

Н. В. КАНДЫБИН

**БАКТЕРИАЛЬНЫЕ
СРЕДСТВА
БОРЬБЫ
С ГРЫЗУНАМИ
И ВРЕДНЫМИ
НАСЕКОМЫМИ**

ВСЕСОЮЗНАЯ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
ИМЕНИ В. И. ЛЕНИНА

Н. В. КАНДЫБИН

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ С ГРЫЗУНАМИ И ВРЕДНЫМИ НАСЕКОМЫМИ:

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА



Москва ВО · Агропромиздат · 1989

Редактор Л. М. Козьмина

К а н д ы б и н Н. В. Бактериальные средства борьбы с грызунами и вредными насекомыми: теория и практика. /Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. М.: Агропромиздат, 1989, 172 с. ISBN 5—10—001367—2

Даны современные представления о теории и практике использования бактериальных средств борьбы с грызунами и вредными насекомыми. Показано эпизоотологическое направление применения бактериальных средств и метатоксический эффект их действия на вредителей. Рассмотрены вопросы патогенности и контагиозности бактерий, восприимчивости и иммунитета вредителей, специфичности и безопасности бактерий для человека и полезных животных, технологии применения бактериальных препаратов.

Таблиц — 46, иллюстраций — 14, библиография — 285 названий.

Одобрена и рекомендована к печати бюро Отделения защиты растений ВАСХНИЛ.

The recent data are represented on theory and practice of bacterial preparation application for pest and rodent control. The epizootological approach and metatotoxic effect of bacterial preparations are discussed. The pathogenicity and infecting ability of bacteria, which are selective and harmless for animals and human beings, as well as susceptibility and immunity of pests are analysed. The special aspects of bacterial preparation application, some characteristics of bacterial preparations, laboratory and semi-industrial technology for bacterodendicide production, as well as some other particular problems are considered.

The book is intended for all specializing in pest control.

3704040000 — 318
К 68—89
035 (01) —89

ISBN 5—10—001367—2

© ВО "Агропромиздат", 1989

ПРЕДИСЛОВИЕ

Концентрация и специализация растениеводства и животноводства усиливают развитие эпифитотий и эпизоотий, способствуют массовому размножению вредных организмов, а интенсивное применение минеральных удобрений и пестицидов неминуемо изменяет видовой состав и соотношение численности вредных и полезных представителей агробиоценозов. Поэтому для повышения продуктивности сельскохозяйственного производства требуется постоянное наращивание объемов применения средств борьбы с вредителями, болезнями и сорняками. В настоящее время значительную долю таких средств составляют химические препараты. Однако широкое использование пестицидов в растениеводстве, например, привело к тому, что многие из них, попадая в почву, водоемы, накапливаясь там в больших количествах или трансформируясь в метаболиты, форму и свойства которых мы часто даже не можем прогнозировать, разрушают биоценозы, обедняя видовой состав и сдвигая экологическое равновесие. Накапливаясь в продуктах питания и корме, эти соединения вызывают острые или, что не менее опасно, хронические отравления человека и животных.

Известный американский эколог О. С. Оуэн (1977) пишет: "Наше безудержное и безрассудное применение ядохимикатов заразило все цепи питания так, что пострадало все живое, включая человека".

Пока отказаться от применения химических пестицидов нельзя — это приведет к большим потерям урожая. Тем не менее очевидно, что решение такой исключительно важной государственной задачи, как увеличение производства сельскохозяйственной продукции, должно быть подчинено экологическому принципу и предусматривать не только сохранение, но и умножение природных богатств — почвенного плодородия, продуктивности и эстетичности водоемов, лесов и т. д., поскольку природа — источник и материальной, и духовной жизни общества. Следовательно, нужны альтернативные приемы и средства, которые, с одной стороны, не уступали бы по эффективности пестицидам, а с другой стороны, не причиняли вреда природе и человеку. К таким средствам с полным правом можно отнести бактериальные препараты — собственно роденто- и энтомопатогенные бактерии и их метаболиты.

Во всяком биоценозе, в том числе и агробиоценозе, складывается

динамическое равновесие, и резкие подъемы численности одного вида кратковременны, поскольку сдерживаются биотическими и абиотическими факторами. Правда, нередко периодическое увеличение численности вредных видов сопровождается огромной вредоносностью, и требуются постоянные меры, сдерживающие массовое размножение таких видов. Что же касается агробиоценозов, то здесь вредные виды даже при средней численности могут наносить ощутимый ущерб.

В последние годы при разработке защитных мероприятий успешно применяется интегрированный подход, который предполагает использование в основном не истребительных, а профилактических приемов контроля за экосистемами, основанных на естественных взаимоотношениях видов. Один из методов, отвечающих требованиям интегрированной системы защиты, — микробиологический, и в частности бактериальный метод, особенно его эпизоотологическое направление.

1. БАКТЕРИАЛЬНЫЙ МЕТОД БОРЬБЫ С ВРЕДНЫМИ НАСЕКОМЫМИ

Многие виды насекомых, как известно, являются вредителями растений, паразитами и переносчиками возбудителей болезней человека, полезных животных и растений. Изобретены самые разные способы и средства истребления насекомых и защиты от них человека, животных и растений. До последнего времени наиболее распространенным был химический метод борьбы с насекомыми. Но этот метод при высокой эффективности имеет три основных недостатка: во-первых, химические инсектициды в большинстве своем универсальны и убивают не только вредных, но и полезных насекомых (опылителей, энтомофагов); во-вторых, они загрязняют окружающую среду; в-третьих, за многолетнюю практику применения инсектицидов многие виды насекомых приобрели устойчивость к ним (примерно 260 видов вредителей сельского и лесного хозяйства и 170 видов паразитов человека и сельскохозяйственных животных). Все это вынудило пересмотреть практику использования химических инсектицидов и по-новому оценить химический метод контроля. Сейчас наиболее перспективным считается экологический подход, предусматривающий рациональное сочетание современных защитных приемов и биометода, в частности использования энтомопатогенных бактерий как естественных паразитов насекомых.

1.1. ЭНТОМОПАТОГЕННЫЕ БАКТЕРИИ

Наука о болезнях насекомых — энтомопатология — берет начало с древних времен. Еще Аристотель (384—322 гг. до н. э.) наблюдал и описал болезнь пчел. Природа болезни, конечно, оставалась неизвестна, и можно лишь предполагать, что это был гнилец, возбудителем которого являются бактерии рода *Bacillus*.

Луи Пастер (Pasteur, 1870), изучавший пестроту тутового шелкопряда, отмечал, что болезнь вызывают микроорганизмы, среди которых была выделена бактерия "с необыкновенными ядрами", оказывавшая на гусениц шелкопряда паралитическое действие и названная Пастером

Bacillus bombycis. Я. Вайзер (1972) справедливо считает, что это была *Bac. thuringiensis*, для которой характерны внутриклеточные кристаллические включения. Таким образом, Пастер первым обнаружил этот вид спорообразующих бактерий, на основе которого более чем сто лет спустя начали широко разрабатываться бактериальные средства защиты от вредных насекомых. В дальнейшем заметки Пастера были забыты, и в 1902 году японский исследователь С. Ишивата (Ishiwata, 1905) заново открыл эту бактерию, назвав ее *Bac. sotto*. В 1911 году Е. Берлинер (Berliner, 1915) в Тюрингии выделил аналогичную бактерию из больных гусениц мельничной огневки, тщательно ее изучил, подробно описал и присвоил ей название *Bac. thuringiensis berliner*. С тех пор эта бактерия приобрела таксономический статус и вошла в мировую номенклатуру как самостоятельный вид под названием *Bac. thuringiensis berliner*.

Большая заслуга в начальном развитии исследований по бактериальным болезням насекомых принадлежит И. И. Мечникову, нашему великому соотечественнику и соратнику Пастера. Будучи профессором зоологии и сравнительной анатомии Новороссийского университета в Одессе, И. И. Мечников, изучая возбудителей болезней насекомых, предложил использовать этих возбудителей для контроля численности вредных насекомых, и в частности хлебного жука-кузьки (Мечников, 1879).

Группа описанных в разное время энтомопатогенных спорообразующих бактерий достаточно многочисленна. Помимо *Bac. thuringiensis* (подробно мы рассмотрим эту группу в специальных разделах), большое практическое значение в США, например, приобрела другая группа споровых анаэробных бактерий *Bac. popilliae* и *Bac. lentimorbus* — возбудителей молочной болезни пластинчатоусых жуков, распространившейся в 20-х годах нашего столетия через несколько лет после завоза на американский континент японского жука (*Popillia japonica*), наиболее восприимчивого к этой болезни (Dutky, 1940). После детального изучения молочной болезни японского жука в США были предприняты попытки использовать *Bac. popilliae* для борьбы с этим вредителем. Дело, однако, осложнялось тем, что на искусственных средах бактерия не образовывала спор. Поэтому ее размножали на личинках японского жука, которым прививали инфекцию микрошприцом. В одной зараженной личинке через 20 сут инкубации накапливается до 20 млрд спор. После специальной обработки из личинок получали порошкообразный препарат с содержанием спор 100 млн/г (Dutky, 1942). Применение этого препарата с 1939 по 1952 год в 14 штатах США позволило резко снизить численность японского жука на площади около 40 000 га.

К облигатным возбудителям болезней насекомых из числа споровых бактерий следует отнести также *Bac. cereus*. Эта бактерия очень широко распространена в природе. На энтомопатогенные свойства *Bac. cereus* впервые указали В. П. Соколов и Л. И. Клотц (Sokoloff,

Klotz, 1942), выделившие этот вид сначала из почвы, а затем из калифорнийской щитовки. Заражение бактерией взрослых щитовок в лаборатории вызывало их гибель, но повторить опыты с тем же эффектом не удалось (Штейнхауз, 1952). Подобную бациллу выделили из трупов гусениц яблонной плодовой гнили и испытывали ее патогенность для вида-хозяина, а также для пчелиной огневки (Stephens, 1959). Пероральное заражение гусениц яблонной плодовой гнили вело к септицемии, а ЛД₅₀ при инъекции в гемолимфу гусениц пчелиной огневки составляла 150 клеток. Опыты, проведенные с этим изолятом в полевых условиях, не дали положительных результатов. А. М. Heimpel (1955) получил культуру *Bac. cereus* из больных личинок пилильщиков и испытал ее патогенность для разных видов пилильщиков, добившись 65 %-ной гибели вредителя. Исследуя бактериальную флору насекомых Крыма и Северного Кавказа, мы выделяли преимущественно *Bac. cereus* по сравнению с другими видами споровых бактерий, причем часто из гемолимфы больных гусениц чешуекрылых — совок, лунки серебристой, пяденицы (Кандыбин, Черверда, Симонова, 1972). Из 35 изолятов *Bac. cereus* 11 оказались энтомоцидными для гусениц пчелиной огневки при парентеральном введении: ЛД₅₀ от 5 до 40 тыс. клеток, гибель в течение 1—3 сут. Другие штаммы были менее энтомоцидными или полностью неактивными.

Энтомопатогенность *Bac. cereus* изучена недостаточно. Установлено, например, что группа *Bac. cereus* включает штаммы, существенно различающиеся по указанному признаку. Объяснить такой факт можно лишь двумя предположениями: это или морфозы, у которых признак энтомопатогенности нестабилен, или таксономически разные формы.

К споровым бактериям с энтомопатогенными свойствами следует причислить *Bac. sphaericus*. Эта бактерия известна уже более 80 лет как представитель почвенной сапрофитной микрофлоры, но недавно из личинок комаров в Индии, Индонезии, Шри Ланке и Нигерии были выделены штаммы с ларвицидными свойствами. Этот вид, подобно *Bac. cereus*, делится на разные по ларвицидности группы штаммов — с высокой, умеренной, низкой токсичностью и атоксичные. Подробнее мы рассмотрим эти вопросы в специальном разделе.

Об энтомопатогенности *Serratia marcescens* в зарубежной литературе упоминается начиная с 1886 года (Masera, 1936). Впервые возбудитель был выделен из больных гусениц тутового шелкопряда. В дальнейшем многие изучали патогенность этой бактерии для разных видов насекомых, причем выводы делались самые противоречивые. Даже в отношении тутового шелкопряда в специальных экспериментах по испытанию *Serr. marcescens* на гусеницах результаты были неоднозначными. Мы ограничимся перечислением тех данных, когда была показана высокая энтомопатогенность возбудителя. Сообщалось о вызванной *Serr. marcescens* эпизоотии майского хруща, высокой смертности гусениц тутового шелкопряда, успешном применении

штамма *Serr. marcescens* против гусениц стеблевого мотылька (Paillott, 1933; Hurpin, Vago, 1958; Masera, 1934). J. M. Stephens (1959) отмечала высокую вирулентность этого вида для саранчовых — *Melanoplus bivittatus*. M. V. McFadden (1966) приводит данные по экспериментальному переносу различных возбудителей болезней плодовых мух, и в частности *Serr. marcescens*, с Гавайских островов на американский материк. Выявлена патогенность этой бактерии для взрослых жуков хлопкового долгоносика (Slatten, Larson, 1967) при заражении их через корм и инъекцией. I. V. Bell (1969) выделил штамм *Serr. marcescens* из яиц хлопковой совки и испытал его патогенность для капустной совки, помещая бактерии на стерильные листья растения или внося их в искусственную питательную среду. При этом отмечалась патогенность, а также репеллентные свойства бактериальной культуры.

Отечественными исследователями (Метальников, 1930; Зернов, 1931) показана высокая вирулентность этой бактерии для пчелиной огневки, непарного шелкопряда, кукурузного мотылька, нескольких видов червецов (*Pseudococcus*) (Поспелов, 1932), тутового и непарного шелкопрядов, кукурузного и лугового мотылька, пчелиной огневки, капустной белянки, озимой совки, златогузки, клопа-черепашки (Дробышевская, 1936; Евлахова, Швецова, 1965), для свекловичного долгоносика (Деркач, Гайдман и др., 1944), для свекловичного долгоносика и озимой совки (Романевич, 1950), для сибирского шелкопряда (Полтев, 1963).

Таким образом, *Serr. marcescens* следует отнести к числу энтомопатогенов с высокой вирулентностью для многих видов и групп насекомых. Кроме того, вызываемая ею инфекция (красный бактериоз) очень контагиозна, хотя в природных популяциях эпизоотии красного бактериоза чрезвычайно редки.

Противоречивые данные о вирулентности этого вида, полученные разными авторами, вероятно, объясняются недостаточной изученностью как самого возбудителя, так и его взаимоотношений с насекомыми-хозяевами. Несомненно одно, что *Serr. marcescens* заслуживает гораздо большего внимания, чем то, которое сейчас ей уделяется. Для полного ответа на вопрос о практической значимости этого вида необходимы дополнительные исследования его таксономии, стабильности и изменчивости, механизма энтомопатогенного действия, иммунитета насекомых при заражении.

Из других неспоровых форм бактерий, обладающих свойствами энтомопатогенности, следует упомянуть *Pseudomonas chlororaphis*, применение которой в Чехословакии (Kudler, Lysenko, Hochmut, 1958) против листовертки дало положительный эффект, и *Ps. aeruginosa*, продуцирующую энтомоцидные токсины (Lysenko, 1963; Lysenko, Kučera, 1968). И. А. Старков (1975) сообщает о высокой вирулентности *Ps. carnea*, выделенной из гусениц хлопковой совки (пораженные особи

и трупы). Эта бактерия не только вызывает гибель при введении с кормом, но иногда передается трансовариально с последующим заражением и гибелью гусениц новой генерации. На основе этой бактерии был создан препарат карнецин, эффективный в борьбе с хлопковой совкой.

1.2. БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ НАСЕКОМЫХ

1.2.1. Физиолого-биохимические признаки и токсинообразование *Bacillus thuringiensis*

В связи с тем что бактерии *Bac. thuringiensis* приобрели наибольшее практическое значение, рассмотрим их свойства подробнее.

Сейчас насчитывается более 30 вариантов *Bac. thuringiensis* (de Barjac, Bonnafoi, 1967). О. Lysenko (1985) приводит схему диагностики 30, в том числе 19 серовариантов по Н-антигену, на основании физиолого-биохимических свойств (табл. 1). Обсуждая таксономическую номенклатуру этого вида, автор справедливо указывает на возможность использования более низких таксонов — серовариантов (по антигенным свойствам), биовариантов (по биохимическим свойствам), патовариантов (по патогенности для насекомых) и фаговариантов (по фагочувствительности). Например, третий серовариант включает два биоварианта (*alesti* и *kurstaki*), четвертый — три (*dendrolimus*, *sotto* и *kenyae*) и т. д. Что касается патовариантов и фаговариантов, то здесь строгих разграничений нет — в первом случае из-за неодинаковой видовой восприимчивости насекомого, во втором — потому, что фагочувствительность зависит не только от лизогенности культуры, но и от активности и спектра действия фага.

В представленной таблице отсутствует *Bac. thuringiensis* var. *caucasicus*, выделенный и описанный Э. К. Африкяном и его сотрудниками. По данным Н. de Barjac (1982), var. *caucasicus* по биохимической и серологической характеристике строго идентифицируется как var. *darmstadiensis*. Следует отметить, что var. *caucasicus* выделен гораздо раньше, чем var. *darmstadiensis*, и было бы правильнее присвоить десятому серотипу название *caucasicus*. Это вызвано тем, что штамм var. *caucasicus* передан в Институт Пастера (Париж) несколько позже. Биовариант *dakota* был описан как новый серовариант Н-15, но впоследствии у него не обнаружили кристаллов эндотоксина и не включили в схему, хотя по правилам таксономии наличие или отсутствие токсинов не является систематическим признаком. Варианты *fowleri* и *wuhanensis* не образуют жгутиков, поэтому серотипированию по жгутиковому антигену не подлежат. В таблицу, составленную нами по данным О. Lysenko, не вошел 20-й серовариант, выделенный в 1986 году (Ohba, Aizawa, 1986) в Японии и названный *Bac. thuringiensis* var. *japanensis*.

10 1. Биохимические признаки вариантов и серовариантов *Bac. thuringiensis* (по Lysenko, 1985)

Вариант	Серовариант	ПИГ	ЭСК	ТВ-80	АЦЕТ	КРАХ	АРГ	ЛЕЦ	МОЧ	ЦЕЛ	ПЛ	ХИТ	МАН	САХ	САЛ	ЖЕЛ
<i>thuringiensis</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	d	1
<i>finitimus</i>	2	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
<i>alesti</i>	3a	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>kurstaki</i>	3a3b	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
<i>dendrolimus</i>	4a4b	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1
<i>sotto</i>	4a4b	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	d	1
<i>kenyae</i>	4a4c	0	d	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
<i>galleriae</i>	5a5b	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
<i>canadiensis</i>	5a5c	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1
<i>subtoxicus</i>	6	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1
<i>entomocidus</i>	6	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	d	1
<i>aizawai</i>	7	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
<i>morrisoni</i>	8a8b	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1
<i>ostrinae</i>	8a8c	0	0	1	1	1	d	d	0	1	1	0	1	0	d	1
<i>tolworthi</i>	9	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
<i>darmstadiensis</i>	10	0	1	1	1	1		0	0	1	0	0	0	0	0	1

toumanoffi	11a11b	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
kyushuensis	11a11c	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	d	1
thompsoni	12	0	1	1	1	1	1	1	1		0	1	1	1	1	1
pakistani	13	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1
israelensis	14	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
indiana	15	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
tohokuensis	16	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
kumamotoensis	17	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
tochigiensis	18	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
dakota	(15)	0	1	d	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1
fowleri		0	d	d	1	1	1	1	0	0	1	0	0	d	0	1
wuhanensis		0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
nigeriae	8b8d															
yunnanensis	19															

П р и м е ч а н и е. ПИГ — образование пигмента; ЭСК — расщепление эскулина; ТВ-80 — расщепление Твина-80; АЦЕТ — образование ацетона; КРАХ — расщепление крахмала; АРГ — образование аргининдигидролазы; ЛЕЦ — наличие лецитиназы; МОЧ — расщепление мочевины; ЦЕЛ — образование кислоты из целлобиозы; ПЛ — образование пленки в бульоне; ХИТ — образование хитиназы; МАН — образование кислоты из маннозы; САХ — образование кислоты из сахарозы; САЛ — образование кислоты из салицина; ЖЕЛ — гидролиз желатины; 0 — признак не проявляется или проявление нечеткое ("—" или "±"); 1 — признак четко проявляется (от "+" до "+++"). Варианты fowleri и wuhanensis не имеют жгутиков, а для вариантов nigeriae и yunnanensis нет данных по биохимическому анализу.

До недавнего времени наиболее надежным тестом при идентификации *Bac. thuringiensis* считалось серотипирование с использованием жгутикового антигена. Биохимические показатели *Bac. thuringiensis* относительно нестабильны, носят фенотипический характер и служат дополнительным таксономическим критерием. Так, по данным Э. К. Африкяна (1973), из 13 штаммов серотипа *sotto-dendrolimus* арабинозу, маннозу, сахарозу, целлобиозу, например, ферментировали соответственно два, два, четыре и шесть штаммов.

Но, как оказалось, серологический метод сам по себе также не может быть надежным таксономическим ключом. М. Ohba и К. Aizawa (1986) исследовали 189 штаммов *Bac. cereus* в реакциях с антисывороткой к Н-антигену 20 серовариантов *Bac. thuringiensis*. При этом около 30 % штаммов положительно реагировало на антисыворотку против 16 серовариантов. Следовательно, идентификация новых изолятов *Bac. thuringiensis* достаточно сложна и должна выполняться только высококвалифицированными микробиологами с обязательным использованием полного набора биохимических и серологических тестов. Можно идентифицировать *Bac. thuringiensis* методами молекулярной биологии (ДНК-ДНК гибридизация), но такие приемы требуют специальной подготовки персонала и, к сожалению, пока не получили распространения.

Большая вариабельность признаков этих бактерий послужила причиной заключения О. Lysenko (1985) о том, что выделение *Bac. thuringiensis* в самостоятельный вид условно. По его мнению, *Bac. thuringiensis* — разновидность *Bac. cereus*, отличающаяся приобретенной способностью к кристаллообразованию и энтомопатогенностью, поэтому все характерные признаки *Bac. cereus* с большой вероятностью будут свойственны *Bac. thuringiensis*.

Раньше считалось, что разновидности или варианты *Bac. thuringiensis* имеют свои ареалы, связанные с распространением насекомых-хозяев. Например, варианты *sotto* и *dendrolimus* типичны для азиатского континента, *entomocidus* и *finitimus* — для Северной Америки, *thuringiensis*, *galleriae* и *alesti* — для Европы и т. д. Впоследствии выяснилось, что это не совсем так. Например, 3-й и 5-й сероварианты, считавшиеся европейскими, были обнаружены в Америке и названы фенотипическими биовариантами *kurstaki* и *canadiensis*, а при массовых экспедиционных обследованиях было показано, что многие серотипы *Bac. thuringiensis* поражают несколько видов насекомых. Более того, полагали, что *Bac. thuringiensis* патогенна только для чешуекрылых, но в последнее десятилетие почти на всех континентах обнаружены штаммы *Bac. thuringiensis* var. *pacistanicus* и var. *israelensis* с ларвицидным действием на комаров и мошек. Выделен вариант *Bac. thuringiensis* (var. *tenebrionis*) с кристаллами, токсичными для жесткокрылых, в том числе для колорадского жука (Krieg, Huger, Langenbruch, 1984). Кроме того, показано, что кристалл эндотоксина *Bac. thuringiensis* var. *colmeri* (H_{21})

токсичен как для чешуекрылых, так и для двукрылых. Электронно-микроскопические исследования (Ibara, Federici, 1986) выявили сходные по ультраструктуре и составу компонентов кристаллы эндотоксина у *Bac. thuringiensis* var. *israelensis* и var. *morrisoni*, одинаково ларвицидные для *Aedes aegypti*. Нет сомнения, что в дальнейшем будут найдены бактерии этой группы, энтомоцидные для других видов и семейств насекомых.

Энтомоцидность *Bac. thuringiensis* обусловлена способностью вида продуцировать эндо- и экзотоксины. Бактериальные токсины, как известно, — не что иное, как продукты метаболизма, которые образуются не только в природных условиях, но и на искусственных питательных средах и выполняют разнообразные физиологические и экологические функции. Токсигенность микроорганизмов можно изменять, меняя условия культивирования и воздействуя таким образом на метаболизм.

Токсины, поражающие насекомых, еще недостаточно изучены, и поэтому их классифицируют по-разному: по месту образования в бактериальной клетке (эндо- и экзотоксины), по отношению к температуре (термолабильные, термостабильные), по структуре (протеазы, лецитиназы, эстеразы). Следует отметить, что к числу бактериальных токсинов энтомоцидного действия относят ферменты лецитиназу, протеазу, гиалуронидазу, фосфатазу. Подобные ферменты энтомоцидного действия присутствуют у многих представителей бактериальной флоры, в том числе у энтомопатогенов. Энтомотоксичные метаболиты бактерий для теплокровных, как правило, нетоксичны. Основной причиной этого следует считать значительные различия в метаболизме насекомых и теплокровных.

Роль кристаллического эндотоксина *Bac. thuringiensis* в патогенезе насекомых была показана давно (Hanny, 1956). В дальнейшем в многочисленных исследованиях был установлен механизм кристаллообразования, изучена форма, структура и химический состав кристаллов, их классификация, энтомотоксичность, отношение к температуре и химическим агентам, спектр и механизм энтомоцидного действия, роль бактериальных плазмид в формировании кристаллов и т. д. (Huber-Lukas, 1982; Nickerson, 1980).

Форма кристаллов токсина у *Bac. thuringiensis* варьирует: при сравнении 33 штаммов 24 серотипов у большинства выявлены кристаллы бипирамидальной формы, а у других — кристаллы округлой, яйцевидной, кубической, ромбовидной, часто неопределенной формы, иногда в форме параллелепипеда (Faust, Adanis, Abe e. a., 1982). Предложено деление кристаллов *Bac. thuringiensis* по форме на пять типов: бипирамидальные, сферические, квадратные, неопределенной и "погруженной" формы (Ren Gaixin, Feng Xichang, Feng Weixiong, 1983). По молекулярной массе субъединиц кристаллы делятся на три типа — 140 000 — 160 000; 60 000 — 130 000; 40 000 — 50 000. При этом отмечено, что

кристаллы третьего типа с меньшей молекулярной массой субъединиц тетраэдрические, а первого и второго — бипирамидальные (Calabrese, Nickerson, Lane, 1980). Подробное описание формы и размеров кристаллов *Bac. thuringiensis* разных серотипов и штаммов одного серотипа приводит в монографии Э. К. Африкан (1973).

Формирование кристаллов в бактериальной клетке связывают со спорообразованием только на начальных этапах спорогенеза. В дальнейшем формирование споры и кристалла происходит независимо (Nishimura, Nishiitsutsuji-Uwo, 1980). Аспорогенные мутанты *Bac. thuringiensis* subsp. *kurstaki*, полученные в лаборатории, образовывали нормальные кристаллы с той же энтомоцидной активностью, что и исходные штаммы (Johnson, Donovan, Freedman, 1981; Wakisaka, Masaki, Koizumi e. a., 1982).

В состав белка кристаллов входят 18 аминокислот с преобладанием аспарагиновой и глутаминовой. Кристаллический эндотоксин термоллабилен, в инертной среде сохраняется длительное время, не утрачивая свойств. Кристалл нерастворим в воде, но растворим в щелочных растворах, поэтому многие связывают степень энтомотоксичности с pH кишечника насекомого. В кишечнике белок кристалла — протоксин расщепляется ферментами с образованием токсичных фрагментов. Раньше считалось, что у всех серотипов *Bac. thuringiensis* эти фрагменты одинаковы и механизм их действия не различается. Однако, как сообщает А. Тоjo (1986), *Bac. thuringiensis* var. *kurstaki*, например, образует два типа энтомотоксичных белковых включений — бипирамидальные и кубовидные, которые токсичны соответственно для чешуекрылых и для комаров. Оказалось также, что в кишечном соке насекомых содержатся разные протеазы с неодинаковым действием на указанные включения: бипирамидальные включения расщепляются каждой из них при pH 10,2 с образованием белковых фрагментов 60 000, которые токсичны для тутового шелкопряда, а кубовидные к ним устойчивы (Tojo, Samasanti, Joshida e. a., 1986). Основным компонентом кристаллического белка эндотоксина *Bac. thuringiensis* var. *colmeri* (H_{21}), патогенного как для чешуекрылых, так и для двукрылых, является фрагмент с молекулярной массой 130 000. При действии ферментов кишечника капустной белянки он превращается во фрагмент 55 000, токсичный для чешуекрылых, а при действии ферментов кишечника *Aedes aegypti* — во фрагмент 52 000, токсичный для личинок комаров и гусениц *Spodoptera frugiperda* (Heider, Knowles, Ellar, 1986).

Наряду с образованием термоллабильного кристаллического эндотоксина некоторые серотипы *Bac. thuringiensis* продуцируют термостабильный экзотоксин. Детальное изучение экзотоксина показало, что это соединение — производное дезоксиаденозина и глюкопиранозила (Sehesta, Horska, Vankova, 1969). Способность выделять экзотоксин обнаружена у штаммов *Bac. thuringiensis* H_1 , *alesti*, *dendrolimus*, *sotto*,

galleriae, morrisoni, ostrinae, tolworthi, darmstadiensis, (Krieg, Herfs, 1963; Vankova, 1979; Талалаев, Неудачина, 1975). Разработаны методы получения и очистки кристаллического экзотоксина. Один из них включает сорбцию экзотоксина на активированный уголь с последующей элюцией раствором этанола и очисткой на анионитах (Sebesta, Horska, Vankova, 1967). Для более высокой степени очистки применяют ионообменную хроматографию.

Термостабильный экзотоксин по действию на насекомых значительно отличается от эндотоксина. Для экзотоксина характерен более широкий спектр действия (Строева, 1975). Экзотоксин эффективен против насекомых и клещей — представителей разных групп: двукрылых, чешуекрылых, жесткокрылых, перепончатокрылых, прямокрылых, пухоедов, тетраниховых. Е. В. Талалаев и Э. И. Неудачина (1975) определили восприимчивость к экзотоксину гусениц сибирского шелкопряда и вощинной моли, Н. С. Федоринчик и И. А. Строева (1970) — чувствительность гусениц совок (озимой, зерновой, капустной, ипсилон), личинок комаров, комнатной мухи, итальянской саранчи, вредной черепашки. Т. Булбулшоев (1979) оценил эффективность экзотоксина в саду против златогузки и яблонной моли: при обработке деревьев препаратами с высокой концентрацией экзотоксина гусеницы этих насекомых погибали, а при низких концентрациях гибель была незначительной и наступала спустя достаточно длительное время, но при этом часто отмечался тератогенный эффект и нарушение метаморфоза. В. А. Чилингарян, Ж. Х. Орманян, Б. К. Казарян (1975) описали летальное действие экзотоксина на имаго дынной мухи и гусениц совок — озимой, капустной, ипсилон и карадрины. D. A. Wolenberger (1972) сообщает об относительно высокой энтомоцидности экзотоксина для гусениц табачной листовертки-почкоеда, а M. Wilson и соавторы (1984) изучили его действие на личинок и имаго долгоносика (*Hypera pestica*) и делают вывод, что против этих личинок экзотоксин наиболее эффективен. Особенно много данных по испытанию экзотоксина на колорадском жуке и паутинных клещах, поскольку препараты *Bac. thuringiensis*, не содержащие экзотоксина, против них неэффективны (Кузманова, Матвеева, 1982; Cantwell, Cantelo, Schroder, 1985). Показано (Иногамов, Расулов, 1976), что экзотоксин — эффективное средство истребления паутинного клеща (*Tetranychus urtica*) как в закрытом грунте, так и на хлопчатнике.

1.2.2. Механизм действия *Bacillus thuringiensis* на насекомых

Действие патогена или его взаимоотношения с макроорганизмом, как известно, зависят от многих обстоятельств, и прежде всего от вирулентности самого патогена и восприимчивости хозяина, а эти свойства далеко не постоянны и обусловлены многими причинами биоти-

ческого и абиотического характера. Известны, например, штаммовые различия в вирулентности микроорганизма, а также влияние температуры, инсоляции и других внешних факторов на его вирулентность. Не менее существенно общее состояние и мобильность защитных сил макроорганизма. Описана возрастная (для насекомых — фазовая) восприимчивость. У насекомых особенно заметны также различия в восприимчивости по стадиям одной фазы (например, гусеницы или личинки). Кроме того, насекомые пойкилотермны, и это сказывается на течении инфекционного процесса, поскольку температура — один из существенных факторов, влияющих на активность патогена и восприимчивость хозяина. Восприимчивость зависит и от индивидуальных особенностей насекомого: одни гибнут от минимальной дозы, другие противостоят максимальной. Индивидуальная восприимчивость особи определяется состоянием систем внутренней секреции, нервной системы, полом, возрастом, предшествующими стрессовыми ситуациями, в том числе заболеваниями, качеством и количеством корма и т. д.

Развитие бактериальных инфекций у насекомых сходно с таковым у других животных. Прежде всего надо подчеркнуть, что вид *Bac. thuringiensis* по характеру проникновения и первичного поражения относится к патогенам кишечного действия. Следовательно, путь заражения здесь алиментарный. Бесспоровые и многие споровые энтомопатогены (*Serr. marcescens*, *Ps. aeruginosa*, *Bac. cereus*, *Bac. lentimorbus* и др.), попадая в кишечник насекомого и располагая системой хитинолитических ферментов, разрушают перитрофические мембраны и эпителий кишечника и проникают в гемолимфу, вызывая септицемию. Основное место локализации бактериальных энтомопатогенов — средний отдел кишечника.

Как уже отмечалось, именно таков механизм действия *Bac. thuringiensis*. Напомним, что серотипы *Bac. thuringiensis* различаются по составу энтомоцидных компонентов, локализованных главным образом в кристаллах. В кишечнике насекомого белок — протоксин кристаллического эндотоксина расщепляется на энтомотоксичные фрагменты. Состав образующихся фрагментов зависит от набора ферментов в кишечном соке насекомого, который у разных видов неодинаков. Отсюда следует, что мы еще далеки от полного представления о взаимоотношениях между разновидностями *Bac. thuringiensis* и насекомыми разных групп и видов.

С разложения кристалла протоксина, выделения токсических компонентов и их действия на перитрофическую мембрану и эпителиальные клетки средней кишки начинается патологический процесс. Клетки эпителия набухают, становятся рыхлыми. В первую очередь поражаются столбчатые клетки. Изменения в клеточных мембранах регистрируют уже через 15 мин после начала интоксикации. Через 2–3 ч в стенках столбчатых и бокаловидных клеток образуются трещины, клетки сморщиваются и разрываются в апикальной области (Ebersold, Lüthy,

Huber, 1980; Nichiitsutsuji-Uwo, Endo, Himeno, 1979; Nichiitsutsuji-Uwo, Endo, 1980). Происходят значительные изменения в ядре и цитоплазме (Endo, Nichiitsutsuji-Uwo, 1981; Chiang, Yen, Peng, 1986). Из-за прободения стенок кишечника его содержимое попадает в гемолимфу, меняется рН гемолимфы. Бактерии из кишечника проникают в гемолимфу, где усиленно размножаются, вызывая септицемию. В инкубационный период пораженные насекомые становятся вялыми, малоподвижными, прекращают питаться, у некоторых начинается рвота, понос, замедляется рост и развитие. Насекомые, получившие летальную дозу патогена, гибнут через разные сроки — от 2 до 15 сут в зависимости от величины дозы и восприимчивости особи.

Механизм действия β -экзотоксина на насекомых иной, чем кристаллического эндотоксина. С. Calani, Z. Beratlief (1977) сообщают, что при пероральном заражении личинок колорадского жука 1,2 %-ным препаратом β -экзотоксина гистопатологические изменения в эпителии (удлинение эпителиальных клеток в направлении просвета кишечника) проявлялись через 20 ч. Разрыв эпителиальной подстилки кишечника наступил через 72 ч. Следовательно, β -экзотоксин действует медленнее кристаллического эндотоксина.

Интересные данные приводят А. Я. Лескова, Л. М. Рыбина, А. Я. Чумакова (1972) по влиянию β -экзотоксина на насекомых (использовалась культуральная жидкость *Bac. thuringiensis* H₁ после автоклавирования). Во-первых, было установлено, что β -экзотоксин при инъекции в полость тела гусениц златогузки более чем в 20 раз токсичнее, чем при скармливании. Е. Schmid и О. Benz (1969) в подобных опытах с пчелиной огневкой установили 247-кратные различия. Во-вторых, оказалось, что гусеницы старших возрастов восприимчивее, чем младших, что, вероятно, объясняется воздействием β -экзотоксина прежде всего на развивающиеся клетки в период метаморфоза. Аналогичные результаты получили мы в опытах с личинками колорадского жука. То есть действие β -экзотоксина следует расценивать как хроническое. β -экзотоксин в высоких концентрациях овициден (рис. 1): обработанные яйца постепенно темнеют и высыхают. В меньших концентрациях он вызывает летальный эффект у вылупившихся личинок, которые заглатывают токсин при прогрызании хориона. В комплексе со спорами и кристаллами β -экзотоксин действует как синергист: после разрушения стенки кишечника эндотоксином он быстрее проникает в гемолимфу и органы насекомых, вызывая физиологические изменения и летальный эффект.

Перечисленные эффекты *Bac. thuringiensis* и ее токсинов следует считать первичными в отличие от последующих — так называемого метатоксического эффекта, а также антифидантного и эпизоотологического действия бактериальных препаратов на популяционном уровне.

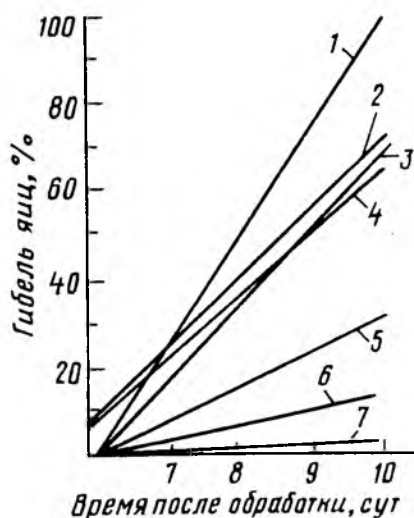


Рис. 1. Действие β -экзотоксина *Bac. thuringiensis* на яйца колорадского жука:

1-6 — соответственно исходный, 10 %-ный, 5 %-ный, 1 %-ный, 0,2 %-ный, 0,1 %-ный препараты, 7 — контроль.

Метатоксический эффект бактериальных препаратов гораздо сильнее, чем химических инсектицидов или зооцидов: пестициды в сублетальных количествах, как правило, быстро выводятся из организма, вызывая лишь кратковременное отравление, а бактериальные препараты *Bac. thuringiensis*, которые содержат помимо спор ряд токсинов, задерживаются

и вызывают патологический или токсический процесс (чаще оба процесса одновременно). Особенно это характерно для препаратов *Bac. thuringiensis*, в состав которых входит термостабильный экзотоксин. К таким препаратам относятся битоксибациллин (БТБ-202) и турингин, созданные в СССР, туринтокс (Румыния), мускобак (Финляндия), рекомендованный для борьбы с личинками мух (Holmberg, Sievänen, 1980); ABG-6146 (США), содержащий 55 % экзотоксина и рекомендованный для борьбы с долгоносиком (Wilson, Curtis, Chen e. a., 1984); San 4105 C72 (фирма "Sandoz") с содержанием экзотоксина 2 г/л (Cantwell, Cantelo, 1984); инсектицидный препарат, состоящий из экзотоксина, смешанного с синергистом (патент № 51-33967, Япония), и другие. Термостабильный экзотоксин как составная часть препаратов, попадая в организм насекомого (особенно на личиночной стадии), вызывает сильный тератогенез. Действие токсина усиливается во время физиологической перестройки организма, в период линьки и метаморфоза, что обусловлено его влиянием на молодые развивающиеся клетки.

Метатоксический эффект бактериальных препаратов складывается из физиологического, тератогенного и дерепродукционного действия.

В наших опытах с битоксибациллином (БТБ-202) установлено очень сильное метатоксическое действие сублетальных (0,1 и 0,5 %) доз этих препаратов на различные виды насекомых. Обработка личинок колорадского жука III и IV возрастов ведет к задержке роста, развития, запоздалому метаморфозу или его нарушению.

Личинки колорадского жука, получившие сублетальную дозу БТБ-202 или экзотоксина, не только замедленно развиваются, но и дают генетически и физиологически неполноценных куколок и имаго.

И. Л. Трофимова и К. А. Родионова (1981) сообщают, что после обработок картофельного поля 0,5 %-ным БТБ-202 и ухода жуков в почву были проведены раскопки, и на площади 1,5 м² обнаружено 11 личинок, одна куколка и один жук (в контроле — 62 личинки, 68 куколок и 58 имаго). В других производственных опытах после трехкратной обработки 0,5 %-ным БТБ-202 в почве на площади 1,5 м² обнаружили только одну личинку, а в варианте с 1 %-ным БТБ-202 — ни одной особи (в контроле — 32 личинки, 38 куколок и 44 имаго). В лабораторном эксперименте при добавлении в корм жукам (самкам и самцам) БТБ-202 плодовитость снижалась в 2,5 раза. На этом основании делается заключение, что личинки жука, получившие сублетальную дозу БТБ-202, неспособны уйти в почву на окукливание и что БТБ-202 значительно снижает численность дочернего поколения колорадского жука.

В наших лабораторных и полевых исследованиях получены аналогичные данные. При обработке личинок колорадского жука IV возраста БТБ-202 (0,1 и 0,5 %), боверином (0,1 и 0,5 %) и смесью БТБ-202 с боверином (0,1 + 0,1 %) плодовитость самок (среднее за 25 сут) снизилась соответственно на 44,8–49,8; 38,4–51,6 и 54,8 %. Полевые опыты в Крыму показали, что БТБ-202 в сублетальных дозах подавляет также репродуктивные функции у дочернего поколения колорадского жука. Аналогичный эффект БТБ-202 и других биопрепаратов выявлен нами на белянках, совках, шелкопрядах, хотя степень воздействия при этом, разумеется, неодинакова (табл. 2–5).

Подобные данные на многочисленных объектах получены разными авторами.

2. Развитие непарного шелкопряда (*Porthetria dispar*) при обработке гусениц II возраста БТБ-202 и экзотоксином

Концентрация препарата в рабочей жидкости, %	Доля гусениц следующего возраста, %	
	III (через 7 сут)	IV (через 14 сут)
Б Т Б - 2 0 2		
0,01	4,3	0
0,001	8,3	14,2
Э к з о т о к с и н		
1,0	13,7	44,4
0,1	52,0	53,4
Контроль	62,5	67,0

3. Развитие непарного шелкопряда (*Porthetria dispar*) после обработки личинок III возраста БТБ-202 и экзотоксином

Концентрация препарата в рабочей жидкости, %	Погибло гусениц через 14 сут	Вылетело бабочек	Отложило яйца	Среднее число яиц в кладке, шт.
Б Т Б - 2 0 2				
0,001	43	52	25	309
0,01	73	12	0	
0,1	98	0		
Э к з о т о к с и н				
1,0	23	37	5	335
10	31	12	0	
Контроль	5	92	46	375

П р и м е ч а н и е. Число гусениц в каждом варианте опыта — 100 особей.

4. Развитие и репродуктивность капустной совки (*Barathra brassicae*) при обработке гусениц разного возраста экзотоксином

Концентрация экзотоксина в рабочей жидкости, %	Погибло гусениц и куколок, %	Отложено яиц на одну самку		Отродилось гусениц, %
		всего, шт.	к контролю, %	
II возраст				
0,1	66	445	62,5	
1,0	67	141	19,5	
10,0	76	125	17,6	
Контроль	20	712	100	
V возраст				
0,1	85	340	45,7	71,2
1,0	90	205	28,1	0
10,0	100	0		
Контроль	20	744	100	97,4

5. Репродуктивность капустной совки (*Barathra brassicae*) при обработке куколок сублетальными дозами БТБ-202 и энтобактерина

Концентрация препарата в рабочей жидкости, %	Средняя масса куколок, мг	Доля вылетевших бабочек, %	Среднее число яиц, отложенных одной самкой, шт.	Доля отродившихся гусениц, %
Б Т Б - 2 0 2				
0,1	204,9 ± 7,1	68,1	478	63,1
0,01	119,3 ± 11,1	50,0	327	59,2
0,001	248,2 ± 4,9	35,0	285	24,5

Концентрация препарата в рабочей жидкости, %	Средняя масса куколок, мг	Доля вылетевших бабочек, %	Среднее число яиц, отложенных одной самкой, шт.	Доля отродившихся гусениц, %
0,1	255,2 ± 5,0	72,2	378	82,3
Энтобактерин				
0,01	260,9 ± 7,6	76,7	502	69,1
0,001	267,1 ± 4,1	70,6	589	56,2
Контроль	321,8 ± 5,1	85,2	674	79,3

Таким образом, метатоксический эффект сублетальных доз биологических препаратов *Vac. thuringiensis* (особенно экзотоксинсодержащих) проявляется в задержке роста, развития и метаморфоза насекомых, образовании уродливых особей (тератогенезе), снижении репродуктивности, причем такие отклонения наблюдаются как в фазу заражения, так и в последующие фазы вплоть до дочернего поколения.

Антифидантное воздействие препаратов на насекомых носит контактный характер и осуществляется первоначально через вкусовые рецепторы. На следующем этапе (после попадания части препарата в организм) трофические функции нарушаются за счет угнетения деятельности центральной нервной системы, нарушения трофических ритмов, ингибирования секреции пищеварительных ферментов. Биопрепараты обладают неодинаковой антифидантной активностью: у одних она выражена очень сильно, у других слабее, у третьих отсутствует. Сильными трофоингибиторами колорадского жука, например, являются БТБ-202 и экзотоксин. По данным Н. Н. Лысенко (1984), после заражения гусениц лугового мотылька битоксибациллином и дипелом интенсивность питания насекомых резко снижалась, что связано не только с токсическим, но и с репеллентным и антифидантным действием бактериальных препаратов. Инсектициды же в сублетальных дозах стимулировали развитие гусениц: возрастала интенсивность их питания, масса, сокращалась длительность личиночной фазы, повышалась выживаемость. В смеси с высокой дозой БТБ-202 (ЛД₉₀) эти количества инсектицидов снижали активность биопрепаратов. Последнее заключение автора очень оригинально, но, к сожалению, оно осталось без объяснения. Л. И. Прищепа (1982) изучила антифидантное действие энтобактерина, дендробациллина и битоксибациллина на гусениц капустной совки и капустной белянки и пришла к выводу, что оно зависит не только от дозы, но и от вида препарата. Во всех случаях поедаемость корма была наименьшей при обработке БТБ-202 и дендробациллином.

Если по метатоксическому и антифидантному действию биопрепаратов накоплен большой фактический материал, то эпизоотологичес-

кие принципы и подходы в использовании этих средств защиты от вредных насекомых почти не изучаются. Имея дело с облигатным патогеном, необходимо разрабатывать эпизоотологическое направление его использования, ибо каждый такой патоген в той или иной степени обладает контагиозностью — в противном случае невозможно его существование как облигатного паразита. Еще И. И. Мечников придавал большое значение эпизоотологическому направлению микробиометода в защите растений. Много сделал для его разработки Е. В. Талалаев. К сожалению, в последние годы этот вопрос не нашел должного развития.

Эпизоотологическое направление микробиометода предполагает изучение и использование спонтанных эпизоотий как фактора, регулирующего численность массовых видов насекомых и грызунов, и создание в местах резервации вредителей искусственных очагов эпизоотий. В защите растений применяют неодинаковые по контагиозности возбудители против хозяев (насекомых и грызунов) с разной восприимчивостью в экологических условиях, усиливающих или ослабляющих развитие и распространение болезни. Все эти параметры должны быть детально изучены как основа рационального применения микробиометода. При двух более или менее стабильных факторах — вирулентности возбудителя и восприимчивости хозяина — можно искусственно влиять на напряженность эпизоотии, создавая оптимальные условия для эпизоотического процесса.

Бактериальные энтомопатогены в отличие от вирусных и грибных имеют широкий спектр инфекционности при меньшей контагиозности. *Bac. thuringiensis* поражает многие виды насекомых, но разные виды и разные фазы развития одного и того же вида неодинаково восприимчивы к патогену. Это необходимо учитывать при установлении срока обработки и выборе препарата. В противном случае эпизоотия либо будет иметь тлеющий характер, либо затухнет. Продолжение эпизоотии и ее развитие после превращения хозяина в менее восприимчивую фазу возможны при трансфазной циркуляции возбудителя и его хорошей сохранности в очаге с высокой плотностью хозяина. Кроме того, при обильном обсеменении *Bac. thuringiensis*, которая хорошо сохраняется в почве, воде, кроне деревьев, хотя значительно теряет активность, энтомоцидность патогена быстро восстанавливается в организме восприимчивого хозяина. У кольчатого шелкопряда и боярышницы, например, *Bac. thuringiensis* в процессе метаморфоза переходит от гусениц в куколку и имаго. Поэтому все куколки и больше половины бабочек инфицированной и выжившей популяции — бациллоносители. При определенных условиях (вероятно, в стрессовых ситуациях) это может вызвать эпизоотию. В популяции высоковосприимчивого вида — капустной белянки *Bac. thuringiensis* вызывает напряженную эпизоотию. Причем, как показали наши исследования, эпизоотию можно спровоцировать повышением температуры. В таких экстремальных

условиях достаточно небольших количеств патогена, чтобы вызвать напряженный эпизоотологический процесс, заканчивающийся, как правило, полной гибелью популяции. При этом главное условие развития эпизоотии — тесный контакт здоровых особей с больными.

Таким образом, накопленные данные достаточно для утверждения, что суммарный эффект биопрепаратов несравненно выше первичного — летального, поэтому они должны оцениваться по хозяйственной эффективности, то есть по общему защитному эффекту.

Детальное изучение механизмов воздействия биопрепаратов важно для более рационального и экономичного их использования, повышения технической и экономической эффективности. По нашим данным, например, снижение доз БТБ-202 в 2–3 раза при совершенствовании приемов применения не сказывается на суммарном защитном эффекте (разумеется, при обработке больших площадей, когда исключена миграция вредителя с необработанных участков).

