

УДК 631.81:632.95.591.2

ЧЕМЕРИЦА ЛОБЕЛЯ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ БИОПРОДУЦЕНТ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ БИОЦИДНОГО ПРЕПАРАТА В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ ОТ ВРЕДНЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ

© 2023 г. Т. А. Рябчинская^{1,*}, Л. Л. Яковлева¹, И. Ю. Бобрешова¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений
396030 Воронежская обл., Рамонский р-н, п. ВНИИСС, 92, Россия

*E-mail: biometod@mail.ru

Поступила в редакцию 21.04.2023 г.

После доработки 27.05.2023 г.

Принята к публикации 15.08.2023 г.

Приведены результаты трехлетних исследований по разработке биологического биоцидного препарата для борьбы с вредными членистоногими на основе этаноловых экстрактов биологически активных веществ чемерицы Лобеля. Проведена апробация первых опытных образцов препарата на ряде видов членистоногих фитофагов. В лабораторных экспериментах определены наиболее эффективные и перспективные для дальнейших исследований образцы препарата. Установлено, что их биологическая эффективность зависит от технологии изготовления препаратов, содержания действующей композиции веществ, концентрации рабочего раствора и видовой принадлежности фитофагов. Отдельные образцы по эффективности были сравнимы с традиционными инсектицидами из группы авермектинов.

Ключевые слова: чемерица Лобеля, биологически активные вещества, биоцидный препарат, защита растений, вредные членистоногие.

DOI: 10.31857/S000218812311011X, **EDN:** PVFIKL

ВВЕДЕНИЕ

Усиливающийся во всем мире интерес к биологизированным системам защиты растений от вредных членистоногих побуждает исследователей к разработке новых экологически щадящих или безопасных приемов и средств борьбы с использованием природных материалов. В ассортименте биологических инсектоакарицидов имеется очень небольшое количество разрешенных к применению экологичных препаратов, в основном на основе микробных организмов, в частности, различных штаммов бактерии *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki* (спорово-кристаллический комплекс), а также энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* и некоторых других видов (*Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*). Хорошо зарекомендовали себя также препараты на основе продуктов жизнедеятельности особой группы бактерий (актиномицета *Streptomyces avermitili*) – антибиотиков аверсектин С и абамектин. И несмотря на то, что издавна известны инсектицидные свойства многих высших растений, отвары и настои которых широко используют в народной

практике защиты растений, биопрепараты из растительных токсикантов не разрабатывались, если не считать группу пиретроидов – синтетических химических инсектицидов на основе токсичного вещества пиретрина, выделенного из долматской ромашки. Наибольший интерес исследователей вызывали представители хвойных пород, инсектицидные свойства которых связаны в основном с терпеноидными алкалоидами [1].

В институте защиты растений уже в течение нескольких лет проводят работу над созданием биоцидного препарата на основе экстрактов инсектицидных растений. При этом задача выделения отдельных действующих веществ не ставилась, а цель исследования состояла в разработке средства борьбы с вредными членистоногими, изготавливаемого из сухого растительного биоматериала. Основной задачей настоящего исследования было испытание более 30 образцов экстрактов и препаративных форм, разработанных в основном на основе этаноловых экстрактов биологически активных веществ чемерицы Лобеля.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Растительный материал использовали в сухом виде после естественного высушивания в помещении или при 30° в термостате. Измельчение растений до пылевидного состояния проводили в лабораторной электрической мельнице.

В 2020–2021 гг. были проведены рекогносцировочные исследования по установлению инсектоакарицидной активности этаноловых экстрактов чемерицы Лобеля и отдельных смесей его с другими растениями, в 2022 г. – испытание различных образцов препарата на основе данного растения.

Варианты апробированных образцов препаратов на основе разных растений отличались содержанием экстрагируемого действующего начала, технологией извлечения токсикантов, наличием консервирующих веществ.

При проведении испытаний в качестве тест-объектов использовали следующие виды тлей: гелихризовая – *Brachycaudus helichrysi* Kalt., капустная – *Brevicoryne brassicae* L., кизиловая – *Anoecia corni* F., зеленая розанная – *Macrosiphum rosae* L. Из сосущих вредителей хорошим тест-объектом проявил себя обыкновенный паутинный клещ – *Tetranychus urticae* C.L. Koch. Из листогрызущих вредных насекомых испытания проводили только на личинках колорадского жука – *Leptinotarsa decemlineata* Say. Насекомых и клещей для лабораторных экспериментов собирали в природных станциях на разных видах культурных и сорных растений при условии достижения ими достаточно высокой плотности популяции. Постановку опытов в лаборатории осуществляли по мере появления в природе того или иного вида членистоногих в уязвимой фазе развития. В состав препаративных форм инсектицидного препарата вводили компонент, представляющий собой поверхностно активное вещество, и при необходимости – консервант.

