

На правах рукописи

БУГАЕВА Людмила Николаевна

**Биологическое обоснование технологии
массового разведения и применения
криптолемуса *Cryptolaemus montrouzieri* Muls.
(Coleoptera, Coccinellidae)
для защиты растений**

Специальность: 03.00.09 – энтомология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

**Санкт-Петербург
2004**

Работа выполнена на Лазаревской опытной станции Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений.

Научный руководитель:

кандидат биологических наук

Пилипюк Владимир Иванович

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор

Воронин Константин Егорович

кандидат биологических наук

Семьянов Валентин Павлович

Ведущее учреждение:

Всероссийский НИИ цветоводства и субтропических культур

Защита диссертации состоится «27» января 2005 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 006.015.01 при Всероссийском научно-исследовательском институте защиты растений по адресу: 196608, Санкт-Петербург, Пушкин, ш. Подбельского, д. 3.

Факс: (812) 470-51-10; E-mail: vizrspb@mail333.com.

С содержанием диссертации можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений.

Автореферат разослан «27» декабря 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат биологических наук

Г. А. Наседкина

ВВЕДЕНИЕ

Криптолемус (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.) – один из наиболее эффективных кокцидофагов, применяемых для биологической защиты растений от червецов и щитовок. В практику биологического метода защиты этот хищник вошел более 120 лет назад, когда он был интродуцирован из Австралии в Калифорнию. В настоящее время криптолемус применяется в качестве кокцидофага на территории 17-ти стран, в том числе России, США, Франции, Португалии, Турции и др. (Бугаева и др., 2000; Khalaf et al., 1989; Moses et al., 2000). Объектами защиты являются цитрусовые и декоративные культуры, виноград, чай, кофе.

Разработка массового разведения криптолемуса шла по двум основным направлениям:

1) на корме, которым хищник питается в природе (Smith, Armitage, 1920, Сысоев, 1953, Пилипюк и др., 1988);

2) на заменителях природного корма (синтетических и полусинтетических питательных средах) (Согоян, 1974).

Попытки создать искусственную питательную среду (ИПС) для криптолемуса предпринимались неоднократно, однако успехом эти исследования не увенчались. Предлагаемые ИПС отличаются сложным составом и не обеспечивают достаточно высоких или хотя бы удовлетворительных репродуктивных показателей культуры *C. montrouzieri*. Кроме того, в состав лучших из созданных ИПС входит до 20% сухого мучнистого червеца, а для откладки яиц энтомофагу требуются овисаки мучнистого червеца. Следовательно, применение ИПС не избавляет от необходимости разводить этого фитофага.

Методику разведения криптолемуса на мучнистом червце отличает целый ряд недостатков, которые требуют исправления и оптимизации. В частности на этапе сбора яйцекладок высокая двигательная активность жуков чрезвычайно затрудняет смену корма и субстрата для откладки яиц.

Перспективным следует признать поиск новых видов естественного корма, помимо мучнистого червеца. Широкая пищевая специализация криптолемуса позволяет расширить круг его жертв, на которых хищника предполагается разводить в условиях биолaborаторий. В этом направлении с успехом велись работы на других хищных кокциnellидах (Brun, 1993; Ferran et al., 1997; Abdel-Salam et al., 2000). Накопленный опыт показывает, что переход на естественный заменитель природного корма позволяет удешевить разведение, делает его более технологичным, повышает надежность системы разведения.

Применяют криптолемуса на широком спектре культур в агроценозах разных типов: от чайных плантаций и виноградников до оранжерей ботанических садов, которые отличаются значительным флористическим разнообразием тропических культур. Очевидно, что методики колонизации энтомофага, регламенты его применения должны быть откорректированы в соответствии с типом агроценоза, культурой и другими параметрами. Всесторонний анализ проблемы позволил сформулировать цель и основные задачи работы.

БИБЛИОТЕКА

С.Петербург

03 1005 атт 24

Цель работы: биологически обосновать принципиально новую технологию промышленного разведения криптолемуса и его колонизации для защиты тропических и субтропических растений от червецов и пульвиновых.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

1. Найти технологически и биологически приемлемые заменители природного корма криптолемуса и субстрата для откладки яиц хищником.
2. Оптимизировать методику сбора яиц при разведении криптолемуса.
3. Оценить возможности селективного улучшения маточных культур криптолемуса.
4. Исходя из особенностей биологии криптолемуса обосновать общую схему технологии его промышленного разведения.
5. Апробировать в технологическом режиме отдельные узлы и всю конструкцию изготовленной линии по производству криптолемуса на предмет адаптивного соответствия биологии этого энтомофага.
6. Оптимизировать регламенты использования и способы колонизации криптолемуса на тропических и субтропических культурах открытого грунта и в оранжереях ботанических садов.

Научная новизна. Впервые доказана возможность использования свежих и криоконсервированных яиц зерновой моли *Sitotroga cerealellae* в качестве полноценного заменителя природного корма при массовом разведении криптолемуса. Разработана оригинальная технологическая линия для массового круглогодичного производства энтомофага без снижения основных биологических показателей культуры.

Впервые изучены особенности колонизации криптолемуса в условиях оранжерей ботанических садов Северо-западного региона РФ. Впервые создана технология расселения криптолемуса на чайных плантациях с использованием искусственных убежищ для куколок энтомофага.

Практическая значимость. Использование криоконсервированных яиц ситотроги в качестве естественного заменителя природного корма упрощает процесс его разведения и повышает надежность технологии массового производства. Криоконсервация яиц ситотроги позволяет заготавливать корм впрок.

