiological preparations. This problem is also very acute in organic farming, where the use of pesticides is as limited as possible. Among the producers of biocidal agents the locus of biologically active substances of plant origin with insecticidal properties is especially poorly studied. The objective of research was to select efficient biocidal extracts of plants growing on the territory of Russia that are most suitable for the development of a new biological product. Studies were carried out in laboratory conditions. Various species of aphids, Colorado potato beetle larvae and twospotted spider mite were used as test objects. The authors tested various types of extracts with different

contents of biologically active composition of substances. Ethanol of various dilution degrees was selected as an extractant. Conventional methods of determining the biological efficiency of biocidal agents in entomological studies were used. The authors present the results of primary tests of various extracts of more than 20 plant species with insecticidal action. It was found that the efficiency of extraction of active substances depends on the degree of grinding of biomaterial, the concentration of ethyl alcohol, and the method of concentration of active substances, while the biocidal effect depends on the concentration of working solution. It was determined that the concentration of active substances in the extracts used is insufficient to exert a significant toxic effect on the larvae of flesh fly and Colorado potato beetle, since the effect did not exceed 20%. Two concentrations of active substances in extracts have been proposed, which allows increasing the biological efficiency of application up to 70–90%. It is proved on various test objects that high biological efficiency at the concentration of working solution of 1% is ensured by using such plants as celandine, mugwort, tansy, garlic, mustard, and white hellebore.

KEYWORDS: insecticidal preparation, biocidal effect, plant extracts, insect mortality, biological efficiency.

Введение

Как за рубежом, так и в России в настоящее время растёт интерес к органическому земледелию. В связи с этим актуальными являются исследования по поиску новых физиологически активных компонентов, выделяемых из естественных биообъектов в целях создания экологически безопасных средств защиты растений от вредных организмов. Данное направление в науке признано приоритетным. При этом особое значение имеют инсектицидные препараты, поскольку средства данной группы, за исключением микробных, на отечественном рынке практически отсутствуют. Основной целью исследований является изучение возможности создания комплексного биоцидного препарата на основе экстрактов биологически активных веществ – вторичных метаболитов растений.

Издавна в приусадебном хозяйстве в качестве средств защиты от вредителей и болезней используются отдельные виды растений в форме настоев и отваров [11]. По своему составу и свойствам токсические вещества растений различны. Состав этих соединений очень изменчив и зависит от фазы развития растений и условий их произрастания. На основе одного из таких веществ, содержащихся в ромашке долматской, во второй половине XX в. была создана большая группа синтетических химических инсектицидов – пиретроидов, обладающих более низкой токсичностью для человека и полезных животных, чем ранее применяемые.

Идея создания инсектицидных растительных препаратов на основе экстрактов растительных токсинов оформилась в конце прошлого века и отработывалась в различных исследовательских учреждениях страны. Было установлено, что инсектицидное действие их на насекомых проявляется в основном за счёт вторичных метаболитов растений, представленных группами органических соединений, среди которых выделяют четыре больших класса: фенольные соединения (к ним относятся одно-, двух-, трехатомные фенолы, моно-, ди- и олигомеры, кумарины, антраценпроизводные, флавоноиды, лигнаны, лигнин, таннины и др.); терпеноиды; стероиды и алкалоиды. Некоторые вторичные метаболиты (например, оксикоричные кислоты) не накапливаются в растениях, а сразу после образования в клетках быстро расходуются в путях биосинтеза. Другие вторичные метаболиты, наоборот, имеют очевидную тенденцию к накоплению (например, в клеточной стенке – лигнин, в вакуолях – многие другие фенолы, флавоноиды, таннины; в межклеточных вместилищах и ходах – эфирные масла, лигнаны, смолы), что даёт основания рассматривать вырабатывающие их растения как источники получения этих веществ [4]. Наиболее богаты алкалоидами растения, принадлежащие к семействам паслёновых, маковых, маревых, зонтичных, лилейных и др. Среди алкалоидов, обладающих инсектицидным и акарицидным действием, наиболее известен пиретрин. Алкалоиды содержатся в лекарственных растениях в виде солей органических кислот (лимонной, щавелевой, янтарной и др.). Никотин – сильнодействующий нейротоксин, особенно действующий на насекомых. Вследствие этого никотин раньше широко использовался как инсектицид, а в настоящее время в том же качестве продолжают использоваться производные никотина, такие как имидакlorпид.

Большое значение в растениях играют летучие фитонциды, которые, как правило, действуют на нервную систему насекомых и клещей. В частности, известно, что биологически активные вещества данной группы, выделяющиеся из растений черемухи, убивают комнатных мух, комаров, мошек, слепней. Много фитонцидов содержат листья ирги обыкновенной, исполинской туи, плюща обыкновенного, каштана конского, эвкалиптов, плоды лимона, мандарина и апельсина, семена посевного пастернака, борщевика сибирского, а также хвоя пихты [17].

На рубеже нового столетия в различных научных учреждениях вопрос возможности создания биоцидного препарата на основе растительных компонентов также исследовался. Было изучено много видов растений на предмет содержания в них физиологически активных веществ, вызывающих токсическое действие на членистоногих [3, 6, 7, 12].

Особый интерес представляли инсектицидные средства на основе хвойных растений. Так, были созданы препараты серии «Хвойные» в форме концентрированных паст из зелени хвойных пород. Установлено их репеллентное действие по отношению к некоторым вредителям сада. Снижение поврежденности листьев и плодов яблони вредителями (чешуекрылые, пилильщики, тли, клещи) составляло 43–63% [1].