Оценку инсектицидного действия образцов экстрактов проводили в лабораторных условиях в чашках Петри по общепринятым методикам выявления инсектоакарицидного и других типов воздействия химических соединений на членистоногих [2]. Обработку тест-объектов и частей растений (листья, веточки, соцветия) проводили микропульверизатором объемом 10 мл. На тлях и клещах эксперимент продолжали в течение 1–3 сут, пока части растений сохраняли в чашках Петри нормальное физиологическое состояние. Дно чашек выстилали фильтровальной бумагой и ежедневно смачивали водой. Количество тест-объектов в одной повторности – ≥50 экз. При работе с

личинками колорадского жука 1–3-го возрастов – 10 экз. Повторность вариантов четырех-пятикратная. Контроль – обработка водой. В отдельных опытах в качестве эталонов использовали известные инсектицидные препараты группы авермектинов: Вертимек КЭ и Фитоверм КЭ. Биологическую эффективность образца определяли по гибели из 50–100 учетных особей в каждой повторности с учетом естественной смертности особей в контроле по формуле:

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

где C – биологическая эффективность, %; A – гибель насекомых в опыте, %; B – гибель насекомых в контроле, % [3].

Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием специальной программы компьютерного обеспечения.

При анализе того или иного образца экстракта или препарата в качестве инсектицидного средства по результатам экспериментов учитывали степень варибельности достижения биологической эффективности, поскольку последняя находится в существенной зависимости от многих факторов (вид тест-объекта и кормового растения), но в самой большей степени – от нормы применения препарата или концентрации рабочего раствора, которые и определяют результат. Анализируя данные проведенных опытов, приняли за удовлетворительную биоцидную активность препаративной формы показатель воспроизводимости, который определяли как долю экспериментов с результатом биологической эффективности >60%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Среди более чем 30 видов изученных растений, произрастающих на территории европейской части России, наиболее сильные инсектицидные свойства проявились у борщевика Сосновского и чемерицы Лобеля (*Veratrum lobelianum* Bernh., сем. Мелантиевые – Melanthiaceae). Чемерица – многолетнее (до 80-ти лет жизни) корневищно-луковичное травянистое растение, которое отличается светолюбием и холодостойкостью, предпочитает увлажненные почвы, произрастает преимущественно на пастбищах, на сырых лугах и лесных полянах, в поймах рек. Высота растения достигает 180 см, имеет характерную складчатость листьев с замкнутыми влагалищными основаниями. У нецветущих растений листовые влагалища плотно вложены одно в другое,

образуя ложный стебель. До первого цветения, которое может наступить через 10 и более лет с момента прорастания семени, растение существует в виде моноподиальных побегов 1-го порядка. Массовое цветение этого вида отмечено с интервалами в 2–5 лет. В зависимости от возрастного состояния масса корневища и глубина его залегания в почве существенно различаются [4, 5].

Все органы растения содержат алкалоиды, которых в корнях накапливается до 2.4, в корневищах — до 1.3% [6, 7]. Алкалоиды чемерицы являются азотсодержащими стероидными соединениями, к которым относятся: иервератровые алкалоиды — иервин, изоиервин, изорубиервин, вератрамин; цевератровые алкалоиды — протоверин и протовератрины *A* и *B*. Вследствие высокого содержания алкалоидов, чемерица Лобеля ядовита, но является ценным лекарственным растением, применяемым в народной медицине с глубокой древности. Для изготовления лекарственных препаратов в борьбе с эктопаразитами человека и животных используют корневища с корнями [8, 9].

В 2020 г. при испытании большого количества этаноловых экстрактов различных растений (содержание сырой растительной массы — 10–20% при экстрагировании 40-, 70- и 96%-ным этиловым спиртом) была установлена их невысокая инсектицидная активность по отношению к использованным тест-объектам (личинкам колорадского жука и разным видам тлей), которая не превышала 40–50% при высоких концентрациях рабочего раствора (до 10–30%). Среди вариантов опытов была апробирована аптечная настойка чемерицы Лобеля или чемеричная вода, которая также обладала низкой эффективностью. Это позволило предположить, что концентрация действующих токсичных веществ в образцах экстрактов была явно недостаточной для получения желаемого эффекта. Для того чтобы повысить их токсичность, была предпринята попытка постепенного выпаривания спиртовой фракции при температуре 40–45°. Чемеричная вода была упарена в 6 раз, и при концентрации рабочего раствора 4–5% была достигнута смертность личинок колорадского жука до 100%. Аналогичный эффект не был получен ни в одном из используемых вариантов с экстрактами разных видов растений. На грушево-зонтичной тле биологическая эффективность его составила 63.2% (при концентрации рабочего раствора 3%), а на кизиловой тле — 73.9%. Таким образом, была доказана перспективность чемерицы Лобеля в качестве биопродукта инсектицидных веществ.

Дальнейшая работа в 2021 г. была продолжена с натуральным этаноловым экстрактом из высушенных измельченных корней данного растения.

При экстрагировании действующих веществ содержание сухого материала составляло 30–40%. Дополнительное концентрирование достигалось выпариванием жидкой фракции до 10 крат. Однако такое концентрирование токсикантов не вызвало увеличение инсектицидной активности полученных образцов. Это явление могло быть связано с включением определенных защитных механизмов насекомых при действии токсичными веществами (антифидантный и репеллентный эффекты). Дальнейшие исследования позволили определить оптимальное содержание растительного материала при экстрагировании, которое не превышало 20%. При этом для экстракции наиболее предпочтительно использование этанола 70%-ной концентрации.