Подобраны оптимальные условия холодовой анестезии жуков, а также заменитель естественного субстрата для откладки яиц, что позволяет оптимизировать технологию сбора яиц в режиме массового разведения криптолемуса.

Предложен оригинальный способ транспортировки и расселения криптолемуса на стадии куколки в искусственных убежищах, что сокращает потери биоматериала, а также затраты времени при расселении на больших площадях.

Созданная система производства и расселения криптолемуса делает возможным его широкомасштабное применение в открытом грунте.

Апробация работы. Разработан технологический регламент на производство криптолемуса и технические условия (утверждены МСХ РФ, Главным управлением химизации и защиты растений с Госхимкомиссией 7 сентября 1993 г.). Совместно с ВНИИЦ «Биотехника» (г. Одесса) создан и смонтирован на базе Лазаревской ОС ВИЗР комплект оборудования для производства криптолемуса (паспорт 118.00.00.ПС). Испытания по приемке комплекта оборудования проведены комиссией объединения «Союзсельхозхимия» (акт приемки продукции утвержден 27.IX 1985 г.). Криптолемус включен в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ», номер государственной регистрации 13-2415-0270(0356)-1.

Результаты исследований доложены на IX съезде ВЭО (Киев, 1984), Всероссийском съезде по защите растений (Санкт-Петербург, 1995), на симпозиуме «Интродукция и применение полезных членистоногих в защите растений» (Батуми, 1988) и др.

Опубликовано 23 печатные работы. Получены патенты на способ расселения криптолемуса и устройство для расселения биоматериала (авторские свидетельства № 1703011 от 8.09.1991, № 1663797 от 15.03.1991).

Структура и объем диссертации. Рукопись диссертации содержит 93 страницы машинописного текста, иллюстрирована 15 рисунками и 28 таблицами. Список цитируемой литературы включает 101 работу, из них 55 на иностранных языках. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследований, 6-ти глав экспериментальной части, выводов, практических рекомендаций, списка литературы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Криптолемус в системе интегрированной защиты растений от червецов и пульвиноарий (обзор литературы).

В обзоре литературы собраны сведения об истории интродукции и акклиматизации криптолемуса из Австралии в Америку, страны Европы и Азии. Проанализирован опыт применения хищника для регуляции численности червецов и щитовок на широком спектре культур. Дан обзор существующих методов разведения энтомофага.

2. Материалы и методы

Лабораторная культура *C. montrouzieri* была завезена на Лазаревскую ОСЗР в 1947 г. Разведение проводили на мучнистом червце, яйцах зерновой моли и ИПС. Личинок и имаго криптолемуса содержали в универсальных садках размером (650×450×170 мм) при температуре 25-27°C, 18-часовом световом дне, 70-85% влажности воздуха.

Тестирование основных биологических показателей (плодовитость, продолжительность периода откладки яиц, скорость развития, выживаемость преимагинальных стадий, соотношение полов, вес жуков и др.) проводили в режиме индивидуального или группового разведения.

Индивидуальное разведение проводили в пробирках, в которые помещали по одной паре половозрелых жуков. При групповом содержании 5

пар жуков помещали в сосуд объемом 0,85 л. Сбор яйцекладок и кормление проводили 1 раз в сутки.

Отбор на повышение плодовитости проводили как методом массовой (совместное выкармливание потомков высокоплодовитых пар и случайное их скрещивание в следующем поколении), так и индивидуальной (посемейное выкармливание насекомых и внутрисемейное скрещивание имаго) селекции. В обоих случаях линии разводили в режиме индивидуального и посемейного анализа селективируемого признака и направленного отбора на повышение плодовитости.

Оценку эффективности колонизации криптолемуса проводили на чайных плантациях, а также в ботанических садах и дендрариях как в открытом грунте, так и в оранжереях. Биологическую эффективность определяли по формуле $БЭ=(А-В)/А$, где А – численность вредителя до проведения защитных мероприятий, В – численность вредителя после проведения защитных мероприятий (Твердюков и др., 1993).

Численность продолговатой подушечницы на чае учитывали по методике В.А. Шапиро. Подсчитывали число особей вредителя на единицу площади. Для этого выделяли 50 модельных кустов чая, расположенных по участку в шахматном порядке. На каждом кусте осматривали по 100 листьев с 4-х сторон куста. Степень заселенности растений продолговатой подушечницей устанавливали по баллам: 1 балл – 10-20 особей на лист, 2 – 21-50 особей на лист, 3 – 51-100 особей на лист, 4 – более 100 особей на лист.

Для статистической обработки результатов использовали методы параметрической (критерий Стьюдента) и непараметрической статистики (критерий хи-квадрат, дисперсионный анализ) (Лакин, 1977).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3. Разведение криптолемуса на искусственных и естественных заменителях природного корма

3.1. Усовершенствование искусственных питательных сред для разведения криптолемуса

На первом этапе исследований была предпринята попытка усовершенствовать существующие ИПС путем изменения их состава. За основу взяли среду для личинок криптолемуса, созданную Л.Н.Согоян (1974). Изменения в состав исходной среды были внесены на основе сравнительного анализа аминокислотного состава мучнистого червеца и предлагаемой ИПС. Было апробировано 4 рецепта сред.

Максимальный уровень выживаемости, который удалось получить при содержании личинок на ИПС, составил 43%. Выживаемость личинок и куколок была как минимум в 2 раза ниже, чем в контроле. Срок развития от яйца до имаго при кормлении личинок ИПС растягивается.