1.2.3. Сохранность и циркуляция энтомопатогена в очаге заражения

В борьбе с вредителями растений успешное использование бактериальных средств невозможно без знания их сохранности и циркуляции в среде обитания насекомых, а также спонтанной изменчивости в естественных условиях (особенно с учетом эпизоотологического аспекта микробиометода). Рассмотрим этот круг вопросов на примере наших данных, полученных в Крыму. В опытах использовали суспензии споровых кристаллогенных бактерий *Bac. thuringiensis* 1-го, 3-го и 5-го серотипов (титр $2 \cdot 10^8$) и бесспоровых бактерий *Serr. marcescens* (титр $3 \cdot 10^8$). При опрыскивании кроны абрикосового дерева с последующим учетом сохранивших жизнеспособность бактерий на листьях, ветках, коре и в почве и одновременным биоконтролем (на обработанное дерево подсаживали гусениц восприимчивого вида и следили за их гибелью в течение 20 сут) оказалось (рис. 2), что бактерии распределяются равномерно по всей кроне и в значительном количестве попадают на поверхностный слой почвы. Через 30 сут на листьях число спор *Bac. thuringiensis* снижается более чем в 5 раз, а *Serr. marcescens* почти совсем исчезает. Гусеницы боярышницы (не менее 1000 особей), подсаженные на деревья, через 5, 10 и 15 сут после опрыскивания *Bac. thuringiensis*, штамм 202 (титры $1 \cdot 10^8$, $1,5 \cdot 10^8$ и $2 \cdot 10^8$) погибли полностью, но в последнем случае период, в течение которого наступила гибель, был более длительным. При аналогичной посадке через 3, 5 и 10 сут после обработки суспензией *Serr. marcescens* (титр $3 \cdot 10^8$) погибло только 24 % гусениц на теневой стороне и 4 % — на солнечной.

В коре и на ветках бактерии сохраняются лучше, что объясняется их большей защищенностью в щелях и разного рода неровностях, пре-

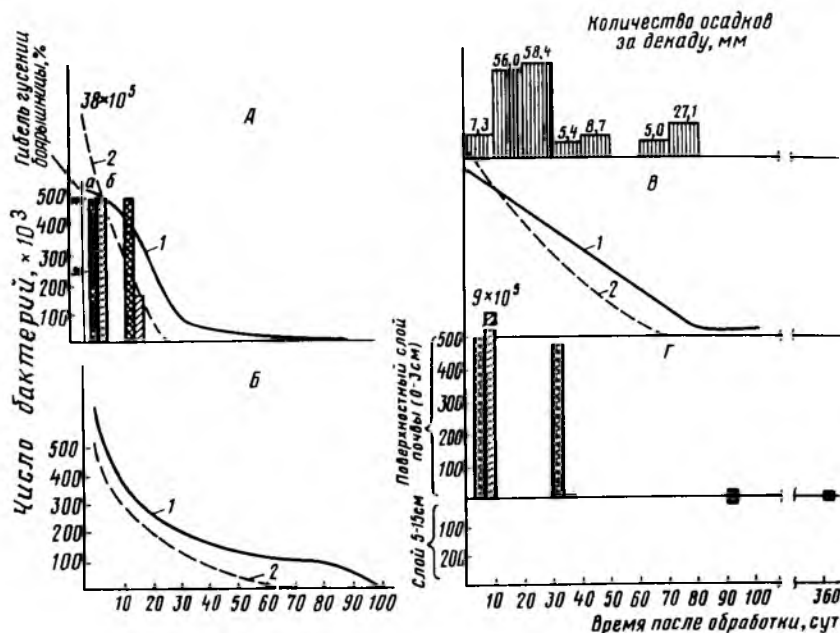


Рис. 2. Сохранность *Bac. thuringiensis* и *Serr. marcescens* при обработке кроны абрикоса (Крым, май—август):

А — листья, Б — кора, В — ветки, Г — почва под деревом; 1, а — *Bac. thuringiensis*, 2, б — *Serr. marcescens*.

дохраняющих от действия солнечных лучей, осадков и ветра. *Serr. marcescens* очень чувствительна к инсоляции: с солнечной стороны кроны жизнеспособных клеток бактерий на листьях было гораздо меньше, чем с теневой, что согласуется с результатами биоконтроля.

В перераспределении бактерий в кроне большую роль играют осадки, которые смывают бактерии с веток и листьев верхнего яруса на нижний или на почву. Учеты, проведенные через год, показали, что только споровые кристаллогенные бактерии сохранились в коре и на ветках кроны, но в очень незначительном количестве (десятки спор на 5 см^2).

Мы изучили также сохранность и динамику распределения *Bac. thuringiensis* и термостабильного экзотоксина после обработки растений картофеля и томатов битоксибациллином против колорадского жука в Крыму (Кандыбин, Лескова, Мельникова и др., 1982). Использовали коммерческий препарат битоксибациллина (титр спор 50 млрд/г, содержание экзотоксина 0,8 %). Посадки картофеля обрабатывали опрыскивателем МБ-400 (трактор Т-70С), посадки томатов — опрыскивателем ОБТ со штанговым распылителем (трактор Т-40С). За период наблюдения количество спор на листьях и в почве

постоянно снижалось (табл. 6). Аналогичным образом изменялось количество экзотоксина: от 88 и 40 % зарегистрированного в день обработки на листьях и в поверхностном слое почвы через 1 сут до соответственно 25 и 14 % через 15 сут. В воздухе споры и экзотоксин обнаруживаются только в первые сутки после обработки (количество экзотоксина сразу после обработки — $1,1 \text{ мкг/м}^3$, через 1 сут — $0,24 \text{ мкг/м}^3$). Следует отметить, что при таком способе применения на растения попадает только 13 % препарата, 70 % поступает в почву и 17 % относится током воздуха, то есть 87 % теряется.

6. Распределение спор *Bac. thuringiensis* при обработке посадок картофеля и томатов коммерческим препаратом битоксибациллина (количество спор в расчете на 1 кг)

Период наблюдения	Листья		Почва (горизонт 0—2 см)	
	картофель	томаты	картофель	томаты
В день обработки	$8 \cdot 10^8$	$12 \cdot 10^8$	$10 \cdot 10^6$	
После обработки:				
через 1 сут	$2,8 \cdot 10^7$		$3,4 \cdot 10^6$	
на 3-и сут	$1,3 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$
на 7-е сут	$4,0 \cdot 10^5$	$15 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$
на 10-е сут	$2,7 \cdot 10^4$	$11 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$	$6,5 \cdot 10^4$
на 15-е сут	$1,4 \cdot 10^3$	$34 \cdot 10^3$	10^3	$1 \cdot 10^3$

П р и м е ч а н и е. Количество спор до обработки и начиная с 20-х сут после обработки менее 10^3 ; пропуски означают, что учет не проводился.

Влияние инсоляции и осадков на сохранность энтомопатогенных бактерий изучали многие исследователи (Трофимова, Родионова, 1981; Кольчевский, 1982; Пишоха, Тимченко, 1982; Ткачев, 1982; Salama, Foda, Zaki e. a., 1983). Показано, что инсоляция не только убивает споры и вегетативные клетки бактерий, но и снижает их активность, в том числе энтомоцидную (Sneh, Schuster, 1981; Morris, 1983). Ослабить отрицательное действие солнечных лучей, а значит, повысить эффективность бактериальных средств и уменьшить их дозы можно разными путями — добавляя в препараты вещества-протекторы, защищающие бактерии от инсоляции, проводя обработки растений в вечернее время или в пасмурные дни, нанося препараты на нижнюю сторону листьев.

В таблице 7 приведены данные о сохранности и энтомоцидной активности битоксибациллина при обработке верхней и нижней, частично защищенной от инсоляции, стороны листьев. Из таблицы следует, что уже через сутки после обработки число спор на верхней стороне снижается на 80 %, тогда как на нижней примерно на 20 %. Такие различия сохранились и в последующие дни, пока не прошли дожди (3-и сут), смывшие значительную часть препарата. Несмотря на резкое умень-

шение числа спор на листьях, энтомоцидность оставалась высокой, что следует объяснить действием кристаллического эндотоксина и термостабильного экзотоксина.

7. Сохранность и энтомоцидная активность *Bac. thuringiensis* после обработки кроны клена 0,5 %-ным битоксибациллином

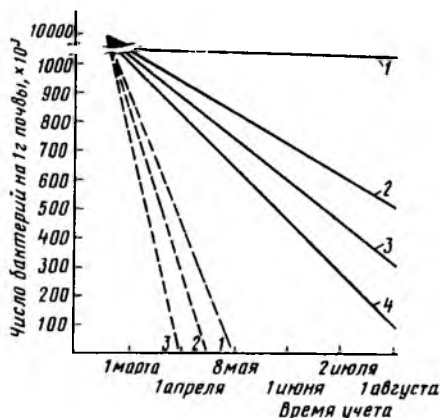
Время после обработки, сут	Число спор в расчете на 1 г листовой массы	Снижение количества спор, %	Гибель L ₂ американской белой бабочки в течение 10 сут после нанесения препарата, %
День обработки	<u>4,7 · 10⁶</u>		<u>100</u>
	3,8 · 10 ⁶		98,6 ± 0,5
1-е	<u>9,2 · 10⁵</u>	<u>80,4</u>	<u>98,6 ± 0,3</u>
	3,2 · 10 ⁶	15,8	95,2 ± 0,7
2-е	<u>8,9 · 10⁴</u>	<u>98,1</u>	<u>90,4 ± 0,5</u>
	2,2 · 10 ⁶	22,1	92,0 ± 0,9
3-и	<u>4,9 · 10⁴</u>	<u>99,0</u>	<u>88,0 ± 0,6</u>
	9,8 · 10 ⁵	74,2	92,0 ± 0,2
4-е	<u>2,8 · 10⁴</u>	<u>99,4</u>	<u>65,2 ± 0,4</u>
	4,3 · 10 ⁵	88,7	90,4 ± 0,4
5-е	<u>8,7 · 10³</u>	<u>99,8</u>	<u>41,6 ± 0,2</u>
	2,9 · 10 ⁴	99,2	72,2 ± 0,5
6-е	<u>6,8 · 10³</u>	<u>99,8</u>	<u>32,8 ± 0,4</u>
	2,6 · 10 ⁴	99,3	63,7 ± 0,5
Контроль	<u>0</u>		<u>2,7</u>
	0		0,0

П р и м е ч а н и е. Над чертой — данные, полученные при обработке верхней, под чертой — нижней стороны листьев. В каждом варианте опыта три повторности по 25 гусениц.

Осадки вызывают перераспределение препарата и его энтомоцидных компонентов (спор, токсинов) с верхних ярусов растений на нижние. Особенно это наглядно прослеживается на древесных культурах. В опытах Л. Н. Кузнецовой (1986) было установлено, что при обработке верхнего яруса листьев клена 0,5 %-ной суспензией битоксибациллина после обильных дождей (17,7 мм) значительная часть спор *Bac. thuringiensis* оказалась смытой с листьев в верхней части кроны и задержалась на нижерасположенных. Разумеется, что перераспределение не всегда одинаково, оно зависит от силы и направления дождевых струй, густоты кроны, силы ветра, формы и поверхности листьев и т. д.

Рис. 3. Выживаемость *Bac. thuringiensis* (сплошная линия) и *Serr. marcescens* (пунктирная линия) в почвах разного типа (лабораторные опыты):

1 — светло-каштановая, pH 7,6, гумус 2,2%; 2 — светло-серая лесостепная, pH 5,8, гумус 2,8%; 3 — дерново-среднеподзолистая, pH 4,6, гумус 2,1%; 4 — среднеподзолистая, pH 4,4, гумус 0,9%.



Изучение поведения гусениц показало, что в обработанном ярусе они сразу же прекращали питание, почти не двигались. Более 50 % этих гусениц погибало в течение 3 сут, остальные — в течение 12 сут. В среднем ярусе, расположенном в 40–50 см от обработанного, нарушение поведенческих реакций совпадало с появлением спор бактерий (через 3 сут), в нижнем (90–100 см от верхнего) подобную картину наблюдали через 6–7 сут. Доля погибших гусениц в среднем ярусе составила 64,4 %, в нижнем — 25,4 %. Дальнейшие наблюдения позволили выявить отдаленное действие препарата — гибель отдельных особей в фазе куколок и имаго. В сумме в верхнем ярусе гибель вредителя составила 100, в среднем — около 70, в нижнем — 27 %.

В почве кристаллогенные бактерии сохраняются длительное время, но уже через 3 мес их количество по сравнению с первоначальным резко снижается (рис. 2).

Несколько иные данные получены в лабораторных опытах при искусственном внесении бактерий в почвы различных типов (рис. 3). При этом уменьшение числа спор происходило медленнее, чем в естественных условиях. За 5 мес в характерной для Крыма светло-каштановой почве (pH 7,6, содержание гумуса 2,2 %) количество спор *Bac. thuringiensis* штамма 202 практически не изменялось. В кислых почвах (pH 4,0–5,8) с меньшим содержанием гумуса за это же время число спор снизилось в 20–100 раз. Из сопоставления данных лабораторных и полевых опытов следует, что на выживаемость спор в почве влияет не только кислотность и содержание органических веществ, но и другие биотические и абиотические факторы. *Serr. marcescens* во всех вариантах опыта очень быстро элиминировалась, хотя несколько благоприятнее для этой бактерии была светло-каштановая почва с pH 7,6.

В воде при температурах 0 – минус 3 °C, 21–24 °C, 32 °C для споро- и кристаллогенных бактерий *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* штамм 202, var. *alesti*, var. *galleriae* и 21–24 °C, 32 °C для бесспорной *Serr.*

marcescens выживаемость в течение 16 мес составила 70–90 % (в варианте 0 — минус 3 °C все клетки *Serr. marcescens* погибли). Более того, в водопроводной воде при температуре 21–32 °C *Serr. marcescens* начала размножаться, и титр ее за 108 ч при исходном титре 10⁴ увеличился в 100–200 раз. Следовательно, выживаемость кристаллогенных бактерий зависит прежде всего от pH среды: в кислой они не могут долго сохраняться, а нейтральная для них благоприятна. Указанное обстоятельство, а также выявленное хорошее сохранение бактерий в воде позволяет предположить, что в естественных условиях вода — оптимальная среда сохранения, а возможно, и распространения этих энтомопатогенов.

Мы изучили также эффект длительного воздействия внешних факторов на культуральные и физиолого-биохимические свойства кристаллогенных бактерий, и особенно на их энтомопатогенность. Из почвы, воды, с кроны и веток через определенные интервалы после нанесения было изолировано несколько штаммов разных серотипов. Оказалось, что 12–18 % бактерий, выделенных из почвы через год, утратили способность образовывать кристаллический эндотоксин. В то же время эти акристаллофоры (четыре штамма 1-го серотипа, пять штаммов 3-го серотипа и четыре штамма 5-го серотипа) полностью сохранили H-антигенную структуру и агглютинировали со специфической анти-сывороткой в разведении 1 : 3200 — 1 : 6400. У другой части изолятов имелись кристаллы, но меньшего размера или несколько измененной формы по сравнению с исходным штаммом. У некоторых изменились культуральные признаки — на плотных средах они образовывали колонии, отличающиеся по типу от исходных.

Энтомоцидные свойства изучали у изолятов *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* штамм 202, *Bac. thuringiensis* var. *alesti* штамм 158 (выделены из насекомых в Крыму), *Bac. thuringiensis* var. *galleria* (типовая культура). На рисунке 4 приведены типичные результаты эксперимента. В отношении *Serr. marcescens* известно, что под воздействием различных биотических и абиотических факторов у культуры изменяется, например, пигментация, которая тесно коррелирует с энтомопатогенностью этой бактерии.

Таким образом, длительное пребывание *Bac. thuringiensis* в естественных условиях (почве, воде, кроне) ведет к значительному изменению свойств, в том числе к снижению энтомоцидной активности. Несмотря на то что все функции полностью восстанавливаются после нескольких пассажей через организм восприимчивого насекомого, установленная спонтанная изменчивость энтомопатогенов, особенно снижение их энтомоцидности, имеет большое значение с эпизоотологической точки зрения: патоген, внесенный в среду обитания насекомого, постепенно теряет патогенность, а следовательно, и контагиозность, и вероятность спонтанного возникновения и распространения эпизоотии уменьшается. В то же время это, очевидно, справедливо только в том случае, когда физиологическое состояние популяции насеко-

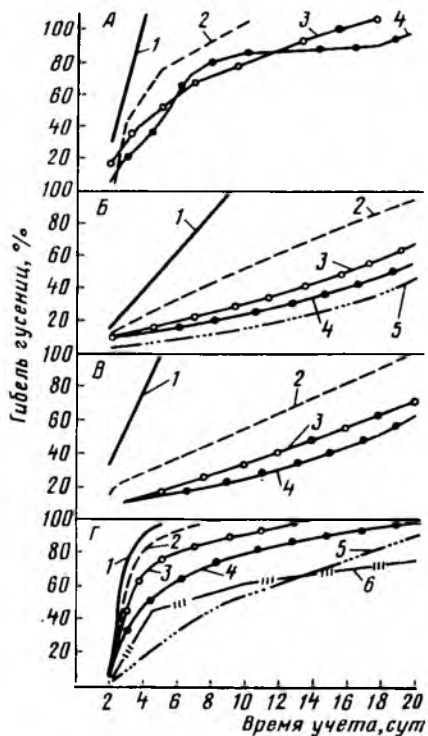
Рис. 4. Энтомоцидная активность изолятов *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* штамм 202 после длительного пребывания в почве (А и Б, соответственно 7 и 12 мес), в воде (В, 16 мес), коре и ветках абрикоса (Г, 12 мес):

1 — исходная культура, 2–6 — изоляты. Энтомоцидность определяли в лабораторных экспериментах на гусеницах кольчатого шелкопряда III возраста (А, В), боярышницы III (Б) и III–IV (Г) возрастов (по 50 особей в опыте), обрабатывая корм бактериальной суспензией с титром $1,5 \cdot 10^8$.

мого-хозяина стабильно, что бывает достаточно редко. Ослабленного состояния насекомых достаточно для развития инфекции, а вслед за этим и эпизоотии, поскольку произойдет естественное пассирование возбудителя с восстановлением или даже усилением его патогенности.

В практическом отношении важным представляется вопрос о влиянии летучих и экстрактивных веществ растений на жизнеспособность энтомопатогенных бактерий. Так, И. Н. Гриценко (1975) показал, что на листьях картофеля и перьях лука молодые вегетативные клетки *Bac. thuringiensis* var. *galleriae* прекращают рост, а развитие суточных и более поздних культур несколько замедляется. На листьях картофеля споры прорастают, а на перьях лука остаются в состоянии покоя, но не гибнут и при рассеивании на МПА формируют нормальные колонии. Другие растения, их летучие и экстрактивные продукты также не оказывают бактерицидного действия на энтомопатогенных бактерий, чаще отмечается бактериостатический эффект, причем он зависит от интенсивности роста растений и связан с сезонной фенологией. В некоторых случаях физиологически активные вещества растений подавляют развитие бактериальных клеток, вызывают деформацию клеток и спор, замедляют образование кристаллического эндотоксина.

Многие исследователи изучали влияние фитонцидов и экстрактивных веществ на энтомоцидную активность *Bac. thuringiensis*. Полученные результаты неоднозначны: одни авторы (Ходырев, 1982) отмечают ее снижение, другие (Кольчевский, 1981; Кузнецова, 1986) такого снижения не обнаружили. Надо полагать, что отмеченное незначи-



тельное снижение энтомоцидности скорее является результатом неодинаковой восприимчивости использованных насекомых и разных условий опыта, а не влияния фитонцидов, как считают авторы. Кроме того, когда бактерии длительное время находятся во внешней среде (в почве, воде, кроне деревьев и т. д.), они действительно теряют активность, но это обусловлено эффектом не одного фактора, а их комплекса.

Мы испытали действие фитонцидов распространенных в Крыму древесных растений (абрикоса шероховатоплодного, вишни, черешни, тополя душистого, яблони, алычи узколистной, персика обыкновенного, сливы, груши и айвы) на *Bac. thuringiensis* 1-го, 3-го и 5-го серотипов и *Serr. marcescens*.

В лабораторных опытах действие экстрактивных веществ (водные экстракты листьев) изучали методом колодцев в МПА, а летучих веществ — помещая листовую кашицу на крышку чашки Петри с бактериальным газоном. Как летучие, так и экстрактивные вещества перечисленных пород не оказывали существенного влияния на жизнеспособность *Serr. marcescens*. Было отмечено только изменение пигментации в присутствии летучих веществ абрикоса, тополя и персика и экстрактов персика. При последующих пересевах на искусственных средах пигментообразование восстанавливалось. Для *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis*, var. *alesti* и var. *galleriae* в этих опытах было выявлено бактериостатическое действие летучих веществ персика, абрикоса, тополя, груши и айвы. У персика и груши аналогичное действие оказывали водные экстракты. Отмечена разница в действии летучих и экстрактивных веществ, обусловленная периодом вегетации: у большинства пород деревьев бактериостатическое действие наиболее сильно проявлялось в начале лета и весной, а к концу лета и осенью оно ослабевало. У *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* и var. *galleriae* летучие вещества тополя вызывали образование удлинённых клеток и задержку спорообразования. Аналогичные данные приводят А. Б. Гукасян (1958), А. Г. Сытин (1964), Н. И. Константинопольская и Н. М. Горохова (1966), изучавшие влияние фитонцидов хвойных пород на кристаллогенные бактерии. W. A. Smirnoff (1968) проанализировал действие летучих веществ 34 видов древесных и кустарниковых растений Канады на *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis*, var. *alesti*, var. *dendrolimus*, var. *sotto*, var. *entomocidus* и пришел к заключению, что из семи хвойных пород только *Alies balsamea*, а из 27 лиственных только шесть видов (*Salix purifolia*, *Salix peliolaris*, *Populus niger*, *Populus balsamifera*, *Viburnum cassinoides*, *Prunus virginiana*) угнетают рост и вызывают задержку спорообразования у бацилл. Остальные 27 видов не оказывали действия на бактерии.

Анализ данных литературных и собственных экспериментов по оценке фитонцидного действия различных древесных и кустарниковых растений на *Bac. thuringiensis* и *Serr. marcescens* позволяет сделать следующий практический вывод: летучие вещества не могут существенно влиять

на эффективность обработки древесных растений бактериальными препаратами, приготовленными на основе *Bac. thuringiensis* и *Serr. marcescens*.

С эпизоотологической точки зрения важно знать сохранность бактерий в трупах насекомых, погибших от инфекции. Как оказалось, бациллы трех использованных серотипов (*Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* штамм 202, var. *alesti* штамм 158, var. *galleriae*) хорошо сохраняются в трупах насекомых, помещенных в холодильник и термостат, в течение 2,5 лет (срок наблюдения), не утрачивая основных свойств. В кроне и почве трупы гусениц сохраняются не больше года, и в этих остатках выявлены бациллы, идентичные исходной культуре. В дальнейшем трупы полностью разрушаются и разлагаются и бактерии попадают в почву и воду.

Аналогичные данные описаны другими авторами (Кузнецова, 1986). Отмечено также, что у части штаммов, выделенных, например, из трупов гусениц американской белой бабочки после длительного хранения в лабораторных условиях, споро- и кристаллообразование замедляется на 2–3 сут, а у отдельных изолятов кристаллы не образуются, что сопровождается снижением энтомоцидной активности на 30–60 % (Кузнецова, 1986).

Заражение гусениц старших возрастов американской белой бабочки перед окукливанием и зимней диапаузой сублетальной дозой битоксициллина привело к тому, что весной следующего года из части куколок (2–9 %) не вылетели бабочки, которые не смогли освободиться от экзuvia и погибли. Из трупов были выделены бактерии, полностью идентичные исходной культуре. Часть (15,7 %) бабочек, вылетевших из куколок зараженной популяции, имела морфологические отклонения (чаще всего укороченные крылья). Эти особи тоже были инфицированы исходными бактериями. Из 283 выделенных штаммов отобрали 40 и изучили их морфологические, физиологические и энтомоцидные свойства. Только у одного было замедлено образование спор и на 48 % снижена энтомоцидная активность при сохранении остальных признаков.

Для более полного представления о циркуляции кристаллогенных бацилл в искусственном очаге инфекции важно знать судьбу той части бацилл, которая попала в организм насекомого в сублетальных количествах. Это важно также для изучения отдаленных последствий инфекции, а следовательно, и более точной оценки эффективности метода — до сих пор бактериальные средства чаще оценивают по первичному эффекту, то есть гибели гусениц через определенный срок после применения препарата.

Мы изучили циркуляцию *Bac. thuringiensis* в процессе метаморфоза кольчатого шелкопряда и боярышницы от фазы яйца до имаго и следующего поколения в серии лабораторных и полевых опытов с использованием кристаллогенных бактерий 1-го, 3-го и 5-го серотипов. Как оказалось (Баранова, Кандыбин, 1972), обработка бактериальной суспензией яйцекладок насекомых этих видов приводит к быстрой

(соответственно не более 5–7 и 3–5 сут) и массовой (до 100 %) гибели отрождающихся гусениц. Заражение гусениц бациллами и отравление кристаллическим эндотоксином происходит главным образом при прогрызании инфицированной оболочки яйца.

Приведенные данные свидетельствуют прежде всего о высокой чувствительности только что выплывших гусениц кольчатого шелкопряда и боярышницы к кристаллогенным бактериям. Отсюда следует, что целесообразна разработка новых превентивных приемов применения препаратов, направленных на истребление этих насекомых в период отрождения гусениц.

При изучении трансфазной передачи бацилл перечисленных серотипов от гусениц к куколкам и имаго было обнаружено, что кристаллогенные бактерии, попадая в сублетальных дозах (титр $12,5 \cdot 10^6$ и 25×10^6) в организм гусениц, сохраняются на всем протяжении метаморфоза насекомых. Лишь очень незначительная часть куколок и бабочек освобождается от инфекции. Бациллы в фазу куколки способны вызывать патологический процесс и гибель значительной части (50–90 %) куколок или имаго. Инфицированные насекомые, оставшиеся в живых и завершившие полный цикл метаморфоза, в большинстве своем не освобождаются от инфекции. Последняя вызывает у многих имаго тератогенный эффект и резкое снижение плодовитости. Сходные данные были получены при заражении гусениц кольчатого шелкопряда старших возрастов. Инфицированные бабочки отложили в 2–3 раза меньше яиц, чем контрольные. Выход гусениц от тех и других особей был примерно одинаков. Бактериологический анализ яиц, отложенных бабочками из очага инфекции, во всех случаях дал отрицательные результаты, то есть эта инфекция трансовариально не передается.

Изучение трансфазной передачи кристаллогенных бацилл позволяет сделать вывод, что эффективность препаратов, изготовляемых на их основе, складывается из показателей гибели не только гусениц, но и куколок, имаго, а также снижения плодовитости выжившей популяции. Кроме того, учитывая зависимость эффективности применения бактериальных препаратов от погодных условий, можно оптимизировать сроки обработки. Так, в Крыму, например, яйцекладки кольчатого шелкопряда можно обрабатывать кристаллогенными бациллами не только весной, но и поздней осенью (периоды наименьшего количества осадков). Эффективность препаратов может быть повышена также за счет добавления качественных прилипателей.

Из яйцекладок кольчатого шелкопряда и гнезд боярышницы, обработанных суспензией *Serr. marcescens*, как в лабораторных, так и в полевых опытах отрождались гусеницы с нормальной жизнеспособностью (отличий от контроля не было). Бактериологический анализ яйцекладок и гнезд, обработанных *Serr. marcescens*, показал, что эта бактерия уже через 2 мес не обнаруживается.

Сходные данные были получены при изучении трансфазной цирку-

ляции *Bac. thuringiensis* в популяции американской белой бабочки. Обработка яиц 0,1 %-ным битоксибациллином дала незначительный овицидный эффект, но отродившиеся гусеницы почти все (более 70 %) погибли в течение 10 сут. Заражение гусениц IV возраста осенней генерации американской белой бабочки 0,5 %-ным битоксибациллином привело к гибели 48–64 % гусениц. Остальные особи окуклились и ушли в зимнюю диапаузу. Дальнейшие наблюдения показали, что часть куколок и имаго погибла от инфекции, а остальные сохранили бациллоносительство. Выделенные из инфицированных имаго бактерии по свойствам и энтомоцидной активности были идентичны исходному штамму.

1.2.4. Противобактериальный иммунитет насекомых

Для успешного применения бактериальных методов борьбы с вредными насекомыми необходимо хорошо знать взаимоотношения между патогеном и насекомым-хозяином. Следует подчеркнуть, что у насекомых механизмы защиты от патогенного начала иные, чем у позвоночных, — в основном неспецифические (реакции типа антиген — антитело, по представлению многих современных исследователей, отсутствуют или имеют лишь подчиненное значение) (Алексеев, 1971; Кандыбин, 1973; Бобрицкая, 1972). Так, относительно недавно выявлена защитная роль бактерицидных веществ, и в первую очередь лизоцима, которые найдены не только в гемолимфе, но и во многих органах насекомых. Современное состояние вопроса об иммунитете у насекомых наиболее полно представлено в обзорной работе А. Н. Алексеева (1971). В то же время особенности взаимоотношений насекомого-хозяина с конкретным видом патогена зависят от множества биотических и абиотических факторов, которые влияют на иммунный механизм, что наиболее характерно для бактериозов, вызываемых эндотоксинообразующими *Bac. thuringiensis*.

Мы изучили иммунитет к *Bac. thuringiensis* H₅ и *Serr. marcescens* у гусениц кольчатого шелкопряда и боярышницы, придавая первостепенное значение неспецифическим факторам. ЛД₅₀ для разных возрастов гусениц кольчатого шелкопряда и боярышницы определяли по методу В. П. Приставко и В. М. Гораль (1968), используя формулу $(A - B) \cdot (a - b)^{-1} = (50 - B) \cdot (x - b)^{-1}$, где x — искомая величина; A — показатель гибели насекомых, превышающий 50 %; B — показатель гибели меньше 50 %; a — титр бактерий, при котором гибель равна A , %; b — титр бактерий, при котором гибель равна B %.

К *Bac. thuringiensis* наиболее восприимчивыми оказались гусеницы младших и старших возрастов и более устойчивыми — гусеницы средних возрастов обоих видов. К *Serr. marcescens* гусеницы боярышницы с возрастом становятся устойчивее (наиболее чувствительны гусеницы младших возрастов).

Разница в возрастной восприимчивости гусениц к патогенам объяс-

няется прежде всего неодинаковым механизмом патогенного действия этих возбудителей. Энтомопатогенное действие кристаллогенных бактерий, как уже отмечалось, в значительной мере зависит от pH среднего отдела кишечника. Действительно, у гусениц кольчатого шелкопряда и боярышницы среднего (III–IV) возраста этот показатель ниже — соответственно $8,3 \pm 0,3$ и $8,9 \pm 0,3$, чем у гусениц старших и младших возрастов — соответственно $9,2 \pm 0,4$ и $9,7 \pm 0,4$ (I–II возраст), $10,5 \pm 0,5$ (V–VI возраст) и $10,9 \pm 0,4$ (V возраст). pH измеряли электропотенциометром со стеклянным микроэлектродом. При голодании в течение 96 ч pH среднего отдела кишечника значительно падает. В предлиночной стадии pH снижается примерно так же, как при голодании. В период окукливания pH среднего отдела кишечника кольчатого шелкопряда составляет 8,40, боярышницы — 8,57. Через 48 ч после перорального заражения гусениц *Bac. thuringiensis* var. *galleriae* и *Serr. marcescens* pH среднего отдела кишечника резко (на 1–2 единицы) уменьшается с одновременным повышением pH гемолимфы (табл. 8).

8. Значения pH среднего отдела кишечника и гемолимфы здоровых и зараженных гусениц насекомых-вредителей

Патоген	возраст гусениц	Кольчатый шелкопряд			
		здоровые гусеницы		через 48 ч после заражения	
		кишечник	гемолимфа	кишечник	гемолимфа
<i>Bac. thuringiensis</i> var. <i>galleriae</i>	II	9,52	6,89	8,11	7,11
	III–IV	9,19	6,51	8,27	6,93
	V–VI	10,08	6,40	8,61	6,87
<i>Serr. marcescens</i>	II	9,52	6,89	8,71	6,92
	III–IV	9,19	6,51	8,82	6,64
	V–VI	10,08	6,40	9,57	6,57

Продолжение

Патоген	возраст гусениц	Боярышница			
		здоровые гусеницы		через 48 ч после заражения	
		кишечник	гемолимфа	кишечник	гемолимфа
<i>Bac. thuringiensis</i> var. <i>galleriae</i>	II	9,91	6,91	8,19	7,21
	III–IV	9,52	6,58	8,21	6,97
	V	10,46	6,50	8,84	7,08
<i>Serr. marcescens</i>	II	9,91	6,91	8,98	6,97
	III–IV	9,52	6,58	9,11	6,70
	V	10,46	6,50	9,83	6,61

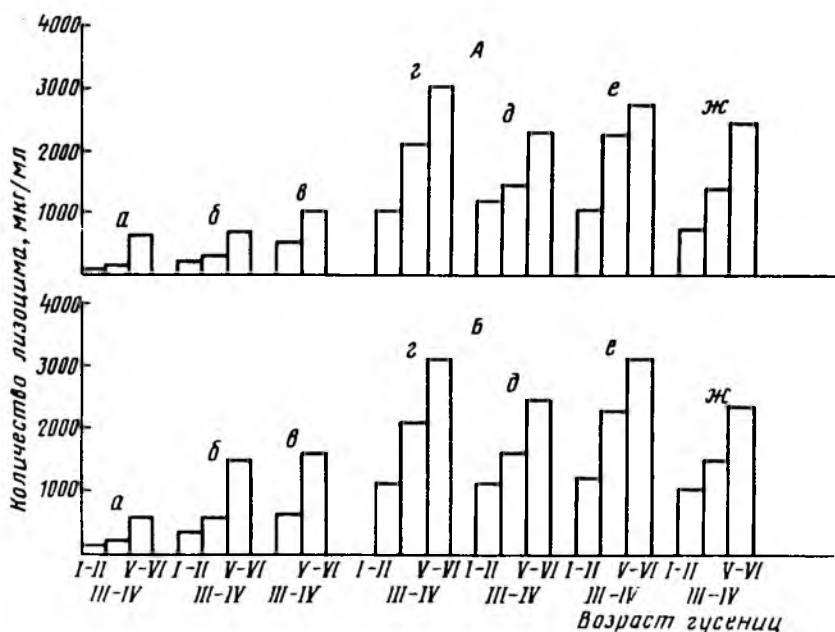


Рис. 5. Динамика содержания лизоцима в гемолимфе гусениц кольчатого шелкопряда (А) и боярышницы (Б) разного возраста в норме (а), после 96 ч голодания (б), через 24 ч после ранения (в), при инъекции в гемолимфу $0,5 \cdot 10^3$ спор *Bac. thuringiensis* (г), $0,5 \cdot 10^3$ клеток *Serr. marcescens* (д), $0,5 \cdot 10^3$ спор *Bac. subtilis* (е) и физраствора (жс). В каждый вариант опыта брали не менее 20 особей.

Таким образом, всякое отклонение от нормы ведет к значительному изменению рН содержимого кишечника насекомых, а при инфицировании изменяется также рН гемолимфы. Механизм этого явления изучен недостаточно. При заражении кристаллогенными бактериями, как уже отмечалось, предполагается, что нарушение целостности эпителия средней кишки сопровождается поступлением гемолимфы в кишечник, а содержимого кишечника — в гемолимфу, в результате чего содержимое кишечника подкисляется, гемолимфа подщелачивается. При голодании, линьке, окукливании, инфицировании другими патогенами причины иные. В этих и подобных случаях общее изменение физиологического состояния ведет к нарушению механизма поддержания рН кишечника и гемолимфы. Такие механизмы должны быть особенно чувствительны у насекомых с высокощелочным или высококислотным рН кишечного сока, значительно отличающимся от рН потребляемого корма. В наших исследованиях рН кормовых растений кольчатого шелкопряда и боярышницы (дуб, абрикос, яблоня, рябина, черемуха) был кислый и на 4–5 единиц отличался от рН среднего отдела кишечника этих насекомых.

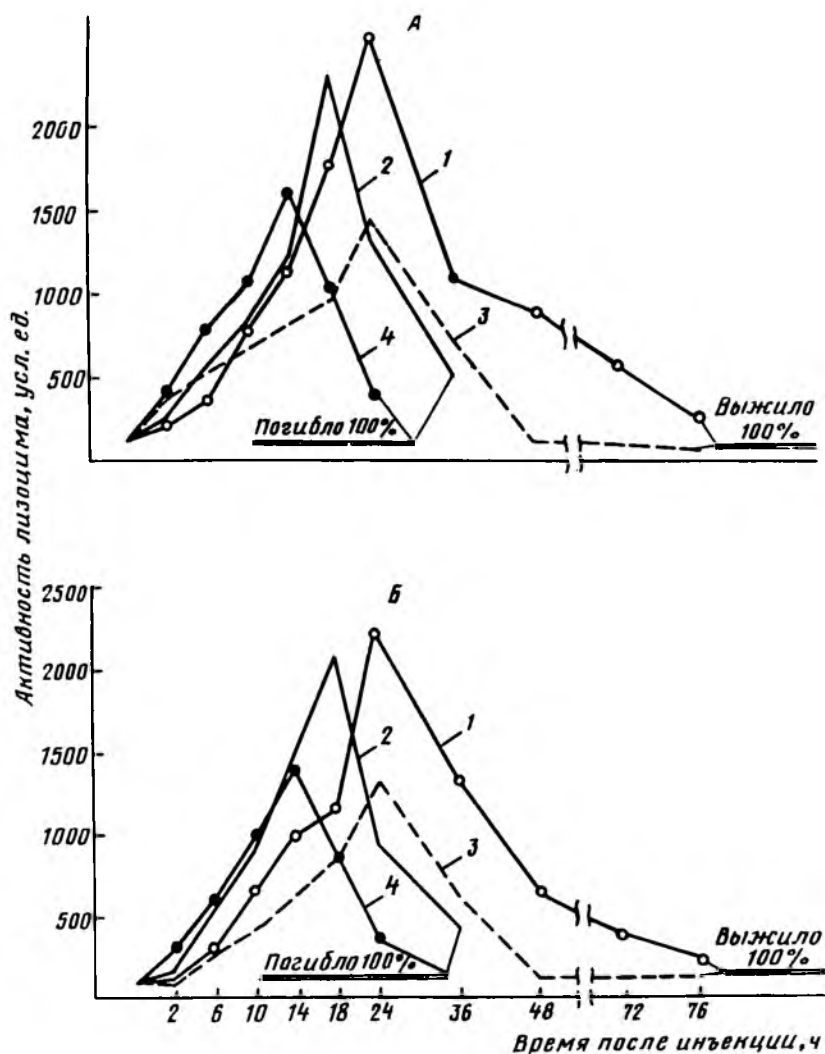


Рис. 6. Динамика активности лизоцима гемолимфы гусениц боярышницы (А) и кольчатого шелкопряда (Б), инъецированных бактериальной суспензией:

1 — *Bac. subtilis*; 2 — *Bac. thuringiensis*; 3 — физраствор; 4 — *Serr. marcescens*. Гусеницы III–IV возраста. Дозы суспензий сублетальные ($0,5 \cdot 10^3$ клеток).

В последнее время энтомопатологи особое внимание уделяют лизоциму как фактору неспецифической защиты насекомых от инфекций. Мы изучили количественные изменения лизоцима в различных органах боярышницы и кольчатого шелкопряда в зависимости от фазы, возраста и физиологического состояния насекомых, а также при заражении различными бактериями. Средние показатели определений представлены на рисунке 5. Как оказалось, у здоровых гусениц разных возрастов количество лизоцима неодинаково и с возрастом увеличивается во много раз, что, вероятно, объясняется качественным и количественным обогащением микрофлоры насекомых. Наличие в гемолимфе лизоцима и ему подобных бактерицидных веществ служит фактором, препятствующим размножению бактерий, попавших тем или иным путем в гемолимфу. Голодание, искусственное ранение (отрезание ложноножки последней пары) и особенно введение в гемолимфу бактериальной суспензии и стерильного физиологического раствора, то есть любого инородного вещества, приводит к резкому увеличению содержания лизоцима (рис. 5). Таким образом, у насекомых имеется очень совершенный механизм защиты от посторонней микрофлоры и других неблагоприятных воздействий.

Динамика активности лизоцима у двух видов чешуекрылых была сходной (рис. 6), что указывает на общность иммунобиологических свойств этих видов. При всех воздействиях его содержание быстро нарастало. Наименьшим было увеличение количества лизоцима при введении сильного патогена (*Serr. marcescens*) и физиологического раствора. В первом случае быстро развившийся септический процесс привел к нарушению образования и накопления лизоцима, поэтому уже через 14 ч его содержание начало падать и через 24 ч гусеницы погибли. Во втором случае в связи с тем что раздражающее действие агента быстро прекратилось, дальнейшее накопление лизоцима оказалось нецелесообразным, его титр через 24 ч начал падать и к 48 ч был равен первоначальному.

Аналогичные данные получены при определении содержания и активности лизоцима в кишечнике гусениц: у старших возрастов эти показатели выше, чем у младших, и увеличиваются при голодании и заражении энтомопатогенными бактериями.

По нашим данным (табл. 9), у гусениц перед линькой и в период окукливания, то есть в стадии прониимфы, нимфы и первого срока куколки, титр лизоцима значительно повышается. При этом резкое увеличение содержания лизоцима в стадии, например, прониимфы, то есть перед окукливанием, ведет к уменьшению численности бактериальной флоры, включающей немало условно-патогенных видов: надо полагать, лизоцимчувствительные виды элиминируются, а более устойчивые сохраняются, но не размножаются, так как лизоцим действует на них бактериостатически.

9. Содержание лизоцима в гемолимфе и численность кишечной микрофлоры у боярышницы и кольчатого шелкопряда на разных стадиях метаморфоза

Стадия метаморфоза	Боярышница		
	содержание лизоцима, мкг/мл	численность бактерий в расчете на 0,1 мл гомогената кишечника	
		всего	доля споровых форм, %
Перед линькой на II—III возраст	95 ± 5,0	300	74
После линьки на II—III возраст	60 ± 3,0	6370	31
Перед линькой на IV—V возраст	185 ± 9,0	5950	42
После линьки на IV—V возраст	140 ± 7,0	9730	47
Пронимфа	620 ± 30,0	1350	53
Нимфа	900 ± 45,0	880	86
Куколка (1-е сут)	700 ± 35,0	1540	75
Куколка (8-е сут)	400 ± 20,0	—	—
Имаго	120 ± 9,0	61	97

Продолжение

Стадия метаморфоза	Кольчатый шелкопряд		
	содержание лизоцима, мкг/мл	численность бактерий в расчете на 0,1 мл гомогената кишечника	
		всего	доля споровых форм, %
Перед линькой на II—III возраст	70 ± 3,0	90	42
После линьки на II—III возраст	45 ± 2,0	3930	29
Перед линькой на IV—V возраст	10 ± 6,0	2870	47
После линьки на IV—V возраст	90 ± 5,0	7640	27
Пронимфа	500 ± 25,0	850	36
Нимфа	750 ± 40,0	580	78
Куколка (1-е сут)	420 ± 20,0	870	67
Куколка (8-е сут)	—	—	—
Имаго	—	—	—

Мы изучили действие лизоцима на энтомопатогенные бактерии группы *thuringiensis* примерно в тех концентрациях (250 и 750 мкг/мл), в которых его обнаруживают в гемолимфе исследуемых насекомых. Для сравнения в опытах использовали *Bac. subtilis* и *Micrococcus lyso-deikticus*. При микроскопировании мазков, окрашенных по Цилю, через 1 и 24 ч инкубирования в термостате мы не выявили разницу в чувствительности вегетативных форм *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis*

и *var. galleriae* и *Bac. subtilis* к лизоциму. В растворе с концентрацией лизоцима 750 мкг/мл часть вегетативных клеток формировала споры, часть лизировалась (в контроле сохранялись вегетативные формы).

Несомненно, что устойчивость насекомых обеспечивается не только перечисленными факторами. Однако приведенные данные позволяют считать, что у насекомых в защите от бактериальных инфекций значительную роль играют неспецифические факторы, особенно лизоцим и подобные ему антибактериальные вещества. Признание этого факта ведет к логическому выводу о том, что у насекомых, во-первых, устойчивость к патогенам чрезвычайно сильно зависит от физиологического состояния организма, во-вторых, не может формироваться и наследственно закрепляться иммунитет к определенному патогену. Это подтверждено в работах многих авторов (Sneh, Schuster, 1983; Кандыбин, Стусь, 1987). В этой связи приведем данные наших опытов по изучению восприимчивости колорадского жука к битоксибациллину, проведенных в Крыму. Было установлено, что личинки жука из популяции, контактировавшей в предыдущем поколении с битоксибациллином, гораздо восприимчивее личинок интактной популяции. При концентрациях битоксибациллина-202 0,01; 0,1 и 0,5 % через 10 сут после обработки доля гибели контактных и интактных личинок II возраста составила соответственно 96–100 и 36–71 %. То есть популяция, получившая сублетальную дозу препарата, не только не приобрела повышенную резистентность, но даже утратила исходную. Наблюдения за этой популяцией жука выявили и другие отклонения от физиологической нормы, в частности снижение репродуктивной функции. Самки жуков, питавшиеся зараженным кормом, отложили яиц на 68–83 % меньше контрольных. Аналогичные данные приведены в работе И. Л. Трофимовой и К. А. Родионовой (1981). О депрессии, искусственно вызываемой битоксибациллином в популяции колорадского жука, сообщают также Л. М. Рыбина и соавторы (1987).

1.2.5. Развитие бактериальных эпизоотий насекомых

Еще И. И. Мечников (1879) указывал на необходимость использования для борьбы с вредными организмами эпизоотий. В дальнейшем эти идеи развивали В. П. Поспелов (1926), Э. Штейнхауз (1952). Эпизоотологическому направлению микробиологической борьбы с вредными видами особое внимание уделял Е. В. Талалаев и его ученики. Е. В. Талалаев (1968) писал: "Вопрос об естественных бактериальных эпизоотиях надо считать весьма важным и требующим специального всестороннего изучения, так как это будет иметь значение для более эффективного использования бактерий в борьбе с вредными насекомыми... При практическом использовании эпизоотологического направления придется считаться с биоэкологией того вредного насекомого, против которого намечается борьба. Поэтому для каждого вида

насекомого должен быть разработан свой эпизоотологический метод... В решении этой задачи важное значение будет иметь природа возбудителя (бактериальная, грибная, вирусная, протозойная) и его биологические особенности, определяющие возникновение и течение эпизоотологического процесса в стадиях вредного насекомого". К этому следует добавить, что помимо частных особенностей эпизоотологического процесса, которые действительно в значительной мере зависят от возбудителя и его хозяина, существует целый ряд общих закономерностей, определяющих течение и исход эпизоотий в любом очаге инфекции.

Бактериальные эпизоотии среди насекомых в отличие от вирусных и грибных встречаются реже, но тем не менее бывают обширными и напряженными. Y. Kudler, O. Lysenko, R. Hochmut (1958) наблюдали такую эпизоотию листовёрток (*Coscaecia crotaegana*), вызванную *Pseudomonas chlororaphis* в Чехословакии. J. Brian (1978) сообщает о массовой эпизоотии в популяции клеверной совки (*Scotogramma trifolii*) в Южной Калифорнии на площади более 1000 км². Л. А. Литвинова (1971) обнаружила эпизоотию среди капустной совки на посадках капусты. Из трупов гусениц были выделены *Ps. aeruginosa*, *Aerobacter aerogenes* и *Streptococcus liquefaciens*. В Киевской области А. А. Абдулаев (1981) наблюдал массовое распространение заболевания капустной белянки, вызванное *Serr. marcescens*, с высокой смертностью гусениц и куколок от красного бактериоза. Эпизоотии, вызванные *Bac. thuringiensis*, описали Е. С. Kurstak (1964) — у мельничной огневки (*Ephestia kühniella*), J. Vankova, K. Purrini (1979) — у зерновой огневки и капустной моли, Е. В. Талалаев (1968) и А. Б. Гукасян (1979) — в популяциях сибирского шелкопряда.

Приведем результаты наших исследований течения эпизоотического процесса в зависимости от возрастных особенностей и плотности популяции капустной белянки (*Pieris brassicae*), путей передачи возбудителя от больных особей здоровым, условий сохранения и накопления возбудителя эпизоотии в очаге, влияния некоторых экологических факторов (температуры, влажности, инсоляции, питания) на напряженность эпизоотии. В качестве энтомопатогенов были использованы *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* штамм 202 и *Serr. marcescens* штамм 29.

Первоначально в лабораторном эксперименте на однородной здоровой популяции капустной белянки, выведенной в лаборатории, определили минимальные инфицирующие количества бактерий для гусениц разных возрастов. В этих опытах установлена высокая степень патогенности *Bac. thuringiensis* штамма 202 для гусениц капустной белянки (особенно для I и старших возрастов). Гусеницы среднего возраста при заражении как *Bac. thuringiensis*, так и *Serr. marcescens* оказались менее восприимчивыми. Особенно заметной была разница в восприимчивости гусениц к *Serr. marcescens*: для I, IV и V возрастов летальная

концентрация этой бактерии составила 10^8 клеток, а для гусениц II и III возрастов она была выше на два порядка (10^{10}).

В следующей серии опытов изучали развитие эпизоотии в популяции гусениц разных возрастов при заражении незначительной части корма, который съедали одна-две особи, подсаживании к здоровым гусеницам одной, трех, пяти, десяти больных или к больным через каждые 2 сут десяти здоровых.

Как в лабораторных, так и в полевых опытах выявилась сходная закономерность. При любом способе заражения красным бактериозом эпизоотия развивалась быстро с поражением всех гусениц в сосуде или садке и полной их гибелью в течение 3—12 сут. Особенно напряженно протекала эпизоотия у гусениц IV—V возраста по сравнению с гусеницами II возраста: в первом случае насекомые погибали в течение 4 сут, во втором — за период до 12 сут (гусеницы III возраста — за 8 сут). Эти данные согласуются с установленной ранее восприимчивостью разных возрастов гусениц к красному бактериозу. Среди гусениц старших возрастов эпизоотия развивается напряженнее еще потому, что они активнее гусениц младших возрастов: больше двигаются, интенсивнее питаются, выделяют больше экскрементов, следовательно, больные особи чаще контактируют со здоровыми и происходит более интенсивное обсеменение возбудителем корма и среды обитания.

Бактериологический анализ экскрементов зараженных гусениц старшего возраста показал, что в первые 2—3 сут *Bac. thuringiensis* присутствует в большом количестве (порядка 10^4 — 10^5 спор на 1 г). Через 5 сут это число уменьшается до нескольких тысяч, а перед окукливанием бактерия не выявляется. *Serr. marcescens*, наоборот, несколько первых суток обнаруживается в количестве $14 \cdot 10^4$ клеток на 1 г с последующим (через 5 сут) увеличением до $18 \cdot 10^6$. Интересно, что при этом другая бактериальная флора отсутствует: вероятно, *Serr. marcescens* размножается в кишечнике, подавляя развитие остальных видов, в том числе *Bac. thuringiensis*.