В 2022 г. работа была направлена на отработку оптимального состава экстрактов на основе чемерицы Лобеля и технологии их получения. Ниже приведены результаты испытаний различных образцов экстрактов в лабораторных условиях на разных тест-объектах.

Очень удобным биологическим объектом для оценки биологической эффективности образцов препарата являлся обыкновенный паутинный клещ. В табл. 1 представлены результаты оценки акарицидного действия опытных образцов в сравнении с известным инсектоакарицидом авермектиновой группы — Вертимек, КЭ.

В серии опытов участвовал также экстракт трав, основу которого (70%) составляла чемерица. Другие растительные компоненты представляли собой биоматериал видов с наиболее высокой инсектицидной активностью. Испытание такой смеси было обусловлено целью снижения содержания в препарате доли чемерицы, поскольку ее биоматериал технологически более сложен как при получении сырья, так и его переработке. По результатам опыта 1, было выяснено, что наиболее эффективным экстрагентом токсичных веществ чемерицы являлся 70%-ный этанол, биологическая эффективность данного экстракта была существенно больше, чем при экстрагировании токсикантов более концентрированным этанолом. При этом для получения исходного экстракта отпадала необходимость высокой концентрации биоматериала, достаточно высокую эффективность имел экстракт с 20%-ным содержанием сухой растительной массы (табл. 1).

В 3-х последующих экспериментах оценили акарицидную активность смесового экстракта 4-х видов растений с преобладанием чемерицы. В опыте 2 было апробировано 3 концентрации рабочего раствора — 1, 2 и 3%. Во всех вариантах использования

Таблица 1. Акарицидное действие образцов экстрактов на основе чемерицы Лобеля (тест-объект – обыкновенный паутинный клещ)

Растение-биопродуцент	Образец	Концентрация этанола	Доля биомассы	Концентрация рабочего раствора	Смертность	Биологическая эффективность	HCP ₀₅
		%					
Вода	—	—	—	—	32.1	—	8.1
Вертимек (эталон)	—	—	—	1.0	100	100	
Чемерица	17	96	30	1.0	100	100	
	90	96	20	1.0	93.9	91.0	
	91	70	20	1.0	100	100	
Вода	—	—	—	—	27.5	—	7.7
Вертимек (эталон)	—	—	—	1.0	100	100	
Смесь трав*	96	70	20	1.0	75.3	65.9	
				2.0	68.9	57.1	
				3.0	86.2	81.0	
Вода	—	—	—	—	14.3	—	7.2
Вертимек (эталон)	—	—	—	1.0	100	100	
Смесь трав*	96	70	20	1.0	89.3	87.5	
				2.0	90.9	89.3	
				3.0	93.3	92.2	
Вода	вода	—	—	—	5.5	—	8.0
Вертимек (эталон)	—	—	—	1.0	72.5	70.9	
Смесь трав*	96	70	20	1.0	96.0	95.8	
				2.0	88.7	88.0	
				3.0	93.3	92.2	
Чемерица	91	70	20	1.0	98.0	97.9	

*Чемерица, тысячелистник, полынь горькая, чистотел (7 : 1 : 1 : 1). То же в табл. 2–7.

дозировок биологическая эффективность существенно (на 19–43%) уступала эталону при максимальной эффективности (81.0%) при применении самой высокой концентрации раствора.

В опыте 3 данной серии были использованы аналогичные варианты исследованных экстрактов, однако обыкновенный паутинный клещ питался на другом растении-хозяине. В данном случае проявилась аналогичная тенденция к повышению биологической эффективности смесового экстракта, однако различия в эффективности данных вариантов были статистически несущественными при достаточно высоком защитном эффекте (88–92%). Можно предположить, что в формировании устойчивости членистоногих к различным средствам защиты вполне могут играть определенную роль элементы кормового растения. В следующем опыте 4 эффективность действия смесового экстракта в 2-х рабочих концентрациях (1 и 2%) была на уровне действия препарата Вертимек, экстракт чистой чемерицы по-

казал сходное защитное действие со смесовым экстрактом в одинаковой концентрации.

При испытании смесового экстракта на розанной тле, эффективность его была значительно меньше, чем Вертимека, и снижалась с повышением концентрации рабочего раствора в 1.5–2.0 раза. В данном случае устойчивость к испытываемому экстракту была обусловлена видовыми особенностями фитофага (табл. 2).