Положительный аспект проделанной работы заключается в том, что на лучшей из апробированных сред часть около половины особей заканчивают преимагинальное развитие. Из куколок отраждаются жизнеспособные жуки, способные к репродукции. Следовательно, в исключительных ситуациях (отсутствие корма) ИПС можно использовать в качестве

заменителя для краткосрочного поддержания культуры энтомофага. Однако технология промышленного разведения криптолемуса не может базироваться на ИПС, так как их использование в течение ряда поколений приведет к значительному снижению репродукции культуры.

3.2. Разведение криптолемуса на естественном заменителе природного корма

Параллельно с разработкой ИПС, пригодных для разведения криптолемуса, велись поиски естественных заменителей природного корма. В природе *S. montrouzieri* проявляет себя как олигофаг и демонстрирует четкие кормовые предпочтения, поедая в основном кокцид, но потенциально он является хищником-полифагом. Исходя из этого, для криптолемуса был подобран другой вид естественного корма помимо мучнистого червеца. Это - яйца зерновой моли *Sitotroga cerealella*. Новый лабораторный хозяин обладал рядом качеств, которые давали ему значительные преимущества по сравнению с червцом: 1) высокотехнологичный и дешевый процесс массового разведения ситотроги; 2) возможность длительного хранения наработанного корма; 3) сохранение высоких репродуктивных показателей культуры криптолемуса при разведении на новом корме.

Жизненные показатели криптолемуса при воспитании его на ситотроге существенно не отличались от контроля, если для кормления использовали свежие яйца ситотроги (без признаков развития эмбриона). При кормлении личинок яйцами ситотроги, в которых уже началось развитие эмбриона, выход имаго криптолемуса снижался до 73-78%, причем потери происходили на стадии куколки, так как выживаемость личинок всех возрастов была нормальной (табл. 1). Часть куколок криптолемуса гибнет в результате повреждений, которые им наносят гусеницы ситотроги, отрождающиеся из жизнеспособных яиц зерновой моли.

Таблица 1. Выживаемость преимагинальных стадий развития криптолемуса при воспитании на яйцах зерновой моли.

Вариант опыта	Число личинок I возраста	Доля особей (%±m), достигших стадий			Общая выживаемость преимагинальных стадий, %±m
		Lar 2	Lar 3	Lar 4	
Первое поколение					
1	40	97±3,3	97±3,3	97±3,3	93±4,6
2	40	95±3,4	90±4,7	90±4,7	78±6,6 в
Второе поколение					
3	40	90±3,0	88±3,2	88±3,2	84±3,7
4	40	98±2,5	95±3,4	95±3,4	73±7,1 в
Контроль	30	100-3,2	100-3,2	97±3,3	93±4,6

Примечание. Варианты опыта: 1 и 3 - свежие яйца зерновой моли, 2 и 4 - яйца зерновой моли, в которых началось развитие гусениц, контроль - мучнистый червец. Lar - стадия личинки; в - достоверное отличие от контроля ($p < 0,05$).

Поэтому использование фертильных яиц ситотроги для кормления личинок сопряжено с некоторыми методическими трудностями. В период окукливания личинок криптолемуса необходимо тщательно удалять из садков не съеденные остатки корма (яйца ситотроги) и заменять их свежими не реже 1 раза в сутки.

Продолжительность личиночной стадии криптолемуса при воспитании хищника на ситотроге не отличалась от контроля. В соотношение полов, которое в норме у криптолемуса соответствует 1:1, не было отмечено существенных отклонений от контроля. Имаго по весу тоже не отличались от контрольных (табл. 2).

Таблица 2. Соотношение полов и вес имаго криптолемуса при воспитании личинок на яйцах зерновой моли.

Вариант	Поколение	Число особей	Доля самцов, %±m	Вес имаго, мг
1	F1	28	43±9,4	10,8±2,75
2		31	58±8,9	8,5±1,44
3	F2	29	62±9,0	9,8±1,31
4		84	51±5,5	8,0±1,47
Контроль		28	61±9,2	8,5±1,19

Примечание. Варианты опыта: 1 и 3 – свежие яйца зерновой моли, 2 и 4 – яйца зерновой моли, в которых началось развитие гусениц, контроль – мучнистый червец.

Воспитание криптолемуса на яйцах ситотроги без существенного снижения его жизненных показателей свидетельствует о том, что пищевые предпочтения криптолемуса в естественных местах обитания имеют эколого-поведенческую основу, а не биохимическую. Особи криптолемуса, воспитанные на ситотроге, при переводе их на естественный корм (червец) приступают к откладке яиц в те же сроки, что и в контроле. Их плодовитость не отличается от контрольного уровня (табл. 3).

Таблица 3. Влияние вида корма на плодовитость самок криптолемуса.

Вид корма		Начало откладки яиц (на какой день)	Число пар	Число яиц	
для личинок	для имаго			всего	среднее от самки
червец	червец	8	25	2231	89,2±9,4
ситотрога	червец	8	25	1926	77,0±6,2
ситотрога	ситотрога	20	25	27	1,1±0,7

Примечание: оценивали плодовитость в течение 1,5 месяцев. Для инициации откладки яиц использовали пустые овисаки.

Криптолемус, воспитанный на яйцах зерновой моли, не теряет способности питаться червецами, при этом дает жизнеспособное потомство.

При подаче корма (яиц ситотроги) на отрезках бумаги значительно сокращается выход имаго (до 50%). Личинки в поисках пищи сосредотачиваются в местах кормления и при этом могут поедать друг друга. Учитывая данную особенность поведения хищника в лабораторных условиях, яйца ситотроги предлагали хищнику рассыпью, равномерно распределяя

их по всей площади садка. Это позволило сократить потери от каннибализма.