Известно, что на одном кочане капусты могут одновременно находиться гусеницы капустной белянки разных возрастов. Поэтому был проведен следующий полевой опыт. На кочаны капусты подсаживали по 25 больных гусениц V возраста и по 25 здоровых гусениц III, IV и V возрастов (то есть в каждом варианте опыта по 100 гусениц, в том числе 25 инфицированных *Serr. marcescens*, *Bac. thuringiensis* или смесью патогенов). При таком соотношении больных и здоровых гусениц происходит перезаражение и гибель значительной части здоровых гусениц: от *Serr. marcescens* — 75 %, от *Bac. thuringiensis* — 65 и от смешанной инфекции — 85 %. Остальные особи в основном гибнут в фазе куколки, и из немногих куколок вылетают бабочки, часто с сильными тератологическими изменениями и пониженной способностью к

размножению. До четверти сформировавшихся куколок также имеет значительные морфологические отклонения и, как правило, не превращается в бабочек.

При сравнении патогенности возбудителей при внесении их в популяцию путем обработки корма и подсадки больных гусениц к здоровым в соотношении 1 : 5 было показано (рис. 7), что в обоих случаях эпизодия развивается почти с одинаковой напряженностью. Перезаражение гусениц происходит через корм, загрязненный больными гусеницами и трупами, при разложении которых происходит бактериальное обсеменение корма.

При многочисленных полевых наблюдениях было отмечено, что после обработки корма бактериальной суспензией гусеницы стремятся уйти на необработанные растения. В случае *Bac. thuringiensis* иногда до 95 % гусениц мигрирует на необработанный корм, а при обработке *Serr. marcescens* — до 50 %. Интенсивность миграции прямо пропорциональна титру бактерий в суспензии. Анализы необработанных растений, на которые переселились гусеницы, и смывы с гусениц показали наличие патогенов. К числу мигрантов относится и значительная часть гусениц, уже инфицированных летальными дозами патогена.

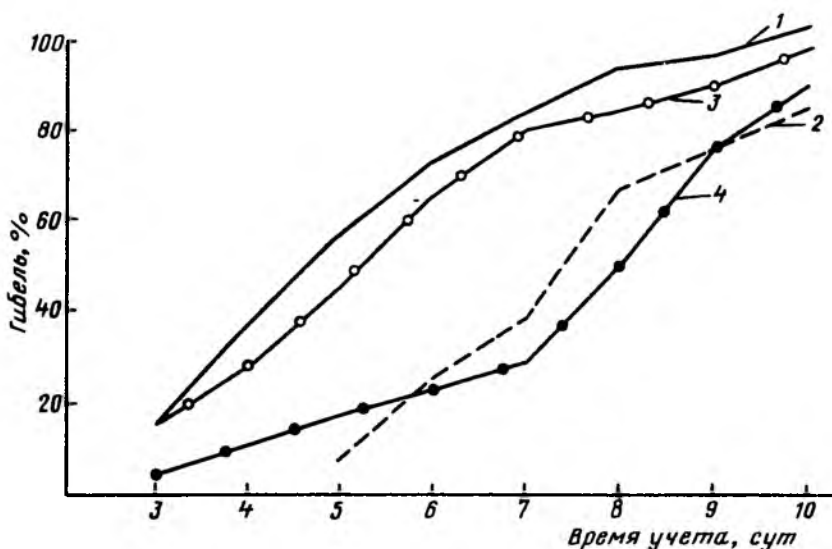


Рис. 7. Гибель гусениц капустной белянки при разных способах инфицирования: 1, 2 — обработка корма соответственно *Bac. thuringiensis* (штамм 202) и *Serr. marcescens*; 3, 4 — подсадка к здоровым гусеницам особей, зараженных соответственно первым и вторым патогеном. В контроле гибели не было.

Влияние температуры на инфекционный процесс было установлено в следующем опыте. В ранее инфицированные *Serr. marcescens* садки со свежим кормом поместили бабочек, отложивших там яйца, из которых вылупились личинки. Затем по 20 гусениц II возраста из каждого садка пересаживали в стеклянные сосуды с кормом и содержали в термостате при 25–30 °С. Через 2–3 сут было зарегистрировано массовое заболевание гусениц красным бактериозом, а через 7 сут все насекомые погибли (гибель в контроле не зарегистрирована). Несомненно, что эта эпизоотия была спровоцирована повышением температуры, ослабившим сопротивляемость насекомых.

В других опытах мы изучили развитие эпизоотии при заражении *Bac. thuringiensis* популяции американской белой бабочки. Этот вид по восприимчивости к *Bac. thuringiensis* сходен с капустной белянкой, но отличается поведенческими реакциями. Сначала сравнили развитие эпизоотии среди гусениц младших и старших возрастов: как известно, у этого вида гусеницы младших возрастов ведут колониальный образ жизни, и можно предполагать, что при их инфицировании разовьется напряженная эпизоотия. Однако подсадка зараженных гусениц в гнезда здоровых не дала ожидаемого эффекта: больные гусеницы мало передвигались, что исключало их контакт со здоровыми, почти совсем не питались, быстро гибли, а инфицированные трупы быстро высыхали и не могли служить источником инфекции. Кроме того, более 80 % трупов не задерживалось в кроне.

Аналогичные опыты с гусеницами старших возрастов также не дали результатов: зараженные гусеницы теряли активность, быстро гибли, и перезаражения не происходило.

Бактериологический анализ листьев и веток, собранных через 5 и 10 сут в очагах внесения зараженных гусениц, показал, что накопление патогена в кроне происходит пропорционально количеству подсаженных гусениц. Численность бактерий после подсадки невелика (для 100 особей на листьях и ветках через 5 сут соответственно 120 и 75 клеток на 1 г, через 10 сут — 340 и 95) и недостаточна для развития напряженной эпизоотии. Распространение бактерий в кроне происходит за счет передвижения больных и особенно здоровых гусениц. Бактериологический анализ здоровых (но бывших в контакте) гусениц показал, что более 50 % из них — носители инфекции. В то же время гибель таких гусениц была незначительной (табл. 10) и зависела от соотношения больных и здоровых особей.

В заключительной части экспериментов была поставлена задача изучить развитие эпизоотии *Bac. thuringiensis* среди гусениц американской белой бабочки при частичной обработке кроны деревьев (табл. 11).

Обращает на себя внимание второй вариант опыта, когда была обработана только половина кормовых веток клена. В этом опыте погибло 64 % гусениц, а оставшиеся развивались медленно (масса гу-

сениц была значительно меньше контрольной). Кроме того, в силу антифидантного действия препарата гусеницы с необработанных веток переползали на обработанные только в том случае, когда необработанные листья были съедены полностью. В наших опытах это произошло на 8–10-е сут, когда на листьях осталось мало препарата, а гусеницы были уже в V, наиболее резистентном возрасте.

10. Развитие эпизоотии в кроне клена при подсадке больных гусениц американской белой бабочки к здоровым

Соотношение здоровых и зараженных гусениц	Гибель вступавших в контакт особей, %			Всего погибло, %
	гусениц	куколок	имаго	
100 : 25	2,0	0,7	0	2,7
100 : 50	3,3	0,7	0,7	4,7
100 : 100	5,7	1,6	0,7	8,0

11. Эффективность 0,5 %-ного битоксибациллина-202 при полной и частичной обработке кроны клена, заселенной гусеницами американской белой бабочки II возраста

Вариант опыта	Число гусениц	Гибель по суткам, %				
		5-е	7-е	10-е	15-е	20-е
Без обработки	300	0	0,7 ± 0,3	1,7 ± 0,7	2,0 ± 0,3	2,3 ± 0,3
Частичная обработка	300	21,3 ± 2,1	40,7 ± 1,7	56,7 ± 2,4	63,0 ± 1,4	64,0 ± 1,4
Полная обработка	300	28,0 ± 2,8	77,6 ± 5,2	96,3 ± 3,1	100	

Таким образом, в популяции американской белой бабочки развития и распространения напряженной эпизоотии *Bac. thuringiensis* не происходит. Это объясняется, во-первых, недостаточной contagiозностью возбудителя, во-вторых, ограниченным контактом больных гусениц со здоровыми. Трупы погибших гусениц, как правило, не задерживаются в кроне, быстро высыхают и поэтому не могут служить постоянным источником инфицирования среды обитания подобно тому, как это происходит в популяциях капустной белянки и сибирского шелкопряда. Однако вопрос о поддержании этой эпизоотии в популяциях насекомых однозначно не решен. Среди слабовосприимчивых видов действительно не удастся вызвать эпизоотию, а если она и возможна, то только при оптимальных условиях развития. В то же время среди высоковосприимчивых видов, каким является, например, капустная белянка, эпизоотия вполне возможна, а ее напряженность и конечный результат будут зависеть от целого ряда причин, и прежде

всего от частоты контактов здоровых особей с больными и эффективности путей передачи инфекции. Следовательно, закономерности развития эпизоотий среди насекомых видоспецифичны и определяются их биологическими особенностями: разные виды неодинаково восприимчивы к патогену, и, кроме того, у них различаются пути передачи инфекции, которые зависят от места и условий обитания, характера взаимоотношений между особями популяции, питания, особенностей метаморфоза и т. д.

1.2.6. Микрофлора насекомых в норме и при бактериозах

Несомненно, качественный и количественный состав микрофлоры насекомых гораздо богаче, чем мы пока представляем. Особенно скудны данные по внутриклеточной и мицетомной микрофлоре.

Состав микрофлоры у разных видов и фаз развития насекомых неодинаков, что обусловлено средой обитания насекомого, составом корма, характером питания и целым рядом других причин. Внеклеточная бактериальная флора в обилии встречается на наружных покровах насекомых, во всех отделах кишечника, в кишечных придатках. Особенно многообразна и многочисленна кишечная микрофлора насекомых, которая в значительной степени меняется количественно и качественно на протяжении развития и метаморфоза. Обширный материал по внеклеточной микрофлоре представлен в работах Е. Штейнхауза (1952) — для многих видов насекомых, И. Н. Гриценко с соавторами (1964) — для майского хруща, садового хруща, ивовой волнянки и шелкопряда-монашенки в Западной Сибири, А. Б. Гукасяна (1967) — для сибирского шелкопряда и его паразитов и непарного шелкопряда, В. И. Полтева и И. Н. Гриценко (1966) и В. И. Полтева (1969) — для некоторых видов чешуекрылых, перепончатокрылых и жесткокрылых, Г. М. Иванова (1967) — для хохлатки двухцветной, Ш. А. Шарафутдинова (1970) — для совок и других чешуекрылых, Н. В. Кандыбина, М. Г. Чеверды, Л. А. Симоновой (1972) — для разных видов насекомых Крыма и Северного Кавказа. Нами также детально изучена кишечная микрофлора кольчатого шелкопряда и боярышницы. Установлено, что у обоих видов она наиболее разнообразна и многочисленна у гусениц старших возрастов, что, несомненно, связано с более интенсивным их питанием. Исследования эпифитной микрофлоры кормовых растений этих насекомых по методу Ю. М. Возняковской (1969) показало, что из 84 видов бактерий, встречающихся на кормовых растениях (яблоне и абрикосе), 28 обнаружено в кишечнике насекомых. В период линьки гусениц и метаморфоза количество бактерий, особенно бесспорных форм, резко уменьшается, что связано с увеличением содержания антибактериальных веществ, в частности лизоцима. В кишечнике имаго кольчатого шелкопряда и внутреннем содержимом яиц обоих

видов бактерии не обнаружены. Отмечено, что у боярышницы количество бактерий в кишечнике зимующих гусениц значительно снижается по сравнению с количеством, которое характерно для тех же возрастов гусениц летней генерации. Это связано с анабиозом зимующих генераций и, как следствие, отсутствием притока бактериальной флоры с кормом. Размножение резидентной микрофлоры, в свою очередь, подавляется низкими температурами. Гусеницы, вышедшие из зимней диапаузы, быстро пополняют кишечную микрофлору за счет усиленного питания. Такая своеобразная динамика количественного и качественного состава микрофлоры представляет исключительный интерес и должна учитываться при изучении патологии насекомых и разработке эффективных приемов применения энтомопатогенов. Это особенно важно при использовании кристаллогенных бацилл, поскольку известно, что их действие на насекомое часто складывается из токсимии и нарушения целостности эпителия кишечника, вызванного эндотоксином, и септицемии, в том числе обусловленной размножением кишечной микрофлоры.

Разработке методов поиска и выделения энтомопатогенов до настоящего времени уделяется неоправданно мало внимания. А вопрос этот исключительно важен не только для создания новых бактериальных препаратов, но и при изучении эпизоотий как фактора, регулирующего численность вредных насекомых. Данная область объединяет исследования по микробиологии, энтомологии и эпизоотологии, что требует соответствующей квалификации экспериментатора. К сожалению, у нас в стране не готовят таких специалистов. Кроме того, методические разработки осложняются несовершенством таксономии энтомофильных и энтомопатогенных микроорганизмов.

Среди энтомопатологов наиболее распространен метод выделения энтомопатогенных бактерий, предложенный Э. Штейнхаузом (1952), А. А. Евлаховой и О. И. Швецовой (1953), — выдавливание внутреннего содержимого (за исключением кишечника) или растирание трупа в стерильном физиологическом растворе с последующим посевом на искусственные питательные среды.

Мы тоже использовали этот метод в своей работе и, кроме того, внесли в него некоторые дополнения. Исходя из общих закономерностей развития эпизоотий, анализировали очаги массовой численности вредителя, поскольку в условиях высокой плотности популяции насекомого-хозяина возбудитель наиболее патогенен и контагиозен, а следовательно, шире распространен и может быть легче обнаружен. С этой целью проводились широкие энтомологические обследования на больших территориях с разным ландшафтом в Краснодарском крае, Крымской, Херсонской, Днепропетровской и Запорожской областях. При выявлении очагов эпизоотии, кроме трупов, собирали живых насекомых и помещали их в инсектарные садки, из которых затем отбирали на анализ трупы и больных особей.

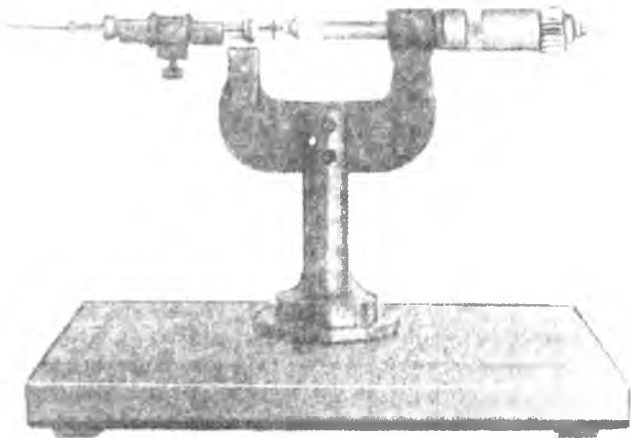


Рис. 8. Микроинъектор для введения насекомым бактериальной суспензии (изготовлен на основе туберкулинового шприца и микрометра).

Для выделения из эпизоотологического материала бактерий и грибов нами предложено использовать 30 питательных сред (17 бактериальных и 13 грибных): МПА, МПА с глюкозой, капустная № 19, гороховый гидролизат, соевая, фасолева, молочная, рыбная, дрожжевая, кукурузный гидролизат, яичная, из насекомых с рН 7,2 и 5,4, сенная, свекольная с рН 7,2 и 5,4, картофельная и картофельные ломтики, сусло-агар, среды Чапека, Сабуро, Молиша, морковные ломтики, ломтики редиса, коагулированный желток, овсяная, дрожжевая с морковным экстрактом и пептоном, гороховый гидролизат с глюкозой и капустная с глюкозой. При этом мы учитывали то обстоятельство, что многие энтомопатогенные бактерии, грибы, риккетсии очень плохо или совсем не растут на обычных питательных средах и разнообразие сред увеличивает вероятность обнаружения и изоляции патогена.

Патогены выделяли не только из трупов, но и из гемолимфы больных или погибших насекомых; как показали наши исследования, это позволяет значительно повысить число выявляемых штаммов энтомопатогенных бактерий. Патогенность чистых культур обычно проверяли на насекомых того вида, из которого выделен штамм, учитывая избирательность многих патогенов, сначала при введении парентерально, затем перорально. Для точного дозирования культуры при инъекции в полость тела насекомого использовали специально изготовленный микроинъектор (рис. 8), что позволяло вводить микробную взвесь в объеме 0,001 мл. Таким путем определяли летальную дозу ($ЛД_{100}$ и $ЛД_{50}$) бактерий для вида насекомого. Значительную часть выделенных бактерий испытывали на патогенность для гусениц большой пчелиной

огневки. При пероральном заражении корм опрыскивали бактериальной суспензией с титром $2 \cdot 10^8$. Предпочтение отдавалось споровым формам как наиболее перспективным для разработки энтомоцидных препаратов: споровые бактерии гораздо технологичнее, их легко концентрировать, сушить и хранить, препараты на их основе лучше сохраняются в среде, а следовательно, дольше служат источником заражения, их можно смешивать с любыми другими компонентами, в том числе со многими химическими инсектицидами.

При идентификации выделенных бактерий за основу была принята специальная схема, предложенная О. Lysenko. Эту схему, включающую более 50 тестов, мы дополнили тестами из определителей Н. А. Красильникова (1949), D. Berge (1957) и Р. А. Циона (1948). Кристаллогенные бациллы идентифицировали по схеме Н. de Barjas и A. Bonnefoi (1968) с применением биохимических и серологических тестов. Н-антигенную сыворотку и стандартные штаммы для идентификации *Bac. thuringiensis* получали из Института Пастера (Париж).

Указанным методом было изолировано 307 бактериальных штаммов, в том числе 177 споровых форм. Из выделенных культур идентифицировано 183 штамма, которые объединены в 36 видов (табл. 12).

12. Виды бактерий, выделенные из трупов и больных насекомых в Крыму и на Северном Кавказе

Вид бактерий (по Берджи)	Выделено штаммов		Виды насекомых, из которых выделены штаммы бактерий
	в Крыму	на Северном Кавказе	
<i>Bac. thuringiensis</i> var. <i>thuringiensis</i>	1		Белянка (вид не определен)
var. <i>alesti</i>	22		Капустная совка, кольчатый шелкопряд, златогузка, ивовая волнянка, лунка серебристая, боярышница, пяденица, сосновый пилильщик
<i>cereus</i>	32	21	Совки, шелкопряды, пяденицы, листовертки, пилильщики, крапивица, плодовая моль, лунка серебристая, боярышница, златогузка, волнянки, жуки
<i>pumilus</i>	15	8	Совки, шелкопряды, жуки, лунка серебристая, пяденица, златогузка
<i>licheniformis</i>	13	5	Пяденицы, листовертки, лунка серебристая, шелкопряды, златогузка, кукурузный мотылек
<i>megatherium</i>	3	5	Совки, шелкопряды, златогузка
<i>sphaericus</i>	3	3	Шелкопряды, пяденицы, жуки, ивовая волнянка
<i>firmus</i>	3		Шелкопряд кольчатый
<i>brevis</i>		1	Озимая совка

Вид бактерий (по Берджи)	Выделено штаммов		Виды насекомых, из которых выделены штаммы бактерий
	в Крыму	на Северном Кавказе	
<i>badius</i>	1		Златогузка
<i>subtilis</i>		2	Озимая совка, пилильщик
<i>circulans</i>	1		Кольчатый шелкопряд
<i>polymyxa</i>		1	Озимая совка
<i>mycoides</i>		1	То же
<i>pantothenicus</i>		2	"
<i>stearothermophilus</i>	2		Непарный шелкопряд
<i>sp.</i>	3		Озимая совка, непарный шелкопряд, дубовая листовертка
<i>Achromobacterium stenohalis</i>		1	Жук-кузька
<i> iophagus</i>		1	Кольчатый шелкопряд
<i> liquefaciens</i>	2	1	Кукурузный мотылек
<i>Alcaligenes faecalis</i>	1		Лунка серебристая
<i> bookeri</i>	1		Непарный шелкопряд
<i>Aerobacter cloacae</i>		1	Листовертка дубовая
<i>Brevibacterium lipoliticum</i>		1	Кольчатый шелкопряд
<i>Bacteroides succinogenes</i>		1	Жук-кузька
<i>Flavobacterium ferrudineum</i>		1	Кольчатый шелкопряд
<i>Propionibacterium freudenreichii</i>	1		Озимая совка
<i>Serratia marcescens</i>	2	3	Капустная совка, кольчатый шелкопряд, пилильщик, павлиний глаз
<i>Erwinia aroideae</i>	1		Непарный шелкопряд
<i> cassavae</i>		1	Капустная белянка
<i>Proteus mirabilis</i>		1	Дубовая листовертка
<i> bombycis</i>		1	То же
<i>Pasteurella navicida</i>		1	Пяденица
<i>Bacterium sp.</i>		3	Озимая совка, непарный шелкопряд, лунка серебристая
<i>Micrococcus conglomeratus</i>	2	4	Лунка серебристая, совка озимая
<i> roseus</i>	1		Лунка серебристая
Всего	115	68	

Девять штаммов бактерий по многим свойствам не укладывались в схему идентификации и должны быть отнесены к новым видам. Значительная часть выделенных штаммов идентифицирована как *Bac. cereus* (53 штамма), *Bac. pumilus* (23 штамма), *Bac. licheniformis* (18 штаммов) и *Bac. thuringiensis* (23 штамма). Обращает на себя внимание тот

13. Зитомопатогенность культур природных изолятов бактерий (лабораторные опыты)

Вид, № штамма	Парентеральное заражение гусениц пчелиной огневки						Гибель гусениц при пероральном заражении, %							
	всего опытов (в каждом опыте по 10 гусениц)	ЛД ₁₀₀		ЛД ₅₀			кольчатый шелко-пряд	лунка сере-бристиая	плодо-вая моль	непар-ный шел-копряд	злато-гузка	ивовая вол-нянка	хлоп-ковая совка	совка карад-рина
		тыс. клеток	сред-ний срок гибели, сут	тыс. клеток	сред-ний срок гибели, сут									
Bac. cereus	1	7	40	1,8	5	3,0								4,5
	3	9	40	2,0	10	2,5								
	34	5			40	2,0		80	100					
	35	9	40	1,0	5	1,8	96	96	100					
	36	6	20	2,0	5	2,0								
	56	11	20	2,5	5	2,0	68	100	100	16	64	50		
	96	7	40	2,1	5	2,5	42			34	64	54		
	104	7	40	3,5										
	1176	6	40	1,6	10	1,8	90	95	100	20	68	32		
	120a	8	40	2,0	5	2,0								
	1206	7	40	3,0	10	3,2								
	109a	7	40	1,8	5	2,1								15
thuringien- sis	202	14	20—150	2,2	5—40	3,5	98	100		100	100	100		57

var. alesti	143						90	100		98	90	100		
	153						100	97		98	54	100		
	154						100	98	100	92	70	98		
var. galleriae	203						100	100		100	90	100		
							86	100	100			100		
mycoides	56a	6	10	1,8									0	36
lichenifor-	86	9	40	2,1	5	3,0								
mis														
pumilus	93	2			40	5,0								
	1166	6	40	2,0	10	2,0							0	4,5
megatherium	76	6			40	1,8				28	30	22		
pantotheni-	1306	14	40	2,2	20	2,8								
cus														
Serratia marces-	5	8	5	1,0			100	100	100	30		50	5	36
cens	29	8	5	1,0			80	100	100			80		
Proteus bombycis	83	7	40	2,1			90		100	15	44	64		
Achromobacter	101				230	3,1								
sterohalis														

П р и м е ч а н и е. Bac. megatherium № 39, 81, Bac. pumilus № 75, 102, Bac. sphaericus № 62, 65, Bac. licheniformis № 55, 85, Bac. subtilis № 6, Bac. bacteroides succinogenes № 115 при парентеральном введении $2,5 \cdot 10^5$ — $1 \cdot 10^6$ клеток оказались непатогенными для большой пчелиной огневки.

факт, что *Bac. thuringiensis* сравнительно часто выделялась в Крыму и не обнаружена на Северном Кавказе. Мы склонны объяснить это тем, что в Крыму условия благоприятнее для проявления энтомопатогенности *Bac. thuringiensis* — более теплый и сухой климат. В то же время на Кавказе чаще обнаруживали трупы насекомых, пораженных грибами, что характерно для влажных биотопов. В остальном бактериальная флора трупов и больных насекомых Северного Кавказа и Крыма сходна.

Bac. thuringiensis, как выяснилось, широко распространена среди разных видов насекомых Крыма. Причем из 23 изолятов один идентифицирован как вариант *thuringiensis* 1-го серотипа, а остальные 22. отнесены к варианту *alesti* 3-го серотипа. Аналогичные данные описаны Э. К. Африкяном (1970) и О. И. Швецовою и Э. Р. Зурабовой (1966), которые выделили штамм 3-го серотипа из погибших куколок тутового шелкопряда.

Штаммы *Bac. thuringiensis* были выделены нами из трупов (13 штаммов) и из гемолимфы больных насекомых (10 штаммов). При первичном испытании энтомопатогенности выделенных и идентифицированных бактерий на пчелиной огневке при парентеральном заражении получены интересные результаты (табл. 13). Оказалось, что наибольшей активностью против этого насекомого обладают *Serr. marcescens*, некоторые штаммы *Bac. cereus*, *Bac. licheniformis* и *Bac. mycoides*. Некоторую энтомоцидность проявляют такие почвенные микроорганизмы, как *Bac. megatherium* и *Bac. pantothenicus*.

Чрезвычайно важны данные по энтомоцидной активности разных штаммов одного вида бактерий. Например, некоторые штаммы *Bac. pumilus* и *Bac. licheniformis* вызывают 100 %-ную гибель гусениц при введении $4 \cdot 4^{10}$ клеток, другие не оказывают действия при введении $2,5 \cdot 10^5$ — $1 \cdot 10^6$ клеток. Большая разница в энтомоцидности наводит на мысль, что такие штаммы должны различаться и по физиологическим, и по биохимическим свойствам, но тогда правомерно сомнение в совершенстве используемых определителей. Нам представляется, что специалисты-таксономисты должны обратить внимание на эти обстоятельства.

Сравнительное испытание энтомоцидной активности выделенных бактерий показало также, что при парентеральном введении многие штаммы споровых и бесспоровых форм по активности превосходят или равны *Bac. thuringiensis*. Учитывая, что многие из них в значительных количествах присутствуют в кишечнике чешуекрылых, и зная механизм действия *Bac. thuringiensis*, можно сделать вывод о большой роли этой микрофлоры в патогенезе при пероральном заражении насекомого кристаллогенными бактериями.

Анализ результатов перорального заражения разных видов чешуекрылых (табл. 13) показал, что наибольшей патогенностью обладают изоляты *Bac. thuringiensis* и *Serr. marcescens*. У других изолятов степень

патогенности по отношению к разным видам насекомых была неодинаковой. Наибольший интерес представляет патогенность штаммов *Bac. cereus*. Впоследствии выяснилось, что эти штаммы бактерий продуцируют энтомоцидные метаболиты, в частности фосфолипазу С, очень токсичную для пчелиной огневки (Lysenko, 1972). Вероятно, подобное характерно и для других штаммов указанного вида.

1.2.7. Средства защиты растений на основе *Bacillus thuringiensis*

В практике борьбы с насекомыми — вредителями растений наиболее широко и успешно используются препараты на основе *Bac. thuringiensis*.

Энтобактерин. Первый отечественный препарат, созданный в лаборатории микробиометода Всесоюзного научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР) на основе бактерии, выделенной от больных гусениц мельничной огневки во время лабораторной эпизоотии. Смачивающийся порошок светло-серого цвета, содержащий споры и кристаллический эндотоксин *Bac. thuringiensis* var. *galleriae* (H₅). Содержит 30 млрд спор и примерно столько же кристаллов эндотоксина на 1 г, инертный наполнитель и другие компоненты. Рекомендован для борьбы с гусеницами I–II возрастов капустной, репной белянок, капустной моли и огневки (1–3 кг/га), против гусениц I–III возрастов лугового мотылька (2–3 кг/га), яблонной, плодовой молей, боярышницы, американской белой бабочки (3 кг/га), листоверток, шелкопрядов, пядениц, златогузки, кистехвоста античного (4–5 кг/га), гроздовой листовертки на винограде (5–7 кг/га), смородинной листовертки, крыжовниковой огневки, пилильщиков на смородине и на крыжовнике (3–5 кг/га), гусениц I–II возрастов листогрызущих совок, стеблевого и лугового мотыльков на хмеле (3 кг/га), совок и пядениц на семенной люцерне (2–4 кг/га), гусениц младших возрастов огневок, мальевой моли, совок, пядениц, лугового мотылька, листоверток на лекарственных растениях — астрагале шерстистоцветном, алтее лекарственном, мяте перечной, шиповнике (5–6 кг/га).

Энтобактерин — препарат кишечного действия. Наиболее восприимчивы к нему гусеницы чешуекрылых младших возрастов. Поэтому его применение наиболее эффективно в период массового отрождения гусениц. Против каждого поколения вредителя обычно достаточно одной обработки. При растянутой откладке яиц и продолжительном отрождении гусениц целесообразны две обработки с интервалом 8–10 сут. Препарат применяют, опрыскивая растения свежеприготовленными рабочими растворами. Оптимальная температура для энтомоцидного действия энтобактерина 18–30 °С. Для овощных, плодовых, свеклы и люцерны эффективные дозы при 18–24 °С соответственно 2; 3,5–4,5; 2 кг/га, при 24–32 °С — 1; 3; 2 кг/га, расход рабочей жидкости при обычном опрыскивании — 500–600, 1200 — 1500, 300–400 л/га, при малообъемном опрыскивании — 100–200, 500–600, 60 л/га.

На растениях препарат сохраняет энтомоцидность 8—10 сут (если его не смоят осадки). Как и все другие микробные препараты, энтобактерин частично инактивируется солнечными лучами. Поэтому лучше проводить обработки в вечерние или утренние часы. Энтобактерин нефитотоксичен, не влияет на запах и вкус обработанных растений, может применяться независимо от фазы развития растений и за сутки до уборки урожая. Энтобактерин безопасен для пчел, энтомофагов, рыб, теплокровных животных, человека, но токсичен для тутового и дубового шелкопрядов.

Продуцент энтобактерина *Bac. thuringiensis* var. *galleriae* высоко-энтомоциден для многих чешуекрылых насекомых. Эта бактерия по активности не уступает другим подобным бактериям. Однако продуцент оказался чувствительным к фагам, поэтому производство энтобактерина часто сопровождается фаголизисом. Попытки получить фагоустойчивый штамм этой бактерии, к сожалению, пока не имели успеха.

Дендробациллин. Препарат создан коллективом Иркутского государственного университета под руководством профессора Е. В. Талаева на основе *Bac. thuringiensis* var. *dendrolimus* и применяется против многих насекомых — вредителей леса и сельскохозяйственных культур. Дендробациллин производится в виде светло-серого порошка в трех модификациях с разным титром спор и кристаллического эндотоксина — дендробациллин-20, дендробациллин-60 и дендробациллин-100 (по титру спор) (их эффективные дозы представлены в таблице 14).

**14. Эффективные дозы форм дендробациллина (кг/га)
по культурам и видам вредителя**

Культуры	Вид вредителя	Дендробациллин-20	Дендробациллин-60	Дендробациллин-100
Овощные	Капустная, репная белянки; капустная моль, огневка (гусеницы I—II возрастов)	2—3	1—1,5	0,8—1,0
	Гусеницы I—II возрастов капустной совки			1,5
Плодовые (яблоня, слива, абрикос, шелковица, груша, вишня, черешня) и дикие древесные породы	Яблонная, плодовая моль, боярышница, американская белая бабочка (гусеницы I—III возрастов)	3	1,5	
	Листовертки, шелкопряды, пяденицы, златогузка, кистехвост античный (гусеницы I—III возрастов)			
		4—5	2—2,5	

Культуры	Вид вредителя	Дендробациллин-20	Дендробациллин-60	Дендробациллин-100
	Яблонная плодожорка в зоне с одним поколением	5	2,5	
	Гусеницы сибирского, соснового шелкопряда, шелкопряда-монашенки, сосновой пяденицы и др. (гусеницы II—III возрастов)	2—3	1—1,5	
Свекла, люцерна, подсолнечник, морковь, капуста	Гусеницы I—III возрастов лугового мотылька	1—2	0,5—1,0	
Виноградная лоза	Гроздевая листовертка	6—8	3—4	2—2,5
Смородина, крыжовник	Смородинная листовертка, крыжовниковая огневка, пяденицы (гусеницы I—III возрастов), пилильщики	3—5	1,5—2,5	
Хмель	Листогрызущие совки, стеблевой и луговой мотыльки (гусеницы I—II возрастов)	3	1,5	
Люцерна (семенные посевы)	Гусеницы совок и пядениц	2—4	1—2	
Пшеница яровая	Гусеницы младших возрастов серой зерновой совки	3	1,5	
Хлопчатник	Гусеницы хлопковой, озимой совок и карадрины	1 + 0,3*	0,7—1,0	

* 0,3 кг/га — количество добавляемого химического инсектицида.

По механизму действия на насекомых и условиям применения дендробациллин сходен с энтобактерином: он нетоксичен для растений, пчел, энтомофагов, рыб, теплокровных животных и человека, но токсичен для тутового и дубового шелкопряда, поэтому в районах разведения этих насекомых проводить обработки необходимо с особой осторожностью. Оптимальная температура проявления активности дендробациллина, как и энтобактерина, 18—30 °С. На овощных, плодовых, свекле и люцерне, хлопчатнике (в последнем варианте с добавлением 0,3 кг/га севина, 85 %-ный смачивающийся порошок) эффективные дозы дендробациллина-20 при 18—24 °С соответственно 2,5; 3,5; 1; 2 кг/га, при 24 — 32 °С — 2; 3; 1; 2 кг/га. Расход рабочей жид-

кости такой же, как в случае энтобактерина (при обработке хлопчатника обычным опрыскиванием — 200–400 л/га, малообъемным опрыскиванием — 100 л/га).

Для усиления действия против совок на хлопчатнике к нему добавляют карбарил (вносят в готовую рабочую жидкость непосредственно перед применением). Дендробациллин совместим с другими нещелочными пестицидами: смачивающейся серой, тиокарбаматами, цинебом, гексахлорбензолом, тиоданом, метафосом, рогором, кельтаном, производными мочевины, хлорокисью меди. Для защиты леса от хвое- и листогрызущих насекомых (шелкопряда-монашенки, непарного шелкопряда, сосновой пяденицы, зеленой дубовой листовертки, златогузки, зимней пяденицы и пяденицы-обдирало) предложено применение дендробациллина и гомелина в смеси с димилином, ингибирующим синтез хитина у насекомых (Крушев, Марченко, 1984). Это зарубежный препарат, выпускаемый в форме 25 %-ного смачивающегося порошка. Действующее вещество димилина — дифторбензурон. Его добавляют в рабочую жидкость дендробациллина или гомелина (0,01 кг/л). В рекомендуемых дозах, по мнению авторов, димилин не опасен для полезных насекомых. Добавление димилина в препараты позволяет снизить норму их расхода в 2 раза без ущерба для эффективности.

Дендробациллин относится к широко используемым средствам защиты растений. Его преимущество перед энтобактерином обусловлено меньшей лизогенностью продуцента, что облегчает массовое производство препарата.

Авторы дендробациллина подробно изучили возможность его использования против сибирского шелкопряда. Учитывая биологические особенности, широкое распространение и периодические вспышки численности вредителя, предприняли попытки применить эпизоотологический принцип контроля. Установили, что наиболее восприимчивы к дендробациллину гусеницы V–VI возрастов, которые гибнут как до окукливания, так и в фазе куколки в коконах. Были проанализированы условия создания “депо” инфекции *Bac. thuringiensis* var. *dendrolimus* в природных условиях, сохранность бактерии в лесном биоценозе, бациллоносительство, пути вторичного инфицирования и распространения эпизоотии, другие вопросы. В результате был предложен эпизоотологический метод регуляции численности сибирского шелкопряда (Талалаев, 1970), который, к сожалению, не нашел широкого распространения и получил скептическую оценку некоторых энтомопатологов.

Битоксибациллин (БТБ). Создан во Всесоюзном НИИ сельскохозяйственной микробиологии на основе *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* (H_1), выделенной от насекомых Крыма. Отличается от других препаратов содержанием трех энтомоедных компонентов — спор, кристаллического эндотоксина и термостабильного экзотоксина. Битоксибациллин готовят по оригинальной технологии, позволяющей

сохранить в готовом продукте все энтомоцидные компоненты. Препарат выпускается в форме порошка, содержащего 45 млрд/г спор, столько же кристаллов эндотоксина и 0,6–0,8 % экзотоксина (как уже отмечалось, он усиливает энтомоцидность и расширяет спектр действия препарата). В настоящее время создана и проходит испытание новая форма битоксибациллина — смачивающийся порошок с титром спор и кристаллов 60 млрд/г. Из-за присутствия экзотоксина БТБ обладает более выраженными антифидантным, тератогенным и дерепродукционным эффектом, чем другие препараты. Срок его хранения 1,5 года, а при строгом соблюдении правил хранения эффективность не утрачивается в течение многих лет (Стусь, 1987). Препарат малотоксичен для теплокровных животных (LD_{50} для крыс 9 г/кг), в применяемых дозах безопасен для имаго энтомофагов и пчел, в больших дозах токсичен для трихограммы, криптолемуса, периллюса.

Битоксибациллин с титром спор 45 млрд/г рекомендован против личинок I–II возрастов колорадского жука на картофеле, томатах, баклажанах (2 кг/га при двух-трех обработках против каждого поколения вредителя); гусениц I–II возрастов капустной совки на капусте (2 кг/га, одна–три обработки против каждого поколения вредителя); гусениц I–III возрастов лугового мотылька на посевах сахарной, столовой, кормовой свеклы, люцерны, подсолнечника, моркови, капусты (2 кг/га, одна-две обработки против каждого поколения вредителя); гроздовой листовертки на винограде (6–8 кг/га, через 8–10 сут после начала лёта бабочек по одной-две обработки против каждого поколения); паутинного клеща на огурцах в закрытом грунте (20–30 кг/га, или 2–3 г/м²); гусениц I–II возрастов хлопковой, озимой совок и совки-карадрины на хлопчатнике (3–4 кг/га, две авиационные или наземные обработки против каждого поколения вредителя); гусениц I–II возрастов яблонной и плодовой молей, боярышницы, американской белой бабочки (2–3 кг/га, одна-две обработки против каждого поколения вредителя); листоверток, шелкопрядов, пядениц, златогузки (3–5 кг/га, одна-две обработки против каждого поколения вредителя) на плодовых; гусениц I–III возрастов смородинной листовертки, крыжовниковой огневки, пядениц, пилильщиков, листовой галлицы, паутинного клеща на смородине и крыжовнике (5 кг/га, одна-две обработки против каждого поколения вредителя); хмелевой тли на хмеле (2–4 кг/га при двух обработках против каждого поколения вредителя) и гусениц I–II возрастов совок, лугового и стеблевого мотылька на хмеле (2–3 кг/га, одна-две обработки против каждого поколения вредителя); гусениц I–II возрастов пядениц и листоверток на розе эфиромасличной (3 кг/га, обработка в период распускания листьев). Битоксибациллин применяют в виде водных растворов для опрыскивания растений в любую фазу вегетации, в том числе в период цветения. Обработку разрешается проводить за сутки до уборки урожая.

Эффективность препарата следует учитывать не ранее чем через

12 сут. Обработанные растения или не поедаются, или поедаются незначительно. Битоксибациллин — сильный ингибитор питания листогрызущих насекомых. Действие битоксибациллина, как и всех бактериальных препаратов, зависит от температуры, влажности и других погодных условий, хотя и в меньшей степени: присутствующий экзотоксин практически одинаково активен при разных температурах. По экономической эффективности битоксибациллин не уступает другим препаратам, в том числе химическим инсектицидам (табл. 15). Высокоэффективным оказалось применение битоксибациллина для защиты картофеля, томатов и баклажанов от колорадского жука.

15. Экономическая эффективность метафоса и бактериальных препаратов при применении против гусениц лугового мотылька на моркови в Краснодарском крае (Лысенко, 1984)

Препарат	Урожайность, ц/га	Сохраненный урожай, ц/га	Выручено от реализации урожая, р/га	Затраты		Годовой экономический эффект, р/га
				на производство культуры, р/га	в том числе на защиту, р/га	
Контроль	33		412,5	627,9		-215,4
Метафос	124	91	1550,0	687,3	59,4	1078,1
Битоксибациллин	139	106	1737,5	696,0	68,2	1256,9
Дендробациллин	129	96	1612,5	688,2	60,3	1139,7
Дипел	126	93	1575,0	691,1	63,2	1099,3

П р и м е ч а н и е. Численность гусениц на посевах моркови в период всходов 55 особей на 1 м².

БИП (биологический инсектицидный препарат). Создан в Институте микробиологии АН Армянской ССР на основе *Bac. thuringiensis* var. *caucasicus* (по международной номенклатуре *Bac. thuringiensis* var. *darmstadensis* Н₁₂). Препарат представляет собой светло-серый порошок или пасту с титром спор соответственно 30 млрд/г и 20 млрд/г. Применяется аналогично другим бактериальным препаратам в виде рабочих водных растворов для опрыскивания растений.

БИП рекомендован против гусениц I–II возрастов капустной и репной белянок, капустной моли, огневки на капусте (2–3 кг/га порошка, одна-две обработки против каждого поколения вредителя); гусениц I–III возрастов яблонной и плодовой моли и боярышницы на плодовых культурах (2,5–3,0 кг/га пасты, одна-две обработки против каждого поколения вредителей); гусениц I–III возрастов листоверток, шелкопрядов, пядениц, златогузки (3–5 кг/га пасты, одна-две обработки против каждого поколения вредителя). В отличие от предыдущих препаратов БИП применяется не так широко из-за нестабильной энтомоцидности.

Гомелин. Создан в Белорусском НИИ лесного хозяйства на основе штамма *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* (H_1), выделенного от насекомых из лесного биоценоза и отличающегося большей устойчивостью к фитонцидам лесных пород. Это порошок светло-серого цвета с содержанием не менее 90 млрд/г спор и кристаллов. Срок годности 1,5 года. Нетоксичен для полезных насекомых и очень мало токсичен для теплокровных.

Гомелин рекомендован для борьбы с насекомыми – вредителями леса: сосновым шелкопрядом, сосновой пяденицей, шелкопрядом-монашенкой, зимней пяденицей, пяденицей-обдирало, зеленой дубовой листоверткой, дубовой хохлаткой (1–2,5 кг/га против гусениц младших возрастов). В сельском хозяйстве он может быть использован против гусениц I–II возрастов капустной и репной белянок, капустной моли, огневки на капусте (0,8–1,0 кг/га, одна-две обработки против каждого поколения вредителя) и гусениц I–II возрастов капустной совки на капусте (1–1,5 кг/га, одна-две обработки против каждого поколения вредителя). Для усиления эффекта в лесных биоценозах предложено применять препарат в смеси с димилином как иммунодепрессантом.

Лепидоцид. По действующему началу аналогичен американскому препарату дипелу, содержит не менее 100 млрд/г спор и кристаллов *Bac. thuringiensis* var. *kurstaki* (H_3). По механизму и специфичности действия, безопасности и т. д. сходен с перечисленными препаратами. Из-за высокого содержания энтомоцидных компонентов (спор и кристаллического эндотоксина) лепидоцид высокоэффективен против многих чешуекрылых. Он рекомендован против гусениц I–II возрастов капустной и репной белянок, капустной моли, огневки на капусте (0,5–1 кг/га, одна-две обработки против каждого поколения вредителя); гусениц I–II возрастов капустной совки на капусте (1,5–2,0 кг/га, две обработки против каждого поколения вредителя); гусениц I–III возрастов лугового мотылька на сахарной, столовой и кормовой свекле, люцерне, подсолнечнике, моркови, капусте (0,6–1,0 кг/га, одна-две обработки против каждого поколения вредителя); серой зерновой совки на яровой пшенице в Казахстане (1,0 кг/га, опрыскивание в период появления гусениц младших возрастов); гроздевой листовертки на винограде (2–3 кг/га, одна-две обработки против каждого поколения вредителя); гусениц I–II возрастов американской белой бабочки на плодовых (1 кг/га), яблонной и плодовой молей (0,5–1,0 кг/га), листоверток, шелкопрядов, пядениц, златогузки на плодовых (1,0–1,5 кг/га, во всех случаях одна-две обработки против каждого поколения вредителей); гусениц I–II возрастов пядениц и листовертки на посадках розы эфиромасличной (при опрыскивании в период распускания листьев).

Инсектин. Препарат на основе *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* H_1 . Был предложен для защиты леса от вредных чешуекрылых. Ин-

сектин не получил широкого распространения и не включен в "Список химических и биологических средств борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками и регуляторов роста растений, разрешенных для применения в сельском хозяйстве на 1986—1990 годы" (Москва, 1987).

Дипел. Препарат производится в США на основе спор и кристаллов *Bac. thuringiensis* var. *kurstaki* (H_3). Предложено пять форм препарата: смачивающийся порошок, порошок-концентрат, дуст, жидкий концентрат и гранулированная приманка. Срок годности смачивающегося порошка 3 года при хранении в таре изготовления (закрытых контейнерах) в сухих помещениях (относительная влажность воздуха 30 %). Препарат не опасен для большинства энтомофагов, для пчел и теплокровных животных.

В нашей стране проводились широкие испытания эффективности дипела. Он рекомендуется против гусениц I—II возрастов капустной и репной белянок, капустной моли и огневки на капусте (1,0—1,5 кг/га, одно-два опрыскивания против каждого поколения вредителя); гусениц I—II возрастов капустной совки (2 кг/га, два опрыскивания против каждого поколения вредителя); гусениц I—III возрастов лугового мотылька на сахарной, столовой, кормовой свекле, люцерне, подсолнечнике, моркови и капусте (0,5—1,0 кг/га, одна-две обработки против каждого поколения вредителя); гусениц I—III возрастов яблонной и плодовой молей, американской белой бабочки на плодовых (0,5 кг/га), гусениц I—III возрастов листоверток, шелкопрядов, златогузки на плодовых (1,5—2,0 кг/га); гусениц I—II возрастов хлопковой, озимой совок и совки-карадрины на хлопчатнике (2 кг/га) при наземном опрыскивании и распылении с самолетов дважды против каждого поколения вредителя. Другие формы дипела в нашей стране не испытывались.

Бактоспеин. Препарат создан во Франции на основе спор и кристаллов *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* (H_1). Производится фирмой "Biochemproducts" в форме смачивающегося порошка, гранул и пасты. Срок годности порошковой и гранулированной форм 2—3 года, пасты — 6 мес. Препарат безвреден для полезной энтомофауны (в том числе пчел), животных, человека.

Преимущество бактоспеина (как и дипела) перед отечественными препаратами такого рода обусловлено высоким качеством препаративных форм. Порошок, например, мелкодисперсный, хорошо смачивается, суспендируется, суспензия долго (до 2 ч) не расслаивается, проста в применении. Препарат хорошо упакован, поэтому хранится длительное время. Перечисленным в значительной мере определяется эффективность и снижение доз бактоспеина, применяемых при обработке. Так, согласно рекомендациям фирмы, против соснового походного шелкопряда (*Thaumetopoea pityocampa*), зеленой дубовой листовертки (*Tortrix viridana*), лиственничной листовертки (*Leiraphera diniana*), дубо-

вого походного шелкопряда (*Thaumetopoea processionea*), зимней пяденицы (*Operoptera brumata*), кольчатого шелкопряда (*Malacosoma neustria*), маслинной моли (*Pray oleallus*) нормы расхода бактоспеина — порошка и пасты соответственно 0,4–0,6 и 1,0–1,5 кг/га, против непарного шелкопряда (*Limantria dispar*), златогюзки (*Euproctis chrysorrhoea*) — соответственно 0,6–1,0 и 1,5–2,0 кг/га, против капустной белянки (*Pieris brassicae*), репной белянки (*P. rapae*) и капустной моли (*Plutella maculipennis*) — соответственно 0,2–0,4 и 0,5–1,0 кг/га, против огневки стеблевых (*Chilo suppressalis*, *Ch. simplex*) расход бактоспеина-пасты 1,5–2,0 кг/га.

В нашей стране зарегистрирован бактоспеин-порошок, который рекомендован для защиты капусты от капустной и репной белянок, капустной моли, огневки (гусеницы I–II возрастов, 0,4 кг/га при одном-двух опрыскиваниях против каждого поколения вредителя) и капустной совки (гусеницы I–II возрастов, 1,0–1,5 кг/га, две обработки против каждого поколения вредителя). Против других видов вредных насекомых на плодовых, технических и прочих культурах (согласно рекомендациям фирмы-изготовителя) препарат не испытывался.

Из бактериальных средств защиты растений, разрабатываемых в нашей стране, следует назвать также карнецин — препарат на основе бесспоровой бактерии *Pseudomonas carnea*. Его испытания против подгрызающих совок на хлопчатнике показали хорошие результаты. Однако практическое применение препарата в основном ограничивается нетехнологичностью этой бесспоровой бактерии и тем, что готовые формы в процессе хранения быстро утрачивают энтомоцидность.

Турингин. Препарат на основе продукта метаболизма *Bac. thuringiensis* — термостабильного β -экзотоксина. Разработан сотрудниками Всесоюзного НИИ ветеринарной санитарии для борьбы с личинками синантропных мух, в частности *Musca domestica*, в местах их выплода — навозохранилищах, помойных и выгребных ямах и т. п. Предложено два образца турингина — турингин-1 с 1 % экзотоксина (Тонконоженко, Кац, Алексеенко и др., 1978) и турингин-2 с 10 % экзотоксина. При испытании турингина-2 в качестве средства борьбы с личинками колорадского жука получены хорошие результаты, но высокое содержание в препарате экзотоксина вызывает настороженность у медицинских и ветеринарных специалистов. Кроме того, неясно, насколько этот прием экономичен. Имеются сообщения об эффективности турингина-2 при защите огурцов от вредителей в закрытом грунте (Ярных, Тонконоженко, Кац, 1987).