Показано, что важной группой среди инсектицидных растений являются эфиромасличные виды. Так, в семенах горчицы содержатся аллилизотиоцианат, аллиловый эфир изотиоциановой кислоты C_4H_5NS – продукт, получаемый при переработке семенного биоматериала. Данные вещества обладают фумигантным и контактным действием, которое было показано на гороховой зерновке, амбарном долгоносике, пшеничном трипсе, обыкновенной злаковой тле. При протравливании зерна полусухим способом (1 л масла/т гороха) смертность зерновки составляла 96%. Всхожесть семян при этом не снижалась [14]. Высокую эффективность показали спиртовые экстракты и эфирные масла из свежих листьев и цветков пижмы, одуванчика, горчицы в концентрации от 0,0001 до 1% против амбарного долгоносика и зернового точильщика [16].

В начале XXI в. в нашей стране в качестве инсектицидных средств испытывались терпеноидные соединения, выделенные из продуктов переработки кориандра. Исследования на различных насекомых выявили их высокую биоцидную активность, сравнимую с химическими инсектицидами [18]. Во Всесоюзном институте биологической защиты растений на основе данных активных веществ был разработан препарат Биостат, который обладал комплексной биоцидностью как по отношению к членистоногим, так и возбудителям заболеваний. Полифункциональная биологическая активность препарата Биостат продемонстрирована на многолетних плодовых культурах и винограде [2, 8, 9, 13, 19, 22]. Биостат показал эффективность также при защите от болезней озимых колосовых [22] и картофеля [21]. К сожалению, данный препарат так и не был зарегистрирован в качестве биопестицида, и исследования приостановили.

Работы в направлении поиска растений для создания препаратов с инсектицидным действием активно проводились в Молдавии. Из большого количества проанализированных растений отобрано 14 видов из родов *Heracleum*, *Viburnum*, *Artemisia*, *Herovsria*, *Vinka*, *Senecio Bixus*, *Satureja*, *Melilotus*, *Apium* и др., эффективность экстрактов из которых составляла 61–80% [5]. Установлено также, что высокими инсектицидными свойствами обладает экстракт из семян винограда, эффективность которого на гусеницах хлопковой совки составляла 100%, а в отношении личинок и яйцекладок колорадского жука – соответственно 79 и 44%. Экстракт обладал также резко выраженным антифидантным действием [21]. По последним исследованиям в институте генетики, физиологии и защиты растений (Молдова) перспективным растением для изготовления инсектицидных экстрактов являются виды ревеня.

Цель проведённых исследований состояла в подборе эффективных биоцидных экстрактов растений, произрастающих на территории Российской Федерации и наиболее пригодных для разработки нового биопрепарата.

Методика проведения исследований

По аналогии с экстрактами, используемыми в народной медицине (фитотерапии) для приготовления опытных экстрактов было принято соотношение спиртового компонента и сырого или сухого биоматериала 4–5 : 1 (содержание растительной биомассы не более 20%). Спиртовые экстракты готовились на основе 96 или 40% этанола после настаивания в течение 2–3 недель с последующей фильтрацией от твердых частиц. Водно-спиртовые 50% экстракты готовились на основе водных отваров растений при различных соотношениях частей биоматериала и воды, которые в течение 15 минут выдерживали на водяной бане и настаивали в течение суток с последующим фильтрованием. Затем в равном количестве добавляли 96% этанол. В процессе исследований было установлено, что степень извлечения действующих биоцидных веществ из отдельных видов растений зависит от степени разбавления используемого при экстрагировании этанола. Поэтому в некоторых случаях сравнивались экстракты, полученные при использовании в качестве экстрагента этанола 96 и 40% концентрации.

В первых экспериментах при использовании чемерицы Лобеля из-за отсутствия растений в естественном виде использовали аптечный препарат (чемеричная вода), который упаривали в термостате при температуре 60°C для концентрирования действующих веществ. В дальнейшем в фармацевтической компании был приобретен сухой биоматериал (корневая система), который подготавливали к экстрагированию методом грубого ручного размельчения, а также тонкого размола в электрической мельнице (мацерирование).

В целом за 2020 г. было апробировано на различных тест-объектах более 40 экстрактов и первых образцов препарата.

Оценку инсектицидного действия экстрактов и первых образцов препарата проводили в лабораторных условиях в чашках Петри по общепринятым методикам выявления инсекто-акарицидного и других типов воздействия химических соединений на членистоногих [5, 10].

В качестве тест-объектов использовали лабораторную популяцию серой мясной мухи – *Sarcophaga carnaria* L. (личинки 5-го возраста), природную популяцию колорадского жука – *Leptinotarsa decemlineata* Say. (личинки 1–3-го возрастов), грушево-зонтичной тли – *Anuraphis pyri laseri* Shap. и кизиловой тли – *Anoecia corni* Fabricius (личинки, нимфы), а также обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae* C. L. Koch (подвижные стадии). Личинок серой мясной мухи (опарыши) приобретали в специализированной лаборатории, занимающейся их разведением. Сбор остальных видов насекомых проводили в природных станциях на разных видах культурных и сорных растений при достижении их достаточно высокой численности.

Обработку тест-объектов и частей растений (листья, веточки, соцветия) проводили микропульверизатором объёмом 10 мл.