При создании системы массового разведения любого энтомофага важнейшим условием является сезонная стабильность основных биологических показателей культуры. Криптолемус, воспитанный на ситотроге, развивается в те же сроки, что и на червце или незначительно опережает контрольный уровень.

Соотношение полов при воспитании на природном корме соответствует 1:1, однако в зависимости от сезона возможны отклонения (рис. 1). Чаще всего отмечается незначительное преобладание самцов.

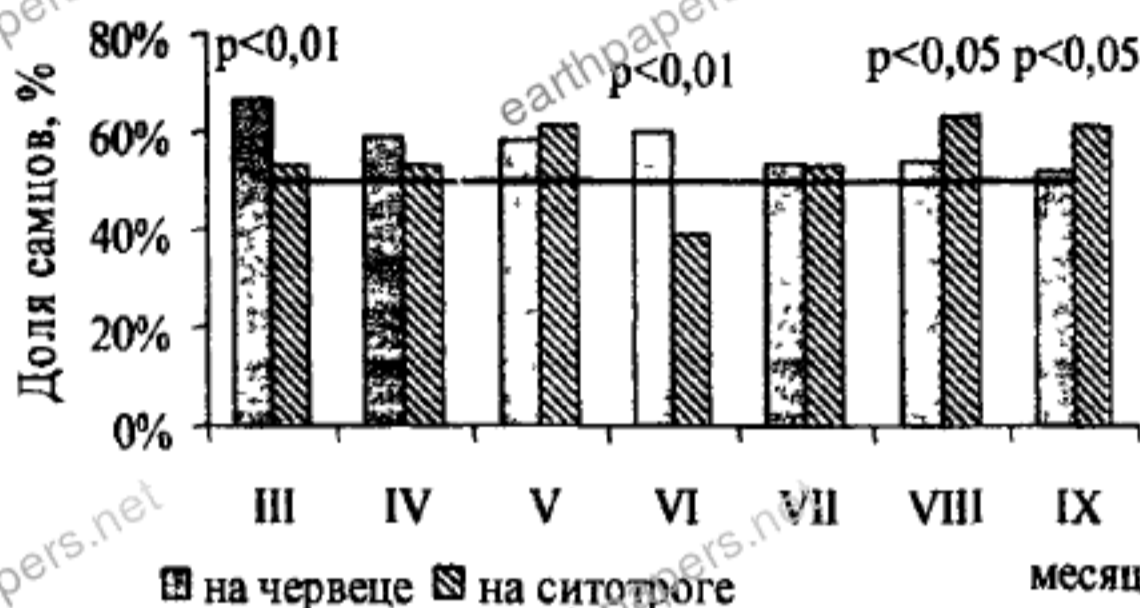


Рис. 1. Сезонная динамика соотношения полов в культуре криптолемуса.

При воспитании личинок криптолемуса на ситотроге в некоторых поколениях тоже отмечены отклонения в соотношении полов от контроля. Однако в большинстве случаев доля самцов соответствовала теоретически ожидаемому (50%). Основные биологические показатели культуры (продолжительность развития, соотношение полов, выживаемость преимагинальных стадий) несмотря на определенные сезонные колебания при разведении на ситотроге остаются близкими к норме. Это позволяет считать зерновую моль приемлемым заменителем природного корма для криптолемуса.

Для ситотроги отработана методика криоконсервации, которая является надежным способом стерилизации и длительного хранения яиц (Бегляров и др., 1981). При использовании для кормления криптолемуса яиц ситотроги, которые хранились после реконсервации в воде при пониженных температурах, выживаемость преимагинальных стадий энтомофага не отличаются от контрольного уровня. Обсушенные яйца ситотроги с добавлением зубного порошка (для придания сыпучести корму) оказались неблагоприятными для развития личинок криптолемуса. В варианте с использованием криоконсервированных яиц вес жуков, продолжительность развития и соотношение полов соответствовали контролю (табл. 4). Таким образом, установлена возможность воспитания криптолемуса на криоконсервированных яйцах зерновой моли без заметного снижения основных репродуктивных показателей культуры.

Таблица 4. Выживаемость преимагинальных стадий, соотношение полов и вес имаго криптолемуса при воспитании личинок на криоконсервированных яйцах зерновой моли.

Вариант опыта	Число личинок I возраста	Выживаемость, %±m	Доля самцов, %±m	Вес имаго, мг
1	50	0±4,1	-	-
2	50	84±5,2	33±7,3	10,5±1,85
3	50	82±5,4	41±7,7	7,3±1,31
Контроль	50	86±4,9	40±7,5	9,3±1,03

Примечание. Варианты опыта: 1 - криоконсервированные яйца, подвергшиеся обсушиванию на гипсовой плите с добавлением зубного порошка, 2 - криоконсервированные яйца, сохранявшиеся 30 дней после реконсервации в воде, 3 - свежие яйца зерновой моли, контроль - червец.

4. Оптимизация технологии разведения криптолемуса

При массовом разведении криптолемуса самым трудоемким и не технологичным этапом является сбор яйцекладок. Есть ряд проблем, решение которых позволит существенно оптимизировать этот этап разведения: 1) замена естественного субстрата для откладки яиц (овисаки червецов) на искусственный; 2) подбор оптимального срока сбора яиц в массовой культуре; 3) подавление двигательной активности жуков при сборе яиц и замене корма в садках.