За рубежом давно производят и применяют бактериальные препараты. В США промышленное производство препаратов на основе *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* (H_1) было начато в 50-х годах. Разными фирмами выпускались препараты в виде смачивающихся порошков: биотрол ВТВ, параспорин и турицид. В европейских странах в это время появились аналогичные препараты: бактоспеин и спореин

(Франция), биоспор (ФРГ), батурин (Чехословакия). Недостаток этих препаратов заключался в их нестабильности, поэтому работы по совершенствованию имеющихся и созданию новых бактериальных средств защиты растений были продолжены. Фирма "Merck and Co" предложила препарат аргитрол — смачивающийся порошок с титром спор 25—30 млрд/г, фирма "Rohm and Haas" — препарат бактан L-69 в виде смачивающегося порошка с титром спор 75 млрд/г и дуста с титром спор 5 млрд/г, фирма "Nutrilite Products" — биоград (смачивающийся порошок с титром спор 15 млрд/г и дуст с титром спор 2,5 млрд/г) и биотрол ВТВ-183 (смачивающийся порошок с титром спор 26 млрд/г и дуст с титром спор 2,5 млрд/г). Фирмой "Dytman Corporation" был разработан джапидемик (дуст с титром спор 100 млн/г), фирмой "Amdal Abbott" — дипел (смачивающийся порошок с титром спор 25 млрд/г), фирмой "Grain Processing Corp." — параспорин (смачивающийся порошок с титром спор 50—100 млрд/г и дуст с титром спор 5 млрд/г). Фирма "International Minerals and Chemicals" приступила к выпуску целой серии препаративных форм турицида — смачивающихся порошков (30 млрд/г), дустов (3,5—25 млрд/г) и жидких концентратов (1—30 млрд/г). В ФРГ в это время был создан концентрированный препарат биоспор 2802, во Франции — бактоспеин в виде смачивающегося порошка, пасты и гранул и плантибак, в Югославии организовано производство бактукала, смачивающегося порошка с титром спор 30 млрд/г, в Румынии разработан высококонцентрированный препарат туринжин с титром спор 150 млрд/г (Beratlief, 1969). С 1969 года после выделения штамма *Bac. thuringiensis* var. *kurstaki* (H₃) НД-1, который значительно превосходил известные штаммы этого вида по энтомоцидности, началось его использование. Высокая активность штамма позволила расширить спектр применения препаратов. Одновременно были выявлены условия, отрицательно влияющие на эффективность бактериальных средств защиты растений (осадки, ветер, инсоляция, температура, действие фитонцидов) и началось усовершенствование рецептурных форм препаратов и технологий их применения. Подобные исследования интенсивно ведутся в США и других странах. В последние годы, например, в Италии зарегистрирован препарат бактуцид на основе спор и кристаллов *Bac. thuringiensis*, в ПНР организовано производство бациллана — аналога дипела. В настоящее время из средств на основе *Bac. thuringiensis* за рубежом наиболее широко и эффективно используются дипел и бактоспеин.

Что касается экзотоксинсодержащих препаратов, то в Румынии, например, производится и применяется туринтокс, в Финляндии — мускабак. В США долгое время действовали ограничения на применение экзотоксина. Сейчас они сняты и создан ряд препаратов (β -экзотоксин, San 4105 C72, ВТВ-183-25W, бактан L-69, ABG-6146) с разным содержанием экзотоксина (Cantwel, Cantelo, 1984; Глушкова, Кац, Данилова, 1985). В Японии и США запатентованы инсектицидные

препараты, состоящие из термостабильного экзотоксина и инсектицида-синергиста (патент № 51-33967, Япония, и патент № 4016265, США). В Италии в 1984 году зарегистрирован экзотоксинсодержащий препарат экзобак (Weiser, Deseö, 1985).

По объему производства и применения бактериальных препаратов против насекомых-вредителей наша страна занимает ведущее место, но даже краткий экскурс в историю развития микробиометода у нас и за рубежом показывает, что существенный недостаток отечественных бактериальных средств борьбы с насекомыми-вредителями — ограниченность ассортимента. Кроме того, они выпускаются преимущественно в виде порошков, тогда как использование других препаративных форм (дустов, паст, жидких концентратов, гранул, приманок) расширяет спектр и повышает эффективность действия.

1.2.8. Технология применения бактериальных средств защиты растений

Очевидно, что эффективность любого средства защиты растений зависит не только от его качества и свойств, но и от способов применения. Тем более это важно при использовании биологических (в том числе микробиологических) препаратов, поскольку в этом случае мы имеем дело по меньшей мере с тремя биологическими объектами и их взаимоотношениями: микроорганизмом, насекомым, растением. Кроме того, как уже отмечалось, на каждый объект и их связи значительно влияют абиотические факторы — инсоляция, температура, влажность, осадки, ветер и т. д. Напомним некоторые общие положения относительно требований к технологиям применения бактериальных средств защиты растений. Оптимальная технология применения должна обеспечить точное попадание препарата в период появления и развития самой восприимчивой фазы вредителя, длительное сохранение препарата на обработанных растениях без снижения энтомоцидности, проявление защитного эффекта сразу после обработки, эпизоотологический эффект, нетоксичность для растений, энтомофагов и других полезных насекомых.

Удовлетворяются ли перечисленные требования? К сожалению, нет. При существующих технологиях обработок средствами защиты растений (в том числе микробиологическими) и используемых для этих целей технических средствах до 85—90 % действующего вещества препарата теряется, попадая в почву, водоемы, на другие растения. Препараты в основном наносятся на верхнюю сторону листьев, а это снижает их эффективность: во-первых, многие насекомые обитают именно на нижней стороне листовой пластинки, во-вторых, нижняя сторона лучше защищена от инсоляции и осадков.

Равномерное распределение и удерживание препаратов на обрабатываемых растениях зависят от способа обработки. При опрыскивании

очень важное значение имеют сила и скорость струи рабочей жидкости, размер капель. Крупные капли скатываются с растений или накапливаются в пазухах листьев, на нижних частях растений, поэтому либо распределение препарата будет неравномерным, либо (для равномерной обработки) понадобится большой расход рабочей жидкости. Специальными исследованиями установлена зависимость нормы расхода препарата от величины капель. Так, для равномерной обработки 1 га при размере капель 20 мкм понадобится 42 л рабочей жидкости, при 40 мкм — 336, при 60 мкм — 1136, при 80 мкм — 2700, при 100 мкм — 5263, при 200 мкм — 42 000, при 300 мкм — 141 000 л и т. д. (Бальса, 1976). То есть чем меньше размер капель, тем меньше понадобится рабочей жидкости для равномерного нанесения на растения. В свою очередь, чем равномернее распределен препарат, тем выше эффект. Отсюда вытекает необходимость конструирования специальных машин, позволяющих регулировать и контролировать параметры опрыскивания (величину капель, давление воздуха и жидкости, направление движения капель и т. д.) в широких пределах. Кроме того, следует учитывать, что формы препаратов и их рабочих жидкостей могут быть разными (масляная эмульсия, смачивающийся порошок, паста).

Очень мелкие капли быстро испаряются, особенно при авиационных обработках. В последнем случае капля даже не попадает на растение, а образовавшийся сухой остаток относится током воздуха, что приводит к рассеиванию препарата на значительные расстояния. Оптимальным для микробных препаратов считается размер капель 50 мкм (Ериа, Янг, 1981).

Получены интересные сведения о зависимости между плотностью распределения рабочей жидкости дипела и турицида (количество капель на 1 см листовой поверхности) и размером капель (Нейсес, Хаббард, 1981). При размерах 335–350 мкм плотность составляет 3–7 капель/см², а при уменьшении размера до 50–80 мкм она увеличивается до 145–209 капель/см², причем в первом случае повреждаемость листьев насекомыми выше, чем во втором. Однако на практике это не всегда подтверждается, поскольку значение имеет рецептура препаратов и методы обработки, например наличие адьювантов, тип опрыскивателя, устройство наконечников, способ обработки (авиационный, наземный), характер поверхности обрабатываемого растения (глянце-витая, опушенная). Следовательно, это, а также особенности биологии и поведения насекомого-вредителя должны учитываться при проведении обработок в каждом конкретном случае.

Продолжительность действия нанесенного на растения препарата, как отмечалось, зависит от его формы, прилипаемости, наличия протекторов, свойств листовой поверхности и того, как препарат удерживается на ней во время дождя. Перечисленные характеристики особенно важны для регионов с сильной инсоляцией, частыми и обильными дождями, а также в тех случаях, когда вредитель развивается неравномерно,

например с растянутым сроком откладки яиц и отрождения личинок или гусениц. Соответствие бактериальных средств и технологий их применения требованиям, выполнение которых обеспечивает максимальную сохранность и длительное действие препаратов, позволило бы повысить эффективность защиты, уменьшить расход препаратов и кратность обработок, но эти требования пока не соблюдаются.

Из неодинаковой восприимчивости разных фаз развития насекомых к бактериальным препаратам следует вывод о необходимости оптимизации сроков и кратности обработок. Для этого прежде всего требуется хорошее знание фенологии вредителя, организация своевременного наблюдения и учета его численности.

При разработке технологий применения бактериальных препаратов следует учитывать их антифидантный эффект. Из отечественных средств защиты растений особенно сильным антифидантным эффектом обладает битоксибациллин. К сожалению, многие практические работники не знают или игнорируют это свойство бактериальных препаратов и длительность периода до начала гибели насекомых необоснованно расценивают как неэффективность приема. В таблице 16 приведены наши результаты оценки антифидантного действия битоксибациллина-202 и его составной части экзотоксина на личинок II возраста колорадского жука.

16. Антифидантное действие битоксибациллина-202 (БТБ-202) и экзотоксина на личинок колорадского жука II возраста в полевых опытах (среднее из двух опытов по 50 особей в каждом варианте опыта)

Препарат, его концентрация в рабочей жидкости, %	Повреждение растений, %	Масса личинок в сравнении с контролем на 7-е сут опыта, %	Гибель личинок через 15 сут, %
БТБ-202, 0,5	0	30	93
Экзотоксин, 1,0	0	32	60
“ 0,1	37,5	63	17
Боверин, 1,0	37,5	69	60
Энтобактерин 1,0	50,0	108	11
Контроль	100	100	0

Аналогичные опыты были проведены с имаго колорадского жука при обработке 2 %-ным битоксибациллином-202, а также концентрированным (100 %) и 2 %-ным экзотоксином. Через 25—30 сут в варианте с битоксибациллином масса жуков была на 30 % ниже контрольной, с концентрированным экзотоксином — на 46, с 2 %-ным экзотоксином — на 21 %. Следовательно, и для имаго битоксибациллин и экзотоксин — сильные трофоингибиторы.

Достижение эпизоотологического эффекта препаратов на основе *Bac. thuringiensis* возможно только в случае их применения против высо-

ковосприимчивых видов и тесного контакта между больными и здоровыми особями.

Что касается выбора сроков обработки, то, по нашим данным, к битоксибациллину, например, у мельничной огневки, златогузки, непарного шелкопряда наиболее восприимчивы гусеницы среднего возраста, у пчелиной огневки, лунки серебристой, зимней пяденицы, ивовой волнянки, плодовой моли, дубовой листовертки, капустной белянки, репной белянки, капустной моли, капустной совки, совки-гаммы, озимой совки, хлопковой совки, карадрины, лугового мотылька, колорадского жука, люцернового долгоносика, комаров родов *Culex* и *Aedes* — гусеницы и личинки младшего возраста (I—II), у боярышницы, кольчатого шелкопряда, соснового шелкопряда — старшего возраста, у иксодовых клещей — имаго после голодания.

В настоящее время бактериальные препараты применяются по той же технологии, с использованием тех же машин, опрыскивателей, наконечников, режимов работы, что и химические. Даже результаты применения этих средств оценивают теми же приемами, что и при химическом методе, без учета метатоксического и других отдаленных эффектов, в значительно большей степени присущих микробиологическому методу. Такой механический перенос совершенно не оправдан. Произошло это потому, что до последнего времени химический метод защиты считался основным, а нередко и единственно надежным. Наметившийся поворот к нехимическим методам не приобрел достаточно сторонников не только среди практиков, но и среди ученых. Поэтому объем проводимых исследований по разработке соответствующих технологий и их обеспечению техническими средствами пока не соответствует потребностям сельского хозяйства.

1.2.9. Эколого-гигиенические характеристики бактериальных средств защиты растений

С первых этапов разработки препаратов *Bac. thuringiensis* серьезное внимание уделялось изучению их безопасности для окружающей среды, полезных животных и человека. На этот счет накоплено много экспериментального материала как в нашей стране, так и за рубежом (Мельникова, Гулий, Лескова и др., 1986; Мельникова, 1987; Мельникова, Мурза, 1980).

Перспектива применения некоторых препаратов первоначально вызывала настороженность. Например, после обнаружения термостабильного экзотоксина возник вопрос о его безопасности для полезных животных и человека. Была доказана токсичность очищенного препарата для мышей при парентеральном введении (Sebesta, Horska, Van-кова, 1969). При интраперитонеальной инъекции ЛД₅₀ составила 18 мг/кг. Аналогичные данные получены при подкожной инъекции мышам (de Barjac, Rion, 1969). До этого (Burgerjon, Galichet, 1965)

при скармливании экзотоксигенной культуры *Bac. thuringiensis* скоту и курам показали, что такой прием обеспечивает снижение численности мух в навозе и неопасен для животных. Подобные опыты провел В. И. Котляр (1975). Трем бычкам ежедневно скармливали турингин (общее количество за 5 сут для первого 375 г, для второго 187,5, для третьего 50 г). Отклонений от нормы у животных не обнаружили.

А. П. Тонконоженко (1967), В. И. Котляр, К. П. Корж, Л. Д. Зайцева и др. (1975) при пероральном заражении (с кормом и через зонд) мышей и морских свинок пришли к заключению, что в этом случае экзотоксин даже в больших дозах нетоксичен для животных. Многолетние исследования мутагенной активности экзотоксина (в виде культуральной жидкости после автоклавирования и очищенного препарата) провела группа финских ученых (Linnainmaa, Sorsa, Carlberg e. a., 1976; Meretoja, Carlberg, Gripenberg e. a., 1977) на культуре лимфоцитов человека, крысах (при длительном скармливании или инъекции), дрозофилах, дрожжевых клетках (*Sacharomyces cerevisiae*). Только в некоторых тестах обнаружена слабая мутагенная и цитотоксическая активность неочищенной культуральной жидкости. Наши исследования, выполненные совместно с учеными ЧССР (Марец, Матьга, Вайзер и др., 1987), показали полное отсутствие мутагенного действия очищенного β -экзотоксина в чувствительном соматическом тесте (*Drosophila wing spot test*). Таким образом, первые предостережения о возможной токсичности β -экзотоксина для теплокровных животных и человека долгое время сдерживали использование этого метаболита в борьбе с насекомыми, но по мере накопления данных о спектре токсичности экзотоксина отношение к нему менялось, и в настоящее время экзотоксинсодержащие энтомоцидные препараты широко применяются в сельскохозяйственной практике.

В США и других странах были проведены специальные опыты по изучению действия *Bac. thuringiensis* и препаратов на этой основе. Добровольцы ежедневно в течение 5 сут принимали с пищей 1 г турицида. Другим дополнительно предлагалось вдыхать 100 мг препарата. Последующие наблюдения не выявили каких-либо отклонений от физиологической нормы. Аналогичные эксперименты с *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis*, var. *alesti* и var. *caucasicus* описаны в работе Э. К. Африкяна и соавторов (1969).

Все препараты (как отечественные, так и зарубежные) перед государственным испытанием проходят предварительную токсикологическую оценку на теплокровных животных, рыбах, птицах и полезных насекомых. Изучена патогенность *Bac. thuringiensis* для крыс, мышей, морских свинок, кроликов, коров, бычков, овец, свиней, кур, цыплят, уток, фазанов, куропаток, воробьев, скворцов, форели, карпа, окуня, молоди лосося, гамбузии и др. ЛД₅₀ бактериальных препаратов для белых мышей и крыс, по данным Е. А. Мельниковой (1987), не ниже 6 г/кг при пероральном введении (табл. 17). Все отечественные пре-

параты по классу опасности отнесены к четвертой группе, что позволяет считать их практически безопасными.

17. Токсичность биопрепаратов на основе *Bac. thuringiensis* для белых мышей и крыс (Мельникова, 1987)

Препарат	Способ введения		
	в желудок		
	вид животных	ЛД ₅₀ , мг/кг	класс опасности
Гомелин	Мыши, крысы	> 10 000	4-й
Битоксибациллин	Мыши	6000	4-й
	Крысы	6975–10 375 *	4-й
Бацифит	Мыши, крысы	> 10 000	4-й
Бактокулицид	То же	> 10 000	4-й
Дендробациллин	"	5900–10 000 *	4-й
Дендробациллин жидкий	"	> 10 000	4-й
Инсектин жидкий	Мыши	32 000	4-й
Токсобактерин	Крысы	30 000	4-й
"	Мыши	15 300	4-й
Лепидоцид	"	12 000	4-й
"	Крысы	9730	4-й
Энтобактерин	Мыши, крысы	> 10 000	4-й
Энтобактерин жидкий	То же	> 10 000	4-й

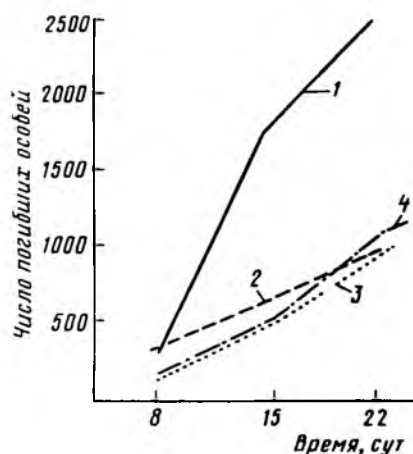
Продолжение

Препарат	Способ введения		
	внутрибрюшинно		
	вид животных	ЛД ₅₀ , мг/кг	класс опасности
Гомелин	—	—	—
Битоксибациллин	Мыши	72–250 *	3-й
	—	—	—
Бацифит	Мыши	197	3-й
Бактокулицид	"	152–171 *	3-й
Дендробациллин	"	230–550 *	3-й
Дендробациллин жидкий	"	980–1505 *	4-й
Инсектин жидкий	—	—	—
Токсобактерин	—	—	—
"	—	—	—
Лепидоцид	Мыши, крысы	75–165 *	3-й
"	Морские свинки	125	3-й
Энтобактерин	Мыши	75–465 *	3–4-й
Энтобактерин жидкий	"	3900	4-й

* Колебания ЛД₅₀ при оценке разных образцов препарата.

Рис. 9. Гибель пчел в теплицах в зависимости от концентрации БТБ-202 при однократной обработке цветущей фацелии:

1—3 — соответственно концентрации препарата 2; 1 и 0,5 %; 4 — контроль.



В. А. Прокопенко, Н. П. Соколовская, Л. М. Маловицкая (1976) изучили влияние дендробациллина, энтобактерина, битоксибациллина на молодь карпа и форели и выявили отрицательное влияние препаратов только при очень больших концентрациях в воде (50 мг/л) вследствие механического нарушения дыхания. Не отмечено токсического эффекта энтобактерина, дендробациллина, инсектина и турингина на кур (Батурин, Батурина, 1979; Качанова, Фролов, 1977).

В отношении токсичности для полезных насекомых следует отметить, что почти все бактериальные препараты *Bac. thuringiensis* опасны для гусениц тутового шелкопряда и других чешуекрылых. Такая общность энтомоцидности объясняется механизмом действия этих бактерий. В то же время это означает, что патологическое действие на других насекомых, в том числе энтомофагов, невозможно: *Bac. thuringiensis*, как уже отмечалось, вызывает патологический процесс, попадая в пищеварительный тракт, в условиях, обеспечивающих ход патологического процесса (соответствующий pH содержимого кишечника, наличие специфических ферментов переваривания протоксинов бактерий в токсины, отсутствие барьерных функций стенок кишечника, препятствующих проникновению бактерий в гемолимфу). Энтомофаги не питаются обработанным растением, у них другая пищеварительная и ферментная системы, чем у их хозяев, поэтому многие из них невосприимчивы к *Bac. thuringiensis*, как и некоторые другие виды и группы насекомых.

Даже экзотоксинсодержащие препараты *Bac. thuringiensis*, обладающие более широким спектром энтомоцидного действия, выгодно отличаются от химических инсектицидов. Для примера приведем ряд полевых наблюдений за численностью пчел и энтомофагов на угодьях, подвергавшихся обработке битоксибациллином и экзотоксином.

В условиях закрытого грунта мы испытали влияние битоксибациллина в концентрации 0,5; 1,0 и 2,0 % на пчел при обработке фацелии. Опыт вели в течение 2 мес. В результате установлено, что обработка растения-медоноса битоксибациллином в 0,5 и 1,0 %-ной концентрации не оказала влияния на жизнедеятельность пчел (табл. 18, рис. 9). Аналогичные данные получены Г. Б. Талалаевой (1976) в от-

ношении дендробациллина. Резистентность пчел к *Bac. thuringiensis* обусловлена низким рН содержимого кишечника (для средней кишки 4,2–4,6).

18. Количество расплода и корма в пчелиных ульях после обработки фацелии препаратом БТБ-202

Вариант опыта	8-е сут			15-е сут		
	расплод, число особей	мед, кг	перга, кг	расплод, число особей	мед, кг	перга, кг
Контроль	8300	5,1	0,95	5200	3,5	0,5
БТБ-202						
0,5 %-ный	9700	4,8	1,20	5600	4,8	0,9
1,0 %-ный	9700	6,0	2,25	5200	4,1	1,6
2,0 %-ный	9400	2,3	2,70	5100	1,6	2,0

Продолжение

Вариант опыта	22-е сут			34-е сут		
	расплод, число особей	мед, кг	перга, кг	расплод, число особей	мед, кг	перга, кг
Контроль	2500	1,4	1,25	900	2,3	0,45
БТБ-202						
0,5 %-ный	1700	6,7	0,25	34	3,1	0,90
1,0 %-ный	8200	3,3	1,40	1700	2,8	1,20
2,0 %-ный	5100	1,0	1,40	1000	0,8	1,90

В лабораторных и полевых опытах в Крыму изучено действие битоксибациллина и экзотоксина на паразитов кольчатого шелкопряда — наездника из рода *Apanteles* и мухи тахины. Личинки наездника и тахины нормально развивались в гусеницах старших возрастов шелкопряда, зараженных летальными дозами препаратов. Из этих гусениц образовались коконы, а из последних имаго. При постоянном скормлинии имаго *A. congestus* сахарного сиропа с добавлением 1 % битоксибациллина на 8-е сут погибло 20 % особей при гибели в контроле 10 %. Данные о влиянии БТБ и экзотоксина на энтомофагов колорадского жука приведены в таблице 19. Во всех случаях бактериальные препараты вызывали чуть большую гибель, чем в контроле, тогда как гибель от диптерекса достигала 100 %. В Узбекистане в 1974–1975 годы при производственных испытаниях битоксибациллина и других препаратов против хлопковой совки, проведенных Среднеазиатским НИИ защиты

19. Выживаемость энтомофагов колорадского жука при скармливании биопрепаратов и химического инсектицида

Концентрация	Coccinella septempunctata			Brosicus cefalotes		Ophonus rufipes		Chrysopa carnea	
	число ку- колок и имаго в опыте	погибло, %		число имаго в опыте	погибло в течение 10 сут, %	число имаго в опыте	погибло в течение 10 сут, %	число имаго в опыте	погибло в течение 3 сут, %
		куколок	имаго						
Б Т Б-2 0 2									
1,0	30	16,7	26,7	30	40,6	25	8,0	20	65,0
Э к з о т о к с и н									
0,5	30	6,6	26,7	30	26,6	—	—	—	—
1,0	30	10,0	36,7	30	33,3	25	0	20	25,0
Д и п т е р е к с									
0,5	30	100	100	25	100	25	100	20	100
1,0				25	100	25	100	20	100
Контроль (вода)	30	3,3	16,7	25	20,0	25	4,0	20	25,0

72 20. Динамика численности златоглазки обыкновенной (*Chrysopa carnea*) при обработке хлопчатника биопрепаратами и химическими инсектицидами

Вариант обработки	Численность златоглазки (по фазам развития) на 100 растений																			
	до обработки					после обработки														
						3-и сут					5-е сут					10-е сут				
	яиц	личинки	имаго	коконов	всего	яиц	личинки	имаго	коконов	всего	яиц	личинки	имаго	коконов	всего	яиц	личинки	имаго	коконов	всего
БТБ-202, 4 кг/га	16	9	3	5	33	9	4	3	6	22	15	6	1	8	30	9	3	6	2	20
БТБ-202, 5 кг/га	9	3	1	8	21	17	6	4	2	29	14	5	1	5	25	13	2	1	4	20
Дендробациллин + севин*, 2 + 0,5 кг/га	15	7	6	7	35	3	5	—	1	9	3	—	—	—	3	2	1	2	—	5
Дендробациллин + полидофен + БИ-58, 2 + 0,5 + 0,5 кг/га	11	7	3	5	26	2	3	2	2	9	5	2	2	7	16	4	7	2	3	16
Севин, 3 кг/га	14	8	—	—	22	7	1	—	—	8	2	—	1	1	4	—	3	1	—	4
Контроль	7	10	2	4	23	13	8	4	4	29	18	5	6	4	32	10	4	1	1	16

* В таблицах 20–21 севин 85 %-ный.

21. Динамика численности полезных насекомых на посевах хлопчатника при обработке против II генерации хлопковой совки биопрепаратами и химическим инсектицидом

Вариант обработки	До обработки							После обработки						
	златоглазки			тлевые коровки		афидиды	всего	3-и сут						всего
								златоглазки			тлевые коровки		афидиды	
	яиц	личинки	имаго	личинки	имаго	мумий		яиц	личинки	имаго	личинки	имаго	мумий	
БТБ-202, 3 кг/га	63	8	54	3	19	28	175	37	7	41	8	8	22	123
БТБ-202, 4 кг/га	56	12	72	8	20	20	188	41	3	12	1	6	21	84
Дендробациллин + + севин, 2 + 0,5 кг/га	76	13	67	2	23	31	212	44	3	8	2	4	27	88
Севин, 3 кг/га	48	10	81	—	21	22	186	4	1	7	1	1	18	32
Контроль	86	7	49	13	17	11	183	48	4	28	8	16	16	120

Вариант обработки	После обработки													
	5-е сут							10-е сут						
	златоглазки			тлевые коровки		афи- дии- ды	всего	златоглазки			тлевые коровки		афи- дии- ды	всего
	яиц	личинки	имаго	личинки	имаго	мумий		яиц	личинки	имаго	личинки	имаго	мумий	
БТБ-202, 3 кг/га	64	16	28	12	12	20	152	61	6	74	1	4	21	167
БТБ-202, 4 кг/га	78	2	32	9	23	16	160	82	8	58	3	8	17	176
Дендробациллин + + севин, 2 + 0,5 кг/га	26	1	11	—	2	15	55	31	3	18	2	—	14	68
Севин, 3 кг/га	21	2	6	—	2	18	49	26	4	11	—	1	19	61
Контроль	59	21	14	3	13	23	133	71	13	67	2	12	28	193

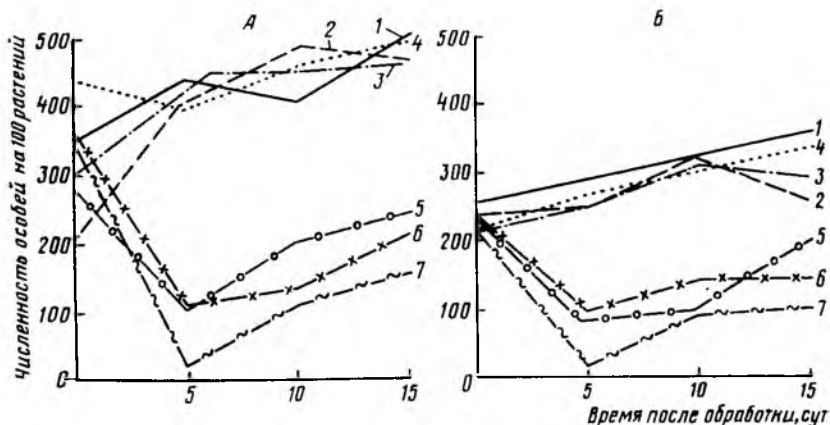


Рис. 10. Динамика численности златоглазки (А) и тлевой коровки (Б) после обработки посевов хлопчатника биопрепаратами и химическими инсектицидами:

1 — контроль; 2 — БТБ-202, 4 кг/га; 3 — дендробациллин, 6 кг/га; 4 — экзотоксин, 4 кг/га; 5 — фозалон, 2,5 кг/га; 6 — тиодан, 3 кг/га; 7 — артен, 2 кг/га.

растений, одновременно учитывали численность энтомофагов (табл. 20—22, рис. 10). Приведенные данные свидетельствуют, что бактериальные средства защиты растений выгодно отличаются от инсектицидов. Даже небольшие добавки инсектицидов к бактериальным препаратам снижают численность энтомофагов.

Прямое или побочное влияние *Bac. thuringiensis* и препаратов на ее основе на разные виды энтомофагов при искусственном скормлении или при массовом заражении хозяев в лабораторных условиях отмечают многие исследователи: С. И. Коростель и О. В. Капустина (1975) — в отношении трихограммы, Т. Бабрикова, И. Кузманова, Нгуен Тхи Лай (1982) — златоглазки обыкновенной, О. Mück, S. Hassan, A. M. Huger e. a. (1981) — *Apanteles glomeratus*, S. Temerak (1982) — *Bracon brevicornis*, М. Ф. Третьякова (1979) — мухи тахины (*Exiostota larvarum*), E. Thoms, T. Watson (1986) — в отношении *Hyposoter exiguus*. Однако в полевых условиях токсичность *Bac. thuringiensis* для энтомофагов будет гораздо ниже, так как энтомофаги не смогут получить тех доз, которые предлагались им в лабораториях насильственно. В. В. Батурина и Л. И. Батурина (1979) отмечают, что микробные препараты на основе *Bac. thuringiensis* в дозах, которые используются в практике защиты растений, безвредны для полезных насекомых. К такому же заключению пришли Л. Т. Крушев и Ю. Е. Моисеенко

22. Динамика численности полезных насекомых на хлопчатнике при обработке против III генерации хлопковой совки биопрепаратами и химическим инсектицидом

Вариант обработки	До обработки							После обработки						
	златоглазки			тлевые коровки		афидиды	всего	5-е сут						
								златоглазки			тлевые коровки		афидиды	всего
	яиц	личинки	имаго	личинки	имаго	мумий		яиц	личинки	имаго	личинки	имаго	мумий	
Фозалон, 2,5 кг/га	73	16	24	9	13	67	202	12	—	2	—	4	22	40
Дендробациллин, 6 кг/га	136	18	27	10	14	81	286	62	16	66	4	6	48	202
Дендробациллин + фозалон, 2 + 0,3 кг/га	103	8	19	6	14	93	243	42	12	44	6	4	23	134
БТБ-202, 3 кг/га	62	6	52	2	8	52	182	49	10	34	4	19	36	152
Контроль	130	4	27	5	18	26	210	56	6	78	2	12	44	198

Продолжение

Вариант обработки	После обработки												
	10-е сут							15-е сут					
	златоглазки			тлевые коровки		афидиды	всего	златоглазки			тлевые коровки		афидиды
	яиц	личинки	имаго	личинки	имаго	мумий		яиц	личинки	имаго	личинки	имаго	мумий
Фозалон, 2,5 кг/га	14	2	14	4	7	16	57	21	—	10	—	2	7
Дендробациллин, 6 кг/га	30	3	17	6	8	22	86	34	—	24	2	6	12
Дендробациллин + фозалон, 2 + 0,3 кг/га	21	—	22	—	2	28	73	22	—	12	—	6	13
БТБ-202, 3 кг/га	24	9	18	—	6	19	76	42	10	26	—	7	16
Контроль	30	6	20	2	6	24	88	33	4	27	—	12	28

(1973), Р. Р. Салихов (1976), В. К. Адылов, Ш. А. Шарафутдинов и Р. Р. Салихов (1977), S. Hasan, A. Krieg (1975), H. Salama, F. Zaki (1985) и многие другие. Во всяком случае не подлежит сомнению тот факт, что бактериальные, равно как и другие биологические, средства по безопасности для энтомофагов и в целом для окружающей среды и человека значительно превосходят химические инсектициды.

1.2.10. Эффективность бактериальных средств на различных культурах

В настоящем разделе мы более подробно охарактеризуем эффективность отечественных и зарубежных бактериальных препаратов, а также напомним о некоторых особенностях их действия. Эффективность оценена по первичному эффекту (летальности для насекомого-вредителя).

Защита овощных культур. Применение бактериальных препаратов на овощных культурах особенно целесообразно, так как многие овощи употребляются в пищу в сыром виде или при минимальной тепловой обработке. Из вредителей овощных наиболее вредоносны капустная совка, капустная и репная белянки, капустная моль, капустные мухи, рапсовый пилильщик, луговая совка. Перечисленные вредители восприимчивы к бактериальным препаратам. Наиболее чувствительны к препаратам *Bac. thuringiensis* капустная и репная белянки и капустная моль. Капустную совку относят к менее восприимчивому виду, поэтому против нее рекомендуются два отечественных препарата (битоксибациллин и лепидоцид) и два зарубежных (дипел и бактоспеин). Энтобактерин, дендробациллин и БИП, как и битоксибациллин и лепидоцид, эффективны против гусениц белянок, молей и огневков. Обработку биопрепаратами овощных разрешается проводить в любое время, в том числе за сутки до уборки урожая. Препараты наиболее эффективны в период преобладания гусениц младших возрастов. Гибель гусениц начинается через сутки и продолжается в течение 10—15 сут в зависимости от дозы препарата и активности вредителя. Основная масса гусениц гибнет через 5 сут. Несмотря на продолжительный срок гибели гусениц, их вредоносность резко снижается сразу же после обработки.

Широкие испытания эффективности бактериальных препаратов, особенно битоксибациллина, на овощных проведены в Белоруссии сотрудниками Белорусского НИИ защиты растений. И. Т. Король (1986) сообщает, что энтомоцидность БТБ для капустной совки в несколько раз выше, чем у энтобактерина и дендробациллина: например ЛК₅₀ БТБ для гусениц II возраста капустной совки составляет 0,02 %, энтобактерина — 1,3 %. Применение БТБ в 1977—1978 годы в совхозе "Рассвет" Минского района в дозе 2—2,5 кг/га снизило численность совков на 65,2—96,2 %, белянок (капустной и репной) — на

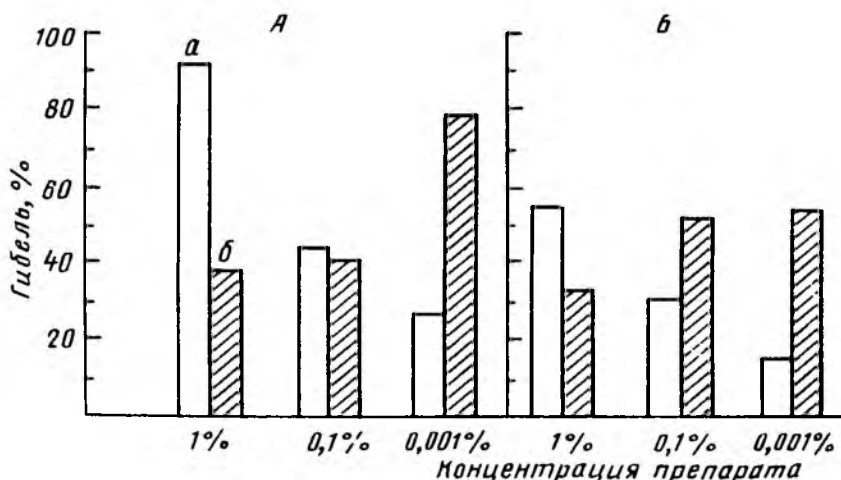


Рис. 11. Гибель капустной совки в фазе гусеницы (а) и куколки (б) в зависимости от дозы битоксибациллина (А) и дендробациллина (Б). Процент гибели куколок рассчитывали относительно числа окуклившихся особей.

68,9–72,3 %. Урожайность была выше контроля на 28 ц/га и выше эталона (обработка хлорофосом) на 5 ц/га. Чистый доход от БТБ составил 186,6 р/га, от хлорофоса – 175,3 р/га.

Гусеницы вредителей, получившие сублетальную дозу препаратов (особенно БТБ), плохо питаются, и их вредоносность снижается в 2–3,5 раза. Особенно это характерно для гусениц капустной белянки. Масса куколок, сформировавшихся из зараженных гусениц, также снижается на 48–55 %. Часть этих куколок и имаго с тератогенными отклонениями (укороченные сегменты брюшка, остатки гусеничной кутикулы, некротические язвы и трещины на кутикуле, у бабочек укороченные и деформированные крылья). Плодовитость инфицированных бабочек снижается: от БТБ – на 29–57 %, от энтобактерина – на 13–44 %. Дочернее поколение из инфицированной популяции капустной совки менее жизнеспособно. У такого поколения наблюдается естественная гибель гусениц (до 18 %) и куколок (до 34 %).

Л. И. Прищепа (1982) изучила прямое и отдаленное действие битоксибациллина, дендробациллина и энтобактерина на капустную совку. Было выявлено, что все препараты вызывают гибель не только гусениц, но и куколок. Особенно много куколок гибнет после заражения гусениц малыми дозами (рис. 11). Объясняется это тем, что гусеницы, получившие меньшую дозу препарата, не гибнут и продолжают развитие. В процессе метаморфоза чувствительность к препаратам увеличивается, и куколки реагируют на ту же дозу тератогенезом или гибелью.

В производственных опытах, проведенных в Белоруссии, ставилась

задача определить эффективность препаратов против гусениц капустной совки разных возрастов. Оказалось, что разница в эффективности против I–II и против III–IV возрастов существенна, что очень важно учитывать при планировании и проведении защитных работ. Из трех испытанных препаратов (битоксибациллин, дендробациллин и энтобактерин) наибольшая эффективность достигнута от битоксибациллина (табл. 23). При этом основная масса гусениц находилась в I и II возрастах. В аналогичных опытах, проведенных в период, когда преобладали гусеницы III возраста, летальный эффект был ниже, но гибель продолжалась на следующих фазах развития.

23. Эффективность бактериальных препаратов против гусениц младших возрастов капустной совки
(производственные опыты, Белорусская ССР)

Препарат	Снижение численности гусениц на 10-е сут, % к контролю	Техническая эффективность, %	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности		Поврежденных кочанов в съемном урожае, %
				ц/га	%	
Битоксибациллин 1,0 %-ный	84,4	86,3	548,5	52,3	10,5	2,7
Битоксибациллин 0,5 %-ный	83,5	81,6	545,2	49,0	9,8	6,2
Дендробациллин 1,0 %-ный	70,9	65,0	540,0	43,8	8,8	11,7
Энтобактерин 1,0 %-ный	64,5	57,8	519,5	23,3	4,6	14,0
Хлорофос (эталон) 0,2 %-ный	84,0	70,6	532,0	35,8	7,2	14,2
Контроль (без обработки)			496,2			22,0
ICP 0,05		10,4	37,5			

Для окончательной разработки рекомендаций по бактериальной защите капусты от листогрызущих чешуекрылых были проведены опыты в совхозе "Ждановичи" Минского района (Прищепа, 1981) на посадках капусты сорта Амагер. В период завязывания кочана здесь встречались гусеницы капустной совки (более двух на одно растение), репной белянки (одна-две) и совки-гамма (две гусеницы на растение), в период уплотнения кочана (август) — гусеницы второго поколения капустной белянки. Общая численность вредителей составляла в среднем семь гусениц на растение. В этих условиях защитные мероприятия проводили дважды: первый раз в основном против гусениц капустной совки, второй — против гусениц капустной белянки второго поколения. Опыты были поставлены в обоих случаях в двух вариантах —

соответственно одна и две обработки. Данные по эффективности этих приемов представлены в таблице 24, из которой видно, что разница по вариантам оказалась незначительной по использованным бактериальным препаратам. Следовательно, в случае листогрызущих насекомых для получения необходимого защитного эффекта на посадках капусты достаточно двух обработок за вегетационный период — в период массового появления гусениц II возраста капустной совки и против младших возрастов капустной белянки второго поколения.

24. Эффективность бактериальных препаратов против листогрызущих вредителей капусты и качество урожая в зависимости от кратности обработок (производственные опыты, Белорусская ССР)

Препарат, кратность обработки	Норма расхода препарата, кг/га	Техническая эффективность, %			
		против репной белянки	против капустной совки	против капустной белянки	против совки- гаммы
Битоксибациллин, двукратная	2,5 + 2,5	71,2	97,7	74,5	86,2
Битоксибациллин, однократная	2,5	70,8	93,0	61,0	83,0
Энтобактерин, двукратная	2,5 + 2,5	69,1	66,2	69,0	61,0
Энтобактерин, однократная	2,5	67,9	64,0	59,0	41,6
Хлорофос 80 %-ный тех- нический (эталон), од- нократная	1,2	81,3	96,3	76,0	75,6
Контроль					

Продолжение

Препарат, кратность обработки	Дефо- лиа- ция, %	Урожай- ность, ц/га	При- бавка уро- жая, %	Выход стандар- тной продук- ции, %	Увеличе- ние доли стандарт- ных ко- чанов, %	Доля ко- чанов, повреж- денных гусени- цами, %
Битоксибациллин, двукратная	6,2	744,5	26,7	97,9	11,8	0
Битоксибациллин, однократная	11,8	697,2	18,6	97,0	10,9	5,0
Энтобактерин, двукратная	10,2	734,7	24,8	96,2	10,1	5,0
Энтобактерин, однократная	10,0	650,0	10,6	98,8	11,9	5,0
Хлорофос 80 %-ный тех- нический (эталон), од- нократная	11,5	735,7	25,2	97,7	11,6	10,0
Контроль	31,5	587,7		86,1		20,0
НСР _{0,05}	7,8	79,5	11,6			

25. Техническая и хозяйственная эффективность лепидоцида и дендробациллина при применении против комплекса чешуекрылых вредителей капусты (производственные опыты, Украинская ССР)

Препарат	Год	Норма расхода, кг/га	Численность гусениц на одно растение		Техническая эффективность, %				Прибавка урожайности (к контролю), ц/га
			всего	в том числе капустной совки	против белянок	против капустной моли	против капустной совки	среднее	
Лепидоцид	1979	1,5	16,8	6,6	89,8	—	49,4	69,6	55,1
	1980	1,5	20,2	1,7	93,5	98,4	47,3	79,7	56,4
	1981	2,0	39,1	3,9	92,2	—	59,5	75,9	106,7
	1982	2,0	20,5	6,2	97,8	—	84,5	91,1	93,2
Дендробациллин	1979	3,0	23,2	6,1	73,5	—	34,6	49,7	38,9
	1980	3,0	22,2	2,3	82,3	60,9	23,0	46,5	26,8
	1981	3,0	46,9	3,7	87,1	—	43,1	74,3	91,5
	1982	3,0	17,9	7,1	79,3	—	56,4	67,8	53,8
Хлорофос (эталон)	1979	1,0	12,7	3,8	96,5	—	91,5	94,0	72,7
	1980	1,0	23,0	1,6	97,0	94,2	96,8	96,0	65,6
	1981	1,2	41,3	5,3	94,8	—	91,1	92,5	122,1
	1982	1,2	14,5	5,3	98,6	—	91,8	95,2	96,7

Опыты по бактериальной защите капусты от комплекса чешуекрылых вредителей проведены на Украине с использованием лепидоцида и дендробациллина (Лаппа, Зурабова, Гораль и др., 1985). Обработки проводили методом наземного и авиационного опрыскивания растений с расходом рабочей жидкости 200 и 500 л/га. Начало обработок и их повторность определяли по данным учетов, которые проводили дважды в неделю, начиная с периода формирования кочанов капусты. Первую обработку проводили против гусениц II возраста капустной совки или против гусениц II–IV возрастов белянок и моли, последующие — по мере необходимости, если численность вредителей превышала пороговую. Авторы считают, что при численности гусениц совки до трех на растение достаточно одной обработки, а более трех — необходимы две обработки с интервалом 7–10 сут. При соблюдении этих требований лепидоцид обеспечивает надежную защиту посадок капусты от вредителей (табл. 25).

По данным Узбекского НИИ овоще-бахчевых культур и картофеля, бактериальные препараты (БТБ, энтобактерин, дендробациллин при расходе 3–4 кг/га) в условиях Средней Азии эффективны для защиты капусты от капустной белянки и капустной моли: снижение численности вредителей, начиная с 3-х сут после обработки, — более чем на 50 %, на 12-е сут — 60–80 % (в зависимости от вида препарата и нормы расхода).

26. Эффективность бактериальных препаратов против капустной моли
(производственные опыты, Московская область)

Препарат	Расход пре- парата, кг/га	Биологическая эффективность, %		
		5-е сут	10-е сут	15-е сут
1983 год				
Хлорофос, 80 %-ный с. п. (эталон)	1,0	69,2	86,7	84,6
Дендробациллин-60, с.п.	1,8	93,6	94,4	93,6
Дендробациллин-100, сухой	1,0	95,2	91,7	92,9
Гомелин	1,2	90,4	77,8	92,3
1984 год				
Волатон, 50 %-ный к. э. (эталон)	1,0	94,2	94,2	87,2
Дендробациллин-60, с. п.	1,0	2,8	42,1	75,6
Дендробациллин-100, сухой	1,0	25,8	54,8	83,7
Дендробациллин-150, с. п.	0,6	51,8	74,8	95,6
Гомелин-90, с. п.	1,2	76,4	84,1	90,2
БТБ-45, сухой	1,5	41,7	63,2	78,7
БТБ-60, с. п.	1,0	73,5	95,0	88,4

Примечание. с. п. — смачивающийся порошок, к. э. — концентрат эмульсии.

Высокая эффективность разных форм дендробациллина, битокси-бациллина-60 и гомелина-90 отмечена В. Н. Воскресенской и Н. И. Дорогойченко (1986) в подавлении численности капустной моли в Московской области (табл. 26). Авторы отмечают, что созданные в последнее время новые товарные формы препаратов типа смачивающихся порошков с высокими титрами бактерий и их метаболитов и с меньшим содержанием инертных наполнителей более эффективны и удобны в применении.

Данные об эффективности бактериальных препаратов в защите капусты от листогрызущих насекомых весьма многочисленны и получены в разных регионах страны. Г. Андросов и соавторы (1980) испытывали эффективность дендробациллина и битоксибациллина в Коми АССР на крестоцветных (капuste, куузики, турнепсе) и пришли к заключению, что эти препараты по эффективности против капустной моли, капустной белянки, репной белянки и капустной совки не уступают хлорофосу: прибавка урожайности от биопрепаратов — 71 ц/га, от хлорофоса — 69 ц/га. В Латвии (Ритума, 1985) в результате четырехлетних опытов по испытанию эффективности БТБ, энтобак-терина и БИП против капустной белянки рекомендованы для использования БТБ и энтобактерин. В Закавказье, по данным В. А. Чилин-гарян, Ж. Х. Орманяна и Б. К. Казаряна (1975), дендробациллин и энтобактерин очень эффективны против капустной моли. Такие же результаты по энтобактерину и другим препаратам получены Л. Ефи-мовой (1965) для Ленинградской области, Л. Онищенко (1966) для Черновицкой области, М. В. Штерншис (1986) для Западной Сибири, В. А. Иршенко (1986) для острова Сахалина.

За рубежом широко и успешно применяются бактериальные пре-параты на основе *Bac. thuringiensis* для защиты капусты от насекомых-вредителей. В Бельгии применение бактоспеина против капустной совки и капустной белянки с 14-суточной периодичностью позволяет увеличить урожай почти вдвое (Balagurunathan, Lebrun, 1984). При этом отмечается, что в опытах гусеницы совки и белянки, выжившие после обработки, были поражены паразитом *Apanteles glomeratus* на 77 %, а в контроле на 59 %. D. J. Schuster (1979) сообщает, что во Флориде (США) в 1976–1977 годах проведены испытания эффектив-ности дипела (0,2 кг/га) против гусениц *Trichoplusia ni* на капусте. Испытания показали, что дипел эффективно подавляет численность этого вредителя. N. Rajamohan, S. Jayaraj (1978) приводят результаты испытания эффективности биотрола ХК (3 кг/га) против гусениц *Spodoptera litura* и *Plutella xylostella* на капусте в Индии. Растения обрабатывали однократно через месяц после посадки. На 2-е сут после обработки численность насекомых снизилась на 88,3 %, но в дальней-шем не изменялась. Авторы считают, что *Bac. thuringiensis* в этих усло-виях недостаточно устойчива и быстро инактивируется. Зарубежные препараты дипел и бактоспеин также испытаны в нашей стране.

П. А. Симчук с соавторами (1979) сообщают, что при оценке эффективности этих препаратов в Молдавии против гусениц II возраста капустной совки получены хорошие результаты. Дипел и бактоспеин в 0,4–0,8 %-ной концентрации уже на 5-е сут вызывали 68,2–97,2 % гибели гусениц, а на 7-е сут гибель была почти полной. Одновременно авторы указывают на высокую эффективность БТБ, но он действует медленнее, и полная гибель насекомых наступает на 12-е сут. Отмечено также замедление развития гусениц на обработанных растениях.

Таким образом, все препараты на основе *Vac. thuringiensis* эффективны в защите капусты от гусениц белянок и молей. Что касается гусениц капустной совки, то в этом случае целесообразно использовать такие отечественные препараты, как битоксибациллин и лепидоцид, и зарубежные — дипел и бактоспеин, заметно превосходящие другие аналогичные. Норма расхода препаратов и кратность обработок зависят от видового состава и численности вредителей, их фенологии, что, в свою очередь, определяется региональными и климатическими условиями. Здесь, как и на других сельскохозяйственных культурах, важно наладить постоянный учет численности вредителей и в соответствии с энтомологической ситуацией планировать мероприятия по защите растений с применением бактериальных средств.

Защита от колорадского жука. Поселяясь на посадках картофеля, томатов, баклажанов и других пасленовых, колорадский жук (*Leptopotarsa decemlineata*) в силу экологической пластичности, высокой плодовитости и прожорливости наносит ощутимый экономический ущерб. Вредоносность жука при отсутствии мер защиты может выражаться в потере 50 % и более потенциального урожая.

Против этого вредителя был рекомендован целый ряд химических инсектицидов, благодаря которым успешно защищаются такие культуры, как картофель, томаты, баклажаны. Из микробиологических средств борьбы более 20 лет тому назад был предложен боверин. Но боверин в чистом виде оказался недостаточно эффективным, особенно в условиях пониженной влажности. Тогда были предложены смеси боверина с различными инсектицидами (полихлорпиненом, хлорофосом и др.). Однако как сам боверин, так и его смеси с инсектицидами не нашли широкого применения по целому ряду объективных причин, и в первую очередь из-за трудоемкой технологии производства этого препарата.