Кизиловая тля последней генерации в высокой численности развивалась в позднеосенний период на декоративном дерене (сем. Кизиловые). В серии опытов была проведена дополнительная проверка эффективности экстрактов различной технологии приготовления и концентрации рабочего раствора (табл. 3). В опыте 1 сравнили биологическую эффективность исходных экстрактов без их концентрирования упариванием. Экстракт чистой чемерицы существенно (более чем на 11%) уступал по эффективности эталонному препарату Фитоверм, а смесовой экстракт показал высокую эффективность, сравнимую в концентрациях рабо-

Таблица 2. Эффективность образцов на основе исходных экстрактов против розанной тли на розах при различных концентрациях рабочего раствора

Биопродуцент (образец)	Образец	Концентрация этанола, %	Содержание биомассы при экстрагировании, %	Концентрация рабочего раствора, %	Смертность, %	Биологическая эффективность, %
Вода	—	—	—	—	3.3	—
Вертимек	—	—	—	1.0	93.5	93.5
Смесь трав*	96	70	20	1.0	61.4	60.1
				2.0	43.4	41.5
				3.0	33.3	31.0

Таблица 3. Эффективность образцов экстрактов на кизиловой тле в зависимости от концентрации действующих веществ и экстракта рабочего раствора

Биопродуцент	Образец	Коэффициент упаривания	Концентрация рабочего раствора, %	Смертность, %	Биологическая эффективность, %	НСР ₀₅ %
Вода+	—	—	—	14.9	—	6.9
Фитоверм (эталон)	—	—	1.0	99.2	99.1	
Чемерица	91	—	1.0	88.1	86.0	
Смесь трав *	96	—	1.0	83.2	80.2	
		—	2.0	98.8	98.6	
		—	3.0	95.0	94.1	
Вода	—	—	—	26.5	—	7.2
Вертимек (эталон)	—	—	1.0	100	100	
Смесь трав	96	2	1.0	80.3	73.2	
			2.0	90.9	90.9	
		3	1.0	65.9	65.9	
			2.0	78.5	78.5	
Чемерица	91	2	1.0	97.4	97.4	
			2.0	96.4	96.4	
Вода	—	—	—	11.4	—	8.3
Вертимек (эталон)	—	—	1.0	71.8	71.8	
Смесь трав	96	2	1.0	89.8	89.8	
			2.0	91.5	90.7	
Чемерица	91	2	1.0	85.5	84.0	
		—	1.0	66.3	62.0	

чего раствора 2 и 3% с защитным эффектом эталона.

При концентрировании действующих веществ экстрактов чистой чемерицы способом упаривания в 2 раза в опыте 2 их эффективность повысилась до уровня эталона в аналогичной концентрации (1%), смесевой экстракт показал аналогичную эффективность только при повышенной концентрации рабочего раствора (2%). Более сильное концентрирование экстракта упариванием (в 3 раза) суще-

ственно снижало его защитное действие по сравнению с другими вариантами. В опыте 3 данные варианты были апробированы повторно. Подтвердилось более активное инсектицидное действие экстракта чемерицы при 2-кратном упаривании, которое существенно превысило эффективность исходного экстракта (на 19%) и эталона. Примерно на этом же уровне и больше эталона проявился защитный эффект смесевых образцов в концентрациях рабочего раствора 1 и

Таблица 4. Эффективность образцов экстрактов против капустной тли в зависимости от концентрации рабочего раствора

Биопродуцент	Образец	Коэффициент упаривания	Концентрация рабочего раствора, %	Смертность, %	Биологическая эффективность, %	НСР ₀₅ %
Вода	—	—	—	9.1	—	6.1
Вертимек (эталон)	—	—	1.0	93.5	92.9	
Смесь трав *	96	2	1.0	86.8	85.4	
			2.0	96.9	96.6	
Чемерица	91	—	1.0	97.9	97.7	7.2
		—	2.0	92.7	92.0	
Вода	—	—	—	31.9	—	
Вертимек (эталон)	—	—	1.0	100	100	
Смесь трав	96	3	1.0	56.7	52.4	
		2	1.0	86.6	85.2	
Чемерица	91	—	1.0	93.8	93.2	
		—	2.0	81.7	79.9	
		2	1.0	85.7	84.2	

2% (табл. 3). Таким образом, было установлено, что определенное (не более чем в 2 раза) упаривание исходного экстракта может существенно повышать его эффективность.

Два эксперимента с аналогичными опытными вариантами были проведены в осенний период на капустной тле (табл. 4). На данном тест-объекте эффективность как концентрированного упариванием в 2 раза экстракта чистой чемерицы, так и исходного, варьировала от 80 до 98%, что в принципе сравнимо с инсектицидным эффектом эталонных вариантов, причем достаточной для достижения высокого эффекта была технологически оптимальная концентрация 1%, как и у эталона — препарата Вертимек. Что касается смесового экстракта, то двукратное упаривание и повышение концентрации рабочего раствора до 2% повышало эффективность действия его в отдельных случаях до уровня эталона, но стабильность результата не всегда была подтверждена.

Таким образом, результаты исследования в 2021 г. показали достаточно высокую инсектоакрицидную активность экстракта чемерицы Лобеля и ее смеси с другими травами, но целесообразность продолжения разработки второго не подтвердилась, поскольку расход сырья при получении более концентрированного препарата будет почти в 2 раза больше, чем при использовании исходного экстракта. Тем не менее, поиск других вариантов смесевых экстрактов был продолжен в 2022 г. при использовании сухого растительного материала при более тонком его измельчении. Было испытано

12 вариантов различных образцов препаративных форм с включением поверхностно-активного вещества и консерванта, необходимых для повышения прилипаемости к обрабатываемой поверхности и стабильности биопрепарата. Приведены результаты лабораторных испытаний образцов, показавших биологическую эффективность на различных тест-объектах $\geq 60\%$ (табл. 5–7).