На тлях и клещах эксперимент продолжали в течение 3–4 дней, пока части растений сохраняли естественную влажность. Дно чашек выстилали фильтровальной бумагой и ежедневно обильно смачивали водой. Численность объектов в одной повторности была как минимум 20–30 экз. При работе с более крупными объектами (личинки колорадского жука 1–3-го возрастов) количество подопытных особей составляло не менее 10 экз.

Повторность вариантов – четырёхкратная. Контроль – обработка водой.

Биологическую эффективность образца определяли по гибели учётных особей в каждой повторности с поправкой на естественную смертность в контроле для чего использовали следующую формулу:

$$C = \frac{A - B}{100 - B} \cdot 100\%,$$

где C – биологическая эффективность, %;

A – гибель насекомых в опыте, %;

B – гибель насекомых в контроле, % [19].

Статистическую обработку результатов опыта проводили методом дисперсионного анализа при использовании программного обеспечения ПК.

Результаты и их обсуждение

На основании проанализированных данных (наличие инсектицидных свойств, биохимический состав растений) из литературных и других информационных источников в качестве биопродуцентов биоцидных веществ отобран 21 вид растений, произрастающих в зоне проведения исследований, перспективных для разработки препарата:

- бархатцы *Tagetes patula* L. (цветки);
- болиголов крапчатый *Conium maculatum* (Crantz) Neck. (соцветия с листьями);
- виноград *Vitis vinifera* L. (ягоды);
- горчица сарептская *Brassica juncea* L. (семена);
- живокость полевая *Delphinium consolida* L. (соцветия, побеги);
- календула *Caléndula officinális* L. (цветки);
- картофель *Solanum tuberosum* L. (стебли, листья);
- томат *Solanum lycopersicum* L. (листья, стебли);
- коровяк обыкновенный *Verbascum thapsus* L. (соцветия);
- лук *Allium cepa* L. (шелуха луковиц);
- чеснок *Allium sativum* L. (луковицы);
- маклюра оранжевая *Maclura pomifera* (Rat.) C.K. Schneid (плоды);
- молочай солнцегляд *Euphorbia helioscopia* L. (стебли, листья);
- пижма обыкновенная *Tanacetum vulgáre* L. (соцветия);
- полынь обыкновенная *Artemisia vulgaris* L. (соцветия, стебли, листья);
- ромашка непахучая (лекарственная) *Matricaria chamomilla* L. (цветки);
- табак *Nicotiána tabacum* L. (листья);
- тысячелистник обыкновенный *Achilléa millefólium* L. (соцветия, побеги);
- чемерица Лобеля *Verátrum lobeliánum* Bernh. (побеги, листья, соцветия);
- чистотел большой *Chelidonium ajus* L.;
- ель обыкновенная *Picea abies* (L.) Karst (хвоя).

После прохождения первых испытаний на серой мясной мухе и личинках колорадского жука было установлено, что в приготовленных экстрактах с долей биомассы растений при экстрагировании не более 20% содержание действующих токсичных компонентов было низким, и биологическая эффективность их была явно недостаточной (табл. 1). Повышение достигалось только при увеличении концентрации рабочего раствора в 10–30 раз, что совершенно нетехнологично, поскольку нами при разработке препарата была принята исходная концепция достижения достаточной эффективности при концентрации рабочего раствора не более 1%, что примерно соответствует расходу жидкого биоцидного препарата при стандартном расходе рабочей жидкости 100 л/га – 1 л/га. В связи с этим на данном этапе исследований по разработке биоцидного препарата встала проблема концентрирования действующих веществ в получаемых экстрактах растений. Одним из способов достижения цели явилось выпаривание жидкой фазы экстрактов на водяной бане или в сушильном шкафу при температуре 60°C до определённого объёма или до сухого остатка [15]. Кроме того, при изготовлении новых экстрактов достигалось максимальное увеличение массовой доли биоматериала путём мацерирования (механическое тонкое измельчение) сырья.

АГРОНОМИЯ

Таблица 1. Биологическая эффективность этаноловых экстрактов различных видов растений при испытании на личинках колорадского жука

Виды растений	Этанол (экстрагент), %	Содержание биомассы в экстракте, %	Концентрация рабочего раствора, %	Смертность личинок, %	Биологическая эффективность, %
Контроль	Вода	–	10	11,6	–
Горчица (семена)	96	11	10	16,7	5,7
Чистотел (трава)	96	20	10	20,0	9,5
Календула (цветки)	96	10	10	13,3	2,0
Ромашка (цветки)	96	10	10	16,7	5,7
Болиголов (соцветия, листья)	40	20	10	23,3	13,3
	40	20	30	56,7	50,0
Виноград (плодозлементы)	96	20	10	23,3	13,3
	96	40	30	26,7	15,4
Пижма (соцветия, листья)	96	20	10	10,0	1,8
	96	20	30	30,0	19,3
Живокость (трава)	96	20	10	46,7	39,7
Чемерица (чемерицная вода)	50	–	10	53,3	47,2
	50	–	30	100	100
Тысячелистник (трава)	96	20	10	16,7	5,7
	96	20	30	30,0	19,3
Полынь (трава)	96	8	10	26,7	17,0
Лук (шелуха луковиц)	96	20	10	10,0	0
Чеснок (головки)	96	20	10	10,0	0
Маклюра (плоды)	96	20	10	30,0	19,3
Бархатцы (цветки)	96	20	10	30,0	19,3
Чистотел (трава)	96	26	30	45,7	38,5

В опыте на личинках колорадского жука испытывали экстракты разных растений, сконцентрированные методом выпаривания экстрагента. В разных случаях отмечено увеличение концентрации по отношению к исходному экстракту в 1,7–6,0 раза, в экстракте шелухи головок лука – в 23 раза. Концентрация рабочего раствора была достаточно высокой – 5%, что позволило выявить несколько наиболее перспективных видов растений в качестве биопродуцентов токсичных компонентов (чистотел, чемерица Лобеля, пижма, полынь, хмель, хвоя ели и чеснок) (табл. 2).