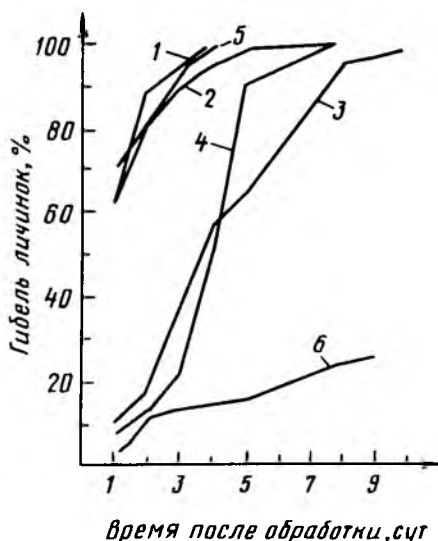
В начале 70-х годов во Всесоюзном НИИ сельскохозяйственной микробиологии для борьбы с колорадским жуком был предложен битоксибациллин. Сравнение активности двух микробных препаратов (БТБ и боверина) в отношении личинок колорадского жука показало значительное преимущество БТБ (рис. 12).

В дальнейшем мы изучили активность БТБ и отдельно экзотоксина против разных фаз развития колорадского жука. Овицидный эффект экзотоксина оказался невысоким: при концентрации 0,1–

Рис. 12. Гибель личинок колорадского жука I и II возрастов при обработке микробиопрепаратами (лабораторный опыт):

1—3 — экзотоксин; 4 — 1 %-ный боверин; 5 — 0,5 %-ный битоксибациллин; 6 — контроль.

1 % доля гибели составила примерно 5—10 % для 1—4-суточных яиц и 2—5 % для 5—6-суточных. Наиболее чувствительны свежееотложенные яйца. Одновременно было отмечено, что вылупляющиеся из обработанных яиц личинки вскоре гибнут. Специальные опыты (табл. 27) показали высокий ларвицидный эффект при обработке



яиц БТБ и экзотоксином. Прогрызая хорион яйца, личинки, как уже отмечалось, заглатывают достаточное количество препарата и гибнут даже без дополнительного его потребления с кормом. Наиболее чувствительны к БТБ и экзотоксину личинки младших (I—II) возрастов, но гибель продолжается и в фазе куколки и имаго (табл. 28). От доз, вызывающих полную гибель личинок I—II возрастов, гибнет только 13—42 % личинок III—IV возрастов. Интересно, что для личинок III—IV возрастов эффективность БТБ и боверина примерно одинакова, но от БТБ в основном гибнут личинки, а от боверина куколки и имаго. Если же сравнивать эффективность БТБ и боверина в отношении гусениц младших возрастов, то она значительно выше у БТБ. Наиболее устойчивы к БТБ и экзотоксину имаго жука: только высокие концентрации препаратов (2—4 %-ная суспензия БТБ или очищенный экзотоксин) вызывают у жуков незначительную гибель (не более 50 %). Поэтому наиболее эффективный прием подавления численности колорадского жука — обработка БТБ растений в период преобладания личинок младших возрастов.

При первых производственных испытаниях эффективности БТБ в Крыму на весенних посадках картофеля (табл. 29) эталоном служил хлорофос, а в одном из вариантов была испытана смесь БТБ с хлорофосом в уменьшенных концентрациях. Опыты показали, что БТБ (0,5—1,0 %) высокоэффективен в подавлении численности личинок II возраста колорадского жука. БТБ как по действию на личинок, так и по обеспечиваемой прибавке урожая не уступает 0,5 %-ному хлоро-

фосу. В варианте с БТБ гибель личинок сильно растянута (до 20 сут), но растения при этом не повреждаются, что обусловлено антифидантным действием препарата.

27. Действие микробиологических препаратов на яйца и отродившихся личинок колорадского жука (полевой опыт в садах)

Концентрация препарата, %	Число яиц	Гибель, %			
		яиц	личинок	куколок и жуков	всего
Б Т Б-2 0 2					
0,1	100	1,3	38,7	0	40,0
0,25	98	1,2	60,4	0	61,6
0,5	165	1,8	75,1	0	76,9
1,0	156	1,3	98,0	0	99,3
2,0	196	6,6	93,4	0	100
Э к з о т о к с и н					
0,1	186	0,5	72,1	3,2	75,8
1,0	158	5,1	81,6	0	86,7
10,0	144	10,4	89,6	0	100
Б о в е р и н					
0,1	174	1,1	31,1	1,2	33,4
0,25	180	1,1	40,0	3,3	44,4
0,5	96	1,1	42,6	5,2	48,9
1,0	191	2,1	47,5	8,4	58,0
Контроль	168	1,2	0,6	0	1,8

28. Действие микробиологических препаратов на личинок колорадского жука II возраста (полевой опыт в садах)

Концентрация препарата, %	Число личинок	Гибель, %				
		личинки			куколок и жуков	всего
		7-е сут	10-е сут	15-е сут		
Б Т Б-2 0 2						
0,5	75	70,6 ± 5,8	84,0 ± 4,7	90,6 ± 3,5	6,6	97,2 ± 3,5
1,0	75	81,3 ± 5,8	100			100
2,0	75	84,0 ± 6,1	100			100
Э к з о т о к с и н						
0,1	75	20,0 ± 2,3	41,3 ± 3,5	56,0 ± 2,5	2,6	58,6 ± 3,5
1,0	75	52,0 ± 2,0	62,6 ± 7,1	86,6 ± 2,6	4,0	90,6 ± 5,4
10,0	75	86,6 ± 4,8	90,7 ± 3,5	96,0 ± 2,3	1,3	97,3 ± 1,2
Б о в е р и н						
0,1	75	36,0 ± 2,8	42,6 ± 3,5	65,3 ± 3,5	17,3	82,6 ± 1,3
0,5	75	44,0 ± 2,3	52,0 ± 4,7	76,0 ± 2,3	12,0	88,0 ± 4,1
Контроль	75	0	0	6,6 ± 1,2	0	6,6 ± 1,2

29. Эффективность БТБ-202 и хлорофоса против колорадского жука на весенних посадках картофеля (Крым, производственные опыты)

Вариант обработки	Концентрация препарата в суспензии, %	Число личинок в садках*	Гибель личинок, %			Всего погибло личинок, %	Урожайность картофеля, ц/га
			3-и сут	7-е сут	20-е сут		
БТБ-202	0,1	172	39,5	74,4	97,7	97,7	107,4
	0,5	152	50,7	98,7	100	100	123,5
	1,0	127	81,2	100		100	127,9
Хлорофос	0,05	151	44,4	70,2	79,5	79,5	91,7
	0,5	214	100			100	121,0
БТБ-202 + хлорофос	0,1 + 0,05	122	88,5	100		100	125,8
Контроль (без обработки)		185	1,0	3,7	4,9	4,9	65,9

* Кусты картофеля с подсчитанными личинками после обработки изолировали садками. На участках преобладали личинки II возраста.

Испытания эффективности БТБ-202 против колорадского жука (табл. 30—32) проведены разными авторами на Украине, в Молдавии, Белоруссии, Литве, Брянской, Курской, Ростовской областях, Краснодарском крае и других районах (Кандыбин, Барбашова, 1976). Во многих научно-исследовательских учреждениях сравнивали БТБ с химическими инсектицидами (хлорофосом, метафосом, дилором), а также испытывали одновременно смеси БТБ с химическими инсектицидами. Из приведенных многочисленных данных можно сделать ряд практических выводов: во-первых, для достижения необходимого эффекта при истреблении личинок колорадского жука младших возрастов оптимальная доза БТБ-202 2 кг/га, во-вторых, период летального действия битоксиациллина составляет 10—15 сут, что должно учитываться при оценке эффективности препарата, в-третьих, при правильном применении битоксиациллина по эффективности не уступает химическим инсектицидам.

Многочисленные эксперименты по испытанию эффективности БТБ против колорадского жука и разработке рациональных приемов и сроков применения препарата выполнены сотрудниками Всесоюзного НИИ карантина растений на протяжении семи лет в различных регионах распространения вредителя на посадках картофеля, баклажанов и других пасленовых. Для сравнения использовали различные химические инсектициды — хлорофос, севин, фозалон. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 33 (Сикюра А. И., Сикюра Л. В., 1987). На основании полученных данных авторы отмечают

30. Эффективность БТБ-202 и химических инсектицидов против колорадского жука на посадках картофеля при разных нормах расхода (производственные опыты)

Место обработки и исполнитель	Препарат	Норма расхода препара- та, кг/га	Обрабо- танная площадь, га	Срок учета пос- ле обра- ботки, сут	Снижение численности личинок (по возрастам) и имаго колорадского жука, % к контролю					
					I	II	III	IV	имаго	всего
Литовская ССР (ВИЗР)	БТБ-202 1 %-ный	4,0	0,27	3	42,0	68,0	46,0	11,0	—	54,0
				5	90,0	56,0	80,0	38,0	—	70,0
				10	55,0	45,0	79,0	79,0	—	97,0
Брянская обл. (НИИ картофельного хозяйства)	БТБ-202 0,5 %-ный	1,5	1,0	3	54,0	59,3	48,2	12,0	27,7	51,9
				10	91,0	79,0	71,9	73,6	27,4	80,3
	Дилор 1 %-ный	9,5	3,0	3	100	99,8	97,4	96,0	89,0	99,1
				10	95,9	95,4	91,1	87,2	67,9	94,8
	Хлорофос 3 %-ный	1,5	3,0	3	100	98,7	95,4	92,7	87,1	97,3

31. Эффективность БТБ-202 и химических инсектицидов против колорадского жука на посадках картофеля на Украине (производственные опыты)

Исполнитель	Препарат	Площадь обработки, га	Норма расхода препарата, кг/га	До обработки средняя численность вредителя на один куст'			Срок учета после обработки, сут	Снижение численности вредителя, % к контролю		
				личинок по возрастам		имаго		личинок по возрастам		имаго
				I—II	III—IV			I—II	III—IV	
Киевская областная биолaborатория	БТБ-202	1,0	2,4	43,00	20,60	2,40	3	62,0	34,7	75,0
							16	100	—	88,0
Черкасская сельскохозяйственная опытная станция	Хлорофос	1,0	3,5	43,00	20,60	2,40	3	99,9	99,2	99,6
	БТБ-202	2,0	2,5	1,17	2,15	1,15	5	60,3	80,6	2,0
							16	12,5	96,3	52,5
							16	2,1	79,8	3,9
Тернопольская сельскохозяйственная опытная станция	Метафос	2,0	1,0	1,78	0,70	0,86	5	2,1	79,8	3,9
							16	767,8	280,0	3,5
							15	42,6	20,8	15,4
	БТБ-202	2,5	2,0	11,60	4,97	0,05	5	42,6	20,8	15,4
15							73,4	31,7	30,7	
Метафос							2,5	2,0	10,60	5,34
Полтавская областная биолaborатория	БТБ-202	1,0	6,0	8,70	1,00	3,10	15	95,2	90,4	—
							3	82,2	*	65,5
							6	94,7	77,8	*
	Хлорофос	1,0	2,0	9,20	2,20	2,90	3	96,0	92,7	90,7
6							88,8	96,3	*	
10							*	*	*	
Одесская сельскохозяйственная опытная станция										
весенняя	БТБ-202	0,01	2,0	31,08	7,46	0,22	7	93,2	97,6	100

Исполнитель	Препарат	Площадь обработки, га	Норма расхода препарата, кг/га	До обработки средняя численность вредителя на один куст			Срок учета после обработки, сут	Снижение численности вредителя, % к контролю		
				личинки по возрастам		имаго		личинки по возрастам		имаго
				I—II	III—IV			I—II	III—IV	
посадка							10	100	81,5	93,2
	БТБ-202	0,01	4,0	32,60	8,16	0,16	7	100	98,7	—
							10	100	83,9	100
	Хлорофос	0,01	2,0	23,98	4,96	0,16	7	97,2	98,0	100
летняя посадка							10	60,0	67,9	42,6
	БТБ-202	0,01	2,0	3,22	1,50	0,22	7	100	83,6	50,0
							15	62,4	80,6	100
	Хлорофос	0,01	2,0	1,98	0,96	0,16	7	95,4	95,0	27,9
Николаевская област- ная биолaborатория							15	100	96,3	21,0
	летняя посадка									
	БТБ-202	1,0	2,5	27,10	14,10	0,15	5	26,1	44,5	0
							11	27,3	44,0	0
	БТБ-202	0,3	4,0	12,80	7,0	0,30	5	59,6	77,5	14,3
							12	42,3	40,6	28,6

* Увеличение численности по сравнению с первоначальной.

**32. Эффективность БТБ-202 и хлорофоса против колорадского жука (по поколениям)
на посадках картофеля в Крыму и на Кубани (производственные опыты)**

Исполнитель	Препарат	Норма расхода, кг/га	Снижение численности после обработки, % к контролю				
			3-и сут	5-е сут	7-е сут	10-е сут	15-е сут
I генерация вредителя							
Кубанский СХИ	БТБ-202 1 %-ный	3	70,0	79,4	—	91,7	—
	Хлорофос 0,5 %-ный	1,5	93,4	96,5	—	—	—
II генерация вредителя							
Крымский опорный пункт Всесоюзного НИИ сельско- хозяйственной микробиологии первый год испытаний	БТБ-202 1 %-ный	3	51,6	77,1	—	89,7	—
	Хлорофос 0,5 %-ный	1,5	91,9	—	—	—	—
	БТБ-202 0,1 %-ный	0,4	39,5	57,6	74,4	—	85,5
	БТБ-202 0,5 %-ный	2,0	50,7	70,4	98,4	—	100
	БТБ-202 1 %-ный	4,0	81,2	89,4	100	—	—
	Хлорофос 0,5 %-ный	2,0	100	—	—	—	—
	БТБ-202 0,1 %-ный, Хлорофос 0,5 %-ный	0,4 + 0,2	88,8	100	—	—	—
	БТБ-202 0,5 %-ный	2,0	—	—	96,5	—	91,7
	БТБ-202 1 %-ный	4,0	—	—	97,2	—	99,2
	Хлорофос 0,5 %-ный	2,0	—	—	98,7	—	95,7
второй год испытаний							

33. Эффективность битоксиациллина и химических инсектицидов против колорадского жука в зависимости от норм расхода препаратов, кратности обработок и возрастного состава популяции вредителя (Сикюра А. И., Сикюра Л. В., 1987)

Препарат	Год испытания	Место испытания	Норма расхода препарата на одну обработку, кг/га	Крат- ность обработ- ток	Интервал между об- работками, сут	Возрастной состав популяции перед первой обработкой, %	Средняя числен- ность особей на один куст		Техничес- кая эф- фектив- ность, %
							перед об- работ- ками	после об- работок	
БТБ-202	1977	Ставропольс- кий край	2	1		Яиц — 6,4 Личинок I—II возрас- тов — 86 Личинок III—IV возрас- тов — 6,4	16,0	23,3	0*
	1977	Молдавия	4	1		То же	9,2	12,9	0**
			2	2	10	Яиц — 39,0 Личинок I—II возрас- тов — 51,4 Личинок III—IV воз- растов — 8,0	37,7	6,1	83,8
	1978	Ставропольс- кий край	2	2	9	Преобладали личинки I—III возрастов	51,3	10,8	75,5
	1979	То же	4	2	9	То же	88,2	15,7	79,3
			2	3	7	Преобладали личинки I—II возрастов	136,2	3,5	93,4
	1979	"	4	3	7	То же	114,3	2,8	91,2
	1979	Закарпатская обл.	3	2	7	Яиц — 17,7 Личинок I—II возрас- тов — 42,6 Личинок III—IV возрас- тов — 35,9	15,8	2,5	43,1

	1980	Закарпатская обл.	2	3	6	Яиц — 94,8 Личинок I—II возра- стов — 4,6	161,4	4,9	96,9
			3	2	2	То же	72,3	4,7	93,6
	1981	Крымская обл.	2	3	5—6	Яиц — 73,8 Личинок I—II возра- стов — 9,0 Личинок III—IV воз- растов — 16,9	110,6	8,8	92,0
	1982	То же	2	3	6—10	Яиц — 86,9 Личинок I—II возра- стов — 13,0	50,6	1,7	96,6
	1983	"	2	3	5—8	Яиц — 79,8 Личинок I—II возра- стов — 19,5 Личинок III—IV воз- растов — 0,6	35,8	5,6	94,0
Хлорофос	1977	Ставропольс- кий край	1,5	1		***	20,3	6,5	68,0
		Молдавия	2	2	10	***	17,8	0,2	98,9
	1979	Закарпатс- кая обл.	2	2	7	***	17,0	0,2	95,8
	1981	Крымская обл.	1,5	3	5—6	***	96,4	3,3	96,6
Севин	1980	Закарпатс- кая обл.	2	2	12	***	62,0	2,0	96,8
Фозалон	1982	Крымская обл.	1,5	2	16	***	23,9	0,6	97,4
	1983	То же	1,5	2	12	***	81,5	7,4	92,8

* Увеличение численности на 45,6 %.

** Увеличение численности на 40,2 %.

*** Возрастной состав популяций такой же, что и в опытах по применению БТБ-202, проводившихся в те же годы в соответствующих регионах.

следующее. Однократная обработка посадок картофеля неэффективна. Двукратная обработка с интервалом 10—12 сут в ряде случаев тоже недостаточно эффективна (особенно при заселении растения в первую обработку личинками старших возрастов). Недостаточную эффективность двукратной обработки авторы объясняют тем, что в эффективных дозах БТБ сохраняется на растениях не более 5 сут, а личинки, отродившиеся после указанного срока, не подвергаются воздействию препарата и до следующей обработки успевают развиться до старших возрастов. Неизменно высокая эффективность БТБ отмечается при трехкратных обработках с интервалом 5—6 сут независимо от численности вредителя. Обязательное условие высокой эффективности в последнем случае — своевременная первая обработка, которая должна приходиться на период массового появления личинок младших возрастов. При соблюдении перечисленных условий БТБ в дозе 2 кг/га по технической и экономической эффективности не уступает хлорофосу, севину и фозалону. Увеличение норм расхода препарата, по мнению авторов, нецелесообразно. Это же подтверждают данные сотрудников Белорусского НИИ защиты растений, представленные в таблице 34 (Король, 1986).

34. Эффективность битоксициллина против колорадского жука в условиях Белорусской ССР (Король, 1986)

Препарат	Норма расхода, кг/га	Биологическая эффективность			Урожайность, ц/га
		5-е сут	10-е сут	45-е сут (по жукам I генерации)	
Совхоз "Петровичи"					
Хлорофос	2	99,4	98,6	73,7	203
БТБ	2	65,7	73,3	72,2	190
"	4	65,7	86,3	77,3	184
Контроль					171
Совхоз "Минский тепличный комбинат"					
Хлорофос	2	95,0	80,2	86,5	200
БТБ-202	2	52,0	71,2	79,7	222
"	4	45,0	77,5	70,7	200
Контроль					187

Как уже отмечалось, кроме летального действия, БТБ оказывает сильный трофоингибирующий эффект не только на личинок, но и на имаго колорадского жука: обработка 2 %-ным препаратом почти вдвое снижает интенсивность их питания. Личинки старших возрастов менее восприимчивы к летальному действию БТБ, чем личинки I—II возрастов, но в первую очередь по отношению к ним проявляется тератогенное действие препарата, что приводит к нарушению метаморфоза и гибели

последующих фаз. Разумеется, в производственных опытах и на практике проявление суммарного эффекта БТБ и его регистрация возможны только при условии полного охвата обработками всех близлежащих площадей, заселенных жуком, и исключения миграционного притока вредителя на обработанные участки.

В последние годы проведены испытания эффективности турингина-2 для борьбы с колорадским жуком (Сикюра А. И., Сикюра Л. В., 1987). При определении ЛК₉₀ турингина-2 для личинок разных возрастов в сравнении с БТБ оказалось, что турингин-2 в 2—3 раза активнее. Так, если у БТБ ЛК₉₀ для личинок I—II, III и IV возрастов составляет соответственно 0,1; 0,8 и 1,83 %, то у турингина-2 соответственно 0,05; 0,15 и 0,85 %.

Производственные испытания турингина-2 привели авторов к заключению, что препарат эффективен против личинок младших возрастов при норме расхода 0,2—0,4 кг/га и трехкратных обработках с интервалом 5—6 сут. Следовательно, турингин-2, как и БТБ, может быть средством борьбы с колорадским жуком, но пока не включен в официальный список средств защиты растений, поскольку недостаточно данных по его гигиенической и экономической оценке.

За рубежом борьба с колорадским жуком ведется в основном химическим методом. Однако в 80-х годах появились сообщения об использовании *Bac. thuringiensis* и β -эксзотоксина для защиты картофеля от колорадского жука. В США создан экспериментальный препарат SAN 410 SC, содержащий 2 г/л эксзотоксина *Bac. thuringiensis* (Cantwell, Cantelo, 1984). Препарат испытан в полевых условиях на картофеле и томатах в дозах 0,47; 0,95 и 2,84 г в 378 л воды на 0,4 га с недельными интервалами. После первой обработки численность имаго колорадского жука на картофеле снизилась вдвое. Препарат в использованных дозах был высокоэффективен против всех фаз колорадского жука. На картофеле число яиц жука снизилось на 65,3 %, личинок I—II возрастов — на 67,1, личинок III и IV возрастов — на 99,9, имаго — на 88,6 %. На томатах снижение было аналогичным. На контрольных участках картофеля и томатов через 45 и 51 сут завершилась дефолиация. Позже появилась сводка (Cantwell, Cantelo, Schroder, 1985) об испытании препарата *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* с β -эксзотоксином (состав препарата авторы не приводят). Препарат высокоэффективен против личинок I и II возрастов колорадского жука и неэффективен против личинок старших возрастов, поэтому сделана попытка повысить его эффективность, применяя совместно с паразитом яиц жука *Edovum puttleri*. В Болгарии И. Кузманова и А. Матеева (1982) изучали действие собственно эксзотоксина и его смеси с эндотоксином на яйца, личинок и имаго жука и получили хорошие результаты. В Румынии для борьбы с колорадским жуком предложен туринтокс, аналогичный отечественному турингину.

Защита плодово-ягодных и лесных культур. На плодовых, ягодных

и лесных культурах наиболее вредоносны плодожорки, пяденицы, шелкопряды, листовертки, моли, волнянки, златогузки (*Euproctis chrysorrhoea*), американская белая бабочка (*Hyalpantria cunea*), боярышница (*Aporia crataegi*). Всего к вредителям относится более 90 видов насекомых, из них 30 видов — чешуекрылые. Все или почти все чешуекрылые вредители леса и сада в той или иной мере восприимчивы к *Bac thuringiensis* и препаратам на ее основе.

В сельском хозяйстве широкие испытания бактериальных препаратов на плодовых и ягодных культурах были начаты в 60-х годах (Рыбина, 1966; Орманян, 1972; Deseö, Saringer, Seprös, 1971). В настоящее время для защиты садов, виноградников, древесных и ягодных культур от яблонной и плодовой молей, боярышницы, златогузки, шелкопрядов, американской белой бабочки, листоверток, кистехвоста античного, крыжовниковой огневки, пядениц и пилильщиков рекомендованы битоксибациллин, лепидоцид, дендробациллин, энтобактерин, БИП и дипел.

И. Т. Король (1986) приводит подробные данные по эффективности битоксибациллина, дендробациллина, энтобактерина, лепидоцида и БИП в садах Белоруссии. Автор подчеркивает, что кратность обработок в сильной степени зависит от численности вредителей. Однократная обработка яблонь против комплекса листогрызущих насекомых достаточна только при численности гусениц 5—6 особей на ветке длиной 0,5 м. При большей численности, например, пядениц и листоверток одна обработка не обеспечивает защиты. Не меньшее значение имеют сроки обработки. Во всех случаях целесообразно начинать их в период преобладания гусениц младших возрастов, пока они еще не нанесли ощутимый вред (например, для яблони сорта Антоновка в условиях Белоруссии — на стадии обнажения соцветий). При высокой численности гусениц норму расхода препаратов следует увеличивать до максимально рекомендуемой. Автор обращает внимание на необходимость дифференцированно подходить к выбору препарата: при низкой численности гусениц хороший эффект может быть достигнут от дендробациллина и энтобактерина, при высокой лучше применять битоксибациллин или лепидоцид. Все бактериальные препараты дают высокий экономический эффект (200—519 р/га). При этом отмечена прямая зависимость экономического эффекта от численности вредителей и урожайности сада: чем выше численность вредителей и выше урожай плодов и ягод, тем экономичнее применение бактериальных препаратов.

В Украинском НИИ защиты растений изучалась эффективность лепидоцида и дендробациллина в защите плодовых и лесных культур от комплекса листогрызущих вредителей и от яблонной плодожорки (Лаппа, Зурабова, Гораль и др., 1985). Нормы расхода препаратов и кратность обработок определяли с учетом численности и экологических особенностей вредителей. Эффективность оценивали по изменению численности гусениц на 15-е сут после обработки, урожайности

и степени повреждения плодов. По данным трех лет наблюдений, для лепидоцида (1 кг/га), дендробациллина (3,0 кг/га) и хлорофоса (1–1,2 кг/га) техническая эффективность против непарного шелкопряда составила в среднем соответственно 93,7; 85,6; 95,7 %, против пядениц — 86,4; 82,6; 97,1 %; против листоверток — 91,6; 82,6; 93,6 %; против плодовых — 82,1; 71,3; 84,1 %. По данным четырех лет наблюдений, для лепидоцида (3 кг/га), дендробациллина (5 кг/га) и химических инсектицидов (фозалон — 35 % к. э., хлорофос — 80 % с. п. и метафос — 30 % с. п. при чередовании обработок и норме расхода 2–4 кг/га) повреждение плодов, техническая эффективность и прибавка урожайности в среднем составили соответственно 3,6; 6,3 и 1,5 % (при повреждении в контроле 28,7 %); 86,9; 76,2 и 93,8 %; 37,6; 27,0 и 47,0 ц/га. Авторы заключают, что лепидоцид — эффективное средство защиты сада и лесных культур от целого ряда листогрызущих насекомых, отвечающее санитарным и природоохранным требованиям.

В. Ф. Дрозда (1986) изучил полевую эффективность лепидоцида (титр 100 млрд/г, расход 1 кг/га), дендробациллина (60 млрд/г, 3,0 кг/га), БТБ (45 млрд/г, 3,0 кг/га) и дипела (16 000 МЕ, 3,0 кг/га) в лесостепной зоне Украины против розанной, пестрозолотистой, боярышниковой, смородинной, почковой, сетчатой и свинцовополосой листоверток. По мнению автора, все отечественные препараты эффективны в интегрированной защите плодового сада от перечисленных вредителей.

Мы испытали эффективность БТБ, энтобактерина и дендробациллина против гусениц II возраста златогузки и кольчатого шелкопряда в Крыму на посадках дуба (табл. 35). Все три препарата оказались эффективными и могут быть с успехом использованы для этих целей. Л. М. Рыбина (1979) сообщает, что при применении энтобактерина против моли численность вредителя снижалась на 97,8–98,1 %. М. С. Страчак (1979) приводит данные по высокой эффективности БТБ в борьбе с гусеницами непарного шелкопряда, кистехвоста пятнистого и американской белой бабочки в низменной части Закарпатской области. В. Л. Гафурова (1976) изучала действие БТБ и энтобактерина против гусениц яблонной плодовой в Таджикистане и делает вывод, что эти препараты высокоэффективны. Там же в условиях горного ландшафта проведено успешное испытание БТБ против горностаевых молей и златогузки (Лескова, Булбулшоев, 1975). В последнем случае результат обработки не зависел от перепадов температуры. Зарегистрирована высокая эффективность лепидоцида в дозе 1,5 кг/га против пяденицы-шелкопряда бурополосой (*Biston hirtaria*) в Молдавии: через 9 сут после обработки численность вредителя снизилась на 98,2 % (Рыбина, Лиховидов, Неживой и др., 1984).

Большой вред плодовым и декоративным насаждениям наносит карантинный вредитель американская белая бабочка (*Hyphantria cunea*).

35. Эффективность бактериальных препаратов против гусениц II возраста златогузки и кольчатого шелкопряда на посадках дуба (Крымская обл.)

Препарат	Златогузка				
	число гусениц до обработки	гибель, %			
		3-и сут	5-е сут	10-е сут	20-е сут
Битоксибациллин 0,5 %-ный	176	52,7	38,7	83,0	100
Энтобактерин 0,5 %-ный	380	30,2	52,7	89,0	89,5
Дендробациллин 0,5 %-ный	245	42,9	34,7	78,8	78,8

Продолжение

Препарат	Кольчатый шелкопряд				
	число гусениц до обработки	гибель, %			
		3-и сут	5-е сут	10-е сут	20-е сут
Битоксибациллин 0,5 %-ный	430	84,8	95,4	100	
Энтобактерин 0,5 %-ный	170	64,2	78,9	98,3	
Дендробациллин 0,5 %-ный	430	74,5	82,6	100	

В нашей стране ее ареал сейчас захватывает большую часть Украины, Ростовскую область и Краснодарский край. Учитывая экологическую пластичность вредителя, можно предположить его дальнейшее распространение на значительной части европейской территории страны, в Закавказье и республиках Средней Азии. К числу характерных особенностей американской белой бабочки следует отнести заселение декоративных и плодовых насаждений в парках, скверах, садах, приусадебных участках, что делает особенно нежелательным применение химических инсектицидов.

Поиски микроорганизмов, пригодных для истребления этого вредителя, велись весьма интенсивно. Из бактериальных препаратов против американской белой бабочки в нашей стране впервые был широко испытан отечественный препарат энтобактерин (Сикура, 1976). Затем исследования были расширены и доказана возможность использования всех без исключения бактериальных энтомоцидных препаратов *Bac. thuringiensis* для подавления численности этого вредителя (Сикура, Романенко, Руцкая, 1981; Кондра, 1980; Славгородская-Курпиева, 1980; Зурабова, Лаппа, Красницкая и др., 1980; Кандыбин, Стусь,

Гольдин, 1982; Кандыбин, Кузнецова, Стусь, 1983; Кузнецова, 1986). При этом все авторы отмечают высокую эффективность энтобактерина, дендробациллина, битоксибациллина, лепидоцида, дипела, бактоспейна, турицида, биотрола даже в небольших концентрациях. Гусеницы всех возрастов бабочки (младшие — в наибольшей степени) высоковосприимчивы к *Bac. thuringiensis*. Так, производственные опыты, проведенные в Крыму с использованием битоксибациллина (Кузнецова, 1986), показали, что препарат в концентрациях 0,3 и 0,5 % уже на 4–6-е суток вызывает полную гибель гусениц II–IV возрастов и по эффективности не уступает хлорофосу. Кроме того, в специальных опытах выявлено сильное метатоксическое действие битоксибациллина (табл. 36).

36. Метатоксический эффект БТБ-202 при применении против гусениц старших возрастов американской белой бабочки первой генерации (полевой опыт)

Возраст гусениц при обработке	Первая генерация			
	гибель, %			
	гусениц	куколок	имаго	всего
IV	68,3	18,7	2,7	88,7
V	54,2	27,7	4,7	86,6
VI	27,3	43,0	6,2	76,5
Контроль	1,8	0,7	0,5	3,0

Продолжение

Возраст гусениц при обработке	Вторая генерация					
	среднее число яиц на одну самку, шт.	неотродившихся гусениц, %	гибель, %			
			гусениц	куколок	имаго	всего
IV	420	8,9	6,7	0,6	0	16,2
V	326	22,4	9,7	1,2	0,2	34,6
VI	292	14,5	9,5	2,8	0	27,5
Контроль	648	1,7	0,6	0,4	0	2,7

П р и м е ч а н и е. В каждом варианте опыта три повторности по 150 гусениц в каждой.

У особей следующей генерации, не подвергавшихся воздействию препарата, плодовитость снижается в 1,5–2 раза, из части яиц (9–14 %) не отрождаются гусеницы, продолжается гибель следующих фаз гусениц и куколок. Подобную, но менее выраженную депрессию отмечали и при испытании других препаратов *Bac. thuringiensis*. Более сильный

метатоксический эффект битоксибациллина обусловлен наличием в этом препарате трех энтомоцидных компонентов, и в первую очередь экзотоксина. В полевых опытах дендробациллин в дозе 3 кг/га, битоксибациллин в дозе 2 кг/га, лепидоцид в дозе 1 кг/га и дипел в дозе 0,5–1,0 кг/га на 5–10-е сут вызывали 96–100 % гибели гусениц американской белой бабочки всех возрастов, в том числе при пониженных температурах (Сикүра, Жимерикин, Симчук и др., 1984).

Для защиты леса микробиологической промышленностью производится дендробациллин и гомелин. В Белорусском НИИ лесного хозяйства разработаны "Указания по опытно-производственному применению гомелина и дендробациллина в сочетании с микродозой димилина для защиты леса от хвое- и листогрызущих насекомых" (Гомель, 1984). Такое сочетание препаратов эффективно против шелкопряда-монашенки, непарного шелкопряда, сосновой пяденицы, зеленой дубовой листовертки, златогрузки, зимней пяденицы и пяденицы-обдирало. Для обработки 1 га леса требуется 1–1,5 кг бактериального препарата с титром 30 млрд/г и 0,01 кг 25 %-ного смачивающегося порошка димилина, разведенных в 30–50 л воды. Препараты с более высоким титром спор и кристаллов (45, 60, 90, 100 млрд/г) применяют в меньших дозах. Наиболее эффективны препараты против личинок I–II возрастов.

Дендробациллин широко испытывался в кедровых лесах Сибири против сибирского шелкопряда. В. С. Кулагин (1978) приводит результаты одного из испытаний в лесах Присяня на площади 8100 га, где численность гусениц шелкопряда колебалась в пределах 24–370 (в среднем 145) на одно дерево. Лес обрабатывали с самолетов водной и водно-масляной (с добавлением 3–5 кг/га солярового масла) суспензией дендробациллина, а также водной суспензией дендробациллина с небольшим количеством хлорофоса (50 г/га). Дендробациллин применялся в дозе 2–3,2 кг/га, расход суспензии 25–50 л/га. Была установлена тесная зависимость эффективности препарата от сроков обработки. Так, на участках, обработанных 1–10 июня, когда вредитель находился в фазе гусениц старшего возраста (до окукливания), эффективность составила 68,3–93,7 %, 11–12 июня — снижалась (61,2 %), а 15–17 июня — оказалась низкой (24,8–32,5 %). Наибольший эффект был достигнут при использовании водной суспензии без примесей с расходом препарата 3,2 кг/га и суспензии 50 л/га. Здесь уже на 6-е сут 75,5 % гусениц погибло. Гибель продолжалась в фазе куколки (74,4 % от числа окуклившихся гусениц). Автор отмечает бациллоносительство оставшейся части популяции и последующую гибель 5,7–44,0 % особей.

В производственных опытах по применению БТБ (0,5–2 кг/га) в дубовом лесу в Закарпатье через 14 сут после обработки численность непарного шелкопряда снижалась на 90,7 % (с последующей гибелью куколок), зеленой дубовой листовертки — на 90,6 % (от энтобактерина — на 81–84 %), зимней пяденицы — на 94,6 % (от энтобактерина — на 82–83 %) (Охотников, 1978). При этом в зараженных бациллами

гусеницах тахины развиваются нормально, что усиливает действие препаратов. Высокоэффективен БТБ против походного дубового шелкопряда.

В Польше проведены многолетние производственные испытания эффективности бактериальных препаратов в борьбе с монашенкой (*Lymantria monacha*) — опаснейшим вредителем лесов Европы (Гловацка, 1985). Применяли дипел, турицид, бактоспеин (порошок и паста с разной активностью) и туридан (на основе *Bac. thuringiensis* H₃, титр 45 млрд спор/г). Результаты представлены в таблице 37. Все препараты оказались эффективными против этого вредителя, но эффективность зависела от видового состава леса: в сосновом лесу она была высокой, в смешанном (сосново-еловом) — гораздо ниже. Низкую эффективность обработки еловых деревьев автор справедливо объясняет недостаточно равномерным покрытием кроны препаратами при применении опрыскивателей, которые в настоящее время выпускает отечественная промышленность. На участках, где использовали бактериальные препараты, численность энтомофагов была в 10 раз выше, чем на участках, подвергшихся химическим обработкам.

37. Эффективность бактериальных препаратов против гусениц монашенки младших возрастов (Гловацка, 1985)

Год	Препарат	Норма расхода на 1 га (препарат/суспензия)	Обработанная площадь, га	Видовой состав леса	Эффективность, %
1980	Дипел	1 кг/100 л	2200	Сосна	92—98
	Турицид	То же			
	Бактоспеин (порошок)	""			
	Бактоспеин (паста) 6000 ЕА	1,5 кг/100 л			
1981	Бактоспеин (паста) 6000 ЕА	1,5 кг/20 л	600	Сосна и ель	9—40
		1,5 кг/40 л	900	Сосна	70—90
1982	Бактоспеин (паста) 6000 ЕА	1,5 кг/50 л	26 000	Сосна	80—100
		1,2 кг/50 л		Сосна и ель	30—80
1983	Бактоспеин (паста) 8500 ЕА	1,1—1,5 кг/50 л	20 000	Сосна	70—99
				Сосна и ель	30—80
	Туридан	1—2 кг/100 л	350	Сосна	95—100
				Сосна и ель	40—90

Защита хлопчатника. Из бактериальных препаратов для борьбы с подгрызающими совками (хлопковой, озимой и карадриной), наносящими огромный вред хлопчатнику, был рекомендован дендробацил-

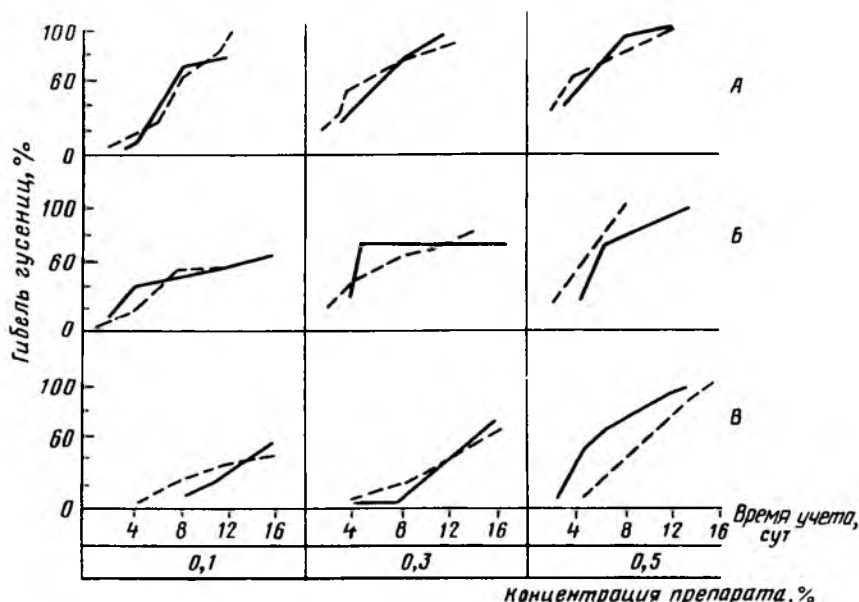


Рис. 13. Энтомоцидное действие БТБ-202 на гусениц совок — карадрины (А), хлопковой (Б), озимой (В) в зависимости от концентрации препарата (лабораторные опыты). Сплошная и пунктирная линии — разные рецептурные формы препарата.

лин в смеси с малыми дозами инсектицидов, а позднее битоксибациллин и лепидоцид, которые по эффективности значительно превосходят дендробациллин (без добавок).

В лабораторных опытах было установлено, что БТБ в концентрации 0,3–0,5 % вызывает 65–100 % гибели гусениц совок (рис. 13). Особенно чувствительны к БТБ гусеницы карадрины. Расчеты показали, что БТБ в 4 раза эффективнее дендробациллина и в 6 раз — энтобактерина. При изучении действия БТБ на яйца совок отмечено, что 0,5 %-ная суспензия препарата вызывает частичную (до 25 %) гибель яиц и последующую гибель гусениц I возраста (в сумме гибель превышает 80 %). Отдаленное действие БТБ на карадрину при заражении гусениц сублетальной дозой выражалось в снижении массы куколок (в опыте 57,4 мг, в контроле 72,5), гибели части (50 %) куколок, снижении плодовитости вылетевших бабочек более чем в 2 раза, гибели отложенных этими бабочками яиц и нарушении соотношения самок и самцов в популяции.

На больших площадях посевов хлопчатника проводилась оценка эффективности БТБ сотрудниками Среднеазиатского НИИ защиты растений (табл. 38). Ш. А. Шарафутдинов (1973) приводит результаты производственных испытаний дендробациллина в смеси с севинном

(2 + 0,5 кг/га, расход рабочей жидкости по вариантам 50, 100, 300 л/га) и БТБ (1,5 кг/га, 300 л/га) при авиационном и наземном применении. Уже через 3 сут численность гусениц на опытных участках снизилась в 5–9 раз и в дальнейшем продолжала снижаться. Через 10 сут эффективность обработок по вариантам составила 84,6–92,2 % (для БТБ 90,3 %).

38. Эффективность микробиопрепаратов и химических инсектицидов против хлопковой совки на посевах хлопчатника (производственные опыты)

Вариант обработки	Норма расхода препарата		Обработанная площадь, га	Численность на 100 растений до обработки		Эффективность на 10-е сут, % к контролю
	кг/га	л/га		яиц	гусениц	

II генерация вредителя

1-й опыт

БТБ-202	1,5	400	5	28	25	87,0
"	1,0	400	5	26	22	74,5

Контроль

9 13 16

2-й опыт

БТБ-202	4,0	200	6	4	29	91,9
Дендробациллин + севин	2 + 0,5	100	10	7	29	83,8
Севин	3,0	200	6	4	26	86,4

Контроль

2 6 27

3-й опыт

БТБ-202	3,0	150	4	21	15	80,0
"	4,0	150	4	39	10	89,5
Дендробациллин + севин	2 + 0,5	200	9,7	17	11	69,1
Севин	3,0	200	4,3	24	26	94,8

Контроль

0,8 19 9

III генерация вредителя

1-й опыт

БТБ-202	3,0	100	24	5	15	83,6
Дендробациллин	6,0	100	12	2	7	71,7
Дендробациллин + фозалон	2 + 0,3	100	24	1	5	87,8
Фозалон	2,5	100	12	2	6	68,2

Контроль

3 1 3

2-й опыт

БТБ-202	3,0	300	4,5	24	35	79,2
"	6,0	300	4,5	26	23	83,7
Фозалон	2,5	300	4,5	22	20	81,3

Контроль

4,5 26 30

Э. К. Адылов (1974) сообщает, что БТБ в концентрации 0,5 % приводит к гибели 91,9 % гусениц озимой совки, 82,5 — хлопковой и 96,7 % — карадрины. Обработка посевов хлопчатника этим препаратом позволяет получить прибавку урожайности 2,9–3,4 ц/га, экономическая эффективность при этом 106,6–124,6 р/га.

П. К. Келимбетов и У. Р. Исраилов (1979) в результате многолетних опытов по применению дендробациллина, энтобактерина и БТБ против хлопковой совки в Таджикской ССР пришли к заключению, что все препараты в высоких дозах (5 кг/га) эффективны и не оказывают отрицательного влияния на энтомофагов.

Хорошую эффективность в подавлении численности хлопковой совки показал лепидоцид (Шарафутдинов, Зурабова, Сейфулина и др., 1986). В 1982–1984 годы в Узбекистане авторы провели лабораторные и полевые испытания лепидоцида в сравнении с дендробациллином и его смесью с бензофосфатом или севинном. Применяли наземное опрыскивание с использованием ОВХ-14 при расходе рабочей жидкости 200 л/га. Эффективность препаратов через 10 сут была следующей: лепидоцид (1 кг/га) — 93,3 %, дендробациллин (5 кг/га) — 65,2, бензофосфат (3 кг/га) — 83,6, дендробациллин с бензофосфатом (2,0 + 0,3 кг/га) — 80,5 %. Урожайность хлопка-сырца составила соответственно 30,0; 29,8; 27,9; 29,5 ц/га (в контроле 27,8 ц/га). На участках, обработанных биопрепаратами, численность энтомофагов незначительно возрастала, в контроле увеличивалась вдвое, а при обработке бензофосфатом и его смесью с дендробациллином снижалась в 2–3 раза.

По эффективности против хлопковой совки не уступает дендробациллину препарат карнецин на основе *Ps. carnea* (Базаров, Кочунова, Кудрявцева, 1981). Карнецин, по заключению авторов, безвреден для тутового шелкопряда и других полезных насекомых.

В последнее время за рубежом большое внимание уделяется использованию *Bac. thuringiensis* для защиты хлопчатника от гусениц совков. Ведется широкий скрининг различных серотипов *Bac. thuringiensis* и соответственно коммерческих препаратов. М. Broza, В. Sneh, А. Yawetz и др. (1984) сообщают об эффективном применении жидкого препарата *Bac. thuringiensis* var. *entomocidus* против египетской хлопковой совки (*Spodoptera littoralis*). Двукратная обработка с расходом препарата 50 л/га дает хорошие результаты. Надежность таких обработок обусловлена также сохранением энтомофагов совки (*Coccinella undecimpunctata*, златоглазок, хищных клопов рода *Orius*, коровок рода *Scymnus*, стафилинид *Paederus alfieri*). Аналогичные результаты приводят Н. Salama, F. Zaki (1985), испытывавшие в полевых условиях активность различных подвидов *Bac. thuringiensis* против этого же вида с учетом защищенности от солнечной радиации. Наибольшую эффективность авторы обнаружили у *Bac. thuringiensis* var. *entomocidus*. Другие авторы (Kalfon, Barjac, 1985; Amonkar, Kulkarni, Anand, 1985) в результате сравнительных испытаний активности около 900 штаммов различных серотипов *Bac. thuringiensis* (21 серотип) пришли к выводу, что наиболее токсичны для *Spodoptera littoralis* штаммы серотипов *aizawai*, *kenyae* и *entomocidus*. S. Jansens, M. Vanhaecke, D. Degheese (1984) испытали активность четырех препаратов *Bac. thuringiensis* — турицида, дипела, АВГ-6105 и бактоспеина против гусениц египетской

хлопковой совки. Наиболее активным оказался АВГ-6105 и турицид. Восприимчивость гусениц была обратно пропорциональна возрасту.

И. Р. Сиддигов (1981) сообщает об эффективности БТБ против люцерновой тли на хлопчатнике. Имеются указания, что препараты, содержащие экзотоксин, и сам экзотоксин токсичны для паутиных клещей. Р. У. Иногамов и Ф. К. Расулов (1976) установили овицидное, ларвицидное и имагоцидное действие экзотоксина на паутинового клеща — вредителя хлопчатника. К. Бабабеков (1978) указывает, что БТБ в 3 %-ной концентрации проявляет высокую активность в отношении паутинового клеща (*Tetranychus telarius*). Такие же результаты получили В. И. Петров и В. И. Петрова (1984) при изучении влияния БТБ на обыкновенного паутинового клеща в теплицах. D. Ludo и M. Sami (1969) при оценке в лабораторных условиях активности бактоспеина в отношении *Tetranychus urticae* и *T. cinnabarinus* пришли к выводу, что водная суспензия препарата вызывает гибель клещей младших возрастов. На последующих стадиях восприимчивость уменьшается до полной устойчивости на стадии имаго. Однако выжившие самки клеща откладывают меньше яиц. P. Vlayen, G. Van Impe, R. Semaille (1978) в лабораторных условиях испытывали активность бактоспеина, экзотоксина и международного эталона Е-61 против различных стадий *T. urticae*. Бактоспеин в 0,1 %-ной концентрации за 7 сут вызвал 50 % гибели клещей и снизил плодовитость оставшихся особей, экзотоксин в той же концентрации за 5 сут вызвал 100 % гибели, Е-61 оказался малоэффективным. Овицидного действия у всех препаратов не обнаружено. Распыление препаратов на растения неэффективно. A. Krieg (1968) пишет, что экзотоксин *Bac. thuringiensis* вызывает 100 % гибели *T. telarius* через 35 сут, причем споры и кристаллы активности не проявляют. Следовательно, пока можно лишь утверждать, что экзотоксин *Bac. thuringiensis* активен в отношении тетраниховых клещей. Для решения вопроса о его практическом использовании необходимы исследования механизма акарицидного действия экзотоксина, выяснение роли спор и кристаллов в патогенезе у клещей, разработка ряда вопросов технологии применения подобных препаратов.

Борьба с другими видами вредителей сельскохозяйственных и лесных культур. В степной зоне и южной части лесостепи в европейской части страны и в Сибири большую опасность представляет луговой мотылек (*Pyrausta sticticalis*). Гусеницы этого вредителя многоядны. Чаще вредит луговой мотылек сахарной свекле, конопле, однолетним и многолетним бобовым, подсолнечнику, кукурузе, моркови. Многоядность и периодические вспышки численности лугового мотылька в отдельные годы наносят огромный вред сельскому хозяйству.

Гусеницы лугового мотылька высоковосприимчивы к *Bac. thuringiensis* и к препаратам на ее основе. В. М. Гораль и Н. В. Лаппа (1979) приводят данные по сравнительной активности бактериальных препаратов (ЛК₅₀) для гусениц лугового мотылька: дипел — 0,0005 %, ден-

дэндробациллин — 0,0153 %, энтобактерин — 0,0294 %. Эти цифры свидетельствуют о высокой активности препаратов, особенно дипела. Сходные данные представлены в работах Н. Н. Лысенко (1982, 1984). Автор определил ЛК₅₀ БТБ (45 млрд/г спор), дэндробациллина (30 млрд/г), энтобактерина (30 млрд/г) и дипела (25 млрд/г) для гусениц II и IV возрастов — соответственно 130 и 400 мг/л, 81 и 89 мг/л, 150 и 640 мг/л, 50 и 55 мг/л, то есть наиболее эффективны дипел и дэндробациллин. Интересно, что эти препараты одинаково активны в отношении гусениц II и IV возрастов. Сравнение овицидного действия БТБ и дипела показало, что у первого препарата активность гораздо выше: ЛК₉₅ БТБ равна 7300 мг/л, ЛК₉₅ дипела — 26 000 мг/л. Многолетние испытания на сахарной свекле, подсолнечнике и моркови в Краснодарском крае, Воронежской области и Красноярском крае показали, что БТБ (2 кг/га), дипел (0,5 кг/га) и дэндробациллин (1,5 кг/га) по технической и экономической эффективности не уступают химическим инсектицидам, применяемым против гусениц лугового мотылька.

Л. П. Никитина (1986) провела широкомасштабные испытания активности энтобактерина, дэндробациллина, БТБ и лепидоцида против лугового мотылька на посевах ромашки аптечной в Новосибирской области. Автор отмечает, что в этих условиях битоксибациллин (2 кг/га), дэндробациллин (2 кг/га) и лепидоцид (1,2 кг/га) наиболее активны против гусениц I и II возрастов вредителя (соответственно 96,8; 93,5; 91,1 %). Урожайность соцветий ромашки на обработанных участках была выше контрольной на 7,3 ц/га.