4.1. Инициация откладки яиц у самок в лабораторных условиях

В природной среде самки криптолемуса откладывают яйца, как правило, в овисаки червецов или пульвинарий. Для откладки яиц самкам криптолемуса необходим ольфакторный и тактильный сигналы при контакте с восковыми филаментами, которые продуцируют мучнистые червецы. При разведении хищника на естественном заменителе природного корма (яйца ситотроги) самки не получают ольфакторного сигнала для откладки яиц (нет запаха жертвы). Возникает необходимость иницировать ее искусственно. В связи с этим были проведены эксперименты по подбору субстрата для откладки яиц криптолемусом при отсутствии червеца (табл. 5).

Таблица 5. Плодовитость криптолемуса в зависимости от вида корма и субстрата для откладки яиц.

Вид корма	Суточная плодовитость* на разных субстратах		
	пустые овисаки	поролон	всего
Сухая ситотрога	0,1	0,7	0,8
20% раствор меда	0,1	0,03	0,13
Сухая ситотрога + 20% р-р меда	0,5	2,9	3,4
Криоконсервированная ситотрога	0,3	1,1	1,4
Криоконсервированная ситотрога + 20% р-р меда	0,9	3,8	4,7
Контроль (червец)	2,2	2,9	5,1

Из данных, приведенных в таблице 5, очевидно, что запах жертвы (червеца) является важным стимулом для откладки яиц. Однако его отсутствие (при ином виде корма) не блокирует процесс откладки яиц полностью. Данная особенность репродуктивного поведения криптолемуса позволяет при его разведении на ситотроге использовать для сбора яиц искусственный субстрат, оптимальной разновидностью которого, по нашим данным, является поролон. При содержании криптолемуса на ситотроге с подкормкой (20% раствор меда) самки отдают предпочтение поролоновым полоскам для откладки яиц, при этом плодовитость самок сопоставима с контрольной.

4.2. Динамика откладки яиц и оптимизация сроков сбора яйцекладок при разведении криптолемуса

Самки криптолемуса в лабораторных условиях могут прожить 3-4 месяца, период откладки яиц при этом растянут до 1,5-2 месяцев. Как правило, самок используют для репродукции только в период наиболее интенсивной откладки яиц (первые 30 дней), а через определенный срок заменяют молодыми (Пилипюк и др., 1988).

4.3. Холодовая анестезия криптолемуса

При массовом разведении криптолемуса сбор кладок проводят ежедневно. Сложность операции заключается в том, что жуки в период откладки яиц имеют повышенную активность. При снятии крышки садка и замене кормовых растений часть жуков разлетается. Для ограничения активности жуков была предпринята попытка использовать пониженные температуры для обездвиживания криптолемуса на срок, необходимый для извлечения яйцекладок из садка и замены кормовых растений.

Пониженные положительные температуры действуют на жуков криптолемуса как анестезия. Для индукции холодого оцепенения использовали отрицательные температуры в диапазоне от -1°C до $-4,5^{\circ}\text{C}$.

Воздействие на жуков температурой $-4,5^{\circ}\text{C}$ более 5 минут приводило к гибели 20-30% особей, что нежелательно (рис. 2).

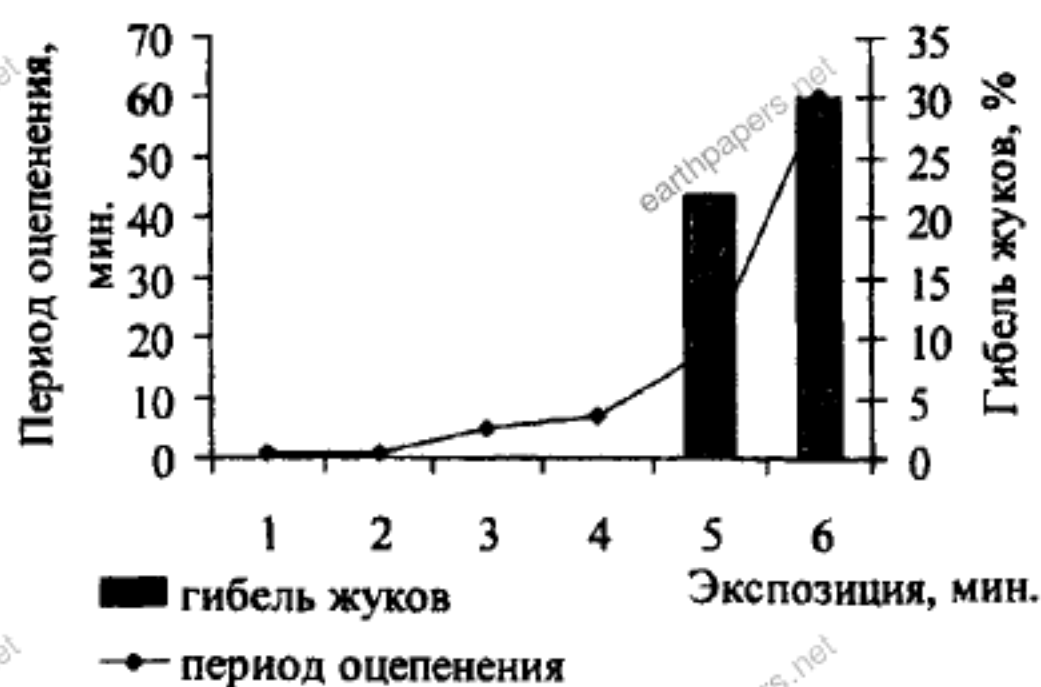


Рис. 2. Продолжительность холодого оцепенения, индуцированного у имаго криптолемуса температурой $-4,5^{\circ}\text{C}$.