Таблица 2. Биологическая эффективность растительных экстрактов, концентрированных при упаривании, против личинок колорадского жука при обработке растений (концентрация рабочего раствора 5%)

Растения-биопродуценты	Исходная концентрация экстракта, %	Коэффициент упаривания	Смертность личинок, %	Биологическая эффективность, %
Контроль	Вода	Вода	18,3	–
Чемерица (аптечная)	–	4,1	100	100
Тысячелистник	26	5,7	20,0	2,1
Лук	8	23,0	43,3	30,6
Маклюра	6	6,0	40,0	26,6
Чистотел	20	2,6	100	100
Пижма	10	4,7	100	100
Полынь	20	1,7	90,0	87,8
Ель (хвоя)	21	3,3	76,7	71,4
Хмель (соцветия)	21	2,7	90,0	87,8
Чеснок	20	3,1	86,7	83,7

АГРОНОМИЯ

Выпаривание позволило повысить эффективность отдельных экстрактов до 88–100% (при концентрации рабочего раствора 5%). Было установлено также, что хмель, чеснок, пижма и хвоя ели содержат много эфирных масел, которые делают экстракт плохо растворимым, что вызывает необходимость добавления специальных эмульгаторов.

Опытным путём было установлено, что способ экстрагирования биоцидных действующих веществ имеет значение для достижения биоцидного эффекта. Так, при испытании на личинках колорадского жука при одной и той же концентрации рабочего раствора 96% этаноловые экстракты пижмы, болиголова, полыни были на 7–10% более эффективны, чем водно-спиртовые. С другой стороны, бархатцы и томат, с высоким содержанием эфирных соединений при водно-спиртовой технологии экстрагирования, показывали более высокое инсектицидное действие, чем 96% спиртовые экстракты тех же растений.

В следующем опыте на личинках колорадского жука была проведена оценка биоцидного действия концентрированных упариванием экстрактов в более низких рабочих концентрациях: от 0,5 до 5% (табл. 3).

Таблица 3. Биологическая эффективность концентрированных этаноловых экстрактов различных видов растений при испытании на личинках колорадского жука

Опыт	Растение-биопродуцент (исходная концентрация экстракта)	Коэффициент упаривания	Концентрация рабочего раствора, %	Смертность личинок, %	Биологическая эффективность, %
1	Контроль	Вода	–	23,3	–
	Полынь (20%)	1,7	0,5	20,0	0
			1,0	90,0	87,0
			2,0	90,0	87,0
			3,0	90,0	87,0
			4,0	86,4	82,7
5,0	90,0	87,0			
2	Контроль	Вода	–	16,7	–
	Чемерица (аптечная)	5,7	0,5	36,7	24,0
			1,0	33,3	19,9
			2,0	90,0	88,0
			3,0	96,7	96,0
			4,0	100	100
5,0	100	100			
3	Контроль	Вода	–	10,0	–
	Чистотел (20%)	0	2,0	36,7	29,6
4	Контроль	Вода	–	16,7	–
	Хвоя ели (21%)	2,7	5,0	53,3	44,0
5	Контроль	Вода	–	23,3	–
	Пижма (20%)	4,7	5,0	60,0	47,8
6	Контроль	Вода	–	23,3	–
	Чеснок (20%)	3,1	5,0	36,7	17,4
7	Контроль	Вода	–	6,7	–
	Виноград (40%)	32,0	5,0	10,0	3,5
8	Контроль	Вода	–	23,3	–
	Живокость (20%)	20,0	5,0	53,5	39,2
9	Контроль	Вода	–	20	–
	Маклюра (14%)	6,0	3,0	40	25,0
10	Контроль	Вода	–	3,3	–
	Горчица (18%)	10	5,0	96,6	96,6

Примечание: в опытах 3–10 представлены результаты вариантов, показавших наиболее высокую смертность личинок.

В технологически оптимальной концентрации (1%) высокая биоцидная активность (более 80%) установлена для экстракта полыни, концентрированного в 1,7 раза. В более высоких концентрациях (3–5%) удовлетворительную (более 40%) биологическую эффективность показали упаренные экстракты живокости, пижмы, хвои ели, чистотела и чемерицы, а у экстракта горчицы, упаренного в 10 раз, данный эффект достигал почти 100%.

Испытания опытных образцов экстрактов были также проведены на представителе сосущих членистоногих фитофагов – грушево-зонтичной тле, развивающейся в летний период на сорной растительности. Были испытаны концентрации рабочего раствора от 1 до 5% (табл. 4).