В степной и лесостепной зонах нашей страны распространен и другой мотылек — кукурузный, или стеблевой (*Ostrinia nubilalis*). Гусеницы этого мотылька тоже многоядны и чаще всего вредят кукурузе, просу, конопле, хмелю, иногда кенафу, канатнику, хлопчатнику, подсолнечнику, свекле. Борьба с вредителем затруднена в связи с особенностями его биологии: отрождающиеся из яиц гусеницы, питаясь, быстрогрызаются в стебли, черешки листьев, соцветия. Гусеницы стеблевого мотылька, так же как лугового, восприимчивы к *Bac. thuringiensis*. Однако в нашей стране против этого вредителя препараты на основе *Bac. thuringiensis* не применяются. В списке химических и биологических средств имеется только одна рекомендация по применению дэндробациллина (60 млрд/г спор в дозе 1,5 кг/га) против гусениц стеблевого мотылька I и II возрастов на хмеле.

За рубежом выполнен ряд исследований по оценке эффективности различных препаратов *Bac. thuringiensis* против этого вредителя. В ФРГ (Langenbruch, 1981) изучена эффективность дипела в форме смачивающегося порошка (2 кг/га) и гранул (30–35 кг/га) против кукурузного мотылька на кукурузе. В результате предлагается использовать смачивающийся порошок в дозе 2 кг/га с расходом рабочей жидкости 500 л/га. Препарат рекомендуется применять дважды: в начале отрождения гусениц и в период массового заселения растений кукурузы.

Эффективность такого приема достигает 70 %. Считается, что, совершенствуя технологию опрыскивания, можно повысить эффективность до 84 %. Гранулированная форма дипела менее эффективна. В Италии (Corpolino, Buri, Fontana, 1984) аналогичное испытание двух форм препарата (смачивающийся порошок и гранулы) при обработке через 1 нед после откладки на растения яиц мотылька показало, что смачивающийся порошок в дозе 1 кг/га (1000 л/га) неэффективен, а технология применения гранулированной формы нуждается в совершенствовании. В Румынии сравнили эффективность дипела, турингина и бактоспеина (Galani, Voinescu, Bărbulescu, 1981) против кукурузного мотылька на кукурузе. Авторы делают вывод, что эти препараты уступают химическим инсектицидам. Наиболее эффективен дипел (5 кг/га), затем турингин и бактоспеин. В то же время в США (Lynch, Lewis, Berry, 1980) при изучении эффективности турицида и дипела в форме гранул и порошков гранулированную форму отмечают как более перспективную. Смачивающиеся порошки эффективны только в больших концентрациях (22,5 %).

В последнее время исключительно обострилась проблема защиты растений закрытого грунта от вредных насекомых. Ставится задача исключить применение химических средств в этих условиях. Основными вредителями растений закрытого грунта являются обыкновенный паутинный клещ (*Tetranychus urticae*), тепличная белокрылка (*Trialeurodes vaporariorum*) и различные виды тлей. Исследователей все больше интересует возможность использования для этого *Vac. thuringiensis*. Этот вопрос уже обсуждался в предыдущем разделе. Здесь дополним только, что для закрытого грунта против паутинного клеща на огурцах рекомендован БТБ. А. В. Храмеева и Г. А. Томан (1983) указывают, что БТБ в концентрации 0,6 % заметно снижает плодовитость тли (*Myzus persicae*). Надо подчеркнуть, что имеющийся арсенал микробиологических средств защиты от вредителей в закрытом грунте очень беден. Необходим дальнейший интенсивный поиск новых видов микроорганизмов и их метаболитов. Представляется целесообразным расширить круг поисков за счет многочисленной группы неспоровых бактерий: среди них многие могут обладать энтомоцидным и акарицидным действием. Низкая технологичность бесспоровых бактерий может быть компенсирована производством жидких препаратов на местах, при тепличных комбинатах. Кроме того, в культуральной жидкости содержание биологически активных веществ всегда выше, чем в сухих препаратах.

Лепидодид в дозах 2,5 и 5 кг/га эффективно подавляет численность гроздовой (*Polychrosis fotrana*) и двулетней (*Stysia ombiquilla*) листоверток на виноградниках Молдавии (Дима, Зурабова, 1984). В Индии зарегистрирована высокая эффективность дипела, бактоспеина и турицида в 0,5—1,0 %-ной концентрации против гусениц рисовой листовертки (*Chaphalocrocis medinalis*) (Srivastava, Naytak, 1978). Высо-

кая эффективность *Bac. thuringiensis* отмечена при авиаобработке хвойных лесов в Канаде против листовертки *Choristoneura fumiferana*: гибель вредителя составила 91,1 %, сохранность хвои — 86,6 % при 100 %-ном объедании в контроле (Smirnoff, 1985). Хорошие результаты были получены на Аляске при обработке кроны тополя осинообразного дипелом и турицидом против листовертки *Choristoneura confictana* (Holsten, Hard, 1985).

Об эффективности лепидоцида в Молдавии против озимой совки на овощных и бахчевых культурах сообщают В. С. Китик и Ф. А. Жданкин (1984). Т. Н. Новицкая и Н. В. Абзианидзе (1985) отмечают надежную эффективность 1 %-ного БТБ против citrusовых клещей *Ranonychus citri* и *Phyllocoptruta oleivorus* при двукратной обработке с интервалом 20–30 сут. БТБ также высокоэффективен против малинно-земляничного долгоносика (Литвинов, Бондаренко, 1987). О. В. Бакланова (1985) изучила действие дендробациллина, БТБ и лепидоцида на отрождающихся гусениц картофельной моли и делает вывод, что все препараты вызывают 84–100 %-ную гибель гусениц. Сходные данные получили П. А. Симчук, А. И. Сикюра и Г. В. Симчук (1986). Дипел эффективен против подсолнечниковой огневки на плантациях подсолнечника в штате Техас (США) (Chandler, Helman, 1982). Зарубежные авторы приводят данные по эффективному применению *Bac. thuringiensis* против гусениц совков на ряде культур: дипела — против табачной почковой совки в США (Jackson, Mistic, 1982); БТБ и дендробациллина — против табачной совки (*Heliothis virescens*) на Кубе (Jimenez, Karabash, Fernandez, 1983); дипела — против гусениц различных возрастов *Heliothis armigera* на нуте в Индии (Dabi, Sharma, Shinde, 1979). В Греции проведено испытание эффективности дипела против оливковой моли (*Prays oleae*) — вредителя маслин (Yamvrias, Young, 1976): из трех поколений вредителя эффективно истребляется только первое. М. Wilson и соавторы (1984) сообщают об изучении действия препарата АВГ-6146, содержащего 55 % экзотоксина *Bac. thuringiensis*, на личинок и имаго люцернового долгоносика. Смачивающийся порошок препарата применяли в дозе 0,00067–0,67 кг/га. Гибель личинок и имаго от дозы 0,67 кг/га была на уровне гибели от карбофурана.

В нашей стране ведутся исследования по использованию БТБ для борьбы с насекомыми — вредителями запасов (Левченко, Мелашенко, 1980). Очевидна перспективность этого направления. Так, в ФРГ против молей (*Ephestia elutella*) на хранящемся зерне испытан турицид (Rabmann, 1986): препарат в дозе 1 г/кг зерна вносили в поверхностный (5 см) слой зерна ржи (масса 500 т, площадь 541 м²) и получили положительный результат.

В заключение еще раз напомним, что в этом разделе бактериальные препараты оценены по первичному эффекту. Такое представление об эффективности средств защиты растений давно и широко вошло в практику. Однако наши данные показывают, что эффективность лю-

бого средства защиты растений — понятие очень емкое, и неправильно оценивать ее только по степени истребления вредителя и принятым в настоящее время экономическим показателям. Следует учитывать также сохранность полезных животных и растений, безвредность для окружающей среды и здоровья людей, все экологические последствия применения препарата. К сожалению, эти факторы не принимаются во внимание не только подавляющим большинством практических работников, но и многими учеными, что, несомненно, наносит ущерб самой идее микробиометода и сдерживает его распространение.

1.3. БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПОДАВЛЕНИЯ КОМАРОВ И МОШЕК

На территории нашей страны обитает более 900 видов гнуса, в том числе около 100 видов кровососущих комаров. Места их выплода — разнообразные естественные и искусственные водоемы, берега рек, озер, прудов, рисовые чеки, болота, канавы, образующиеся после таяния снега, обильных дождей и паводков лужи. В последнее время появились комары-“горожане”. Наличие воды и постоянное тепло в затопленных подвалах, метро и других помещениях обеспечивает круглогодичное размножение этих комаров-синантропов (антропофильных видов).

Кровососущие комары, как известно, — переносчики целого ряда опасных болезней, таких как малярия, туляремия (чумоподобное заболевание людей), желтая лихорадка, таежный энцефалит, лихорадка Ку, анаплазмоз крупного рогатого скота. Например, по данным Всемирной организации здравоохранения, в год регистрируется 150–200 млн случаев малярии. В нашей стране малярия ликвидирована, но рост заболеваемости в мире при расширении международных связей требует постоянной профилактики и контроля численности малярийных комаров. Комары и мошки в значительной степени снижают производительность труда сельскохозяйственных рабочих, лесорубов, рыбаков, нефтяников, строителей. Эти кровососущие насекомые наносят также большой вред животноводству: уменьшаются удои, продуктивность, яйценоскость, нередко происходит падеж. Особенно велика вредоносность комаров и мошек в районах массового распространения, например в Украинском Полесье, северной тайге, тундре.

До недавнего времени, да и сейчас против кровососущих насекомых применяли в основном химические препараты. Но широкие масштабы обработок привели к ряду отрицательных последствий — гибели рыб, птиц, лягушек, различных видов насекомых, простейших, непригодности водоемов для пользования (купания, водопоя, водоснабжения), формированию устойчивых популяций паразитических насекомых. Устойчивость может быть перекрестной, то есть распространяться на аналогичные инсектициды.

Сейчас имеется много сведений о загрязнении водоемов пестицидами и о последствиях такого загрязнения, которые усугубляются тем, что стабильные пестициды имеют тенденцию накапливаться в биологических цепях питания. Например, в Ангаре, по данным Е. И. Спыну (1970), уровень накопления ДДТ в воде был равен 0,008 мг/л, в водорослях — 2,96 мг/кг, в мышечной ткани рыб — 2,96 мг/кг, в иле — 0,563 мг/кг. В воде реки Илим ДДТ обнаруживался в количестве 0,003 мг/л, а у рыб — 1,4 мг/кг (в 470 раз больше). В США в водоемах бассейнов основных рек — Миссисипи, Миссури, Колумбии — содержание ДДТ, ГХЦГ, алдрина, дилдрина, эндрина составляло от 0,001 до 0,02 мг/л. В одном из водоемов Калифорнии количество ДДТ в воде равнялось 0,02 мг/л, в планктоне — 5 мг/кг, а в тканях различных рыб — от 100 мг/кг до нескольких тысяч. Отмечено высокое накопление ДДТ у моллюсков, в частности у устриц. После истребления гнуса в лесах Калифорнии с помощью ДДД — аналога ДДТ, менее токсичного для рыб и птиц, его обнаружили у гнуса и в озерной воде в количестве 0,015 части на миллион, в водорослях — 5 частей, у рыб, питавшихся водорослями, — 10 частей, у более крупных рыб — 30 частей, у водоплавающих птиц, питающихся рыбами, — 1500 частей на миллион. Такая доза вызывала у птиц летальный исход. Пестициды, применяемые в водоемах и поблизости от них, впоследствии выносятся в моря. У морских рыб, выловленных у побережий Северной и Южной Америки, Европы и Азии, находили ДДТ в количестве до 300 мг/кг. В реках и их притоках обнаружены пестициды, которые были применены в верховьях: в Ангаре и Илеме — ДДТ (0,005–0,025 мг/л) в 150 км от тех мест, где в реку вносилась эмульсия этого препарата.

Известно самоочищение водоемов от различных загрязнений, в том числе от пестицидов. Но это происходит, к сожалению, не всегда. Самоочищение аэробными микроорганизмами возможно только при достаточном количестве кислорода в воде и низком поступлении органических веществ. Избыток последних сильно снижает содержание кислорода, и в результате происходит замена аэробной микрофлоры на анаэробную, которая не в состоянии минерализовать органические вещества. В этом случае идут гнилостные процессы с накоплением вредных продуктов распада (метана, аминов, серо- и фосфорсодержащих веществ), отравляющих воду.

Эффективные химические средства борьбы с комарами и мошками вошли в явное противоречие с проблемой охраны окружающей среды: наше вмешательство в гидробиоценотические связи должно быть минимальным. Многие ученые (Дубицкий, Саубенова, Черкашин, 1981) пытались найти альтернативные химическим средства для борьбы с личинками комаров и мошек — наиболее уязвимой фазой их развития. Были выявлены и изучены различные микроорганизмы из групп простейших, грибов, бактерий, патогенные для личинок комаров и мошек, но все они по разным причинам не могли служить осно-

110

вой биопрепаратов. В США предпринимались попытки использовать мермитиды — широко распространенные облигатные препараты насекомых, в том числе личинок комаров (Коппел, Мартинс, 1980). Даже прошли полевые испытания *Reesimermis melseni* против личинок комаров *Anopheles freeborni*. Затруднения вызваны строгой облигатностью и сложной технологией массового накопления и применения мермитид, но авторы полагают, что это направление перспективно.

Первый ларвицидный препарат был изготовлен на основе *Bac. thuringiensis* var. *israelensis* (H₁₄) в Институте Пастера. Там же получен первый лабораторный стандарт для сравнения штаммов и препаратов такого рода — IPS-78, а с 1982 года предложен новый — IPS-82.

В нашей стране ларвицидный препарат на основе *Bac. thuringiensis* H₁₄ (штамм 266/2, получен из коллекции ССЕСВ Института энтомологии Чехословацкой академии наук от профессора Я. Вайзера, который выделил этот штамм в Нигерии) под названием "бактокулицид" разработан во Всесоюзном НИИ сельскохозяйственной микробиологии. Затем был выделен ряд отечественных изолятов *Bac. thuringiensis* H₁₄, многие из которых по ларвицидной активности, стабильности, продуктивности и технологичности превосходили штамм 266/2 (Кандыбин, Ермолова, Барбашова и др., 1986) (табл. 39). На следующем этапе в работе по созданию препарата и испытанию его эффективности приняли участие сотрудники Киевского государственного университета и других научных учреждений.

39. Ларвицидная активность природных изолятов *Bac. thuringiensis* H₁₄

№ изолята	Титр спор в культуральной жидкости, млрд/мл	ЛД ₅₀ , тыс. клеток/мл, через 48 ч	
		для <i>Culex pipiens</i> <i>molestus</i> (L ₂)	для <i>Aedes communis</i> (L ₄)
16	3,20 ± 0,35	4,89	2,34
33	3,55 ± 0,90	4,95	2,87
59	3,23 ± 0,31	4,31	2,45
76	2,69 ± 0,76	—	2,07
77	3,32 ± 0,71	3,96	3,09
79	3,40 ± 0,75	3,43	2,78
83	2,92 ± 0,92	—	3,00
87	3,0 ± 0,27	4,20	1,80
7-1	3,13 ± 0,24	3,60	2,48
9-5	3,48 ± 0,50	3,66	3,77
11-1	3,20 ± 0,76	3,97	2,94
11-8	3,55 ± 0,22	3,76	2,32
14-1	3,83 ± 0,74	3,86	3,02
18-2	3,18 ± 0,42	4,20	3,37
140	2,59 ± 0,27	4,18	3,47
162	2,86 ± 0,48	4,92	3,23
266/2 (эталон)	2,55 ± 0,18	5,63	3,65

1.3.1. Морфофизиологические особенности и ларвицидное действие *Bacillus thuringiensis* H₁₄

Bac. thuringiensis H₁₄ — крупная грамположительная бацилла, образует споры и параспоральные кристаллические включения эндотоксина (протоксина) неопределенной формы, не образует термостабильного β -экзотоксина. Факультативный анаэроб. Токсическое действие оказывают кристаллы, споры и вегетативные клетки (последние в меньшей степени): эндотоксин, который содержится также в оболочке спор и вегетативных клеток, вызывает у личинок комаров деструктивные изменения клеточной стенки кишечника, особенно его среднего отдела.

Мы изучали ларвицидную активность споровой формы *Bac. thuringiensis* H₁₄ на комарах *Culex pipiens molestus*. Высокие дозы ($5 \cdot 10^4$ — $5 \cdot 10^7$ спор/мл) вызывали полную гибель личинок в течение 1–4 ч. Даже в дозе $5 \cdot 10^3$ спор/мл препарат вызывал 98 % гибели за 24 ч. Культуральная жидкость через 6 и 24 ч инкубирования не оказывала ларвицидного действия, следовательно, ларвицидные метаболиты, очевидно, в среду не выделяются. В лабораторных условиях в дозе $1 \cdot 10^5$ — $4 \cdot 10^5$ спор/мл в воде штамм сохраняет активность в течение 11 сут.

Длительное хранение на разных средах, периодические пересевы и массовое культивирование в больших емкостях выявили у некоторых штаммов *Bac. thuringiensis* H₁₄ постепенное снижение продуктивности и ларвицидной активности. Некоторые штаммы, в том числе 266/2, при экстремальных условиях культивирования и хранения (на агаризованных средах 12 мес, в кристаллах 4 мес, в трупях личинок комаров 3 мес) диссоциируют на четыре морфологических и физиологических варианта. Особенно сильную изменчивость наблюдали при высеве бактерий из трупов личинок *C. pipiens molestus*: до 18 % колоний штамма 266/2 составляли R-формы с пониженной ларвицидной активностью. Варианты различались между собой не только ларвицидностью, но и продукцией спор и кристаллов, лизогенностью. Так, IV вариант (S-тип) по сравнению с I и II был олигоспорогенным и непатогенным (табл. 40). Селекционная работа позволила отобрать штамм (штамм 71) с повышенной продуктивностью, стабильностью и ларвицидной активностью. В коллекции Всесоюзного НИИ сельскохозяйственной микробиологии сейчас уже имеется около 20 других штаммов *Bac. thuringiensis* H₁₄, выделенных из образцов почвы, ила и растительных субстратов Ленинградской, Крымской, Одесской, Николаевской, Херсонской областей и Краснодарского края, которые по хозяйственно ценным признакам или не отличаются от штамма 71, или превосходят его и служат банком промышленных штаммов — продуцентов бактокулицида.

40. Ларвицидная активность морфологических вариантов штамма 266/2 *Bac. thuringiensis* H₁₄

Тип варианта	Титр спор, млрд/мл	ЛК ₅₀ для <i>L₂ C. pipiens molestus</i> через 24 ч, спор/мл
I (R)	2,55 ± 0,18	5,63 · 10 ³
II (RS)	2,43 ± 0,25	8,85 · 10 ³
IV (S)	1,23 ± 0,23	Отсутствие активности

1.3.2. Бактокулицид — ларвицидный препарат на основе *Bacillus thuringiensis* H₁₄

Бактокулицид — порошок светло-серого или светло-коричневого цвета, с влажностью не более 7 %, содержит около 100 млрд/г спор и значительно большее количество кристаллов эндотоксина. Срок хранения по ТУ 1,5 года, но при соблюдении оптимальных условий он не теряет активности в течение 5 лет и более. Бактокулицид предназначен для подавления численности личинок кровососущих комаров и мошек в местах их выплода.

Для стандартизации бактокулицида и оценки его активности используют личинки IV возраста *Aedes aegypti*. Это отвечает требованиям международного стандарта для препаратов такого рода, предложенным Всемирной организацией здравоохранения. *A. aegypti* как тест-объект достаточно стабилен, характеризуется высокой плодовитостью, легко культивируется в инсектариях или других приспособленных помещениях. Яйцекладки этого комара можно сохранять в сухом виде в течение нескольких месяцев и транспортировать на любые расстояния. Активность (А) предлагаемых препаратов бактокулицида определяется по формуле в сравнении со стандартом (активность стандарта принята за 1000 ME)

$$A = \frac{1000 \text{ ME} \times \text{ЛК}_{50} \text{ стандарта IPS-82}}{\text{ЛК}_{50} \text{ предлагаемого препарата}}$$

Разработанный нами препарат по активности в 1,8 раза превосходит принятый тогда международный стандарт IPS-78. Мы сравнили также активность отечественного бактокулицида и зарубежных препаратов — текнара (фирма "Sandoz"), вектобака (фирма "Abbott") и бактимоса (фирма "Solvey"). ЛК₅₀ (мг/л) бактокулицида для *L₄ A. aegypti* составила 0,11, текнара 0,35, вектобака 0,30 и бактимоса 0,12, то есть бактокулицид по активности примерно одинаков с бактимосом и в 3 раза превосходит два других препарата.

Бактокулицид обладает высокой избирательностью: он совершенно безопасен для людей, сельскохозяйственных животных и гидро-

бионтов, сопутствующих личинкам комаров. Сотрудники Киевского университета (Викторов-Набоков, Шеремет, Костюченко и др., 1982) изучили спектр действия бактокулицида. Установлено, что более 60 видов из 56 родов 42 семейств и 22 отрядов представителей пресноводной фауны были невосприимчивы к бактокулициду. Обработка водоемов бактокулицидом и последующие наблюдения за нецелевыми гидробионтами свидетельствовали об отсутствии заметного влияния на их состав и численность (Кандыбин, Барбашова, Виктор-Набоков и др., 1980). Гистологический анализ личинок стрекоз и ракообразных из обработанных водоемов не выявил каких-либо отклонений. В 1983–1984 годы в Азовском НИИ рыбного хозяйства были проведены специальные исследования влияния бактокулицида на представителей зоопланктона и зообентоса, онтогенез и физиологическое состояние рыб, гидрохимический режим водоемов. Даже в дозе 5 мг/л (или 25–50 кг/га) бактокулицид не оказывал отрицательного эффекта, поэтому он может быть рекомендован для широкого применения, в том числе в рыбохозяйственных водоемах.

О безвредности *Vac. thuringiensis* H₁₄ для сопутствующих гидробионтов сообщили также А. Б. Рогатин и О. Г. Саубенова (1982). А. Krieg, S. Engler, M. Rieger (1980) изучали действие культуры на трихограмму и медоносную пчелу. Недельное скармливание взрослым особям трихограммы препарата в концентрации $5 \cdot 10^7$ спор/мл не влияло на ее способность паразитировать на яйцах зерновой моли, скармливание медоносной пчеле (10^8 спор/мл) не сказывалось на физиологическом состоянии особей. Наши исследования (Кандыбин, Смирнов, 1982; Кандыбин, Стусь, Кузнецова, 1981) показали, что бактокулицид нетоксичен для теплокровных животных и рыб гамбузий, питающихся личинками комаров.

1.3.3. Технология применения и эффективность бактокулицида

По отзывам специалистов-производственников, бактокулицид в настоящее время — самое высокоэффективное средство подавления численности личинок комаров при абсолютной безопасности для сопутствующих гидробионтов, полезных животных и человека. Эффективность бактокулицида испытана против личинок различных видов комаров во всех ландшафтно-географических зонах и в водоемах разного типа. Бактокулицидом опрыскивают водную поверхность, заселенную личинками комаров. Порошок препарата, тщательно перемешивая, растворяют в небольшом количестве воды, затем добавляют воду до конечного объема. Важен правильный выбор нормы расхода препарата на единицу площади (1 м² или 1 га) и его равномерное внесение; общий объем суспензии практически не играет роли. Бактокулицид применяется авиационным и наземным опрыскиванием. Пока что используются опрыскиватели старых образцов, предназначенные

для применения химических ларвицидов. Из самолетов рекомендованы для этих целей Ан-2 и вертолет К-26 со стандартным оснащением. Особенно производительное и эффективное использование вертолетов для обработки водоемов, густо заросших растительностью: отвесная сильная струя воздуха, создаваемая работой винта (так называемый "винтовой эффект") вызывает обратный, отраженный от воды поток воздуха, как бы выпрямляющий растения, на которые вследствие этого попадает меньше препарата, и большая его часть достигает водной поверхности (Кучеренко, Баздырев, Болгаренко, 1987). Авторы сообщают, что авиаобработка бактокулицидом заросших водоемов из расчета 0,5 кг/га (50 л/га 1,0—1,5 %-ной суспензии) позволила снизить численность личинок комаров (с преобладанием различных видов *Aedes*) через 3 сут на 85—91 %, через 10 сут на 96—100 %.

Наиболее чувствительны к бактокулициду личинки комаров родов *Aedes* и *Culex* и менее чувствительны личинки рода *Anopheles*. При этом во всех случаях личинки младших возрастов чувствительнее личинок старших возрастов. Куколки и имаго не подвержены действию препарата, поэтому для достижения высокого эффекта необходимо обрабатывать водоемы до их появления. Более того, при обработке водоемов, в которых преобладают личинки младших возрастов (I—II), высокого эффекта можно достичь с применением меньших доз препарата, чем против личинок III и особенно IV возрастов, поскольку ЛК₅₀ для личинок младших возрастов в 2—5 раз меньше, чем для старших.

Мы в 1983—1984 годах испытали эффективность бактокулицида в различных водоемах (аедеогенных и анофелегенных открытого типа и подвальных закрытого типа) в Ленинграде и его пригородах. При нормах расхода соответственно 0,5—1,5; 1,5—2,0 и 0,5—1,0 кг/га (по типам водоемов) эффективность через 72 ч составила 97,8—100 %. Испытания бактокулицида в различных регионах также показали его высокую эффективность (табл. 41). Недавно появилось сообщение (Казанок, Шеремет, Борейко и др., 1987) о высокой восприимчивости рисового комарика (*Cricotopus silvestris*) к бактокулициду.

В наших опытах бактокулицид практически одинаково эффективен в водоемах с разной температурой (табл. 42). В то же время имеются данные (Wraight, Molloy, Jamnback e. a., 1981; Салай-Маржо, Гариб, 1985) о некоторой, хотя и очень незначительной, зависимости восприимчивости личинок комаров к препарату от температуры. Мы склонны объяснять это не особенностями действия *Bac. thuringiensis* H₁₄ и ее токсинов, а характером и активностью питания личинок. Большее значение имеет видовая восприимчивость: при равных условиях применения бактокулицида эффект был выше в водоемах с личинками *Ae. communis*, чем в водоемах с личинками *An. maculipennis*, хотя в первом случае преобладали личинки старших возрастов (III и IV), а во втором — I.

116 41. Региональные испытания эффективности бактокулицида против комаров в водоемах разного типа

Район испытаний	Характеристика водоема	Доминирующий род комаров	Площадь водоемов, га	Доза препарата, кг/га	Численность личинок на 1 м ² до обработки, особей	Гибель личинок, %	
						через 2 сут	через 3 сут
Ленинградская обл.	Открытые временные воронки	Aedes	19,20	0,25—0,5	730—3200	94,9	100
	Открытые сильно заросшие пруды	Anopheles		1,0—1,5	150—750	92,0	99,8
	Подвалы с канализационной водой	Culex		0,25—1,0	400—900	99,0	100
Киев, Киевская обл.	Временные сильно загрязненные лужи	Aedes	14,75	2,5—5,0	37	100	
	Пруды, заросшие растительностью	Anopheles		5,0	10	100	
	Озера с небольшим зарастанием	Culex, Anopheles		1,0—3,0	8—11	70	100
	Подвальные водоемы, сильно загрязненные	Culex		1,0	50	100	
Николаев, Николаевская обл.	Заболоченность	Culex, Anopheles	4,60	1,0	125	96,6	98,5
	Сточный канал, сильно загрязненный	Culex, Culiseta		5,0	178	100	
	Подвалы с канализационной водой	Culex		0,3—1,0	60—200	99,9	100
Сырдарьинская обл.	Временные заросшие водоемы	Aedes, Culex	0,80	2,0	1628	100	
Донецкая обл.	Пруды заросшие, заболоченности	Anopheles, Aedes, Culex	5,80	0,5	230	95,0	98,6
	Подвальные полисопробные водоемы	Culex		1,5	1900	99,0	99,0
Москва	Подвальные водоемы	Culex	0,13	3,0	2000	100	

42. Эффективность бактокулицида против личинок комаров двух видов при разной температуре

I опыт					
доза препарата		численность личинок на 1 м ² до обработки, особей	эффективность, %		
мг/л	г/м ²		24 ч	48 ч	72 ч
Aedes communis					
0,4	0,1	105	37,3	86,5	92,8
0,8	0,2	455	70,0	98,5	100
1,5	0,3	140	75,5	100	
2,3	0,5	240	80,6	100	
Контроль		360	0	0	
Anopheles maculipennis					
1,0	0,3	1290	90,5	92,1	99,2
2,0	0,5	230	88,6	98,8	100
3,0	0,8	600	94,7	97,7	100
Контроль		830	0	0	0

Продолжение

II опыт					
доза препарата		численность личинок на 1 м ² до обработки, особей	эффективность, %		
мг/л	г/м ²		24 ч	48 ч	72 ч
Aedes communis					
0,5	0,13	570	34,2	87,7	96,2
1,0	0,2	1075	83,2	94,8	100
2,0	0,6	2000	93,4	100	
3,0	0,66	900	91,6	100	
Контроль		865	0	0	0
Anopheles maculipennis					
0,5	0,1	500	22,8	30,8	40,4
1,0	0,35	855	88,0	96,4	98,0
2,0	0,4	1040	92,4	94,2	99,6
Контроль		440	0	0	0

П р и м е ч а н и е. Соотношение личинок *Aedes communis* по возрастам (I—IV) соответственно 4,8; 26,4; 34,2; 34,6 %, *Anopheles maculipennis* — 46,5; 9,6; 16,8; 27,1 %. В первом опыте с *A. communis* и *An. maculipennis* температура воды соответственно 16 и 22 °С, во втором опыте соответственно 6 и 14 °С (опыты проводили в мае — июне).

При оценке остаточной эффективности бактокулицида в естественных водоемах оказалось, что срок его действия не превышает 5 сут. Параллельно изучали распределение спор бактокулицида в

воде через разные сроки после внесения препарата. Через 30 мин препарат распределялся в слоях 0–3 и 15 см примерно одинаково, но уже через сутки и тем более через 3 и 5 сут его количество для нормы 1 мг/л снижалось примерно в 10–20 раз, для нормы 0,25 мг/л — примерно в 3–10 раз. Одновременно резко падала ларвицидность: через 5 сут в 2–3 раза, через 10 сут в 10–30 раз. Размножения *Bac. thuringiensis* H₁₄ в трупах личинок пока не наблюдали. Более того, отмечают, что после применения *Bac. thuringiensis* H₁₄ не всегда удается выделить эту бактерию из погибших личинок. Следовательно, гибель не обязательно связана с размножением патогена. Если это так, то быстрое снижение количества препарата в воде вызвано его потреблением как самими личинками, так и другими гидробионтами (простейшими, насекомыми и т. д.). Кроме того, значительная часть препарата постепенно оседает на дно, на растения и другие субстраты и становится недоступной для личинок. Подтверждением такого предположения служит тот факт, что в водоемах, насыщенных органическими субстратами, эффективность *Bac. thuringiensis* H₁₄ всегда ниже. J. Margolit и H. Bobroglo (1984) отмечают, что эффективность *Bac. thuringiensis* H₁₄ против личинок II возраста *Culex pipiens* и *Aedes aegypti* уменьшалась в воде с примесью органических веществ и песка, причем в сочетании эти компоненты снижали эффективность бактерий в большей степени.

Во многих странах созданы препараты, аналогичные бактокулициду. D. A. Dame, K. E. Savage, M. V. Meisch e. a. (1981) сообщают об испытании в США эффективных промышленных препаратов на основе *Bac. thuringiensis* H₁₄ — SAN 402 2WDC (текнар), Biochem 666 PM 50 (бактимос), ABG-6108 WP (вектобак) (фирмы "Sandoz", "Biochemproducts" и "Abbott"). Препараты применяли в виде суспензий (0,7–5,2 кг/га) против личинок *Aedes aegypti*, *Anopheles quadrimaculatus*, *Psorophora columbiae* и *Aer. taeniorhynchus* на искусственных прудах, рисовых чеках, засоленных болотах. На рисовых чеках полное уничтожение личинок комаров достигалось при внесении 1 кг текнара, 1,5 — бактимоса и 4 кг вектобака на 1 га. Остаточную активность отмечали только в прудах при применении высоких доз препаратов. J. L. Clarke и W. A. Rowle (1984) приводят данные об испытании трех форм гранулированных препаратов против личинок *Aedes trivittatus* в искусственных и естественных водоемах. В искусственном водоеме гранулированные препараты в количестве 2,8 и 5,6 кг/га вызывали гибель 93–100 % личинок, в естественных через 24 ч после внесения препарата численность личинок снизилась, но через 72 ч стала возрастать, хотя в зоне обитания личинок препарат сохранялся. Высокий эффект получен при внесении гранул в бассейн за 1 ч до заполнения. При внесении гранул за 144 ч эффект был гораздо слабее — 32–74 % гибели. Авторы склонны объяснять это инактивацией вследствие инсоляции, хотя добавление в препарат активированного угля в качестве фотопротектора не дало

результатов. В США широко применяются авиаобработки с использованием специальных опрыскивателей, снабженных компрессором, регулятором давления, резервуаром для концентрата, форсункой, набором втулок и электрооборудованием. Такой опрыскиватель обеспечивает эффективное распыление сверхмалых количеств концентратов бактерий (0,6—0,7 л/га). Эти опрыскиватели могут использоваться на самолетах разных типов (Yates, 1984). Ларвицидные препараты созданы также в Чехословакии (москитур), Венгрии (туримос), Англии (скитал). Все они выпускаются в виде порошка и применяются методом опрыскивания водоемов рабочими растворами (суспензиями).

Таким образом, за сравнительно короткий срок (всего 10 лет с момента выделения *Bac. thuringiensis* H₁₄) создано большое число промышленных форм ларвицидных препаратов. Значительную роль в интенсификации этих разработок сыграли Всемирная организация здравоохранения, ее специальный комитет и рабочая научная группа по биологической борьбе с насекомыми — переносчиками болезней. В нашей стране в ближайшее время предполагается резкое увеличение объемов производства и применения бактокулицида. В этой связи предстоит решить ряд вопросов. Должны быть созданы разные рецептурные формы препарата (порошок, паста, стабилизированные суспензии, эмульсии, приманки, гранулы, брикеты). Необходимо усовершенствовать технологию применения форм бактокулицида в зависимости от почвенно-климатических условий региона и типа водоема. Особое внимание следует уделить разработке технологий применения бактокулицида для контроля численности мошек. Таких работ в нашей стране пока очень мало, и соответствующие рекомендации отсутствуют. Требуются дополнительные исследования по расширению банка ларвицидных штаммов, в том числе с привлечением генноинженерных и селекционных методов. Необходим рабочий стандарт бактокулицида, с которым сравнивались бы новые штаммы и препараты такого рода. Наконец, должны быть сконструированы специальные машины и агрегаты для эффективного авиационного и наземного применения разных форм бактокулицида с учетом конкретных условий обитания комаров и мошек и приемов их истребления.

1.3.4. Ларвицидная активность *Bacillus sphaericus*

Второй перспективный для биологического контроля численности комаров агент — *Bac. sphaericus*. Эта бактерия — постоянный обитатель почв и водоемов, распространена повсеместно, долгое время считалась обычным сапрофитом. После выделения в начале 70-х годов в Индии штамма SS11-1, патогенного для личинок комаров, интерес к ней значительно возрос. Позднее из личинок комаров выделили 186 штаммов этого вида, из которых 45 вызывали полную гибель личинок за 48 ч в титре 10⁷. Наиболее ларвицидным оказался штамм 1593, выделен-

ный в 1974 году в Индонезии из трупов личинок *Culex quinquefasciatus* (Singer, 1980; Davidson, 1982). *Bac. sphaericus* в отличие от *Bac. thuringiensis* H₁₄ в экологическом отношении более пластичный вид, поэтому не исключено, что, используя его, удастся создавать более продолжительные очаги контроля численности комаров в водоемах. Появляются указания, что *Bac. sphaericus* размножается в воде и трупах личинок.

Таксономия *Bac. sphaericus* разработана недостаточно. Попытки свести разнообразие штаммов в какую-либо систему, подобно тому, как это сделано для группы *Bac. thuringiensis*, пока не имели успеха. H. de Barjas с соавторами (1985) изучили серологические и ларвицидные свойства 54 штаммов вида и не нашли устойчивых корреляций между этими признаками. Было предложено различать серотипы *Bac. sphaericus* по степени ларвицидности. Однако указанный признак также нестабилен, что отмечают и сами авторы: ларвицидность в значительной мере зависит от среды культивирования. Сейчас из огромного разнообразия штаммов *Bac. sphaericus* за рубежом используются три — 1593, 2297 и 2362. Мы изучили активность этих трех штаммов и пришли к выводу, что по всем показателям лучшим следует признать штамм 2362.

У *Bac. sphaericus*, как и у *Bac. thuringiensis* H₁₄, обнаружен ларвицидный токсин белковой природы, для которого характерна устойчивость к высоким (до 80 °C) температурам и протеолитическим ферментам. Это выгодно отличает его от других подобных токсинов. В то же время он инактивируется щелочью. Некоторые активные штаммы *Bac. sphaericus* не имеют включений токсина. У них он обнаружен в спорах, клеточной стенке и цитоплазме. В отличие от эндотоксина *Bac. thuringiensis* H₁₄ токсин *Bac. sphaericus* обладает более узким спектром действия (даже в пределах сем. *Culicidae*). Такие близкие по восприимчивости к другим инсектицидам виды, как *Culex pipiens molestus* и *Aedes aegypti*, резко различаются по чувствительности к *Bac. sphaericus*: первый очень восприимчив, второй почти невосприимчив. Отмечалась неодинаковая чувствительность не только разных видов комаров, но и линий в популяциях одного вида. Однако здесь надо учитывать штаммовые различия *Bac. sphaericus* по ларвицидной активности, а также различия, обусловленные режимом культивирования. Испытание *Bac. sphaericus* и ее токсина на других группах насекомых (чешуекрылые, мошки), на гидробионтах, млекопитающих, рептилиях дало отрицательный результат (Hudson, 1981). То есть эта бактерия, как и *Bac. thuringiensis* H₁₄, абсолютно безопасна для полезных животных и человека, а селективность ее патогенного действия уникальна.

Ларвицидный токсин начинает образовываться в фазу вегетативного роста и накапливается в максимальных количествах в период споруляции. Мы изучили токсинообразование у *Bac. sphaericus*

(штамм 2362) в биотесте. При выращивании в жидкой среде уже через 6 ч культура проявляет высокую ларвицидную активность против *L₂ Culex pipiens molestus* (табл. 43), которая в дальнейшем продолжает возрастать. Аналогичные сведения приводят зарубежные авторы (Subramaniam, Jamura, Yavaraman, 1981). *Vac. sphaericus* наиболее активна при температуре воды 30–35 °С, но чувствительна к инсоляции.

43. Динамика ларвицидной активности 6-часовой культуры *Vac. sphaericus* штамм 2362 против личинок *Culex pipiens molestus* разного возраста

Доза патогена, X 10 ³ клеток/мл	Гибель личинок, %					
	L ₂		L ₃		L ₄	
	24 ч	48 ч	24 ч	48 ч	24 ч	48 ч
100	100		85	100	80	100
50	90	100	60	90	55	80
25	60	90	30	55	10	20
12,5	45	80	10	25	0	5
Контроль (вода)	0	0	0	0	0	0

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что эта бактерия особенно перспективна для подавления численности личинок рода *Culex* в сильно загрязненных водоемах городского типа, где *Vac. thuringiensis* H₁₄ менее эффективна.

В последнее время в некоторых странах предпринимаются попытки создания препаратов на основе *Vac. sphaericus*. Так, в США фирмой "Abbott" получены первые промышленные образцы порошковых препаратов, высокоэффективных против личинок родов *Culex*, *Mansonia*, *Anopheles* и *Psorophora columbia*. Фирма "Solvey" предложила для этих целей пасту с несколько меньшим эффектом. Организовано местное производство препаратов *Vac. sphaericus* в лабораториях Индии, Таиланда, Ганы, Нигерии, Филиппин.

В нашей стране уже созданы первые образцы препаратов, которые по действию на личинок рода *Culex* не уступают бактокулициду. Однако, к сожалению, эти исследования не скоординированы, а поэтому недостаточно эффективны, в особенности если учесть нестабильность вида по хозяйственно ценным признакам. Специальное внимание должно быть уделено изучению культуральных, физиологических и экологических особенностей *Vac. sphaericus* как основы для разработки технологии производства высококачественного препарата и приемов его рационального использования. Несомненно, что решение такого широкого круга вопросов под силу только специалистам разного профиля (микробиологам, энтомологам, паразитологам, генетикам, технологам) при тесной кооперации и координации работ.

2. БАКТЕРИАЛЬНЫЙ МЕТОД БОРЬБЫ С ГРЫЗУНАМИ

Грызуны (полевые и синантропные виды) причиняют огромный вред на посевах, в закрытом грунте, на складах и в хранилищах, на фермах. Кроме того, грызуны служат источником и переносчиком многих инфекций человека и сельскохозяйственных животных, в том числе таких особо опасных, как чума, туляремия, листереллез, бруцеллез, холера. Вредоносность грызунов особенно ощутима в годы массового увеличения численности. Особенно интенсивно размножаются мыши и полевки в южных районах нашей страны, из-за чего здесь часты "мышинные нашествия". Надо отметить, что потенциал размножения грызунов никогда не реализуется полностью, особенно у мелких мышевидных, но даже при этом численность вида может увеличиться в 50–500 раз. Для многих мышевидных характерны сезонные миграции, обусловленные неблагоприятными условиями или перенаселением. Так, многие мыши и полевки в осенне-зимний период мигрируют в стога, скирды, ометы, постройки, лесополосы и другие защищенные от неблагоприятных факторов станции. Такие массовые скопления грызунов в закрытых станциях приводят к повышению их вредоносности и иногда служат источником инфекционных заболеваний человека и сельскохозяйственных животных. По видовому составу и численности грызуны — большая группа животных из класса млекопитающих. У нас в стране их насчитывается около 150 видов, в мировой фауне — более 2000, или половина всех видов млекопитающих.

Эти особенности грызунов (широкое распространение, потенциальная плодовитость и многообразная вредоносность) вынуждают вести с ними постоянную борьбу. К числу эффективных средств ограничения численности мышевидных грызунов относится бактериальный метод.

2.1. РОДЕНТОПАТОГЕННЫЕ БАКТЕРИИ

Грызуны, как и другие теплокровные, подвержены инфекционным заболеваниям, причем некоторые возбудители патогенны только для грызунов. Это было известно давно основоположникам микробиологического метода борьбы с грызунами Луи Пастеру и И. И. Мечникову. В 1888 году Пастер для борьбы с дикими кроликами предложил использовать возбудителя куриной холеры (*Bacterium bipolaris avisep-ticum*). Одновременно И. И. Мечников провел аналогичные испытания на сусликах в юго-западных районах Украины. Эти предложения не были реализованы из-за опасности распространения патогена среди сельскохозяйственных животных, но идеи двух крупных ученых-соратников вызвали большой интерес и послужили стимулом в поисках микроорганизмов, пригодных для борьбы с вредителями, в том числе с грызунами. Первая отечественная лаборатория по изучению бакте-

риальных способов борьбы с грызунами была организована в Петербурге в 1891 году. В ней работали такие крупные ученые, как А. Е. Фоктистов, С. С. Мережковский, Б. Л. Исаченко, М. Д. Гримм, Г. С. Кулеша, А. И. Антоновский, М. П. Голубева, М. И. Прохоров.

В 1893 году С. С. Мережковский (1895) выделил от больных сусликов бактерию, названную им. *Bac. typhi spermophilorum*, которая оказалась патогенной для мышей, полевок и серого хомячка. В 1897 году Б. Л. Исаченко (1898) в трупах крыс обнаружил сходную бактерию, получившую название *Bac. decumanicidum*. В отличие от первой она была патогенна не только для мышей и полевок, но и для крыс, сусликов, песчанок. I. Danysz (1900) во Франции во время эпизоотии обыкновенной полевки (*Microtus arvalis*) выделил возбудителя эпизоотии, оказавшегося патогенным для крыс, мышей и полевок, а F. Löffler (1892) от больных белых мышей лабораторной популяции — бактерию, которую назвал *Bacillus typhimurium* и предложил использовать для борьбы с грызунами. Поспешное применение *Bac. typhimurium* в Германии привело к массовым заболеваниям людей со смертельными исходами. Выяснилось, что в отличие от предыдущих этот вид микроорганизмов характеризуется широким спектром действия и совершенно непригоден для дератизационных целей. Такая оплошность послужила причиной отрицательного отношения к бактериальному методу, и понадобились значительные усилия его сторонников, чтобы доказать перспективность предложенного подхода. Сейчас бактерии Исаченко и бактерии Мережковского широко применяются в практике защиты от грызунов у нас в стране, бактерии Данича — за рубежом, в частности во Франции.

Таксономия бактерий Исаченко, Мережковского и Данича претерпела значительные изменения. Эти бактерии относятся к кишечной группе. Специальные исследования по таксономии этих бактерий, проведенные Н. А. Поповым (1970), и наши дополнения (Кандыбин, 1974) позволили отнести их к виду *Salmonella enteritidis* группы "Д" (бактерии Исаченко — *Sal. enteritidis* var. *Issatschenko*, бактерии Мережковского — *Sal. enteritidis* var. *Mereschkovski*, бактерии Данича — *Sal. enteritidis* var. *Danysz*). Это короткие (1–2 мкм) грамотрицательные палочки с закругленными краями, подвижные (имеют перитрихально расположенные жгутики), хорошо окрашиваются анилиновыми красителями, при определенных условиях образуют капсулу, спор не образуют. Бактерии хорошо растут на обычных плотных и жидких средах с pH 7,2–7,4 — МПА, желатине, МПБ, молоке, дрожжевых, гороховых и др. На плотных средах при оптимальных условиях роста образуют круглые, гладкие, прозрачные колонии с ровными краями и синеватым отливом размером 0,5–3 мм, на элективных средах (Эндо, Плоскирева) — круглые бесцветные колонии, на жидких — равномерное помутнение и тонкую поверхностную пленку, которая легко разбивается при встряхивании. Факультативные аэробы, оптимальная температура роста 37 °С.

44. Биохимические свойства бактерий Исаченко, Мережковского и Данича (Прохоров, 1966)

Бактерии	Ферментация углеводов											Рост на среде Симмонса	Изменение цвета среды Штерна	Пептонизация молока	Свертывание молока	Разжижение желатины	Образование		Реакция		Гемолиз	Редукция		Газообразование в среде Бумера при 15–45 °C
	глюкоза	лактоза	сахароза	арабиноза	дульцит	маннит	инозит	галактоза	ксилоза	декстроза	рамноза						индола	H ₂ S	с метилротом	Фогес-Проскауэра		нитратов	нитритов	
Исаченко	кг	0	0	к (г)	кг	кг	0	кг	кг	кг	кг	+	—	+	—	—	—	+	+	—	—	+	—	+
Мережковского	к	0	0	0	к	к	0	к	к	к	0	+	+	+	—	—	—	+	+	—	—	+	—	—
Данича	кг	0	0	кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг	кг	+	—	+	—	—	—	+	+	—	—	+	—	+

П р и м е ч а н и е. кг — образование кислоты и газа; к (г) — образование кислоты, иногда газа; к — образование кислоты без газа; 0 — отсутствие кислоты и газа.

Биохимические характеристики бактерий представлены в таблице 44. Видно, что они различаются. Напомним, что патогенность перечисленных бактерий также неодинакова: в отличие от двух других бактерий Мережковского непатогенна для крыс, полевой, лесной и желтогорлой мыши.

Все три группы очень чувствительны к фагам, что следует учитывать при массовом производстве и использовании их препаратов. Под действием различных стресс-факторов у бактерий происходит индукция профага, который строго специфичен и лизирует только бактерио-хозяина. Описана диссоциация культур бактерий: на плотных питательных средах, кроме обычных, образуются колонии R-типа (шероховатые). Такие варианты устойчивы к фаголизису, но непатогенны.

Наряду с большим сходством между этими тремя группами имеются и существенные различия, позволяющие относить их к отдельным разновидностям, — по биохимическим свойствам и спектрам родентопатогенности (бактерии Мережковского), по результатам фаготипирования (индуцированная лизоцимом форма фага бактерий Исаченко специфически лизирует только эти бактерии, но не бактерии Данича).

2.2. ПАТОГЕННОСТЬ БАКТЕРИЙ ИСАЧЕНКО И МЕРЕЖКОВСКОГО

За период с момента выделения бактерий Исаченко и Мережковского накоплено огромное количество фактического материала по их патогенности для разных видов грызунов. В первую очередь была испытана патогенность бактерий для наиболее массовых и вредоносных видов. Анализ накопленного материала показал, что разные виды грызунов неодинаково восприимчивы к тем или иным бактериям. Особенно восприимчивы мелкие мышевидные грызуны — мыши, полевки, хомячки, пеструшки. Менее восприимчивы крысы, суслики, песчанки, сурки, тушканчики. Выявилось несколько видов из разных семейств, которые резистентны (табл. 45).

Из 33 видов грызунов, по нашим данным, высоковосприимчивы 14. В эту группу вошли наиболее массовые и вредоносные для сельского хозяйства виды: домовая мышь, курганчиковая мышь, мышь-малютка, серые полевки (обыкновенная, общественная, Брандта, темная, стадная), рыжая лесная полевка, водяная полевка, степная пеструшка, серый хомячок. Они обладают высокой потенциальной плодовитостью, и в годы массового размножения особенно ощутим вред, причиняемый этими грызунами. В силу их высокой восприимчивости к бактериям Исаченко и Мережковского бактериальный метод истребления дает хорошие результаты: для летального эффекта мыши или полевке достаточно съесть два зерна бактороденцида (зерновой препарат).