Относительно безопасным является использование 4-х минутной экспозиции, которая обеспечивает анестезию сроком на 7 минут и не вызывает гибели криптолемуса (рис. 2). В ходе дальнейшей работы был найден способ индуцировать оцепенение, используя температуру -1°C с принудительной вентиляцией. Экспозиция 10 минут в данном режиме обеспечивает период оцепенения жуков около 10 минут. Гибель жуков не наблюдалась.

В дальнейшем холодовая анестезия криптолемуса была включена в качестве обязательного элемента в технологию его производства на механизированной линии. Индукцию оцепенения у яйцекладущих самок при массовом разведении энтомофага проводили в отработанном оптимальном режиме (температура -1°C в течение 10 минут с принудительной вентиляцией).

4.4. Селекция криптолемуса на повышение плодовитости

Выявление оптимальных способов и условий разведения криптолемуса во многом осложнялось большой изменчивостью поддерживаемой популяции по репродуктивным показателям и, прежде всего, по плодовитости. Отдельные насекомые вообще не откладывали яиц, другие демонстрировали высокую плодовитость (более 400 яиц за месяц). Повышение продуктивности криптолемуса возможно путем селективного улучшения маточной культуры энтомофага по признаку плодовитости.

Работы по селективному улучшению культуры криптолемуса велись под руководством д. б. н. Анисимова А.И.

Первый этап селекции - оценка внутривидовой изменчивости плодовитости. Было протестировано 50 индивидуальных пар (семей), среди которых удалось выделить 5 лучших по плодовитости семей и 5 худших. Потомство F₁, полученное от высокоплодовитых самок, демонстрировало повышенный по отношению к контролю уровень плодовитости (табл. 6).

Таблица 6. Средняя плодовитость криптолемуса в родительском и в первом поколении.

Вариант опыта	Плодовитость родительского поколения	Плодовитость потомков F ₁
Лучшие семьи	$373 \pm 33,6$	$262 \pm 10,6 \text{ б}$
Худшие семьи	$92 \pm 9,4$	$156 \pm 4,7 \text{ а}$
Контроль	$169 \pm 16,8$	$173 \pm 15,2 \text{ а}$

Примечание: одинаковыми буквами обозначены достоверно не отличающиеся значения.

От пар F₁, с высокой плодовитостью была начата селекция криптолемуса на повышение репродуктивной способности. Линии разводили в режиме индивидуального и посемейного анализа селекционируемого признака и направленного отбора на повышение плодовитости.

В процесс селекции плодовитость сильно варьировала по поколениям. В 5-м поколении отбора плодовитость в селекционируемой линии криптолемуса была в 1,7 раза выше, чем в неселекционируемой популяции. При этом генетическая гетерогенность по признаку плодовитости в селекционируемой

линии сохранялась. Спустя 15 поколений отбора плодовитость удалось повысить в 2,2 раза по сравнению со средней по неселектированной популяции.

Параллельно с селекцией фиксировали изменения других репродуктивных показателей у линейных насекомых (табл. 7). Были отобраны линии, которые демонстрировали биологические показатели (вес имаго, сроки развития, соотношение полов) на уровне контроля. Для дальнейшего селективного улучшения было проведено межлинейное скрещивание. Суточная плодовитость гибридов в этой комбинации составила 4,9 яиц, в контроле – 3,7.

Таблица 7. Биологические показатели селективируемых линий криптолемуса в условиях лабораторного разведения (1993 г.).

Показатели	Линия №5	Линия №28	Контроль
Выживаемость преимагинальных стадий, %	70,0	74,0	72,0
Продолжительность развития, дни	36,0	34,5	35,2
Соотношение полов	1:1	1:1	1:1,4
Вес имаго, мг	9,4	10,1	10,0
Среднесуточная плодовитость (яиц на самку)	4,52	4,12	3,85

Селектированные линии №5, и №28, а также их гибриды отличаются высокой плодовитостью и стабильностью яйцекладки по сравнению с неселектируемым контролем. Они были испытаны в производственных условиях, где энтомофаг эффективно снижал численность продолговатой подушечницы на плантациях чая.

5. Промышленное производство криптолемуса

Оборудование для промышленного производства криптолемуса было создано и смонтировано на базе Лазаревской ОСЗР. Его мощность составляет 5 млн. особей в год. В комплект оборудования вошли: садки универсальные (420 шт.), климатические боксы (10 шт.), установка холодной анестезии, тележка, термостат биологический, щит управления, установка для криоконсервации яиц систотроги (рис. 3).



Рис. 3. Принципиальная схема производства криптолемуса.

Климатический бокс служит для размещения в нем универсальных садков, обеспечения необходимого фотопериода, поддержания требуемого гигротермического режима в садках путем активного вентилирования. Установка холодовой анестезии предназначена для индукции у жуков криптолемуса состояния кратковременного оцепенения во время сбора яиц и других операций. В термостате производится накопление и кратковременное хранение криптолемуса и криоконсервированных яиц ситотроги. Площадь, необходимая для размещения всего комплекта оборудования для промышленного производства криптолемуса, составляет 120 м².

При использовании в течение 6 лет промышленной технологии производства не выявлено значимых отклонений по скорости развития, плодовитости, поисковой активности у особей из массовой культуры криптолемуса по сравнению с лабораторной культурой.