Среди группы тлей, служивших в качестве тест-объектов, наиболее значимые результаты были получены для 2-х видов: гелихризовой и кизиловой тлей (табл. 5). Поскольку технологически и экономически наиболее приемлемой концентрацией рабочего раствора в борьбе с вредными членистоногими является 1%, более высокие дозировки при испытаниях не рассматривали в качестве перспективных. Был апробирован ряд образцов препарата как на основе однокомпонентного экстракта чемерицы, так и 2–4-компонентного (по видам используемых растений). В опыте 1 на гелихризовой тле со сливы, 4-компонентный образец 2С показал существенно более высокую биологическую эффективность по сравнению со смесевой композицией экстракта чемерицы и борщевика, хотя и уступал по эффективности эталону Вертимек.

В следующих двух опытах образцы были испытаны также в более низкой концентрации рабочего раствора (0.5%). Влияние снижения концентрации рабочего раствора на эффективность образцов препарата в опытах проявлялось неоднозначно.

Таблица 5. Эффективность различных образцов препаративных форм по отношению к различным видам тлей

Тест-объект, вид тли	Образец	Растения- биопродукенты	Концентрация рабочего раствора	Смертность	Биологическая эффективность	<i>HCP</i> ₀₅
			%			
Гелихризовая (на сливе)	Вода	—		31.6	—	5.2
	Вертимек (эталон)	—	1.0	99.1	98.7	
	2C	Смесь трав*	1.0	88.3	82.9	7.4
	8C	Чемерица + + борщевик	1.0	78.3	68.3	
Кизиловая (на дерене декоративном)	Вода	—	—	5.8	—	
	2C	Смесь трав	0.5	88.9	88.2	
			1.0	76.0	74.5	
	4C	Чемерица + + бархатцы	0.5	81.6	80.5	
			1.0	7.1	77.8	
	6C	Чемерица + + борщевик	0.5	73.8	72.2	
			1.0	46.4	43.1	
	7C	Чемерица + + бархатцы	0.5	57.7	55.1	
			1.0	73.5	71.9	
	8C	Чемерица + + борщевик	0.5	84.6	83.7	
		1.0	90.9	90.3	5.8	
Кизиловая (на дерене декоративном)	Вода	—	—	3.0		—
	1C	Смесь трав	0.5	93.8		93.5
			1.0	57.7		56.3
	3C	Чемерица + + бархатцы	0.5	75.4		74.6
			1.0	27.5		25.1
	5C	Чемерица + + борщевик	0.5	45.5		43.7
			1.0	93.8		93.5
	1Ч	Чемерица	0.5	81.0	80.4	
		1.0	70.3	69.3		

Логичный вывод, который можно было сделать при проведении экспериментов, состоял в том, что с повышением концентрации токсичной смеси смертность особей и биологическая эффективность препарата должны увеличиваться. Однако, как видно из представленных в табл. 5 данных, изменение концентрации рабочего раствора в 2-х случаях не повлияло на эффективность препарата, в 2-х случаях она увеличилась с повышением дозировки и в 5-ти случаях существенно снижалась. Естественно, что такой результат может быть связан с различным составом токсикантов в образцах, а также механизмами их действия, которые отмечены нами в опытах и ранее, но пока эти факторы остаются неизученными. При этом на эффективность биоинсектицидов оказывали свое действие и биологические

особенности целевых объектов, что важно, в частности, при разработке препарата для такой группы вредных объектов как тли. Определение оптимальной нормы применения препаратов будет проводиться после окончательного выбора наиболее эффективного образца. Пока можно констатировать, что испытанные препаративные формы биоинсектицидов обладают высокой эффективностью, превышающей 80%, которая приближается к эффектам действия химических инсектицидов.

По результатам испытаний 13 изготовленных образцов с включением чемерицы Лобеля, для дальнейших исследований заслуживают внимание 3 препаративных формы: 1C и 2C (на основе смеси 4-х трав), воспроизводимость результатов действия которых наиболее высока, а также 8C

Таблица 6. Инсектицидная активность образцов препаративных форм на основе чемерицы Лобеля для личинок колорадского жука

Образец	Биопродуценты активных веществ	Концентрация рабочего раствора	Смертность	Биологическая эффективность	HCP ₀₅
		%			
Вода	—	—	23.3	—	5.3
Вертимек (эталон)	—	—	98.6	98.2	
1Ч	Чемерица	0.5	66.7	56.5	
		1	36.7	17.4	
		2	77.5	67.9	
		3	86.7	82.6	
		0.5	76.7	69.6	
2Ч	Чемерица	1	86.7	82.6	
		2	85.0	78.6	
		3	66.7	56.5	
		0.5	68.8	54.6	
		1	70.0	57.1	
3Ч	Чемерица	2	52.5	32.1	
		1	77.5	67.9	
		2	60.0	42.9	
4Ч	Чемерица	0.5	83.3	78.3	
		1	93.3	91.3	
8С	Чемерица + + борщевик				

(чемерица Лобеля + борщевик Сосновского), с наибольшей максимальной и средней эффективностью. Большинство образцов по отношению к группе тлей показали более высокую эффективность, чем препаративная форма на основе одного биопродуцента чемерицы – 1Ч (рис. 1).