45. Восприимчивость разных видов грызунов к бактериям Исаченко и Мережковского (Кандыбин, 1974)

Высоковосприимчивые виды	Слабовосприимчивые виды	Невосприимчивые виды
<p>Домовая мышь (<i>Mus musculus</i>); курганчиковая мышь (<i>Mus musculus</i> <i>Nortulans</i>); мышь-малютка (<i>Micromys minutus</i>); обыкновенная полевка (<i>Microtus arvalis</i>); общественная полевка (<i>Microtus socialis</i>); полевка Брандта (<i>Microtus brandti</i>); малоазийская кустарниковая полевка (<i>Microtus majori</i>); темная полевка (<i>Microtus agrestis</i>); стадная полевка (<i>Microtus gregalis</i>); степная пеструшка (<i>Lagurus lagurus</i>); рыжая лесная полевка (<i>Clethrionomys glareolus</i>); водяная полевка (<i>Arvicola terrestris</i>); серый хомячок (<i>Cricetus migratorius</i>); обыкновенная слепушонка (<i>Ellobius talpinus</i>)</p>	<p>Серая крыса (<i>Rattus norvegicus</i>); черная крыса (<i>Rattus rattus</i>); туркестанская крыса (<i>Rattus turkestanicus</i>); индийская земляная крыса (<i>Nesokia indica</i>); лесная мышь (<i>Apodemus silvaticus</i>) (к бактериям Исаченко); суслик малый (<i>Citellus pygmaeus</i>); суслик большой (<i>Citellus major</i>); большая песчанка (<i>Rombomys opimus</i>); полуденная песчанка (<i>Meriones meridianus</i>); тамарисковая песчанка (<i>Meriones tamariscinus</i>); монгольская песчанка (<i>Meriones unguiculatus</i>); земляной зайчик (<i>Alactagulus accoution</i>); мохноногий тушканчик (<i>Dipus sagitta</i>)</p>	<p>Полевая мышь (<i>Apodemus agrarius</i>); лесная мышь (<i>Apodemus silvaticus</i>) (к бактериям Мережковского); желтогорлая мышь (<i>Apodemus flavicollis</i>); дагестанский хомяк (<i>Cricetus raddei</i>); закавказский хомяк (<i>Cricetus auratus</i>); лесная соня (<i>Deromys netedula</i>)</p>

Группу слабовосприимчивых также составляют многочисленные и вредоносные виды. Для них средняя летальная доза бактерий Исаченко 4—8 млрд клеток. К бактериям Мережковского серые крысы невосприимчивы. Для усиления эффекта действия бактороденцида на серых крыс предложена смесь этого препарата с зоокумарином — бактокумарин, который нашел широкое применение в зооветеринарной практике для истребления крыс в животноводческих хозяйствах (Траханов, 1961). В отношении сусликов и песчанок некоторые авторы (Ступницкий, 1935; Трофимов, 1963) пытались разработать эффективные бактериальные методы борьбы, но в широкую практику это не вошло. Во-первых, как уже отмечалось, летальный эффект у этих грызунов достигается только высокими дозами заражения. Это существенно удорожает прием, если учесть, что животные предпочитают зеленые части растений и бактороденцид поедают неохотно. Во-вторых, суслики и песчанки — строгие индивидуалисты и большую часть жизни проводят обособленно, поэтому вызвать среди них эпизотию невозможно: контакт между особями недостаточен, а трансмиссивным путем инфекция не передается. Перечисленные обстоятельства не позволяют рекомендовать бактериальный метод, в частности бактороденцид, для борьбы с сусликами и песчанками.

В число невосприимчивых к бактериям Исаченко и Мережковского вошли представители разных таксономических групп грызунов: мыши (полевая, желтогорлая и лесная) — из семейства мышьеобразных (Muridae), хомяки (дагестанский и закавказский) — из семейства хомякообразных (Cricetidae) и соня лесная — из семейства сонь (Myoxidae). Несомненно, что дальнейшие исследования пополнят этот список. Патологическая картина при заражении грызунов *Sal. enteritidis* аналогична наблюдаемой при других брюшнотифозных инфекциях теплокровных. Первые признаки заболевания появляются на 3—5-е сут (инкубационный период зависит от вирулентности штамма, дозы заражения, восприимчивости грызуна и других факторов). Больные зверьки взъерошены, малоподвижны, мало едят, почти у всех слезятся или гноятся глаза. Болезнь обычно длится 2—7 сут. За это время грызуны резко теряют в весе. Возбудитель локализуется главным образом в паренхиматозных органах — кишечнике, печени, селезенке. Кишечник (в основном тонкий отдел) сильно истончен и гиперемирован, иногда ткань расплавленная, желтого цвета. Гиперемия часто захватывает пилорическую часть желудка. Лимфатические узлы (Пейеровы бляшки), как правило, увеличены. Печень и селезенка увеличены. На поверхности и в ткани селезенки отчетливо видны некротические пятна. Возбудитель выделяется также из сердца, легких, крови.

2.3. ИММУНИТЕТ ГРЫЗУНОВ К *SALMONELLA ENTERITIDIS*

Врожденный иммунитет к *Sal. enteritidis* отмечен у хомяков, полевой и желтогорлой мыши, сони садовой. Гораздо больший интерес представляет приобретенный иммунитет и механизм его формирования у восприимчивых видов.

У мелких мышевидных грызунов (мышей и полевок) — наиболее восприимчивых видов — иммунитет, по мнению многих исследователей, нестойкий и напряженность его невелика (Корешкова, 1967; Беришвили, 1968). Отмечены возрастные различия восприимчивости: по нашим наблюдениям, особи рыжей лесной полевки (*Clethrionomys glareolus*), например, в возрасте до 3 мес менее восприимчивы к бактериям Исаченко, чем взрослые и старые.

Долгое время особое внимание уделяли специфическим — гуморальным и фагоцитарным факторам иммунитета: именно такие защитные реакции считались классическими для всех теплокровных животных. Однако оказалось, что у грызунов, особенно мелких эфемерных видов, подобные механизмы не обеспечивают надежной защиты от патогенов. Это было установлено недавно, когда началось изучение неспецифических факторов иммунитета у насекомых. Давно была известна роль лизоцима как антибактериального агента с бактерицидным действием, особенно в отношении грамположительных бактерий. Аналогичные функции лизоцима обнаружили мы при изучении иммунитета у грызунов. Как показали наши специальные исследования (Кандыбин, Соболева, Самоукина, 1975), лизоцим действует на бактерий Исаченко, но неактивен в отношении других сальмонелл — *Sal. cholerae* suis, *Sal. anatum*, *Sal. derby*, *Sal. typhimurium*, *Sal. gärtneri*, *Sal. dublin*, *Sal. rostock*, *Sal. essen*, *Sal. jena*, бактерий Данича, а также *E. coli*. Интересен механизм действия лизоцима: он выступает как агент, индуцирующий у бактерий Исаченко профаг подобно антибиотикам ванкомицину у *Bac. thuringiensis* (Паутенштейн, Круковская, Блюкина и др., 1972). Индукция приводит либо к лизису клеток, либо к физиологической перестройке, сопровождающейся превращением бактерии в R-форму, задержкой роста и потерей вирулентности: через 20 ч после добавления к 6-часовой бактериальной культуре лизоцима в опыте и контроле (без лизоцима) титр составляет соответственно $4,1 \cdot 10^5$ и $4 \cdot 10^7$, доля R-форм — 75 и 2,9 %, ЛД₅₀ для белых мышей — $3,2 \cdot 10^8$ и $6 \cdot 10^4$ клеток. У серой крысы, белой мыши, полевой мыши, обыкновенной, узкочерепной и рыжей лесной полевок, степной пеструшки, малого суслика, полуденной и гребенщиковой песчанок мы обнаружили значительные количества лизоцима, особенно в печени и селезенке. Заражение грызунов бактериями Исаченко вело к увеличению титра лизоцима. Сопоставление этих данных указывает на роль лизоцима как неспецифического фактора защиты у грызунов.

Еще Л. А. Зильбер (1958) указывал на возможную роль фагов в

иммунитете животных при бактериальных инфекциях. Разработаны способы предупреждения и лечения различных инфекций с использованием фагов — так называемая фагопрофилактика и фаготерапия. Имеются сведения о присутствии в желудочно-кишечном тракте сельскохозяйственных животных большого набора бактериофагов, активных главным образом в отношении сальмонелл (Тараканов, 1971). Мы нашли фаги, вирулентные для бактерий Исаченко, в пищеварительном тракте и печени у девяти из одиннадцати исследованных видов грызунов. Только у белой мыши и рыжей лесной полевки фаг не был выделен. Отмечена обратная зависимость между чувствительностью к бактериям Исаченко и частотой и обилием фага: чаще (90—100 % случаев) и в высоком (10^6 — 10^9) титре фаг обнаруживается у слабовосприимчивых видов (малого и крапчатого суслика, песчанки полуденной и гребенщиковой, полевой мыши), гораздо реже (7—30 %) и в низком (10^2 — 10^4) титре — у восприимчивых видов (обыкновенная, узкочерепная и водяная полевки, степная пеструшка). У грызунов, пойманных в местах, где проводилась обработка бактороденцидом, как правило, титры фага выше. Интересно отметить, что фаг, выделенный от полевой мыши, обладал наибольшей поливалентностью и лизировал многие виды сальмонелл. При обработке этим фагом бактерий Исаченко часть из них лизируется, а часть переходит в R-форму с пониженной вирулентностью, устойчивую к лизоциму и фагу. При парентеральном и пероральном заражении белых мышей бактериями Исаченко с одновременным введением этого фага смертность снижалась соответственно на 40 и 60 %. Кроме того, введение фага значительно замедляло инфекционный процесс — срок гибели по сравнению с контролем удлинялся в 2 раза.

Таким образом, у грызунов лизоцим и бактериофаги, несомненно, играют существенную роль как неспецифические факторы иммунитета против сальмонелл и в том числе бактерий, используемых для дератизации. Наличие специфических фагов необходимо учитывать при организации бактериологического контроля численности грызунов и строить борьбу с грызунами так, чтобы формирование иммунной популяции грызунов исключалось, например применять родентопатогенные бактерии с разным уровнем лизогенности, а следовательно, с неодинаковой фаго- и лизоцимчувствительностью.

2.4. КОНТАГИОЗНОСТЬ РОДЕНТОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ И РАЗВИТИЕ ЭПИЗООТИЙ

Контагиозность бактерий Исаченко, Мережковского, Данича изучали многие как в лабораторных, так и в природных условиях. Большинство исследователей (Кандыбин, 1966; Беришвили, 1968 и др.) считают, что эти бактерии могут вызвать эпизоотию среди высоковосприимчивых видов грызунов (мышей и полевок), другие (Гриценко,

1971) указывают на незначительную контагиозность, а И. Я. Поляков (1961) полагает, что такая эпизоотия возможна только при полном угнетении грызунов, когда они и без того обречены на вымирание. Противоречия объясняются прежде всего тем, что изучение контагиозности проводилось в разных условиях с использованием видов грызунов, неодинаковых по восприимчивости, и штаммов бактерий, неодинаковых по вирулентности.

Мы изучили контагиозность бактерий Исаченко и развитие эпизоотий среди грызунов в виварии, в вольерах площадью 9 м² и высотой 2 м, где устраивали стога солсмы или высевали клевер с овсом, и в липовом лесу. В вольерах в стога или на посев выпускали 10–50 обыкновенных полевков, предварительно их пометив. Зверьков заражали летальной дозой бактерий Исаченко, часть помещали в вольер, а оставшихся — в виварий для контроля. К зараженным полевым в вольер выпускали здоровых зверьков. Опыты велись на протяжении четырех лет в разные сезоны года. Во всех опытах гибель предварительно зараженных полевков за 3–15 сут достигала 100 %. Среди незаражавшихся контактных полевков гибель в среднем была невысока, но в отдельных опытах составляла 100 %. Из оставшихся в живых многие (до 50 %) были заражены бактериями Исаченко, но, вероятно, полученная доза оказалась недостаточной для летального исхода. Была отмечена зависимость развития эпизоотии от общей численности полевков: чем численность выше, тем эпизоотия напряженнее. По мере гибели зверьков и снижения их численности напряженность эпизоотии постепенно ослабевала и через 25–30 сут она затухала. Для уточнения выявленных закономерностей поставили специальные опыты в двух вариантах: 1) в вольер с посевом клевера и овса через 15 сут после завершения предыдущего опыта подсадили 20 полевков, из которых 8 пало; 2) в два вольера со стогом соломы через 30 сут после завершения опыта подсадили по 10 полевков, из которых пало по 7 зверьков в каждом вольере. В трупах и у оставшихся в живых полевков (40 % в первом варианте опыта и 100 % во втором) были обнаружены бактерии Исаченко. Следовательно, эпизоотия может длиться долгое время, если будет приток "свежего горючего материала". В природе такие условия складываются в местах осенне-зимней концентрации грызунов (стогах, скирдах, лесополосах, складах, овоще- и зернохранилищах и т. д.).

Осенью — весной в липовом лесу в Башкирии (Кандыбин, Вишняков, 1968) на участке размером 3,2 га было отловлено 125 рыжих лесных полевков (*Clethrionomys glareolus*). Их поместили и выпустили, предварительно заразив 74 зверька летальной дозой бактерий Исаченко при индивидуальном скормлинии зернового бактороденцида. Через разные сроки на площадке и за ее пределами (в 100–200 м) проводили отлов и бактериологический анализ грызунов (рис. 14). Было установлено, что уже через 7–15 сут на площадке и за ее пределами появилось значительное количество контактно зараженных рыжих полевков и лес-

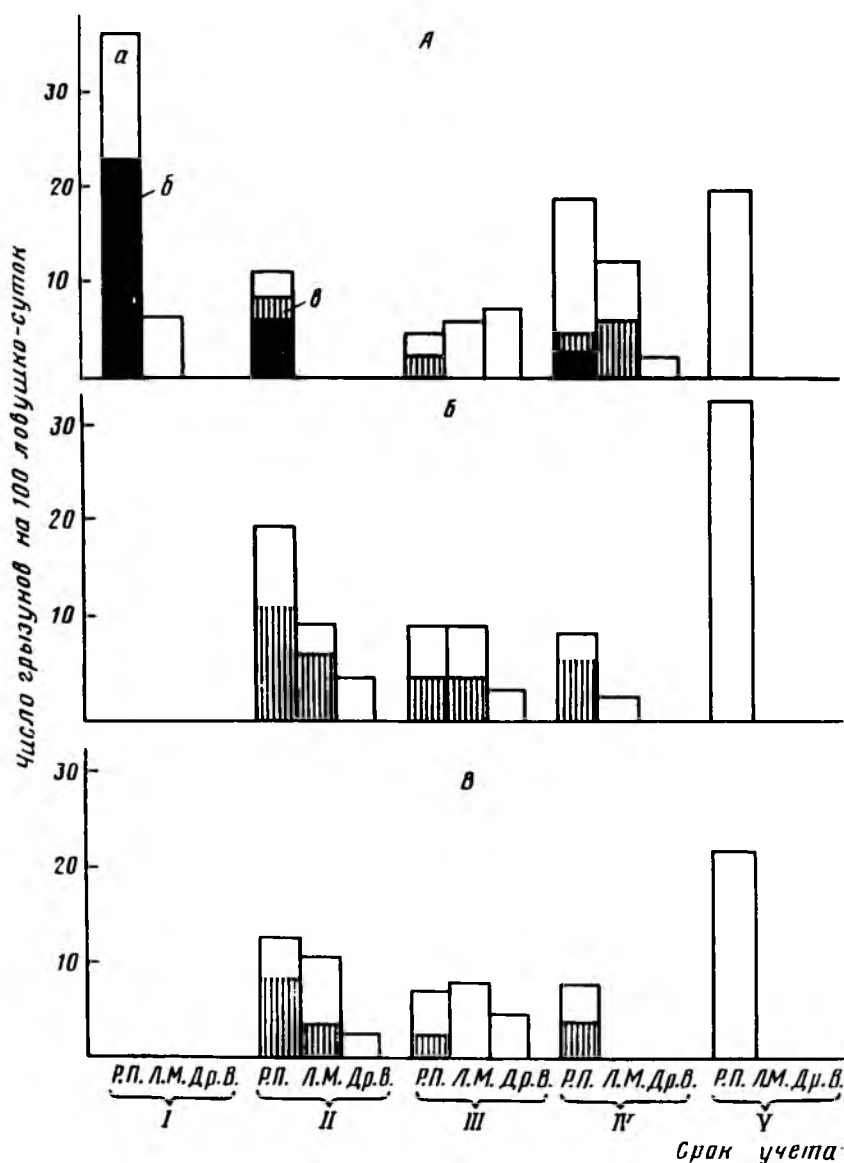


Рис. 14. Развитие эпизоотии среди грызунов в липовом лесу при экспериментальном заражении бактериями Исаченко:

А — на опытной площадке, где проводили отлов и заражение зверьков; Б, В — соответственно в 100 и 200 м от площадки; а-в — соответственно здоровые, экспериментально и контактно зараженные зверьки; I-V — соответственно 26 сентября — 9 октября, 9—16 октября, 20—22 октября, 1—4 ноября, апрель; Р. П. — ольжая полевка; Л. М. — лесная мышь; Др. В. — другие виды.

ных мышей (до 70 % отловленных). При этом попадались и экспериментально зараженные рыжие полевки. Через 15 и 25 сут на площадке и на соседних участках напряженность эпизоотии сохранялась, причем в некоторых случаях за пределами площадки она была выше. Через месяц эпизоотия начала затухать, и через 7 мес больных зверьков не обнаружили. В естественных условиях прослеживались закономерности развития эпизоотии, выявленные в предварительных опытах в виварии и вольерах. Оказалось также, что эпизоотия, искусственно созданная среди рыжих полевок, захватила другие виды (в частности, лесную мышь) как на самой площадке, так и на смежных участках.

Инфекция передается от больных грызунов здоровым несколькими путями, из которых наиболее распространенный и эффективный — каннибализм. Он часто наблюдается у многих видов мышевидных грызунов, особенно в годы массового размножения. Так, в наших опытах при высокой численности рыжей полевки (попадаемость в ловушки 48 %) частота случаев каннибализма составила 60 %, при снижении численности (попадаемость 22 %) она уменьшалась до 11 %. Трупы грызунов, павших от бактерий Исаченко и Мережковского, содержат огромное количество возбудителей. Поедая такие трупы, здоровые особи получают чаще всего летальную дозу и гибнут, становясь новым источником заражения. Сохранность бактерий в трупе зависит от многих причин, и в первую очередь от температуры. Специальными опытами установлено, что при высоких температурах труп быстро разлагается и бактерии Исаченко и Мережковского исчезают почти полностью. При низких температурах (от 0 до -22°C) бактерии хорошо сохраняются в течение 20 сут (срок наблюдений), не теряя вирулентности. Фактором передачи инфекции служит также корм, загрязненный возбудителем. Больные зверьки обильно выделяют бактерии с мочой и пометом, что вообще характерно для брюшнотифозных инфекций. Но при подобном способе распространения инфекции дозы заражения часто недостаточны для летального исхода. Трансмиссивный путь передачи бактерий Исаченко и Мережковского у грызунов, как уже отмечалось, не обнаружен: для летального заражения требуется гораздо больше бактерий, чем может быть введено в кровь эктопаразитами — блохами, вшами, клещами, обитающими на грызунах.

Итак, для создания напряженной эпизоотии с использованием бактерий Исаченко и Мережковского необходимы определенные условия: высоковирулентный и контагиозный возбудитель, высокая плотность популяции грызуна-хозяина, продолжительное сохранение возбудителя в среде. Разумеется, что такие условия в совокупности встречаются очень редко, поэтому рассчитывать на длительную напряженную эпизоотию не приходится. Даже в оптимальных условиях эпизоотия быстро затухает, поскольку плотность популяции (а следовательно, вероятность контакта между особями) снижается.

Весенний (после затухания эпизоотии) учет физиологического

состояния популяции грызунов на площадке и за ее пределами не выявил заметной разницы: на площадке средний размер семенников у самцов рыжей полевки был равен 1,0 см, беременных самок было 95 %, среднее число эмбрионов на одну самку — 8,6 (в контроле соответственно 1,2; 100 %; 8,7). Следовательно, осенняя эпизоотия не повлияла на жизнеспособность популяции.

Описанные особенности развития эпизоотии среди рыжих полевков характерны и для других видов мышевидных грызунов, причем у таких групп, как суслики, песчанки, крысы, подобную эпизоотию вызвать еще труднее: во-первых, они менее восприимчивы к бактериям Исаченко и Мережковского, во-вторых, живут еще менее скученно.

2.5. РОДЕНТОПАТОГЕННЫЕ БАКТЕРИАЛЬНЫЕ ПРЕПАРАТЫ

В нашей стране разработаны две формы родентопатогенного препарата — зерновой и аминокостный бактороденцид, которые производятся на питательных средах гранулированной структуры (соответственно зерно и мелкие, не более 2 мм в диаметре, костные опилки). Зерновой бактороденцид в отличие от аминокостного применяется без приманочных продуктов.

В настоящее время предложено два способа изготовления бактороденцида — лабораторный и полупроизводственный с применением γ-стерилизации. Во многих республиках, краях и областях при ветеринарно-бактериологических и биолaborаториях станций защиты растений созданы и создаются отделы по производству бактороденцида. Поскольку при этом ощущается острая нехватка методических пособий по организации такого производства, на наш взгляд, целесообразно подробно изложить обе методики.

При изготовлении зернового бактороденцида лабораторным способом доброкачественное зерно пшеницы, овса или ячменя 3—4 раза промывают и заливают водопроводной водой. Через 1 сут остаток воды удаляют, зерно промывают еще 2—3 раза и расфасовывают в сосуды. Наиболее удобны стеклянные сосуды объемом 3 л. В каждый сосуд засыпают 0,8—1,0 кг зерна. Перед стерилизацией в сосуды наливают воду (10—15 % к массе зерна) и для подщелачивания зерна до pH 7,5—7,6 добавляют 20 %-ный раствор Na_2CO_3 из расчета 5 мл на 1 кг зерна. Сосуды закрывают ватно-марлевой пробкой и колпачком из плотной бумаги. Стерилизуют сосуды дробно (дважды с суточным перерывом) при 120 °C в течение 1 ч. Перед каждой стерилизацией и после нее сосуды с зерном встряхивают. Для проверки стерильности отбирают по 2—3 зерновки и помещают их на МПА в термостат. Одновременно с подготовкой зерна готовят посевную жидкую культуру бактерий из расчета 500 мл на 1 кг зерна. В качестве жидких питательных сред могут быть использованы МПБ, гидролизат кормовых дрожжей, комплексамин, рыбный гидролизат. Жидкую культуру бактерий перед

употреблением проверяют на чистоту. Для этого готовят мазки, окрашенные по Граму, делают посевы на МПБ, МПА, молоко, бульон Штерна, агар Эндо, среды Гисса с сахарозой, лактозой, глюкозой и др., сопоставляя результаты с характеристикой штамма, указанной в паспорте. Посев в сосуды с зерном жидкой культуры бактерий проводят в боксах над пламенем горелки, сосуды тщательно встряхивают, добиваясь равномерного орошения посевной культурой всего зерна (при этом нельзя допускать смачивания пробки), и помещают в термостатируемую комнату с температурой 37 °С на 2–3 сут. За время инкубации их периодически встряхивают (без этого в нижнем слое зерна будет избыток влаги, а в верхнем недостаток). Готовый препарат представляет собой влажное, набухшее зерно, не потерявшее сыпучести, что очень важно при его использовании.

В препарате, изготовленном указанным способом, содержится от 2 до 8 млрд бактерий на 1 г зерна. Хранить его лучше при низких температурах (1–10 °С) в тех же сосудах: пересыпать препарат даже при соблюдении стерильности рискованно, поскольку при малейшем загрязнении посторонней микрофлорой, особенно грибной, он быстро портится, и, кроме того, снижается его эффективность.

Аминокостный бактороденцид готовят на костных опилках (не крупнее 2 мм в диаметре). Опилки фасуют в такие же сосуды объемом 3 л, заполняя их на 1/3. Сосуды закрывают ватно-марлевыми пробками и бумажными колпачками. Стерилизацию костных опилок и контроль их стерильности проводят аналогично тому, как это указано для зерна. Опилки засевают жидкой культурой бактерий из расчета на две весовые части опилок одна часть культуры. Инкубируют в термостате 24 ч, периодически встряхивая. Титр бактерий в таком препарате более $1 \cdot 10^9$ кл на 1 г. Хранить аминокостный бактороденцид можно не более 15 сут (бактерии бурно размножаются, а затем быстро отмирают). Если препарат не может быть израсходован в этот срок, его высушивают в вакуум-сушильном шкафу или воздушно-тепловым методом с применением приточно-вытяжной вентиляции. Для этого препарат распределяют тонким слоем (5–10 мм) и сушат в шкафу 30 мин при температуре 50 °С, а затем в течение часа при температуре 35–37 °С. Препарат высушивается до влажности 6–8 %. Высушенный препарат по 1–3 кг расфасовывается в клеенчатые, полиэтиленовые или полиамидные мешки, которые герметично закрывают. Такой препарат можно хранить в течение года в темном, сухом и лучше холодном помещении.

Изложенные способы производства зернового и аминокостного бактороденцида приемлемы для любой ветеринарно-бактериологической лаборатории или биолaborатории станций защиты растений с соответствующим микробиологическим оснащением.

Десять лет назад Всесоюзным НИИ сельскохозяйственной микробиологии была предложена полупроизводственная технология изготовления трех форм бактороденцида — зернового, аминокостного и зерно-

костного (на смеси зерна с костными опилками). Ее преимущества заключаются в сокращении числа и длительности технологических операций и более гарантированном получении высококачественного препарата, не загрязненного посторонней микрофлорой и фагом (Кандыбин, Серебрякова, Корешкова, 1979). Недостаток технологии — использование дорогостоящего γ -излучателя, которым мелкие производства не располагают. Производство включает четыре основных этапа: подготовку сред, выращивание маточной культуры бактерий, получение посевной жидкой культуры и засев сред. Среды (зерно, костные опилки или смесь зерна с костными опилками) расфасовывают в полиэтиленовые мешки (толщиной не менее 200 мкм) по 0,5–1 кг, после чего мешки герметично запаковывают и стерилизуют на γ -установке в режиме 2,5–5,0 мегарад (среда должна заполнять не более половины мешка). Зерно перед расфасовкой и стерилизацией промывают и распаривают 15–20 мин в подщелоченной горячей воде до влажности 30–40 %. Для смеси также берут распаренное зерно и смешивают его с костными опилками в соотношении 10 : 1. Такая стерильная среда может храниться длительное время и использоваться по мере надобности.

Маточную культуру бактерий выращивают на МПБ в колбах при 36–37 °С в течение 20–24 ч в стационарных условиях и 10–12 ч на качалке, посевную — в инокуляторе (ферментере) на глюкозо-солевой среде № 4 в течение 8–10 ч. Плотные среды засевают, вводя толстой иглой необходимое количество жидкой посевной культуры в мешок. В связи с тем что титр посевной культуры высок ($9\text{--}20 \cdot 10^9$), ее предварительно разводят стерильным физиологическим раствором в 10–30 раз (в зависимости от титра бактерий).

Хранить готовый бактороденцид можно при комнатной температуре в течение 6 мес, на складе при колебаниях температуры минус 25 — плюс 4 °С и в холодильнике (4 °С) — один год. При низкотемпературном хранении препарат перед применением необходимо реактивировать при 37 °С или комнатной температуре в течение суток. Стерилизация γ -лучами может осуществляться централизованно, что делает возможным изготовление препарата в периферийных лабораториях.

При производстве бактороденцида особое внимание должно уделяться микробиологическому контролю. Недооценка этого требования может привести к непредвиденным последствиям вплоть до замены родентопатогенных бактерий другими видами, в том числе патогенными для полезных животных и человека. Используемые штаммы бактерий должны строго соответствовать характеристикам, указанным в паспорте. Штаммы получают из коллекции Всесоюзного НИИ сельскохозяйственной микробиологии, где их систематически проверяют на стабильность и вирулентность. Коллекционные штаммы используют не более 3 мес: частые пересевы нередко ведут к изменению свойств и снижению вирулентности вплоть до полной утраты.

Для контроля готового препарата материал из нескольких сосудов или мешков высевают на МПА и МПБ для выявления характерного роста после 1 сут инкубации при 37 °С. Титр бактерий в препарате определяют методом предельных разведений в расчете на 1 г. Для этого навеску (1 г зерна или костных опилок) помещают в колбу с 105 мл стерильной воды и 10 г крупнозернистого промытого и прокаленного при температуре 162 °С в течение 2 ч песка (навеску зернового бактороденцида предварительно растирают в стерильной ступке). Колбы с песком и навеской препарата выдерживают 20 мин, затем встряхивают на вибрационном аппарате или вручную 10 мин и из полученной суспензии готовят 9 разведений. По 1 мл взвеси из 10^{-7} , 10^{-8} и 10^{-9} разведений помещают в чашки Петри. Туда же добавляют остуженный до 45 °С МПА. Подсчет колоний проводят через 1—2 сут. Кроме того, учитывается присутствие в препарате посторонней микрофлоры (микроскопирование мазков из нетипичных колоний, микроскопирование 10^{-1} и 10^{-2} разведения препарата с иммерсией, параллельный посев методом истощения на МПА с 0,5 % глюкозы при 37 °С с просмотром через 1—2 сут выросших колоний и окрашиванием по Граму мазков из нетипичных колоний).

При работе с бактериями Исаченко и Мережковского необходим также контроль присутствия фагов, который проводят методом титрования по Грациа. Для этого разведения препарата (лучше брать малые, средние и большие) вносят в соответствующую культуру бактерий и из смеси делают посев на МПА. Кроме того, заранее готовят стерильные чашки Петри с 25—30 мл 1,5—2,0 %-ного МПА и пробирки с 2,5 мл 0,7 %-ного МПА. В день контроля из препарата готовят ряд последовательных десятикратных разведений. По 1 мл разведений препарата и 0,1 мл культуры бактерий помещают в пробирки с расплавленным 0,7 %-ным МПА и вливают вторым слоем в чашки Петри с 1,5—2,0 %-ным агаром. Учет ведут через 5—7 ч инкубации при 37 °С. Для подтверждения полученного результата фаг из зоны лизиса перевивают на бактериальный газон. При обнаружении в препарате фага или посторонней микрофлоры должны быть выявлены причины и источник заражения, после чего производство прекращают и проводят полную дезинфекцию помещений и узлов технологической линии.

Биологическую активность бактороденцида определяют на белых мышах или обыкновенных полевках, выдержанных 10—14 сут на карантине. Зерновой бактороденцид скармливают грызунам индивидуально по 0,5 г, аминокостный — по 0,3 г. Опытных (10) и контрольных (5) зверьков помещают в разные клетки на 14 сут. Препарат считается биологически активным, если гибель грызунов за этот срок составляет не менее 90 %.

От того, как организовано производство, как соблюдаются технологические режимы и осуществляется контроль качества препарата, зависит в конечном итоге эффективность бактериальной дератизации.

Зерновой бактороденцид, изготовленный указанными способами, применяют без каких-либо добавок против полевых мышевидных грызунов (мышей, полевых, пеструшек, хомячков) на полях, пастбищах, в садах, лесополосах, лесах, на посевах, в стогах и скирдах, на складах, в овощехранилищах. Аминокостный бактороденцид смешивают с приманочным продуктом в соотношении 1:4. Приманочный продукт подбирают в зависимости от видового состава грызунов. Наиболее целесообразно использовать этот препарат против крыс в населенных пунктах.

2.6. СОХРАННОСТЬ, УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ И ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАКТОРОДЕНЦИДА

Бактороденцид (зерновой и аминокостный) применяют в любое время года. Специальные исследования показали, что низкие температуры не снижают качества препарата (табл. 46). В опытах с трупами грызунов, павших от бактороденцида и оставленных под снегом, было установлено, что через 20 сут в хорошо сохранившемся трупe вирулентность бактерий Исаченко не изменяется. Эти исследования выявили не только возможность, но и целесообразность использования бактороденцида в ранневесенний и осенне-зимний периоды (в особенности если учитывать осенние миграции мышевидных в закрытые станции).

Для бактерий Исаченко и бактороденцида губительны высокие температуры: при 100 °С бактерии гибнут сразу, при 50–60 °С — через 5 мин. При оптимальных для роста бактерий Исаченко температурах (25–30 °С) эффективность бактороденцида также быстро снижается: во-первых, бактерии в этих условиях интенсивно размножаются и культура быстро лизируется, во-вторых, происходит усиленное размножение бактерий и грибов, попадающих в бактороденцид из среды и подавляющих бактерий Исаченко, в-третьих, ускоряется высыхание препарата, что ведет к обезвоживанию и последующему отмиранию бактерий.

Солнечные лучи, особенно ультрафиолетовая часть спектра, вредоносны для бактерий Исаченко. Известно, что доля УФ-лучей увеличивается с уменьшением географической широты и с увеличением высоты над уровнем моря (на каждые 1000 м подъема на 10 %). Кроме того, в условиях горной местности склоны с разной ориентацией имеют неодинаковый режим инсоляции. Л. К. Серебрякова (1964) изучала в условиях Ленинграда влияние солнечных лучей на бактерии Исаченко в бактороденциде, изготовленном на зерне пшеницы, ржи, овса и ячменя. Свежеприготовленный препарат подвергался солнечной радиации в течение 4 ч. При этом титр бактерий снижался через 2 ч на 0–48 %, через 4 ч на 71–90 %. Лучше всего выживали бактерии Исаченко в препарате, изготовленном на зерне овса, что объясняется защитным действием плотной зерновой пленки. Следует отметить, что в зерновых пре-

46. Жизнеспособность и вирулентность бактерий при разных температурах хранения бактороденцида
(Кандыбин, 1962; Серебрякова, 1964; Ахведиани, 1966; Корешкова, 1966)

Форма бактороденцида* и условия хранения	Температура хранения, °C	Срок хранения, сут	Снижение титра бактерий, %	Активность в биотесте			
				вид грызуна	заражено	пало	гибель, %

Влажный зерновой на овсе

свежеприготовленный				Рыжая лесная полевка	8	7	87,5
хранение в помещении	5—15	18	0	То же	16	13	81,0
то же	То же	50	20	"	5	5	100
в лесной подстилке (в бумажных кульках)	Минус 10—15	18	40	"	15	14	93,0
то же	То же	29	40	"	11	11	100

Влажный зерновой в колбах

на пшенице	Минус 17—0	12—24	20—60	Домовая мышь	15	15	100
то же	Минус 17—20	50—90	0—88	То же	30	30	100
"	Минус 25—20	100—122	0—98	"	15	10	70,0
на ржи	Минус 17—0	12—24	0—70	"	15	15	100
то же	Минус 17—20	50—90	0—90	"	20	20	100
"	Минус 25—20	100—122	50—73	"	15	13	90,0

на овсе	Минус 2–20	34	14	"	10	10	100
то же	Минус 25–40	100–144	0–87	"	20	20	100
на ячмене	Минус 25–2	34	16	"	12	9	75,0
то же	Минус 25–40	100–144	20–80	"	20	20	100

Влажный зерновой на пшенице

свежеприготовленный				Обыкновенная полевка	5	5	100
в помещении	10–25	25	0	То же	5	5	100
на почве	Минус 18–20	10–20	60–70	"	25	24	96,0

На кустно-картофельной среде

в колбах	Минус 18–0	5–10	45–98	Домовая мышь	—	—	100
то же	Минус 25	30–45	95–100	То же	—	—	100
под снегом	Минус 16–6	1–15	10–90	"	—	—	100
то же	Минус 25	23	85–100	"	—	—	100

* Бактороденцид на основе бактерий Исаченко.

паратах бактерии сохраняются лучше, чем в других субстратах. Это объясняется проникновением бактерий внутрь зерна, где они менее подвержены влиянию инсоляции. Аналогичные опыты проведены в Дагестане (Пугуев, 1975). Зерновой бактороденцид (влажный и сухой) и аминокостный размещали в открытых чашках Петри на южных и северных склонах пастбищ и на равнине. Препарат насыпали на дно чашки однослойно или многослойно. Кроме того, зерновой бактороденцид расфасовывали в бумажные кульки и закладывали в стога. Контролем служили препараты, хранившиеся в помещении. Как оказалось, при многослойном размещении бактороденцида выживаемость бактерий выше, чем при однослойном (через 2 ч на 11–19 %, через 6 ч в период максимальной солнечной радиации на 16–28 %). Отмечена зависимость между выживаемостью бактерий и расположением склона. Через 2 ч при интенсивности радиации 0,88 кал/(см² × мин) титр бактерий снизился на южном склоне на 8–52 %, на северном на 0–20 %, через 6 ч при интенсивности радиации 0,97 кал/(см² × мин) — соответственно на 26–78 и 16–64 %. В ночные часы титр падал в 36 раз медленнее, чем днем. Следует отметить, что во влажном бактороденциде в условиях высоких дневных температур бактерии продолжают размножаться, и в таком состоянии они наиболее подвержены губительному действию солнечной радиации. В сухом бактороденциде при тех же условиях бактерии находятся в анабиозе, и титр их падает в 2 раза медленнее. В скирде сена бактороденцид сохраняется гораздо лучше: за 24 ч титр бактерий снизился в сухом зерновом препарате на 2 %, во влажном на 10, в аминокостном с приманкой на 17 %.

Вирулентность бактерий Исаченко в бактороденциде (зерновом и аминокостном) также снижается под действием инсоляции, высокой температуры и посторонней микрофлоры. В сочетании эти факторы снижают активность особенно быстро.

Перечисленные особенности бактороденцида должны учитываться прежде всего в южных зонах страны, где много тепла и солнца и где он особенно широко используется.

Зональных ограничений применения бактороденцида нет. Сообщалось об эффективности бактериального метода борьбы с грызунами в северных районах, в Прибалтике, Белоруссии, Среднем и Нижнем Поволжье, в степной и лесостепной зонах европейской части РСФСР и Украины, на Северном Кавказе, в Закавказье, Западной Сибири, Средней Азии, на Алтае (Кандыбин, 1974).

Применению бактороденцида, равно как и других средств, должно предшествовать обследование территорий и станций, подлежащих обработке. Обследование может быть визуальным, но лучше, если осмотр подкреплен отловом грызунов, что позволяет оценить их видовой состав, численность и плотность популяции. При обследовании выявляют места распространения и концентрации грызунов. Существуют разные

методы оценки численности грызунов и эффективности борьбы с ними: подсчет нор и колоний, отлов ловушками "Геро", перекладка стогов и скирд, раскопка нор, по повреждениям, заслеженности пылевых площадок, поедаемости приманок и т. д. В зависимости от видового состава, численности грызунов, их стаиального распределения, характера обрабатываемых стаций, сезона и обеспеченности средствами механизации подбирают дозы препарата и способы его применения (эти способы мы рассмотрим ниже для каждой группы стаций). Перед применением препарата (особенно после длительного хранения), рекомендуется проверять его качество в биотесте на белых мышах или диких восприимчивых видах: препарат должен вызывать не менее 80 % гибели зверьков в течение 10 сут.

Что касается гигиенических характеристик бактороденцида и родентопатогенных препаратов, то в отношении патогенности бактерий Исаченко и Мережковского для сельскохозяйственных животных (лошадей, коров, телят, овец, свиней, поросят), птицы (гусей, уток, кур, цыплят, цесарок), домашних животных (голубей, кошек, собак) накоплено огромное количество экспериментальных данных (Прохоров, 1962; Рыбин, 1982). Животным скармливали большие дозы бактерий (10–300 мл бульонной культуры). Ни в одном случае заболевание не было зарегистрировано. И. Н. Гриценко (1971) изучил влияние бактерий Исаченко на хищников, питающихся грызунами, — светлого хоря, колонка, горноста. Автор делает вывод, что животные не реагируют на введение (в том числе парентеральное) больших доз бактерий.

Данных по оценке патогенности бактерий Исаченко и Мережковского для человека мало. Сообщалось о непреднамеренном употреблении людьми бактериального теста и приманок с бактериями Исаченко, других случаях. М. И. Прохоров (1956) провел эксперимент по самозаражению, приняв перорально бактерии в дозе 5–10 млрд клеток без отрицательных последствий. Аналогичный эксперимент с дозой 20 млрд клеток был проведен А. П. Рыбиным (1982).

Вообще надо отметить, что с момента появления бактериологического метода борьбы с грызунами и до настоящего времени по вопросу о безопасности этого приема, основанного на использовании бактерий из рода сальмонелл, мнения неоднозначны. Высказывались разные возражения и опасения, что не могло не отразиться на его развитии и распространении. В действительности же во всех описанных случаях не доказана связь заболеваний людей с бактериями, используемыми для дератизации. Так, Tromsdorf (1903) и Schibauma (1907) приводят данные о заболевании людей после употребления приманок с бактериями Леффлера (*Bac. typhimurium*) даже со смертельными случаями. Сейчас это вполне объяснимо: показано, что эти бактерии патогенны не только для грызунов, но и для других животных, а также для человека, поэтому их широкое использование было грубой ошибкой. С

тех пор бактерии Леффлера больше не применялись для этих целей, но за рубежом до сих пор сохраняется устойчивое предубеждение против бактериального метода борьбы с грызунами.

В нашей стране за 90-летнюю практику применения бактерий Данича, Исаченко и Мережковского случаи заболевания людей неоднократно совпадали с бактериальной дератизацией. Об этом сообщают Н. Я. Блюменталь (1934), Н. Н. Соломин (1935), Б. Е. Гресь, О. И. Емельянова (1972), З. И. Игнатович и К. И. Тружеский (1945). Однако М. И. Прохоров (1956), проанализировавший все случаи, считает их недоказанными, поскольку возбудитель инфекции людей не был точно идентифицирован. Следует также отметить, что в то время, когда были описаны эти случаи, методы идентификации бактерий Исаченко, Данича и Мережковского были несовершенны. Кроме того, их широкое применение нередко сопровождалось нарушением режимов и технологии производства бактериальных препаратов. Это подтвердили С. С. Мережковский (1926) и Э. Я. Зарин (1915) в специальных исследованиях нескольких коммерческих препаратов. Авторы сообщают, что препараты были сильно загрязнены посторонней микрофлорой, в составе которой могли быть патогенные для человека виды. Для усиления вирулентности родентопатогенных бактерий широко использовали пассажи через организм восприимчивых грызунов. Этот прием нередко приводил к грубым ошибкам, особенно если он выполнялся недостаточно квалифицированно. В результате становилась возможной замена родентопатогенных бактерий другими видами, в том числе патогенными для человека.

Последние исследования (Омельянец, Падалкин, 1980) на культурах клеток и тканей животных и человека в совокупности с ранее накопленными данными позволили заключить, что бактерии Исаченко не опасны для человека. На этом основании было разрешено их широкое применение для борьбы с грызунами. Существуют и некоторые ограничения: например, в нашей стране не рекомендуется применять бактерии Данича, бактерии Исаченко и бактороденцид нельзя рассеивать авиаметодом, чтобы исключить попадание препарата в населенные пункты, не рекомендуется применять бактороденцид в детских и лечебных учреждениях, на предприятиях общественного питания, на животноводческих комплексах, племенных заводах, птицефабриках.

В заключение необходимо еще раз подчеркнуть, что патогенность бактерий Исаченко и Мережковского, несмотря на их принадлежность к группе сальмонелл, строго селективна. Они не только не патогенны для человека и сельскохозяйственных животных, но и избирательно патогенны для грызунов. С одной стороны, такая избирательность позволяет широко использовать эти бактерии, не боясь вызвать заболевания людей или полезных животных. С другой стороны, необходимо обязательно учитывать видовой состав грызунов, чтобы применять бактерии только против восприимчивых видов.

2.7. ЭФФЕКТИВНОСТЬ БАКТЕРИАЛЬНОГО МЕТОДА БОРЬБЫ С ГРЫЗУНАМИ

Рассмотрим особенности применения бактериальных препаратов и их эффективность при обработке разных стадий в зависимости от видового состава и численности грызунов.

Посевы и пастбища. Посевы зерновых, пропашных и других однолетних сельскохозяйственных культур заселяются грызунами (мышами, полевками, пеструшками, хомячками) только в период вегетации до следующей вспашки. При глубокой вспашке норы мышей и полевок разрушаются, растительность запахивается и грызуны вынуждены мигрировать в места переживания. Ими чаще всего бывают стога, скирды, лесополосы, пустыри, бросовые земли, межи, обочины дорог, заросли бурьяна, кустарники, посевы многолетних трав и другие земельные угодья, которые не подвергаются распахке. С наступлением весны и началом вегетации многие виды мышей и полевок возвращаются на посевы сельскохозяйственных культур.

На посевах многолетних трав условия для грызунов более благоприятны — обильный и высококалорийный корм, защищенность на время зимовки. Подобные стадии часто служат резервуарами грызунов (в первую очередь полевок) и центром их расселения. Им следует уделять особое внимание, систематически обследовать и при необходимости проводить защитные мероприятия.

Пастбища — стабильные стадии обитания серых полевок, пеструшек, серых хомячков. Грызуны здесь часто оказываются источником зоонозных инфекций, инвазий или служат промежуточными хозяевами многих эктопаразитов крупного рогатого скота и овец.

Борьбу с грызунами на посевах и пастбищах следует начинать ранней весной, когда легко обнаружить норы и тропы и грызуны еще не успели размножиться и причинить вред посевам. На пастбищах также высокоэффективна обработка, проводимая поздней осенью, когда еще не лег снег. Зерновой бактороденцид раскладывают по норам или около них. При сплошном расположении колоний полевок, например, препарат рассеивают равномерно по всей площади из расчета не менее 2 кг/га, при очаговом расположении колоний раскладывают 15–20 г на колонию или по 3–5 г в нору.

При обработке колоний общественной полевки на скотопрогонном пастбище в предгорной зоне Дагестанской АССР через 1 сут бактороденцид был съеден на 40 %, через 2 сут — на 80–90 %, в дальнейшем исчезал полностью. Учет до и после обработки методом прикопки нор и подсчета обитаемых (открывавшихся) показал резкое (в 5 раз) снижение численности полевок, в том числе весенней. Последующие наблюдения за численностью полевок и вторичная осенняя обработка подтвердили эту закономерность (Кандыбин, Прохоров, 1968).

На посевах многолетних трав бактериальный метод по эффектив-

ности не уступает химическому. Так, П. Г. Гайдаров (1969), используя влажный и сухой бактороденцид, бактокумарин и отравленную фосфидом цинка (6 %) зерновую приманку на посевах люцерны в Краснодарском крае (сплошной и ленточный рассев препаратов), показал, что для грызунов наиболее привлекателен зерновой влажный бактороденцид. Весной и осенью этот препарат через 3 сут поедался полевыми полностью, зерновой сухой — на 73,8 %, бактокумарин — на 53–97, аминокостный бактороденцид — на 12,5, зерно пшеницы с 6 % фосфида цинка — на 2,5–42,5 %. Эффективность препаратов соответствовала их поедаемости. Наиболее эффективным оказался зерновой влажный бактороденцид, затем бактокумарин. Аминокостный и сухой зерновой бактороденцид показал невысокую эффективность. Приманка с фосфидом цинка по эффективности соответствовала влажному зерновому бактороденциду. Бактокумарин (смесь зернового влажного бактороденцида с зоокумарином) по эффективности не превосходил чистый бактороденцид: зоокумарин — селективный яд и для обыкновенных полевых малотоксичен. Ленточная обработка посевов люцерны (расстояние между полосами 40–50 м) по эффективности не отличалась от сплошной, то есть такая обработка позволяет экономить время без ущерба для качества.

Численность грызунов и эффективность обработок на посевах многолетних трав учитывают методом прикопки и подсчетом отбившихся нор или методом ловушко-суток.

Стога и скирды. Заселение грызунами стогов и скирд начинается с осени и длится до тех пор, пока не ляжет снег (в южных зонах всю зиму). Весной при таянии снега грызуны также могут переселяться в стога и скирды.

Бактороденцид закладывают в ящики (по 100–150 г), которые размещают в стоге или скирде в два ряда — один в приземной части, другой — в 1,5 м от земли. Расстояние между ящиками в ряду 3–5 м (в зависимости от численности грызунов и типа скирды или стога). В зимнее время в таких ящиках бактороденцид хорошо сохраняется. Однако ящик нельзя заполнять большим количеством препарата. Грызуны, обнаружив ящик с обильным кормом (препаратом), закрывают в нем отверстия, строят гнезда и часто гибнут в них. Все это препятствует посещению такого ящика другими особями. Кроме того, бактороденцид, находясь в скирде, или быстро подсыхает, или в нем бурно размножается посторонняя микрофлора. Поэтому ящики с препаратом следует периодически (через 2–3 нед) осматривать, очищать и при необходимости добавлять свежий препарат. Бактороденцид помещают в ящики без дополнительной упаковки или в бумажных кульках.

В стога и скирды можно также закладывать кульки с бактороденцидом — по нишам в два ряда (в приземной части и на высоте 1,5 м, расстояние между нишами в ряду 1–1,5 м). Ниши с препаратом закры-

вают соломой или сеном (в противном случае он будет испорчен или склеван птицами).

Стога и скирды, подлежащие перевозке на скотные дворы или предназначенные для других целей, необходимо предварительно обработать против грызунов, иначе с соломой и сеном они могут попасть в населенные пункты. Если на месте скирды или скота после полной разборки обнаружены норы, в них засыпают по 5–10 г бактороденцида.

Учет видового состава, численности грызунов и эффективности обработки в стогах и скирдах лучше всего проводить методом ловушко-суток. Для этого ловушки "Геро" (малого размера) расставляют на 2 сут в ниши в нижней и средней части стога и каждые сутки подсчитывают пойманных грызунов.

После 2 сут рассчитывают процент попадаемости по формуле $x = 100a \cdot (2b)^{-1}$, где x — попадаемость, %; a — число пойманных грызунов; b — число использованных ловушек. Для определения эффективности обработок численность грызунов учитывают до и после обработки (не раньше чем через 10 сут). Эффективность рассчитывают по формуле $E = 100 - 100c \cdot (d)^{-1}$, где E — эффективность, %; c — попадаемость грызунов после обработки, %; d — попадаемость до обработки, %.

Лесополосы, сады, питомники и лес. Многие поля разделены лесополосами, где нередко скапливаются мышевидные грызуны. В лесополосах, как правило, разнообразный и густой травяной покров, зимой обилие снега, много подснежного корма в виде растительных остатков, семян, луковиц, корнеплодов и корневищ, древесных и травянистых растений. Видовой состав и численность грызунов здесь нестабильны. Иногда могут преобладать типичные для таких биотопов виды — лесная или желтогорлая мышь. В этом случае из-за их высокой конкурентоспособности другие виды будут редки. Чаще всего в лесополосах переживают неблагоприятные условия такие многочисленные и вредоносные виды, как обыкновенная полевка, полевая мышь, серый хомячок, домовая мышь. За исключением желтогорлой мыши (*Apodemus flavicollis*) и полевой мыши (*Apodemus agrarius*), невосприимчивых к бактороденциду, бактериальный метод может быть применен против всех видов грызунов, заселяющих леса, сады и лесополосы.