6. Применение криптолемуса для защиты растений от червецов и пульвинарий

6.1. Эффективность криптолемуса в зависимости от соотношения хищник-жертва при выпуске

При выпуске кокциnellид рекомендуются соотношения хищник-жертва находятся в пределах 1:10-1:60 (Савойская, 1981; Семьянов, Заславский, 1989; Лежнева, 2001). Для криптолемуса были апробированы нормы выпуска из указанного диапазона соотношений (1:30 и 1:60). При соотношении 1:30 достоверное снижение численности вредителя отмечено на 5 день после выпуска, а при 1:60 - на 10 день (табл. 8).

Таблица 8. Динамика численности мучнистого червеца после выпуска криптолемуса на растения сои.

Соотношение хищник-жертва	Численность червеца, экз. на раст.			
	до выпуска	на 5 день	на 10 день	на 20 день
1:60	306±14,7	275±15,4	245±14,5 а	149±8,3 б
1:30	375±30,1	277±21,6 а	166±24,1 б	97±20,6 б

Примечание: а - достоверное ($p < 0,05$) отличие от исходного уровня численности (до выпуска), б - $p < 0,01$.

Биологическая эффективность на 20-й день в первом варианте составила около 70%, во втором не превышала 50%. Из тестируемых соотношений предпочтительной является норма выпуска 1:30.

6.2. Колонизация криптолемуса на чайных плантациях в санаторно-курортной зоне Черноморского побережья

Оценка эффективности колонизации криптолемуса проводилась на чайных плантациях сельхозпредприятия «Дагомыское» на площади 50 га. В конце апреля в отдельных очагах началась откладка яиц продолговатой подушечницей *Pulvinaria floccifera* West. Массовая откладка яиц отмечена в первой декаде мая. В очагах численность вредителя достигала 50-60 особей на 1 растение, а в некоторых до 80-90 ос./раст. Исходная степень заселения опытных участков подушечницей перед выпуском хищника на всей площади составляла 3-4 балла. Выпуск имаго (половозрелые особи) проводили в середине мая, когда самки вредителя приступили к откладке

яиц. Эффективность однократного выпуска криптолемуса составляла 50-67%. После повторного выпуска криптолемуса окончательные учеты, проведенные в сентябре, показали, что степень заселения растений составляет 1-2 баллов.

При высокой степени заселенности чая продолговатой подушечницей необходим двукратный выпуск криптолемуса: первый – в начале периода откладки яиц вредителя во второй декаде мая, второй – при массовой откладке яиц подушечницы во второй половине июля. Норма выпуска личинок 2 возраста – не менее 10 тыс. на 1 га, имаго – не менее 5 тыс. на 1 га.

6.3. Экономическая эффективность применения криптолемуса против продолговатой подушечницы на чайных плантациях

Производственные испытания криптолемуса проходили на чайных плантациях сельскохозяйственного предприятия «Дагомысское» на площади более 10 га в период 1986-1988 гг. Ежегодно оценивали сравнительную экономическую эффективность выпуска энтомофага (норма 5000 имаго на 1 га) против продолговатой подушечницы.

На участках, где проводился выпуск криптолемуса, урожайность зеленого чайного листа составляла от 30,1 ц/га в 1986 г. до 74,3 ц/га в 1988 г. (в зависимости от исходной степени заселенности опытных участков вредителем). По отношению к контролю урожайность возросла на 14% в 1986 г., а в дальнейшие годы прибавка урожая достигала 28-32%.

Помимо прибавки урожая использование криптолемуса дает возможность повысить качество чайного листа за счет отсутствия остаточных количеств пестицидов. Благодаря этому возрастает экономический эффект биологического метода защиты чая.

6.4. Применение криптолемуса для защиты растений в закрытом грунте

В закрытом грунте колонизация криптолемуса практикуется преимущественно в оранжереях ботанических садов (Скурихина, 1937; Summy et al., 1986). Работы по защите коллекционных растений от кокцид в Ботаническом саду БИНа с помощью выпусков криптолемуса проводились в период с 1989 по 2002 гг. При использовании против комплекса кокцид в условиях флористического разнообразия декоративных культур энтомофаг демонстрировал эффективность от 50% до 80% (в зависимости от вида растения) при климатических условиях близких к тропическим.

6.5. Отработка методики транспортировки и расселения криптолемуса

Криптолемуса применяют на имагинальной и личиночной стадиях. При выпуске личинок часть из них повреждается при транспортировке, а также в процессе ручного расселения. Кроме того для ручного расселения необходимы значительные затраты времени (табл. 9). Для сокращения потерь биоматериала при выпуске хищника была предложена методика расселения криптолемуса на стадии куколки в искусственных убежищах, которые представляют собой открытые с торцов цилиндрики из бумаги (диаметр 5-7 мм, длина 9-10 мм).

Личинки IV возраста, закончив питание, окукливаются в укромных местах. В силу данной поведенческой особенности криптолемуса личинки заползают в предложенные им цилиндры и окукливаются в них, прикрепляясь к внутренней поверхности.

Таблица 9. Затраты времени и доля травмированных особей криптолемуса при ручном расселении на культуре чая.

Вариант расселения	Число особей	Время расселения (мин.)	Доля травмированных, %
Личинки	100	9,55	8,0
Имаго	100	9,90	6,7
Куколки в цилиндрах	100	2,55	0

Куколок в убежищах можно транспортировать без особых приспособлений и расселять на растения вместе с цилиндрами. Это дает возможность сократить затраты времени в 3-3,5 раза, а также полностью исключает травмирование куколок (табл. 9).

Куколок криптолемуса в капсулах (цилиндрах) можно использовать не только при традиционном ручном способе, но и для авиарасселения (Агарков и др., 1994).