Еще один достаточно сложный тест-объект для испытания биоинсектицидов – колорадский жук, борьба с которым осуществляется на стадии личинок младших возрастов. Этот опасный вредитель картофеля в течение многих лет подвергается сильному воздействию химических инсекти-

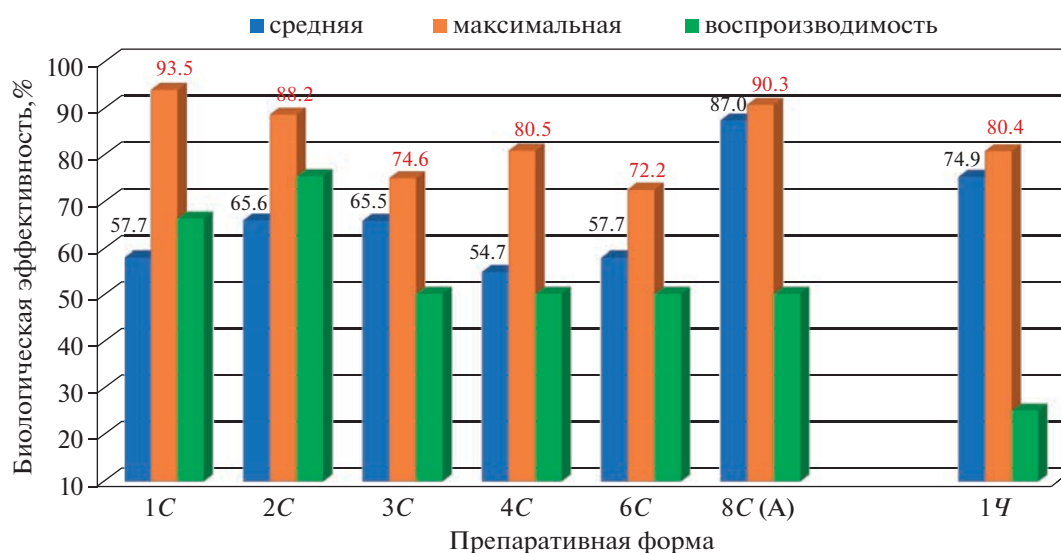
**Рис. 1.** Биологическая эффективность образцов препарата на основе смесевых экстрактов чемерицы Лобеля по отношению к группе тлей.

Таблица 7. Акарицидная активность образцов препаративных форм на основе чемерицы Лобеля и смесей трав по отношению к обыкновенному паутинному клещу

Образец	Растения- биопродуценты активных веществ	Концентрация рабочего раствора	Смертность	Биологическая эффективность	<i>HCP</i> ₀₅
			%		
Вода		—	3.08	—	5.8
Вертимек (эталон)		1.0	88.0	87.7	
1С	Смесь трав*	1.0	61.0	59.8	
2С	Смесь трав	1.0	64.3	63.3	
3С	Чемерица + бархатцы	1.0	69.6	68.7	
Вода	—	—	11.8	—	5.4
Вертимек (эталон)	—	1.0	98.3	98.1	
1С	Смесь трав	1.0	74.4	71.0	
2С	Смесь трав	1.0	70.6	66.7	
4С	Чемерица + бархатцы	1.0	95.4	94.8	
Вода	—	—	18.0		4.8
Вертимек (эталон)	—	—	100	100	
4С	Чемерица + бархатцы	0.5	98.1	97.7	
		1.0	61.0	52.4	
7С	Чемерица + бархатцы	0.5	95.4	94.4	
		1.0	85.7	82.6	7.0
Вода	—	—	15.6		
Вертимек (эталон)	—	—	100	100	
7С	Чемерица + бархатцы	0.5	58.9	51.3	
		1.0	57.8	50.0	
		2.0	85.1	82.3	
2Ч	Чемерица	0.5	56.6	48.6	
		1.0	74.0	69.2	
		2.0	22.7	8.4	

цидов, в результате чего популяции данного вида выработали устойчивость ко многим группам пестицидов, в том числе и перекрестную, определяющую общую резистентность к разным токсикантам [10].

В первых опытах, учитывая высокую резистентность вредителя к пестицидам, испытали образцы при высокой концентрации рабочего раствора (2–5%), хотя данные дозировки существенно превышали технологически оптимальную норму применения (1%). Наибольшую эффективность показали образцы 1Ч и 2Ч на основе чистой чемерицы (при высоком содержании сухого вещества во время экстрагирования) в самой высокой концентрации раствора 5% (соответственно 87.5 и 60.2%). Далее была предпринята попытка снижения концентрации рабочего раствора, учитывая прецедент испытаний на группах. Снижение концентрации рабочего раствора

до 1% при использовании нескольких образцов (2Ч и 8С) позволило получить относительно высокую эффективность (83–91%), хотя и существенно уступающую токсическому действию эталона Вертимек (табл. 6).