Таблица 4. Эффективность инсектицидного действия образцов экстрактов растений на грушево-зонтичной тле

Опыт	Растение-биопродуцент (содержание д. в. по количеству биоматериала)	Кратность упаривания экстракта	Концентрация рабочего раствора, %	Количество живых личинок, экз.	Количество мёртвых личинок, экз.	Смертность, %	Биологическая эффективность, %	
1	Контроль	–	–	100	4	4,0	–	
	Чеснок (20%)	3,1	1,0	89	75	45,7	43,4	
	Горчица (18%)	10,0	1,0	68	72	51,4	49,4	
2	Контроль	Вода	–	46	440	10,5	–	
	Чистотел (20%)	2,6	1,0	120	37	24,9	16,1	
			3,0	128	99	43,9	37,3	
			5,0	89	122	59,6	54,9	
	Чемерица (аптечный препарат)	5,7	1,0	20	97	83,4	81,5	
			3,0	210	144	47,4	41,2	
			5,0	115	102	58,3	53,4	
	Полынь (20%)	1,7	1,0	202	71	27,0	18,4	
			3,0	105	83	42,5	35,8	
			5,0	197	57	33,9	28,0	
	Чеснок (20%)	3,1	1,0	98	106	56,5	51,4	
			3,0	122	168	59,6	54,9	
			5,0	168	67	35,5	27,9	
	НСП ₀₅ 9,2%							

Интересно отметить, что в некоторых случаях повышение концентрации рабочего раствора до 3 или 5% приводило к существенному снижению эффективности (чемерица, чеснок). Причина этого явления остается неизвестной. Можно предположить, что в насекомых включаются какие-то особые защитные реакции по отношению к отдельным токсикантам.

При концентрации 1% удовлетворительную эффективность (более 40%) показали экстракты чеснока, чемерицы и горчицы.

Эффективность экстракта полыни была низкой (18–36%), возможно, из-за недостаточной степени концентрирования действующих веществ.

На кизиловой тле, получившей массовое распространение на декоративном дереве, в серии опытов были испытаны концентрированные этаноловые экстракты различных растений-биопродуцентов в 1% концентрации (табл. 5).

АГРОНОМИЯ

В данном опыте были выявлены растения-биопродукты, показавшие в форме концентрированных экстрактов эффективность на уровне 64–84%: горчица, тысячелистник, хмель и томат. Используемый в качестве стандарта этаноловый 96% экстракт сухой травы чемерицы показал эффективность на уровне 64–78%.

Таблица 5. Биологическая эффективность концентрированных 96% этаноловых экстрактов растений против кизиловой тли

Растение-биопродукт (экстрагент – 96% этанол)	Массовая доля в экстракте, % / коэффициент упаривания, %	Концентрация рабочего раствора, %	Количество живых личинок, экз.	Количество мёртвых личинок, экз.	Смертность, %	Биологическая эффективность, %
Опыт 1						
Контроль	Вода	—	206	34	16,0	–
Чемерица (стандарт)	25 / 0	1,0	63	268	81,4	77,9
Живокость	20 / 10	1,0	116	179	60,5	53,0
Картофель, цветки	20 / 10	1,0	168	192	49,9	40,4
Горчица	18 / 10	1,0	83	230	73,6	68,6
Виноград	40 / 10	1,0	134	151	52,8	43,8
Бархатцы	40 / 10	1,0	144	164	53,2	44,2
Тысячелистник	25 / 10	1,0	93	273	71,9	66,5
Опыт 2						
Контроль	Вода	–	220	30	12,0	–
Чемерица (стандарт)	25 / 0	1,0	96	209	68,5	64,2
Табак	50 / 10	1,0	178	158	47,0	39,8
Цикорий	20 / 10	1,0	125	213	63,0	58,0
Маклюра	20 / 10	1,0	245	88	26,4	16,4
Картофель (цветки)	20 / 10	1,0	149	133	47,2	40,0
Ель (хвоя)	21 / 10	1,0	168	148	46,8	39,6
Чеснок	20 / 10	1,0	135	126	48,3	41,2
Пижма	10 / 10	1,0	217	130	37,5	28,9
Опыт 3						
Контроль	Вода	–	242	63	20,7	–
Чемерица (стандарт)	25 / 0	1,0	68	261	79,3	73,9
Хмель	21 / 10	1,0	57	295	83,8	79,6
Укроп (семена)	20 / 10	1,0	165	190	53,5	41,4
Болиголов	20 / 10	1,0	111	183	62,2	52,3
Томат (ботва)	20 / 10	1,0	40	268	87,0	83,6

Дальнейшим этапом работы явился поиск метода повышения биоцидного действия экстрактов растений. Для увеличения срока сохранности инсектицидного препарата, практически не содержащего спирт после упаривания, требуется добавление консерванта, а также поверхностно-активного вещества, обеспечивающего его хорошую прилипаемость к обрабатываемой поверхности, которые были подобраны и представляют собой ноу-хау.

Испытания опытных образцов препаративных форм с использованием экстрактов полыни и чистотела были проведены на грушево-зонтичной тле. Данные о биологической эффективности образцов препаративных форм экстрактов против грушево-зонтичной тли представлены в таблицах 6 и 7.