6.6. Сравнительное действие инсектицидов на личинок криптолемуса

Проведена оценка токсического действия следующих инсектицидов: регент, ВГ; моспилан, РП; актара, ВДГ; лептоцид, КЭ; конфидор, ВГ; фуфафон КЭ; банкол СП. Препараты испытывали в производственных концентрациях. Все испытанные инсектициды были нетоксичны в отношении личинок криптолемуса и не влияли на выживаемость обработанных особей, которая во всех вариантах опыта сохранялась на контрольном уровне.

ВЫВОДЫ

1. На основе изучения биологии криптолемуса дано обоснование технологии его промышленного разведения в целях создания линии по массовому производству энтомофага.

2. Апробированы в технологическом режиме в экспериментальных и производственных условиях отдельные узлы и вся конструкция изготовленной линии по производству криптолемуса на предмет соответствия их биологическим особенностям хищника.

3. Подобран соответствующий технологии разведения криптолемуса естественный заменитель его природного корма – криоконсервированные яйца зерновой моли. Питание жуков и личинок этим кормом не сказывается негативно на жизнеспособности хищника.

4. На основе изучения поведения жуков при выборе мест откладки яиц подобран искусственный субстрат, привлекающий самок. Разработанный режим холодовой анестезии позволяет успешно проводить выемку яиц из универсальных садков.

5. В лабораторной популяции криптолемуса, которая находилась в течение 50 лет в режиме внутривидового разведения, выявлена значительная генетическая гетерогенность по плодовитости, что открывает широкие возможности для селективного улучшения культуры *C. montrouzieri*.

6. Получены высокопродуктивные линии криптолемуса, плодовитость которых в 2,2 раза превышает уровень неселектируемой лабораторной популяции. Длительная направленная селекция не отразилась на основных биологических показателях (вес имаго, сроки развития, соотношение полов и др.) линейных насекомых. Биологическая эффективность подавления очагов мучнистого червеца при использовании для выпуска селекционных линий не отличалась или превышала контрольный уровень.

7. В качестве искусственных укрытий для окукливания личинок разработаны специальные капсулы, позволяющие транспортировать и расселять криптолемуса на стадии куколки без потери биоматериала, в том числе и с использованием авиации. Применение капсул предотвращает травмирование энтомофага и повышает производительность расселения в 3-3,5 раза при ручном способе.

8. Исходя из высокой биологической эффективности криптолемуса в отношении мучнистых червецов (75-80%) и чайной пульвинарии (80%) доказана целесообразность использования энтомофага для защиты чайных плантаций и декоративных культур в зоне влажных субтропиков.

9. При колонизации криптолемуса на культуре чая против продолговатой подушечницы для достижения гарантированного защитного эффекта необходим двукратный выпуск криптолемуса: первый – в начале периода откладки яиц вредителем, второй – при массовой откладке яиц подушечницей.

10. При колонизации криптолемуса в оранжереях ботанических садов против комплекса кокцид в условиях флористического разнообразия декоративных культур энтомофаг демонстрирует высокую (до 80%) эффективность при климатических условиях близких к тропическим. При колонизации криптолемуса видовое разнообразие растений вызывает смещение в соотношении хищник-жертва за счет миграций энтомофага и преимущественного заселения определенных растений.

Практические рекомендации

1. Для разведения криптолемуса использовать разработанную технологию и комплект оборудования для промышленного производства криптолемуса с использованием криоконсервированных яиц ситотроги.

2. При расселении криптолемуса использовать куколок энтомофага, находящихся в специальных капсулах.

3. В качестве исходного материала при промышленном разведении криптолемуса использовать коллекцию высокопродуктивных селекционных линий энтомофага.

Список основных публикаций по теме диссертации

1. Пилипюк В.И., Бугаева Л.И., Бакланова Е.В. О возможности разведения хищного жука *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. на яйцах зерновой моли // Энтومол. обозр. – 1982. – Т. 62. – №1. – С. 50-52.

2. Пилипюк В.И., Бугаева Л.Н., Игнатъева Т.Н. Криоконсервированные яйца зерновой моли как корм для криптолемуса // Интродукция, акклиматизация и селекция энтомофагов. – Л. – 1987. – С. 105-109.

3. Пилипюк В.И., Бугаева Л.Н., Игнатъева Т.Н. и др. Методические указания по разведению и применению хищного жука криптолемуса (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.) для борьбы с червецами и пульвиноариями. – ВИЗР, Лазаревская ОСЗР. – Л. – 1988. – 31 с.

4. Пилипюк В.И., Бугаева Л.Н., Белокопытова Е.В. Применение интродуцированных энтомофагов на Черноморском побережье Краснодарского края // Тр. сипм. «Интродукция и применение полезных членистоногих в защите растений», 5-9 сент. 1988, Батуми. – Л. – 1989. – С. 38-43.

5. Агарков В.М., Кучерявенко А.Н., Панченко Р.А., Пилипюк В.И., Бугаева Л.Н., Пилипюк В.В. Авиарасселение криптолемуса // Защита растений. – 1994. – Вып. 6. – С. 43.

6. Бугаева Л.Н., Пилипюк В.И., Пилипюк В.В., Белокопытова Е.В. Промышленное производство криптолемуса (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls., Coleoptera, Coccinellidae) // Вестник защиты растений. – 2000. – №1. – С. 94-99.

Научное издание RIZO-печать

ООО "ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ"

Лицензия ПЛД № 69-253 Подписано к печати 24 декабря 2004 г. тир 100 экз