Обобщая результаты испытаний 13 образцов на основе чемерицы и ее смесей с другими травами, можно констатировать, что 3 из них (1Ч, 2Ч и 8С) с учетом полученных данных можно использовать в дальнейших исследованиях по разработке биопрепарата (рис. 2).

Акарицидную активность образцов препарата на основе чемерицы оценили на обыкновенном паутинном клеще. В табл. 7 представлены результаты, полученные в ряде экспериментов. В таблицу включены варианты с эффективностью на уровне $\geq 60\%$.

Образцы препарата на основе четырехкомпонентной смеси против паутинного клеща оказа-

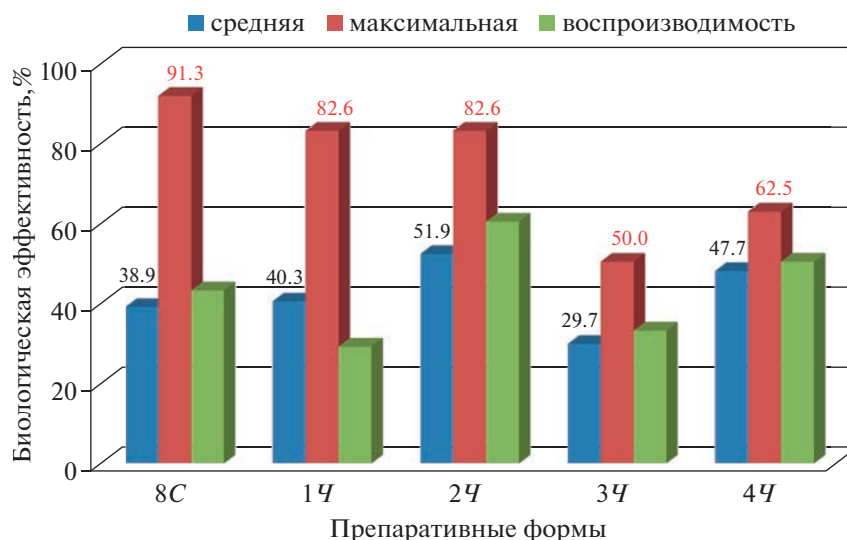


Рис. 2. Инсектицидное действие образцов препарата на основе смесевых экстрактов чемерицы Лобеля по отношению к колорадскому жуку.

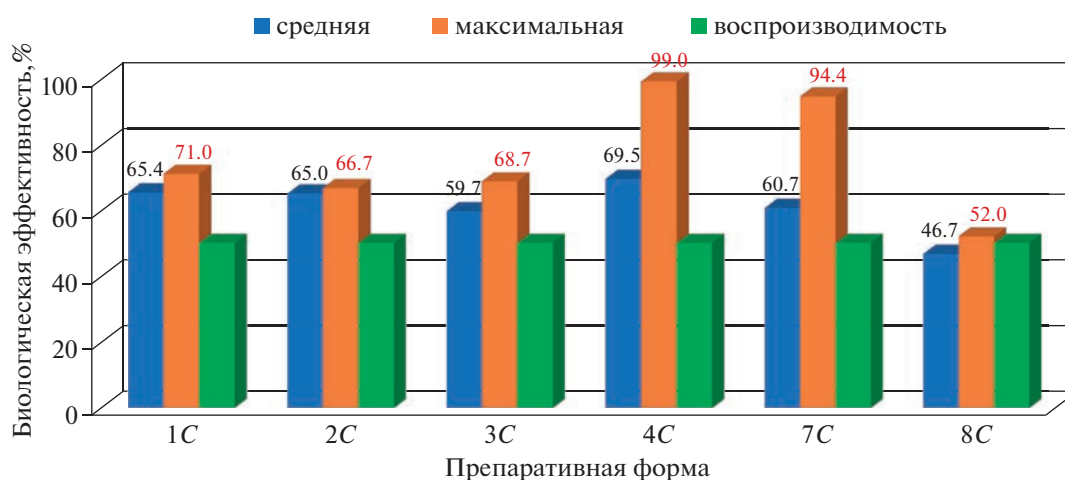


Рис. 3. Акарицидное действие образцов препарата на основе смесевых экстрактов чемерицы Лобеля по отношению к обыкновенному паутинному клещу.

лись менее эффективными, чем против группы тлей, в двух опытах они существенно уступали эталону Вертимек. Однако двухкомпонентный экстракт трав (бархатцы и чемерица) в образце 4C (опыты 2 и 3) показали эффективность на уровне эталона при концентрациях рабочего раствора 0.5 и 1.0%, хотя воспроизводимость результата в опытах варьировала.