АГРОНОМИЯ

Таблица 6. Биологическая эффективность образцов препаративных форм экстрактов, концентрированных методом мацерации и увеличения массовой доли при экстрагировании, против грушево-зонтичной тли

Растение-биопродуцент (концентрация этанола)	Массовая доля в экстракте, %	Концентрация рабочего раствора, %	Количество живых личинок, экз.	Количество мёртвых личинок, экз.	Смертность, %	Биологическая эффективность, %
Контроль	–	–	613	15	2,3	–
Чистотел (40%)	44	1,0	150	24	13,8	11,8
		2,0	137	142	50,9	19,8
		3,0	107	260	70,8	70,2
Чистотел (96%)	44	1,0	155	350	69,3	68,6
		2,0	185	278	60,0	59,1
		3,0	155	315	67,0	66,3
Полынь (40%)	33	1,0	119	243	67,1	66,4
		2,0	210	317	60,2	59,2
		3,0	45	330	88,0	87,7
Полынь (96%)	32	1,0	175	283	61,8	60,9
		2,0	110	224	67,1	66,3
		3,0	184	255	58,1	57,1
Полынь + чистотел (96%)	45	1,0	140	800	85,1	85,8
		2,0	130	400	75,5	74,9
		3,0	140	400	74,0	73,5
Чемерица (стандарт – упаренный экстракт аптечного препарата)	–	3,0	230	410	64,1	63,2
НСР ₀₅ 8,6%						

Таблица 7. Биологическая эффективность образцов препаративных форм экстрактов, концентрированных методом увеличения массовой доли при экстрагировании и упаривании, против грушево-зонтичной тли

Растение-биопродуцент (концентрация этанола)	Массовая доля в экстракте, % / коэффициент упаривания, %	Концентрация рабочего раствора, %	Количество живых личинок, экз.	Количество мёртвых личинок, экз.	Смертность, %	Биологическая эффективность, %
Контроль	–	–	201	61	22,9	–
Чистотел (40%)	44 / 2,5	1,0	36	150	80,6	74,9
Чистотел (96%)	44 / 2,5	1,0	19	241	92,6	90,5
Полынь (40%)	33 / 2,5	1,0	38	167	81,5	76,0
Полынь (96%)	32 / 2,5	1,0	29	212	88,0	84,4
Полынь + чистотел (96%)	46 / 2,5	1,0	37	242	86,7	82,8
Тысячелистник (96%)	40 / 2,5	1,0	53	221	80,7	74,9
Чемерица (40%)	25 / 2,5	1,0	56	238	81,0	75,3
НСР ₀₅ 9,2%						

В образцах препаративных форм, где концентрирование действующих веществ проводили только методом мацерации и увеличения доли биомассы в экстракте, биологическая эффективность экстрактов полыни и чистотела существенно увеличилась в

концентрации 1% и достигла 61–69%. При этом полынь показала себя эффективным биопродуцентом при экстрагировании как 40%, так и 96% этанолом, а для чистотела более предпочтительной была концентрация этанола 96%. Кроме того, наиболее высокую эффективность в концентрации 1% показала смесь трав полыни и чистотела, которая достигла 86%.

При концентрировании экстрактов обоими методами и добавлении в препаративную форму консерванта и прилипателя эффективность образцов при технологически оптимальной концентрации достигла 76–84%. Биологическая эффективность травяного экстракта чемерицы составила 75,3%.

Группа сосущих вредных членистоногих является наиболее устойчивой к большинству средств защиты, в том числе и биологическим препаратам. Образцы препаративных форм экстрактов были испытаны также на обыкновенном паутином клеще (на тёрне). Экстракты выпаривались до сухого остатка, после чего получали суспензии, включающие консервант и прилипатель.

Во всех испытываемых вариантах опыта, кроме образца на 96% этаноле при технологически оптимальной концентрации рабочего раствора, получена удовлетворительная смертность членистоногих (более 40%). В образцах полыни и чемерицы отмечена наибольшая биологическая эффективность на уровне 69–76%. Тройная смесь экстрактов трав (полынь, чистотел, чемерица) при использовании в качестве экстрагента этанола в 96 и 40% концентрациях была менее токсична для обыкновенного паутинового клеща (табл. 8).

Таблица 8. Эффективность образцов препаративных форм на обыкновенном паутином клеще

Растение-биопродуцент (концентрация этанола)	Массовая доля экстракте, % / коэффициент упаривания, %	Концентрация рабочего раствора, %	Подвижные стадии, экз.		Смертность, %	Биологическая эффективность, %
			живые	мертвые		
Контроль	Вода	–	339	9	2,6	–
Чистотел (40%)	44 / 5,0	1,0	69	53	43,0	41,5
		2,0	76	97	56,1	54,9
Чистотел (96%)	50 / 5,0	1,0	88	50	36,2	34,5
		2,0	76	94	56,7	55,6
Полынь (40%)	33 / 5,0	1,0	81	75	48,1	46,7
		2,0	72	96	57,1	56,0
Полынь (96%)	32 / 5,0	1,0	53	122	69,7	68,9
		2,0	81	91	52,9	51,6
Полынь + чистотел (96%)	46 / 5,0	1,0	73	86	54,1	52,9
		2,0	90	108	54,5	53,3
Чемерица + полынь + чистотел (40%)	25 + 33 + 44 / 15,0	1,0	78	95	54,9	53,7
		2,0	74	140	76,1	75,4
Чемерица + полынь + чистотел (96%)	25 + 32 + 44 / 15,0	1,0	85	92	52,0	50,7
		2,0	49	109	69,0	68,2
Чемерица (40%)	25 / 5,0	1,0	90	69	43,4	41,9
		2,0	70	99	58,6	57,5
Чемерица (96 %)	25 / 5,0	1,0	38	127	77,0	76,4
		2,0	31	131	80,9	80,4
НСР ₀₅ 8,3%						

Заключение

Первичная оценка биоцидного действия изготовленных экстрактов растений была проведена на личинках серой мясной мухи и продолжена на личинках колорадского жука природной популяции. Установлено, что водно-спиртовые и спиртовые экстракты растений с использованием этанола при содержании биоматериала растений-продуцентов физиологически активных веществ не более 20% не обеспечивают достаточно высокую биоцидную активность, при которой смертность тест-объектов варьирует в пределах 4–20%.

Установлена возможность концентрирования действующих токсикантов методами мацерирования биоматериала, снижения доли этилового спирта при экстрагировании, а также путём выпаривания жидкой фазы в термостате при температуре 60°C до вязкого состояния или сухого остатка. Данные приёмы позволили получить биологическую эффективность на личинках колорадского жука и трёх видах тлей до 70–80%.

В процессе исследований установлено, что водно-спиртовые экстракты не позволяют в достаточной степени извлекать необходимые биоцидные метаболиты растений.

Комбинирование отдельных экстрактов растений, как правило, не позволяло достичь синергического эффекта и требовало повышения концентрации биоцидного препарата в рабочем растворе

Введение в состав первых опытных образцов прилипателя и консерванта повышало их биологическую эффективность.

Наиболее перспективными видами растений для разработки инсектицидного препарата являются: чемерица Лобеля, полынь и чистотел.

Дополнительной проверки биоцидной активности экстрактов требуют следующие виды растений: томат, хмель, болиголов, цикорий, живокость, горчица и тысячелистник, показавшие в отдельных опытах эффективность выше 50%.

Библиографический список

1. Акарицидное действие экстрактов растений / О.В. Сундуков, В.А. Филиппова, Т.Д. Черменская, В.П. Конюхов и др. // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность : тез. докл. Всероссийского съезда по защите растений (Россия, г. Санкт-Петербург, 4–9 декабря 1995 г.) ; ред. В.Н. Буров, Н.А. Вилкова, Ю.И. Власов, К.Е. Воронин. – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 1995. – С. 465–466.

2. Бегунов И.И. Нарцисс и биостат против корневых гнилей озимой пшеницы / И.И. Бегунов, В.Я. Исмаилов, И.Г. Бегунова // Биологически активные вещества в защите растений : матер. симп. (Россия, г. Анапа, 30 августа – 4 сентября 1999 г.). – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 1999. – С. 60–61.

3. Биогенные препараты полифункционального действия для защиты растений от вредителей и болезней / В.Я. Каклюгин, В.Я. Исмаилов, Т.С. Иванова, А.К. Вялых и др. // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем : матер. докл. международной науч.-практ. конф., посвящённой 75-летию Российской академии сельскохозяйственных наук ; отв. за вып: З.А. Тищенко, З.В. Толкачева, Т.И. Бойко (Россия, г. Краснодар, 29 сентября – 01 октября 2004 г.). – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2004. – Вып. 2. – С. 325–328.
4. Васина А.Н. Использование растений диких видов для борьбы с вредителями садовых и овощных культур / А.Н. Васина. – 2-е изд. – Москва : Колос, 1972. – 81 с.
5. Выявление инсектоакарицидного, рострегулирующего и других типов воздействия химических соединений на членистоногих : методические рекомендации ; под ред. Кукаленко С.С., Андреева Е.И. – Черкассы, 1982. – 82 с.
6. Елисовецкая Д.С. Инсектицидная активность растительных экстрактов против гусениц капустной совки (*Mamestra brassicae* L., *Lepidoptera*, *Noctuidae*) / Д.С. Елисовецкая // Фитосанитарная безопасность агроэкосистем : матер. международной науч.-практ. конф. (Россия, г. Новосибирск, 7–9 июля 2010 г.) ; под общ. ред. Н.Г. Власенко. – Новосибирск : СибНСХБ Россельхозакадемии, 2010. – С. 84–86.
7. Избирательная инсектицидная активность экстрактов растений / Т.И. Васильева, Г.П. Иванова, Г.И. Сухорученко, В.П. Конюхов и др. // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность : тез. докл. Всероссийского съезда по защите растений (Россия, г. Санкт-Петербург, 4–9 декабря 1995 г.) ; ред. В.Н. Буров, Н.А. Вилкова, Ю.И. Власов, К.Е. Воронина. – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 1995. – С. 396–403.
8. Исмаилов В.Я. Новые результаты испытаний биопестицидов терпеноидного ряда / В.Я. Исмаилов, В.Я. Каклюгин, Ж.А. Ширинян, И.С. Агасьева и др. // Актуальные проблемы биологической защиты растений : матер. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию Т.Т. Буденко (Республика Беларусь, г. Минск, 12–14 ноября 1995 г.). – Минск : Белорусский научно-исследовательский институт защиты растений, 1988. – С. 56–58.
9. Карпенко А.С. Эффективность интегрированной защиты виноградной лозы от милдью с использованием БАВ растительного происхождения / А.С. Карпенко, В.Я. Исмаилов // Биологически активные вещества в защите растений : матер. симп. (Россия, г. Анапа, 30 августа – 4 сентября 1999 г.). – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 1999. – С. 54–55.
10. Коваленков В.Г. Методические рекомендации по мониторингу чувствительности фито- и этномофагов к применяемым инсектицидам / В.Г. Коваленков, Н.М. Тюрина. – Москва : РАСХН, 2002. – 32 с.
11. Кричевский А.Н. Биологическая защита растений – Биотех 2020 / А.Н. Кричевский // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем : матер. международной науч.-практ. конф. «Современные мировые тенденции в производстве и применении биологических и экологически безопасных средств защиты растений» (Россия, г. Краснодар, 25–27 сентября 2012 г.) ; ред. В.Д. Надькты, В.Я. Исмаилова. – Краснодар : ООО РА «Гранат», 2012. – Вып. 7. – С. 26–29.
12. Летучие фитонциды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberpedia.su/9xa142.html> (дата обращения: 12.02.2021).
13. Перспективы применения биостата в защите виноградников от вредных организмов / Н.А. Щербаков, А.И. Талаш, В.Я. Исмаилов, В.Я. Каклюгин // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем : матер. докл. международной науч.-практ. конф., посвящённой 75-летию Российской академии сельскохозяйственных наук ; отв. за вып. З.А. Тищенко, З.В. Толкачева, Т.И. Бойко (Россия, г. Краснодар, 29 сентября – 1 октября 2004 г.). – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2004. – Вып. 2. – С. 329–335.
14. Смирнова И.М. Применение хвойных препаратов для защиты яблони от вредителей / И.М. Смирнова, В.Г. Миронов // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность : тез. докл. Всероссийского съезда по защите растений (Россия, г. Санкт-Петербург, 4–9 декабря 1995 г.) ; ред. В.Н. Буров, Н.А. Вилкова, Ю.И. Власов, К.Е. Воронин. – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 1995. – С. 459–460.
15. Справочник химика. Химия и химическая технология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chem21.info/nfo/34512/> (дата обращения: 21.02.2021).
16. Ткач М.Т. Инсектицидные свойства аллилогоричного масла / М.Т. Ткач, Г.Г. Русакова // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность : тез. докл. Всероссийского съезда по защите растений (Россия, г. Санкт-Петербург, 4–9 декабря 1995 г.) ; ред. В.Н. Буров, Н.А. Вилкова, Ю.И. Власов, К.Е. Воронин. – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 1995. – С. 466–467.
17. Химический состав лекарственных растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://medinfo.social/farmakognoziya_873/himicheskiy-sostav-lekarstvennyih-34891.html (дата обращения: 13.02.2021).