Достаточно высокая биологическая эффективность (до 94.4%) была достигнута и при обработке образцом 7C в отдельных вариантах. Смесевые образцы на основе чемерицы и борщевика при испытаниях не показали существенной перспективности. По результатам проведенных экс-

периментов предполагаем продолжить исследования 2-х образцов 4C и 7C на основе экстрактов смеси чемерицы и бархатцев мелкоцветных (рис. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате трехлетних исследований, после анализа инсектоакарицидных свойств ≈ 30 видов растений было установлено, что одним из самых перспективных для разработки биоцидного препарата на основе природных биологически активных веществ является чемерица Лобеля. При апробировании ≈ 30 -ти вариантов препаративных форм, изготовленных на основе этаноловых и

гидроглицериновых экстрактов, для дальнейших исследований было отобрано несколько опытных образцов. Установлено, что наиболее эффективные опытные образцы препарата обладали разной степенью токсичности для отдельных групп членистоногих. Например, для группы тлей для дальнейших исследований были отобраны варианты препаративных форм на основе этаноловых экстрактов из 2–4-компонентных смесей трав (тысячелистника, полыни горькой, чистотела большого) с включением чемерицы Лобеля при ее содержании в сухом биоматериале от 50 до 70% (образцы 1С, 2С и 8С). Их биологическая эффективность была сравнима с эффектами действия инсектицида Вертимек КЭ авермектиновой группы. На колорадском жуке более эффективными показали себя образцы с использованием чистой чемерицы 1Ч и 2Ч, а также на основе смесового экстракта чемерицы и борщевика Сосновского – образец 8С. Наиболее эффективные акарицидные свойства отмечены у образцов 4С и 7С на основе биологически активных веществ двухкомпонентной смеси: чемерицы и бархатцев мелкоцветных при биологической эффективности на уровне 90%. Исследования по разработке биоцидов на основе чемерицы Лобеля, а также борщевика Сосновского будут продолжены с доработкой наиболее эффективных опытных образцов и технологических регламентов их применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнова И.М., Миронов В.Г. Применение хвойных препаратов для защиты яблони от вредителей // Защита растений в условиях реформирования агропромышленного комплекса: экономика, эффективность, экологичность: тез. докл. Всерос. съезда по защите раст. Декабрь, 1995 г. С.-Петербург. СПб., 1995. С. 459–460.
2. Выявление инсектоакарицидного, рострегулирующего и других типов воздействия химических соединений на членистоногих. Метод. рекоменд. / Под ред. Кукуленко С.С., Андреева Е.И. Черкассы, 1982. 62 с.
3. Коваленков В.Г., Тюрина Н.М. Методические рекомендации по мониторингу чувствительности фито- и энтомофагов к применяемым инсектицидам. М., 2002. 32 с.
4. Гаммерман А.Ф., Гусынин И.А., Ильин М.М. Ядовитые растения лугов и пастбищ. М., СПб.: Изд-во АН СССР, 1950. 524 с.
5. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. *Veratrum lobelianum* Bernh. — чемерица Лобеля // Иллюстрированный определитель растений Средней России: в 3 т. М.: Товарищ-во научн. изд-й КМК: Ин-т технол. исслед-й, 2002. Т. 1. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные). С. 478–527.
6. Azimova S.S., Yunusov M.S. Natural compounds. Alkaloids: plant sources, structure and properties. N.Y.: Springer Science Business Media, 2013. P. 654–721.
7. Shakirov R., Yunusov S.Yu. Alkaloids of *Veratrum lobelianum* // Chem. Natural Compound. 1971. V. 7. № 6. P. 840–841.
8. Мадебейкин И.Н. Ядовитые растения // Пчеловодство. 1993. № 9. С. 12–13.
9. Землинский С.Е. Лекарственные растения СССР. Изд-е 3-е. М.: МЕДГИЗ, 1958. С. 309–311.
10. Сухорученко Г.И., Васильева Т.И., Иванова Г.П., Иванов С.Г., Зверев А.А. Положение с резистентностью колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera, Chrysomelidae) к инсектицидам в разных зонах картофелеводства России // Вестн. защиты раст. 2010. № 3. С. 30–38.

Hellebore Lobelya Is a Perspectiveness Bioproducer for the Development of a Biocide Preparation in Plant Protection against Harmful Arthropods

T. A. Ryabchinskaya^{a, #}, L. L. Yakovleva^a, and I. Yu. Bobreshova^a

^aAll-Russian Research Institute for Plants Protection
p. VNIIS 92, Voronezh region, Ramonsky district 396030, @city, Russia

[#]E-mail: biometod@mail.ru

The results of three years of research on the development of a biological biocidal preparation for the control of harmful arthropods based on ethanol extracts of biologically active substances of Lobel's hellebore are presented. The first experimental samples of the drug were tested on a number of arthropod phytophagous species. In laboratory experiments, the most effective and promising samples of the preparation for further research were determined. It has been established that their biological effectiveness depends on the technology of manufacturing preparations, the content of the active composition of substances, the concentration of the working solution and the species of phytophages. Individual samples were comparable in effectiveness with traditional insecticides from the avermectin group.

Keywords: Lobel's hellebore, biologically active substances, biocidal preparation, plant protection, harmful arthropods.