18. Шамшев И.В. Репеллентное действие растительных экстрактов и эфирных масел на жуков – вредителей хранящегося зерна / И.В. Шамшев, О.Г. Селицкая, В.П. Конюхов // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность : тез. докл. Всероссийского съезда по защите растений (Россия, г. Санкт-Петербург, 4–9 декабря 1995 г.) ; ред. В.Н. Буров, Н.А. Вилкова, Ю.И. Власов, К.Е. Воронин. – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 1995. – С. 477–478.

19. Ширинян Ж.А. Изучение возможности использования фракций масла кориандра в борьбе с колорадским жуком на картофеле / Ж.А. Ширинян, В.Я. Каклюгин, В.Я. Исмаилов // Биологически активные вещества в защите растений : матер. симп. (Россия, г. Анапа, 30 августа – 4 сентября 1999 г.). – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 1999. – С. 59–60.

20. Щербаков Н.А. Биостат – препарат биогенного происхождения полифункционального действия в защите яблони от вредных организмов / Н.А. Щербаков // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем : матер. докл. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Е.М. Степанова (1902–2002) (Россия, г. Краснодар, 8–9 октября 2002 г.). – Санкт-Петербург : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2004. – С. 313–315.

21. Экстракт из семян *Vitis vinifera* в защите растений / Т.Н. Настас, Д.И. Елисовецкая, А.П. Гладкая, В.В. Одобеску и др. // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем : матер. докл. междунар. науч.-практ. конф. «Биологическая защита растений, перспективы и роль в фитосанитарном оздоровлении агроценозов и получении экологически безопасной сельскохозяйственной продукции» (Россия, г. Краснодар, 23–25 сентября 2008 г.) ; под ред. В.Д. Надыкты, В.Я. Исмаилова, Е.С. Сугоняева, Л.П. Есипенко. – Краснодар : ИП Тафинцева А.Г., 2008. – Вып. 5. – С. 322–324.

22. Якуба Г.В. Особенности применения биологических препаратов и фунгицида растительного происхождения биостат в борьбе с паршой яблони / Г.В. Якуба // Биологизация защиты растений: состояние и перспективы : матер. докл. международной науч.-произв. конф. (Россия, г. Краснодар, 18–22 сентября 2000 г.). – Краснодар : ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений», 2001. – С. 37–38.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Татьяна Алексеевна Рябчинская – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологической защиты растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», Россия, Воронежская обл., п. ВНИИСС, e-mail: biometod@mail.ru.

Ирина Юрьевна Бобрешова – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории биологической защиты растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», Россия, Воронежская обл., п. ВНИИСС, e-mail: biometod@mail.ru.

Юлия Владимировна Каширских – старший лаборант-исследователь лаборатории биологической защиты растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», Россия, Воронежская обл., п. ВНИИСС, e-mail: biometod@mail.ru.

Елизавета Айрапетовна Мелькумова – доктор биологических наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: botanika@agronomy.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 03.05.2021

Дата принятия к печати 26.06.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Tatyana A. Ryabchinskaya, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute for Plant Protection, Russia, Voronezh Oblast, VNISS, e-mail: biometod@mail.ru.

Irina Yu. Bobreshova, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Plant Protection, Russia, Voronezh Oblast, VNISS, e-mail: biometod@mail.ru.

Yuliya V. Kashirskikh, Senior Laboratory Assistant, All-Russian Research Institute of Plant Protection, Russia, Voronezh Oblast, VNISS, e-mail: biometod@mail.ru.

Elizaveta A. Melkumova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: botanika@agronomy.vsau.ru.

Received May 03, 2021

Accepted after revision June 26, 2021