Рассеивание зернового бактороденцида в лесах, лесополосах, садах и на кустарниках неэффективно. Лучший способ обработки лесополос — создание долговременных очагов заражения. Для этого в местах скопления грызунов (что легко определить по норам, тропкам и повреждениям) устраивают приманочные кучи соломы, под которые раскладывают бактороденцид. Частота размещения куч зависит от характера лесополосы, численности и распределения грызунов (примерное расстояние между кучами 25–30 м). В течение зимы периодически осматривают приманочные кучи и добавляют препарат. В осенне-зимний период приманочные кучи хорошо привлекают мы-

шевидных грызунов (особенно обыкновенную полевку), которые поселяются здесь, поедают бактороденцид и гибнут.

Эффективным способом бактериального истребления грызунов в лесополосах следует также считать раскладывание бактороденцида по норам, тропам грызунов, у основания пней и стволов деревьев, в густую траву, под кучи порубковых остатков, хвороста порциями по 10 г через 5–7 м. Рекомендуется раскладывать приманки в искусственные норы глубиной 20–30 см, сделанные цилиндрическим буром диаметром 3–4 см под углом в 30–40° к поверхности почвы. Такие норы устраивают вдоль лесных полос с обеих сторон через каждые 10 м.

В садах и питомниках обработки можно проводить теми же способами, что и в лесополосах. Но здесь требуется особенно тщательное обследование не только сада, но и окружающей территории, так как грызуны часто поселяются в зарослях бурьяна, кустарниках, на окраинах леса, в канавах, оврагах, копнах соломы, половы, кучах мусора.

В лесу с обильным подлеском и листовой подстилкой мышевидные грызуны находят благоприятные условия для поселения и размножения. Типичные обитатели лесных угодий — лесная и желтогорлая мышь, рыжие полевки рода *Clethrionomys* (рыжая лесная, красно-серая, красная). Из рыжих полевок наиболее многочисленна, широко распространена и вредоносна лесная (*C. glareolus*). В нашей стране ее ареал охватывает огромную территорию от западных границ до Тюмени, Алтая и Саян и от Кольского полуострова до островных лесов Украины, лесостепной зоны и Среднего Поволжья РСФСР. Другие виды рыжих полевок (красно-серая и красная) распространены в основном в северных таежных зонах Евразии вплоть до побережья дальневосточных морей. В лесу, особенно в южных колковых лесах, окруженных полями, наряду с указанными типичными обитателями часто поселяются полевые виды мышей и полевок — полевая мышь, обыкновенная полевка, темная полевка, водяная полевка.

Лесные станции сравнительно стабильны по условиям обитания и видовому составу грызунов. Здесь нет сезонных миграций, характерных для полей, стогов, лесополос и других стадий агробиоценоза, что позволяет лучше организовать борьбу с грызунами, создавая искусственные стабильные очаги эпизоотий. Истребление грызунов в лесах, граничащих с сельскохозяйственными угодьями, следует считать обязательным приемом, так как эти станции могут служить источником распространения грызунов в периоды массового размножения. Истребление грызунов в лесных станциях требует строгого соблюдения рекомендаций и тщательного контроля за видовым составом, численностью грызунов и эффективностью мероприятий.

Данных о применении бактериального метода против грызунов леса пока мало. Нам известны только сводки Теллермановского опыт-

ного лесничества (Образцов, 1954). Эти опыты оказались неудачными, потому что на участках наблюдения одним из основных видов была желтогорлая мышь, которая, как оказалось впоследствии, устойчива к бактериям Исаченко. Наши наблюдения в Главном ботаническом саду АН СССР и в смешанных лесах в Башкирии показали, что поздневесенние и летние обработки лесных угодий, как правило, малоэффективны, что объясняется обеспеченностью грызунов зеленым и концентрированным кормом и, как следствие, непривлекательностью бактериальных приманок. Кроме того, в весенне-летний период грызуны интенсивно размножаются и их численность быстро восстанавливается. Применять бактороденцид лучше поздней осенью (пока не выпал снег), зимой и ранней весной. В эти сезоны бактороденцид целесообразно раскладывать в определенных местах, а не рассеивать по лесу: рассеянный препарат грызуны обычно не находят. Приемы размещения препарата зависят от типа леса (в первую очередь от характера подлеска и лесной подстилки).

Так, в дубравах Главного ботанического сада АН СССР при преобладании рыжей лесной полевки более 90 % бактороденцид применяли двумя способами: в дератизационных ящиках, которые расставляли в ниши, сделанные в снегу и лесной подстилке с интервалом 30—40 м, и в бумажных кулках, которые раскладывали в ниши с интервалом 10—20 м. Проверка показала, что особенно быстро были обнаружены приманочные ящики: в них в течение 6 сут препарат был съеден полностью, а препарат, расфасованный в кульки, грызуны находили и полностью съедали к 15-м сут.

Небольшая поедаемость препарата в первые дни объясняется только тем, что грызуны не сразу обнаружили его под снегом. По данным учета численности грызунов методом ловушко-суток, эффективность бактороденцида в дубраве против рыжей полевки при описанных способах применения составила 81—83 %. На контрольных участках (не более 500 м от опытных) численность рыжей полевки снизилась из-за перемещения эпизоотии с опытных участков. Через 5 мес после осенне-зимней бактериальной дератизации дубрав мы провели дополнительный учет численности грызунов и бактериологический анализ. Оказалось, что на ранее обработанных участках численность рыжей полевки была очень низкой, на отдаленных (до 500 м) необработывавшихся участках — несколько выше. При вскрытии пойманных грызунов были выявлены остаточные признаки заболевания. Следовательно, осенне-зимняя обработка вызвала резкое снижение численности рыжей полевки и позволила создать напряженную эпизоотию как на обработанных участках, так и за их пределами. При повторной весенней обработке наблюдались те же закономерности, что и осенью, с той разницей, что весной полевки менее охотно посещают приманочные ящики и поедают препарат.

При оценке отдаленных последствий проведенных обработок (осен-

не-зимней и весенней) в лесопарке (частично обработан осенью и весной), заповеднике (однократная весенняя обработка половины площади) и дендрарии (без обработки) Главного ботанического сада (опыт) и в Измайловском парке (контроль) через 11 мес после первой обработки и 5 мес после второй попадаемость в ловушки в опыте составила 0,3–5,6 %, в контроле – 40 %. То есть высокий эффект дератизации был отмечен не только на обработанных, но и на смежных необработанных участках.

Парники и теплицы. Очень часто грызуны (мыши, полевки, крысы) поселяются в парниках и теплицах, находя здесь благоприятные условия переживания – тепло, обилие корма, хорошие убежища. Большая прожорливость грызунов ведет к тому, что даже одна пара полевков может нанести значительный вред молодым растениям, особенно рассаде, семенам и клубням. Кроме того, грызуны могут поселяться не в самих парниках и теплицах, а на окружающей территории – в зарослях бурьяна, кустарниках, стогах, кучах соломы, под соломенными матами и т. д. Поэтому еще до набивки парников и теплиц нужен тщательный осмотр окружающей территории и проведение соответствующих мероприятий в местах сосредоточения грызунов.

Для уничтожения грызунов бактороденцид закладывают в норы, размещают по тропам, используют дератизационные ящики с препаратом (по 100–150 г), которые ставят в местах скопления грызунов и под рамы. Содержимое ящиков обновляют каждую неделю. Ящики можно заменить толстыми трубками или раскладывать препарат в смоченных подсолнечным маслом бумажных кульках (по 15–20 г). Во всех случаях важно разместить бактороденцид так, чтобы он был доступен для грызунов и недоступен для других животных и птиц.

Овощехранилища, склады и другие помещения. В овощехранилищах полевки и мыши часто обитают в буртах, проделывая там ходы и устраивая гнезда. На складах зерна, муки, фуража, других пищевых продуктов поселяются в основном крысы и домовые мыши. Гнездятся они чаще в подпольях, между стен, на чердаках, а к местам кормежки имеют постоянные ходы.

Бактороденцид в бумажных кульках или в ящиках помещают в местах обитания или по путям прохода грызунов. Каждую неделю проверяют поедаемость и добавляют препарат. Истребление грызунов прекращают только в том случае, когда препарат больше не поедается. Для полной уверенности в достигнутом эффекте можно заклеить норы и проходы бумагой: если в течение 3 сут они не откроются, можно считать обработку успешной.

В других помещениях бактериальная дератизация проводится примерно так же, как на складах. Но всегда важно предварительно обследовать помещения и окружающую территорию и выявить места обитания грызунов, которые должны быть обработаны в первую очередь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время, несмотря на широкое применение химических пестицидов (ежегодно в мире используется около 3 млн т), потери сельскохозяйственного производства составляют около 35 % потенциального урожая, или 75 млрд долларов. В США они оцениваются (без учета ущерба от сорняков) в 4,7 млрд долларов. В нашей стране потери составляют 28 % потенциального урожая при условии, что объемы применения пестицидов постоянно растут — применено с 200 тыс. т в 1965 году до 680 тыс. т в 1985 году. На 1990 год планируется применить 750—790 тыс. т химических препаратов. Таким образом, пестициды не в состоянии решить проблему защиты растений и животных от вредных организмов.

Наиболее перспективным направлением в решении этой проблемы считается рациональное сочетание различных искусственных приемов с использованием природных механизмов регуляции численности видов. Такой экологический подход назван интегрированной защитой. Интегрированная защита — не что иное, как новый вариант концепции “управления вредителями”, которая начала разрабатываться еще в начале XX века, но была забыта в связи с бурным развитием химических средств защиты растений. Возврат к экологическому мониторингу потребует расширения наших знаний и обучения специалистов-экологов широкого профиля.

Возможности биометода пока ограничены, и его теоретические основы разработаны крайне слабо. Конечно, объемы производства и применения микробиологических средств защиты растений и животных в нашей стране за прошедшие 20 лет увеличивались (что вполне отвечает требованиям времени), и сейчас микробиометод применяется на площади 9—10 млн га. Однако основное внимание при этом уделялось количественной стороне дела (ассортименту микробиологических средств защиты растений и объемам их производства и применения) и явно недостаточное — вопросам качества. Сейчас в нашей стране накоплен солидный арсенал микробиологических средств защиты растений, и по общему объему их производства (особенно по бактериальным препаратам инсектицидного и родентицидного действия) мы значительно опережаем другие страны. В то же время в последние годы рост не только приостановился, но и намечается сокращение произ-

водства и применения микробиологических средств защиты растений. Одна из главных причин, сдерживающих наращивание темпов, — низкое качество бактериальных препаратов и недостаточно совершенная технология их применения. А ведь этим в первую очередь определяется судьба микробиометода, его признание, внедрение, дальнейшее развитие. Рецептурные формы отечественных энтомоцидных препаратов значительно уступают зарубежным. Низкое качество, заложенное в технологический регламент и технические условия, вынуждает потребителя увеличивать расход препаратов на единицу площади. Препараты нуждаются в хороших смачивателях, стабилизаторах, прилипателях, протекторах и т. д. В случае бактороденцида, например, качество препаративных форм удовлетворительное, но срок годности мал (6—12 мес). Совершенствование форм бактериальных препаратов — один из основных резервов повышения их эффективности. Только за счет подобного улучшения препаратов на основе *Bac. thuringiensis* можно удвоить и даже утроить объемы обрабатываемых площадей, так как повышение качества препаратов позволит снизить нормы расхода и сократить кратность обработок, не говоря уже о снижении транспортных расходов, расходов на обработку и т. д.

Еще один резерв — совершенствование технологии применения микробиологических средств защиты растений, которые должны основываться на учете экологических особенностей патогена и хозяина и их взаимоотношений. Такие взаимоотношения в очень большой мере зависят от ряда биотических и абиотических факторов — температуры, влажности, видо- и группоспецифичности, фазы развития вредителя, антропогенных воздействий. Теоретически допустимо, что численность насекомого-вредителя должна регулироваться энтомофагами и патогенами, но в действительности на взаимоотношения хозяина и паразита влияют многие условия, особенно в агробиоценозе. Даже незначительные колебания погодных условий, не говоря об антропогенном воздействии, изменяют соотношение численности хозяина и паразита. Если учесть способность насекомых к размножению (а у хозяина она всегда выше, чем у паразита), то станет ясно, что даже малейшее отклонение в пользу хозяина приведет к резкому подъему его численности. Такие универсальные средства, как пестициды, обычно нарушают соотношение в пользу хозяина и во вред паразиту: ведь хозяин за счет высокой плодовитости скорее восстанавливает численность, чем его энтомофаг. Поэтому химический метод эффективен только при систематическом применении: наряду с уничтожением вредителя он нарушает природные механизмы регуляции численности видов, восстановить которые трудно. Кроме того, химическое истребление комплекса популяций насекомых способствует появлению новых, ранее второстепенных вредителей. Биологические же средства сдвигают равновесие в сторону уменьшения численности хозяина, следовательно, действие регулирующих механизмов усилива-

ется. За рубежом многие фермеры неохотно применяют инсектициды, предпочитая некоторые потери от вредителей обязательным химическим обработкам. Нельзя забывать и то, что лишь 1 % видов насекомых — вредители, а остальные 99 % нуждаются в бережном отношении и охране не только как полезные виды, но и как неотъемлемая часть биосферы. Следовательно, химический метод защиты растений надо оценивать не как обязательный прием, а как вынужденное "пожарное" средство, приемлемое только в критических ситуациях при угрожающей численности вредителя и отсутствии альтернативных средств.

Исключительный интерес и практическую значимость представляют спонтанные эпизоотии в популяциях вредителей и изучение условий их максимального развития. Раскрытие закономерностей подобных процессов послужит основой для разработки прогнозов численности вредителей и позволит регламентировать защитные мероприятия. С сожалением приходится констатировать, что эти работы ведутся очень медленно, хотя уже получены ощутимые результаты. Во Всесоюзном НИИ защиты растений, например, разработаны методические указания по диагностике энтомофтороза гороховой тли и прогнозу ее численности, что позволило в Татарской АССР на больших площадях исключить ненужные обработки на протяжении нескольких лет. Необходимы аналогичные исследования по каждому из наиболее массовых вредителей. При этом исследования должны вестись комплексно с учетом всех важнейших возбудителей эпизоотий (бактерий, грибов, вирусов, простейших, нематод) и региональных условий. Изучение эпизоотологических взаимоотношений позволит также разработать искусственные приемы усиления эпизоотического процесса, в особенности для закрытого грунта и других стабильных биотопов, какими являются сады, питомники, леса, лесополосы, посевы многолетних трав.

Рассматривая перспективы развития микробиометода борьбы с грызунами и насекомыми, нельзя обойти такой вопрос, как применение микробных препаратов в смеси с зооцидами и инсектицидами. Такое направление возникло давно, имеет своих сторонников и противников. По нашему мнению, оценка этого приема может быть двойной. В ограниченном смысле (для получения быстрого первичного эффекта) прием себя оправдывает и может быть рекомендован. Если же строить интегрированную систему защиты растений и учитывать не только первичный эффект микробиометода, но и экологические последствия, в том числе в популяции вредителя, то очевидно, что добавление пестицидов нецелесообразно: усиливая действие препарата, мы одновременно ослабляем природные механизмы сдерживания численности вредителя.

Необходимо обратить внимание еще на один совершенно новый аспект использования микроорганизмов в защите растений и животных от вредителей, который разрабатывается нами последние 10 лет. Речь идет о поиске и создании биологических средств профилакти-

ческой защиты — препаратов, обладающих репеллентным, антифидантным и аттрактантным действием на грызунов и насекомых. Нам удалось выделить ряд микроорганизмов, обладающих таким действием. Чрезвычайно важно то, что эти микроорганизмы — сапрофиты, в массе обитающие в почве и воде и совершенно безвредные для человека и животных.

Совсем недавно выявилась новая возможность использования *Bac. thuringiensis* в защите растений (Adang, De Boer, Firoozabady e. a., 1986; Reynaets, Hofte, Vanderbruggen e. a., 1986). Сообщают, что методами генной инженерии ген, кодирующий синтез Δ -эндотоксина у *Bac. thuringiensis*, включен в хромосому табака. В результате клетки растения приобрели способность синтезировать эндотоксин. Гусеницы *Manduca sexta* на растении, несущем ген *Bac. thuringiensis*, питались значительно менее интенсивно, чем на контрольных, и через 6 сут погибли. Ставится задача получать таким путем формы, устойчивые к насекомым-вредителям.

Многолетняя практика применения бактериального метода против мышевидных грызунов показала его высокую эффективность при экологической и санитарной безопасности. В то же время очевидно, что этот прием предполагает биологически грамотное исполнение. К сожалению, специалистов соответствующего профиля (со знанием микробиологии и зоологии) не готовят, и на местах их немного. Временным выходом из создавшегося положения может быть "кооперация" микробиологов и зоологов.

Лучшим сроком применения бактериального метода против грызунов следует считать осень, зиму и раннюю весну, когда грызуны сконцентрированы в определенных стациях. Учитывая, что у мелких мышевидных грызунов массовое размножение происходит в основном в теплое время года, осенне-зимние популяции следует расценивать как резерв на предстоящий весенне-летний период. Их истребление позволит меньшими силами получить наибольший эффект.

Бактериальный метод при грамотном исполнении позволяет надежно регулировать численность вредных насекомых и грызунов, отвечает экологическим требованиям, служит альтернативой использования пестицидов, загрязняющих среду и угрожающих здоровью людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абдулаев А. А. Изучение причин эпизоотии капустной белянки в условиях Киевской области // Интегрированная защита от вредителей и болезней зерновых и кормовых культур. — Киев, 1981.

Адылов З. К. Биологический метод борьбы с вредителями культур хлопкового севооборота и его перспективы // Итоги научной и производственной деятельности по защите и карантину растений в республиках Средней Азии и Южном Казахстане за 1972 г. — Ташкент, 1974.

Адылов З. К., Шарафутдинов Ш. А., Салихов Р. Р. Влияние микробиологических препаратов на трихограмму // Тез. докл. специал. стран-членов СЭВ / Механизм действия инсектоакарицидов. — Л., 1977.

Алексеев А. Н. К вопросу об иммунитете у насекомых // Энтомологическое обозрение. — 1971. — Т. 30. — Вып. 4.

Андросов Г., Андросова Л., Соболева Л. Опыт использования микроорганизмов в биологической защите сельскохозяйственных культур от вредных насекомых в условиях Нечерноземья // Использование микроорганизмов для борьбы с вредными насекомыми в сельском и лесном хозяйстве. — Иркутск, 1980.

Африкян Э. К. Бактериальные инсектициды и их применение // Известия АН СССР, сер. биол. — 1970. — № 1.

Африкян Э. К. Энтомопатогенные бактерии и их значение. — Ереван, 1973.

Африкян Э. К., Чилингарян В. А., Чил-Акопян Л. А. и др. Бактериальный инсектицидный препарат БИП-805 // Биол. журн. Армении. — 1969. — Т. 22. — № 8.

Ахведиани Е. Н. К изучению биологических особенностей закавказской обыкновенной полевки (*Microtus arvalis transeaucasicus*) и восприимчивости ее к бактериям тифа грызунов в условиях Грузии. — Канд. дис. — Л., 1966.

Баббеков К. Испытания биопрепаратов для борьбы с обыкновенным паутинным клещом (*Tetranychus telarius* Link.) // Материалы респ. школы-семинара молодых ученых и специалистов по проблеме повышения эффективности с.-х. пр-ва в свете решений июльского (1978 г.) Пленума ЦК КПСС. Защита растений. — Ташкент, 1979.

Бабрикова Т., Кузманова И., Нгуен Тхи Лай // Влияние препаратов на основе *Bacillus thuringiensis* на златоглазку обыкновенную. — Градин, 1982.

Базаров Б. Б., Кочупова Т. А., Кудрявцева Л. М. Эффективность карнецина в борьбе с хлопковой совкой в условиях Таджикской ССР // Препараты микробиол. синтеза. — М., 1981.

Бакланова О. В. Оценка эффективности действия биопрепаратов на гусениц картофельной моли // Защита растений. — Киев, 1985.

Батурин В. В., Батурина Л. И. Безвредность энтомопатогенов для

полезных животных // Использование микроорганизмов для борьбы с вредными насекомыми в сельском и лесном х-ве. — Иркутск, 1979.

Б е р и ш в и л и И. М. Полевки Грузии (*Microtus socialis* и *Microtus arvalis*) и эффективные меры борьбы с ними. — Автореферат докт. дис. — Л., 1968.

Б е р и ш в и л и И. М., А х л е д и а н и Е. Н. Производство и применение зерновых бактериальных препаратов в борьбе с грызунами в Грузии // Использование микроорганизмов в животноводстве и для защиты растений. — Л., 1968.

Б о б р и ц к а я А. А. Изучение некоторых неспецифических факторов иммунитета *Malacosoma neustria* и *Agrotia crataegi* к бактериальной инфекции. — Канд. дис. — Л., 1972.

Б у л б у л ш о е в Т. Биологические основы использования препаратов (*Bacillus thuringiensis*) для борьбы с насекомыми — вредителями садов Западного Памира. — Автореферат канд. дис. — Л., 1979.

В а й з е р Я. Микробиологические методы борьбы с вредными насекомыми. — М., 1972.

В и к т о р о в - Н а б о к о в О. В., Ш е р е м е т В. П., К о с т ю ч е н к о И. П. и др. Биотесты бациллы *B. thuringiensis* // Тез. докл. / Патология членистоногих и биол. средства борьбы с вредными организмами. — Канев, 1982.

В о з н я к о в с к а я Ю. М. Микрофлора растений и урожай. — Л., 1969.

В о с к р е с е н с к а я В. Н., Д о р о г о й ч е н к о Н. И. Эффективность бактериальных препаратов против вредителей капусты в зависимости от погоды и товарной формы / Микробиологические средства защиты растений (Сборник науч. тр.). — Новосибирск, 1986.

Г а й д а р о в П. Г. Разработка микробиологического метода истребления обыкновенной полевки с помощью авиации. — Канд. дис. — Л., 1969.

Г а ф у р о в а В. Л. Спектр действия микробных препаратов на яблонную плодожорку // Тез. докл. / Биологические методы борьбы с вредителями леса и садов в лесхозах Таджикской ССР. — Душанбе, 1976.

Г л о в а ц к а Б. Борьба с монашенкой (*Lymantria monacha* L.) при помощи препаратов *Bacillus thuringiensis* Berliner // Применение трихограммы и биопрепаратов в интегрированной борьбе с вредителями растений. — София, 1985.

Г л у ш к о в а А. И., К а ц М. Б., Д а н и л о в а Э. Б. Микробные инсектициды, содержащие термостабильный экзотоксин (Обзорная информация). — М., 1985.

Г о р а л ь В. М., Л а п п а Н. В. Действие биопрепаратов на лугового мотылька // Защита растений. — Киев. — 1979. — № 26.

Г р и ц е н к о И. Н. Выделение и применение патогенных бактерий для борьбы с водяной крысой (*Arvicola terrestris*) // Проблемы ветеринарной санитарии. — М., 1964.

Г р и ц е н к о И. Н. Микрофлора мелких млекопитающих Западной Сибири. — М., 1971.

Г р и ц е н к о И. Н. Особенности действия фитонцидов на клетки бактерий // Фитонциды. — Киев, 1975.

Г р и ц е н к о И. Н., У ш а к о в а Н. В., П о ж и д а е в а А. В. и др. Микрофлора майского хруща, садового хрущика, ивового волнянки и шелкопряда-монашенки в Западной Сибири // Тез. докл. симп. / Исследования по биол. методу борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства. — Новосибирск, 1964.

Г у к а с я н А. Б. Бактериостатическое и бактерицидное действие хвои и ее химических компонентов на возбудителя болезни сибирского шелкопряда // Изв. Сиб. отд. АН СССР. — 1958. — № 7.

Г у к а с я н А. Б. Микрофлора непарного шелкопряда (*Ocneria dispar* L.) // Кристаллоносные микроорганизмы и перспективы их использования в лесном хозяйстве. — М., 1967.

Гук а с я н А. Б. Энтомоцидная активность кристаллообразующих микроорганизмов в горных лесах Тувы // Энтомопатогенные микроорганизмы в лесных биоценозах. — Красноярск, 1979.

Д и м а С. Г., З у р а б о в а Э. Р. Эффективность применения лепидоцида в борьбе с гроздовой (*Polychrosis botrana* Schiff.) и двулётной (*Ctysia ombigulla* Hd.) листовёртками на виноградниках Молдавии // Микробиол. метод борьбы с болезнями и вредителями растений. — Кишинёв, 1984.

Д р о б ы ш е в с к а я А. Н. К вопросу о патогенности *B. prodigiosum* для насекомых // Тр. ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. — 1936. — Т. 8. — Вып. 1.

Д р о з д а В. В. Использование биопрепаратов в борьбе с листовёртками в плодовом саду // Тез. докл. / Пути совершенствования микробиологической борьбы с вредными насекомыми и болезнями растений. — Оболенск, 1986.

Д у б и ц к и й А. М., С а у б е н о в а О. Г., Ч е р к а ш и н А. Н. Новый эффективный биологический патоген для борьбы с комарами // Вестник АН КазССР. — 1981. — № 5.

Е а р и а н У. К., Я н г С. И. Применение микробных инсектицидов на полевых культурах // Формы микробных инсектицидов и методы их применения. — М., 1981.

Е в л а х о в а А. А., Ш в е ц о в а О. И. Наставления по изучению болезней насекомых и применению микробиологического метода защиты растений. — М.-Л., 1953.

Е ф и м о в а Л. Хлорофос и энтобактерин на овощных культурах // Защита растений от вредителей и болезней. — М., 1965.

З и л ь б е р Л. А. Основы иммунологии. — М., 1958.

З у р а б о в а Э. Р., Л а п п а Н. В., К р а с н и ц к а я Р. С. и др. Опыт использования биопрепарата лепидоцида против американской белой бабочки // Защита растений. — Киев. — 1980. — № 27.

И в а н о в Г. М. Микрофлора хохлатки двухцветной (*Leucodonta bicoloria*) // Кристаллоносные микроорганизмы и перспективы их использования в лесном хозяйстве. — М., 1967.

И н о г а м о в Р. У., Р а с у л о в Ф. К. К вопросу о влиянии экзотоксина на обыкновенного паутинного клеща // Тр. Среднеаз. НИИ защиты раст. — 1976.

И р ш е н к о В. А. Эффективность бакпрепаратов в интегрированной системе борьбы с вредителями капусты на Сахалине // Микробиологические средства защиты растений. — Новосибирск, 1986.

И с а ч е н к о Б. Л. О новой патогенной для крыс бацилле // Изв. Министерства земледелия и гос. имущ. — 1898. — № 20.

К а з а н о к Г. Т., Ш е р е м е т В. П., Б о р е й к о Т. А. и др. О чувствительности личинок рисового комарика (*Cricotopus silvestris*) к бактокулициду // Тез. докл. / III съезд Украинского энтомолог. об-ва. — Канев, 1987.

К а н д ы б и н Н. В. Исследования по использованию бактерий тифа грызунов для истребления рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*). — Канд. дис. — Л., 1962.

К а н д ы б и н Н. В. К вопросу контактиозности и оценки эффективности использования бактерии тифа грызунов в борьбе с вредными грызунами / Микробиол. метод борьбы с болезнями и вредителями сельскохозяйств. — Л., 1966.

К а н д ы б и н Н. В. Микробиологический метод борьбы с грызунами. — М., 1974.

К а н д ы б и н Н. В., Б а р б а ш о в а Н. М. Эффективность битоксиацилина (БТБ-202) против колорадского жука, совков и других вредных насекомых // Использование микроорганизмов и их метаболитов в сельском хозяйстве. — Л. — 1976. — Т. 45.

К а н д ы б и н Н. В., Б а р б а ш о в а Н. М., В и к т о р о в - Н а б о к о в О. В. и др. Использование кристаллообразующих бактерий для ограничения численности кровососущих комаров // Тез. докл. / II съезд УЗО. — Ужгород, 1980.

К а н д ы б и н Н. В., В и ш н я к о в С. В. Новый полевой метод изучения

экспериментальной эпизоотии тифа грызунов и его результаты // Биологический метод борьбы с вредителями растений. — Рига, 1968.

Кандыбин Н. В., Ермолова В. П., Барбашова Н. М. и др. Распространение *Bacillus thuringiensis* H₁₄ в местах обитания комаров // Бюлл. ВНИИ сельхозмикробиологии. — 1986. — № 43.

Кандыбин Н. В., Кузнецова Л. Н., Стусь А. А. Битоксибациллин против американской белой бабочки (*Hyphantria cunea* Drury) // Бюлл. ВНИИ сельхозмикробиологии. — 1983. — № 39.

Кандыбин Н. В., Лескова А. Я., Мельникова Е. А. и др. Распределение и сохранность битоксибациллина при обработке им растений картофеля и томатов // Сельскохозяйственная биология. — 1982. — Т. XVII.

Кандыбин Н. В., Прохоров М. М. Испытание эффективности зернового препарата бактерий тифа грызунов для истребления общественной полевки на пастбищах // Использование микроорганизмов в животноводстве и для защиты растений. — Л., 1968.

Кандыбин Н. В., Серебрякова Л. К., Корешкова Г. Н. Новая технология получения бактороденцида // Тр. ВНИИ сельхозмикробиологии. — 1979. — Т. 48.

Кандыбин Н. В., Смирнов О. В. Токсикологическая оценка бактокулицида // Тез. докл. / Патология беспозвоночных и биологические ср-ва борьбы с вредными организмами. — Канев, 1982.

Кандыбин Н. В., Соболева Г. В., Самоукина Г. В. Лизоцим как фактор иммунитета у грызунов к бактериям Исаченко // Бюлл. ВНИИ сельхозмикробиологии. — 1975. — № 17. — Вып. 2.

Кандыбин Н. В., Стусь А. А. Экологические принципы применения битоксибациллина против колорадского жука // Бюлл. ВПС МОББ. — 1987. — № 18.

Кандыбин Н. В., Стусь А. А., Гольдин Е. Б. Эффективность битоксибациллина в борьбе с американской белой бабочкой // Бюлл. ВНИИ сельхозмикробиологии. — 1982. — № 36.

Кандыбин Н. В., Стусь А. А., Кузнецова Л. Н. Действие бактокулицида на личинок малярийного комара (*Anopheles maculipennis*) крымской популяции // Бюлл. ВНИИ сельхозмикробиологии. — 1981. — № 33.

Кандыбин Н. В., Чеверда М. Г., Симонова Л. А. Энтомофильные бактерии, выделенные из разных видов насекомых Крыма и Северного Кавказа // Бактериальные средства и методы борьбы с насекомыми и грызунами. — Л., 1972.

Качанова Ш., Фролов Б. А. Токсичность турингина для кур // Проблема ветеринарной санитарии / Тр. ВНИИВС. — М., 1977.

Келимбетов П. К., Израилов У. Р. Микробиопрепараты в системе защиты хлопчатника // Тез. докл. / Повышение эффективности применения химических средств защиты сельскохозяйственных культур и охрана окружающей среды. — М., 1979.

Китик В. С., Жданкин Ф. А. Микробиологическая борьба с озимой совкой на овощных и бахчевых культурах // Биологический метод защиты растений от вредителей и болезней и охрана окружающей среды. — Кишинев, 1984.

Кольчевский А. Г. Влияние фитонцидов растений, произрастающих в биоценозах капустных и картофельных полей, на *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* sh. 202 // Бюлл. ВНИИ сельхозмикробиологии. — 1981. — № 33.

Кольчевский А. Г. Эффективность БТБ против вредителей капусты в связи с его сохранностью на обработанных растениях // Тез. докл. / Патология членистоногих и биологические средства борьбы с вредными организмами. — Канев, 1982.

Кондря В. С. Испытание биопрепаратов с некоторыми листогрызущими гусеницами в саду // Биол. журн. Армении. — 1980. — Вып. 33.

Константинопольская Н. И., Горохова Н. М. Взаимоотноше-

ния энтомопатогенных бактерий с другими микроорганизмами // Микроорганизмы в борьбе с вредителями лесного хозяйства. — М., 1966.

Коппел Х., Мартинс Д. Биологическое подавление вредных насекомых. — М., 1980.

Корешкова Г. Н. Сохранение бактерий Исаченко в препарате на костно-картофельной среде при низких температурах // Микробиологический метод борьбы с болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур. — Л., 1966.

Корешкова Г. Н. Эффективность микробиологического метода борьбы с водняной полевкой в условиях Белоруссии. — Канд. дис. — Л., 1967.

Король И. Т. Как микроорганизмы защищают урожай. — Минск, 1986.

Коростель С. И., Капустина О. В. Влияние термостабильного экзотоксина *Bacillus thuringiensis* на трихограмму (*Trichogramma* sp.) и агениасписа (*Agenisaspis tuscollus* Dalm.) // Тр. ВНИИ защиты растений. — 1975.

Котляр В. И. Изучение ларвицидного действия экзотоксина "турингин" (*Bac. thuringiensis* шт. 056), прошедшего через желудочно-кишечный тракт крупного рогатого скота // Проблемы паразитологии. — Киев. — 1975. — Ч. I.

Котляр В. И., Корж К. П., Зайцева Л. Д. и др. Изучение токсичности термостабильного экзотоксина *Bac. insectus* и *Bac. thuringiensis* шт. 056 для теплокровных животных // Проблемы паразитологии. — Киев. — 1975. — Ч. I.

Крушев Л. Т., Моисеенко Ю. Е. Действие бактериальных препаратов и диптерекса на энтомофагов // Защита растений. — 1973. — № 7.

Крушев Л. Т., Марченко Я. И. Указания по опытно-производственному применению големлина и дендробациллина в сочетании с микродозой димилина для защиты леса от хвое- и листогрызущих насекомых. — Гомель, 1984.

Кузнецова Л. Н. Циркуляция и сохранность *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* в очагах американской белой бабочки как основа рационального применения битоксибациллина. — Канд. дис. — Л., 1986.

Кузманова И., Матвеева А. Возможности за микробиологична борба с колорадским бръмбар (*Leptinotarsa decemlineata* Say) // Научн. тр. Висш. селскостоп. ин-т (Пловдив). — 1982. — Т. 27. — № 3.

Кучеренко И. М., Баздырев В. П., Болгаренко А. В. Борьба с личинками кровососущих комаров в водоемах с высокой степенью зарастания // Тез. докл. / III съезд УЗО. — Киев, 1987.

Лаппа Н. В., Зурабова Э. Р., Гораль В. М. и др. Особенности применения энтомоцидного бактериального препарата лепидоцида в разных биоценозах // Применение трихограммы и биопрепаратов в интегрированной борьбе с вредителями растений. — София, 1985.

Левченко Е. А., Мелашенко Т. В. Изучение возможности применения битоксибациллина-202 для борьбы с насекомыми — вредителями зерновых запасов // Тез. докл. / Исследования по энтомологии и акарологии на Украине (2-й съезд УЗО). — Киев, 1980.

Лескова А. Я., Булбулшоев Т. Эффективность нового микробного препарата битоксибациллина в борьбе с гусеницами горностаевых молей и златогузки (вредители плодовых деревьев) // Изв. АН Тадж. ССР (биол. науки). — 1975. — № 2.

Лескова А. Я., Рыбина Л. М., Чумакова А. Я. Действие β -экзотоксина *Bacillus thuringiensis* на насекомых // Бактериальные средства и методы борьбы с насекомыми и грызунами. — Л., 1972.

Литвинова Л. А. Бактериальная эпизоотия капустной совки *Varathra brassicae* H. // Биология гетеротрофных микроорганизмов. — Красноярск, 1971.

Литвинов Б. М., Бондаренко А. Г. Битоксибациллин против малинно-земляничного долгоносика // Защита растений. — 1987. — № 12.

Лугуев Г. Р. Изучение условий рационального применения бактороденцида в Дагестане. — Канд. дис. — Л., 1975.

Лысенко Н. Н. Действие инсектицидов и биопрепаратов на лугового

мотылька // Актуальные вопросы теории и практики защиты сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней. — М., 1982.

Лысенко Н. Н. Действие и последствие инсектицидов и биопрепаратов на лугового мотылька *Pyrausta sticticalis* L. — Канд. дис. — Л., 1984.

Марец Ф., Матъга В., Вейзер Я. и др. Изучение мутагенного действия β -экзотоксина *Bac. thuringiensis* // Бюлл. ВНИИ сельхозмикробиологии. — 1988. — № 49.

Мельникова Е. А. О патогенности *Bac. thuringiensis* и препаратов на их основе для теплокровных организмов // Энтомопатогенные бактерии и их роль в защите растений. — Новосибирск, 1987.

Мельникова Е. А., Мурза В. И. Изучение безопасности производственных штаммов микроорганизмов и микробных инсектицидных препаратов // Ж. Гигиены, эпидемиологии, микробиологии и иммунологии. — 1980. — Т. 24. — № 4.

Мельжковский С. С. Бацилл, выделенный из сусликов и пригодный для истребления мышей // Архив ветерин. наук. — 1895. — № 3.

Найман Б. Я. Индустрия микробов. — М., 1983.

Нессе Дж. А., Хаббард Т. Б. Применение микробных инсектицидов в лесных насаждениях // Форма микробных инсектицидов и методы их применения. — М., 1981.

Никитина Л. П. Использование биологических препаратов против гусениц лугового мотылька на ромашке аптечной в Новосибирской области // Тез. докл. / 7-я конф. мол. ученых ВНИИ лекарств. раст. — М. — 1986. — Ч. 2.

Новицкая Т. Н., Абзанидзе Н. В. Изучение действия биопрепарата битоксибациллина на цитрусовых клещей // Субтроп. культуры. — 1985. — № 6.

Образцов В. В. Некоторые вопросы биологии и лесохозяйственного значения мышевидных грызунов // Сообщ. Ин-та леса АН СССР. — 1954. — Вып. 2.

Омельянец Т. Г., Падалкин В. П. О санитарно-гигиенической оценке микробных препаратов, применяемых для защиты растений // Гигиена и санитария. — 1980. — № 12.

Онищенко Л. Применение энтобактерина // Защита растений. — 1966. — № 6.

Орманян Ж. Х. Разработка микробиологического метода борьбы с главнейшими листогрызущими вредителями плодовых культур и гроздевой листовертки в условиях Аракатской равнины. — Автореферат канд. дис. — Ереван, 1972.

Охотников В. И. Эффективность битоксибациллина против листогрызущих вредителей леса // Лес. х-во. — 1978. — № 1.

Петров В. М., Петрова В. И. Влияние БТБ-202 на численность популяции обыкновенного паутиного клеща в зависимости от плотности заселения // Тез. докл. / 9-й съезд ВЗО. — Киев, 1984.

Пишохан Н. П., Тимченко Г. А. Сохранность спор энтомопатогенных бактерий в лесном биоценозе при инфицировании насаждений // Тез. докл. / Патология членистоногих и биологические средства борьбы с вредными организмами. — Канев, 1982.

Полтев В. И. Теоретические основы микробиологического метода борьбы с вредными насекомыми // Микробиологические методы борьбы с вредными насекомыми. — М., 1963.

Полтев В. И. Микрофлора насекомых. — Новосибирск, 1969.

Полтев В. И., Гриценко И. Н. Микрофлора вредных видов насекомых Сибири // Биологические методы борьбы с вредителями сельского, лесного хозяйства и карантинными сорняками. — Ташкент, 1966.

Поляков И. Я. Вредные грызуны и борьба с ними. — Л.-М., 1961.

Поспелов В. П. Фляшерия (септицемия) у гусениц озимой совы *Agrotis segetum* Schiff // Изв. отд. прикл. энтомол. ГИОА. — 1926. — Т. 3. — № 1.

Поспелов В. П. Значение болезней как отрицательного фактора при

размножении насекомых и перспективы биологического метода борьбы с вредителями // Луговой мотылек в 1929—1930 гг. — Киев, 1932.

Приставко В. П., Гораль В. М. Оценка патогенности микроорганизмов дозированным инфицированием насекомых // Вестн. с.-х. науки. — 1968. — № 7.

Прищепа Л. И. Биологические основы и практические приемы применения битоксибациллина (БТБ-202) для защиты капусты от листогрызущих вредителей. — Канд. дис. — Л., 1981.

Прищепа Л. И. Биологические основы и практические приемы применения битоксибациллина (БТБ-202) для защиты капусты от листогрызущих вредителей. — Автореферат канд. дис. — Л., 1982.

Прокопенко В. А., Соколовская Н. П., Моловицкая Л. М. Влияние дендробациллина на гидробионты // Использование химических и биологических средств в борьбе с вредителями леса. — М., 1976.

Прохоров М. И. Теоретические основы и практические приемы использования бактерий в борьбе с мышевидными грызунами. — Докт. дис. — Л., 1956.

Прохоров М. И. Микробиологический метод борьбы с вредными грызунами. — М., 1962.

Прохоров М. И. Микробиологический метод борьбы с грызунами. — Л., 1966.

Раутенштейн Я. И., Круковская Г. Е., Блохина Т. П. и др. Получение вирулентных мутантов умеренных фагов лизогенных культур гр. *Vac. thuringiensis* под влиянием антибиотика ванкомицина // Микробиология. — 1972. — Т. XVI. — Вып. I.

Ритума И. Перспективы использования микробиологических препаратов в борьбе с капустной белянкой в условиях Латвии // Тр. Латв. с.-х. акад. — 1985. — № 226.

Рогатин А. Б., Саубенова О. Г. О влиянии *Vac. thuringiensis* (серотип 14) на некоторые группы гидробионтов // Животный мир Казахстана и проблемы его охраны. — Алма-Ата, 1982.

Рыбин А. П. Дератизация с применением бактериальных препаратов и ее влияние на эпизоотическую ситуацию в животноводческих хозяйствах. — Автореферат канд. дис. — Л., 1982.

Рыбина Л. М. Эффективность применения дендробациллина в саду // Биологические методы борьбы с вредителями сельского, лесного хозяйства и карантинными сорняками. — Самарканд, 1966.

Рыбина Л. М. К вопросу изменения численности яблонной моли в популяции на следующий год после обработки сада энтобактерином // Проблемы защиты яблонь от вредителей и болезней. — Елгава, 1979.

Рыбина Л. М., Кольчевский А. Г., Павлюшин В. А. и др. К вопросу биологического и экологического обоснования применения битоксибациллина для защиты картофеля от колорадского жука // Бюлл. ВПС МОББ. — 1987. — № 18.

Рыбина С. Ю., Лиховидов В. Е., Неживой И. М. и др. Микробиологическая защита сада от пяденицы-шелкопряда бурополосой // Микробиологический метод борьбы с болезнями и вредителями растений. — Кишинев, 1984.

Салай-Маржо Л., Гариб А. Роль некоторых экологических факторов для эффективности *Vac. thuringiensis* var. *israelensis* (B. t. i.) // Тез. докл. симп. / Применение трихограммы и биопрепаратов в интегрированной борьбе с вредителями растений. — София, 1985.

Салихов Р. Р. Влияние микробиологических препаратов на жизнеспособность личинок *Apanteles congestus* Nees // Тез. докл. / Микробиологические методы защиты растений. — Кишинев, 1976.

Серебрякова Л. К. Влияние низких температур и солнечного облучения на зерновой препарат бактерий тифа грызунов // Использование микроорга-

низмов для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений. — Л., 1964.

Серебрякова Л. К. Зерновой бактериальный препарат для борьбы с вредными грызунами. — Канд. дис. — Л., 1966.

Сикюра А. И. Опыт микробиологической борьбы с американской белой бабочкой // Тр. ВНИИЗР. — 1976. — Вып. 46.

Сикюра А. И., Романенко В. В., Рущкая В. И. Действие зарубежных бактериальных препаратов на насекомых — вредителей сельского хозяйства // Биологическое подавление карантинных вредителей и сорняков. — М., 1981.

Сикюра А. И., Жимерикин В. Н., Симчук П. А. и др. Микробиологические средства борьбы с американской белой бабочкой // Биологический метод защиты растений. — Минск, 1984.

Сикюра А. И., Сикюра Л. В. Эффективность применения против колорадского жука препаратов бактерий *Bacillus thuringiensis* // Инф. бюлл. ВПС МОББ. — Л. — 1987. — № 18.

Симчук П. А., Литвиненко А. И., Полякова В. П. Оценка инсектицидной активности бактериальных препаратов в борьбе против капустной совки // Микроорганизмы и вирусы. — Кишинев, 1979.

Симчук П. А., Сикюра А. И., Симчук Г. В. Эффективность микробиологических средств борьбы с картофельной молью // Тез. докл. / Пути совершенствования микробиологической борьбы с вредными насекомыми и болезнями растений. — Оболениск, 1986.

Славгородская-Курпиева Л. Е. Интегрированная защита садов Крыма от вредителей // Тез. докл. / Исследования по энтомологии и акарологии на Украине (II съезд УЗО). — Киев, 1980.

Спину Е. И. Гигиеническое значение накопления и циркуляции стойких пестицидов // Вопросы гигиены и токсикологии пестицидов. — М., 1970.

Старков И. А. Патогенное действие двух штаммов беспоровых бактерий на гусениц хлопковой совки *Heliothis obsoleta* F. // Энтомология Таджикистана. — Душанбе, 1975.

Страчак М. С. Эффективность битоксибациллина против листогрызущих вредителей плодовых культур в Закарпатье // Микроорганизмы и вирусы. — Кишинев, 1979.

Строева И. А. Эффективность термостабильного токсина бактерий группы *Bac. thuringiensis* против представителей различных отрядов насекомых // Тр. ВНИИЗР. — 1975. — Вып. 42.

Ступницкий П. Н. К вопросу о бактериологическом методе истребления сусликов // Борьба с грызунами в степях Предкавказья. — Ростов-на-Дону, 1935.

Стусь А. А. К вопросу сохранности энтомоцидной активности битоксибациллина при продолжительном хранении // Тез. докл. / III съезд УЗО. — Киев, 1987.

Сытин А. Г. Действие фитонцидов лиственницы на *Bac. dendrolimus* Tal. // Тез. докл. / Совещание по проблемам фитонцидов в Сибири и на Дальнем Востоке. — Новосибирск, 1964.

Талалаев Е. В. Эпизоотологическое направление микробиологического метода борьбы с вредными насекомыми // Использование микроорганизмов для борьбы с вредными насекомыми в лесном и сельском хозяйстве Восточной Сибири. — Иркутск, 1968.

Талалаев Е. В. Дендробациллин, его продуцент и практическое использование в борьбе с сибирским шелкопрядом. — Докт. дис. — М., 1970.

Талалаев Е. В., Неудачина Э. И. О выделении экзотоксина на культуральной жидкости бацилл группы *thuringiensis* // Сибирский вестник с.-х. науки. — 1975. — № 6.

- Талалаева Г. Б. Избирательное действие *Bac. thuringiensis* на насекомых // Об охране насекомых. — Ереван, 1976.
- Ткачев В. М. Эффективность энтомопатогенных микроорганизмов в борьбе с яблонной плодовой гнилью // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. — Кишинев, 1982.
- Тонконоженко А. П. Токсичность энтомопатогенных бактерий для теплокровных животных // Вестник с.-х. науки. — 1967. — № 1.
- Тонконоженко А. П. Восприимчивость теплокровных животных к некоторым энтомопатогенным бактериям и термостабильному экзотоксину // Тр. ВНИИ ветеринарной санитарии. — 1967. — Т. 29.
- Тонконоженко А. П., Кац М. Б., Алексеенко А. Я. и др. Разработка технологии промышленного производства биологического инсектицидного препарата "турингин" // Проблемы ветеринарной санитарии. — 1978. — Т. 60.
- Траханов Д. Ф. Комбинированный метод борьбы с крысами // Тр. ВНИИ ветеринарной санитарии. — 1961. — Т. XIX.
- Третьякова М. Ф. Влияние биологических препаратов на тахину *Exorista laugarum* // Микроорганизмы и вирусы. — Кишинев, 1979.
- Трофимов П. В. Опыт микробиометода борьбы с грызунами // Защита растений от вредителей и болезней. — 1963. — № 1.
- Трофимова И. Л., Родионова А. И. Действие битоксициллина на колорадского жука // Биологическое подавление карантинных вредителей и сорняков. — М., 1981.
- Указания по опытно-производственному применению гомелина и дендробациллина в сочетании с микродозой димелина для защиты леса от хвое- и листогрызущих насекомых. — Гомель, 1984.
- Федоринчик Н. С., Строева И. А. Термостабильный экзотоксин энтомопатогенных бактерий группы *Bacillus thuringiensis* // Микробиол. промышленность. — 1970. — Вып. 5.
- Ходырев В. П. Фитонцидная активность листьев березы в отношении *Bacillus thuringiensis* var. *galleriae* // Научн.-техн. бюлл. СО ВАСХНИЛ. — 1982. — № 17.
- Храмова А. В., Томан Г. А. Влияние битоксициллина на плодовитость тли *Myzus persicae* Sulz. // Биологический метод борьбы с вредителями и болезнями растений в защищенном грунте. — Рига, 1983.
- Чилингарян В. А., Орманян Ж. Х., Казарян Б. К. Термостабильный токсин *Bacillus thuringiensis* и возможность его использования против вредных видов насекомых // Тез. докл. / 7-я сессия Закавказского совета по координации НИР по защите растений. — Кировабад, 1975.
- Шарафутдинов Ш. А. Изыскание и разработка микробиологических средств борьбы с наземными совками — вредителями хлопчатника. — Канд. дис. — Л., 1970.
- Шарафутдинов Ш. А. Исследование эффективности авиационного и наземного способов применения биопрепаратов // Механизация хлопководства. — 1973. — № 12.
- Шарафутдинов Ш. А., Зурабова Э. Р., Сайфулин А. Х. др. Лепидодид в борьбе с хлопковой совкой // Защита растений. — 1986. — № 7.
- Швецова О. И., Зурабова Э. Р. Пигментообразующие варианты *Bac. thuringiensis* Berliner из тутового шелкопряда // Микробиология. — 1966. — Т. 35. — Вып. 4.
- Штейнхауз Э. Микробиология насекомых. — М., 1950.
- Штейнхауз Э. Патология насекомых. — М., 1952.
- Штерншис М. В. Микробиологическая защита сельскохозяйственных культур в Сибири и на Дальнем Востоке // Микробиологические средства защиты растений. — Новосибирск, 1986.
- Ярных В. С., Тонконоженко А. П., Кац М. Б. Перспективы ис-

- пользования экзотоксинпродуцирующих штаммов *Bac. thuringiensis* для получения эффективного препарата в борьбе с колорадским жуком // Инф. бюлл. ВПС МОББ. — 1987. — № 18.
- Adang M. G., De Boer D., Fibroozabady E. e. a. // J. Cell. Biochem. — 1986. — Suppl. 10 C.
- Amonkar S. V., Kulkarni U., Anand A. Comparative toxicity of *Bacillus thuringiensis* subspecies to *Spodoptera litura* (F) // Curr. Sci. (India). — 1985. — V. 54. — N. 10.
- Balagurunathan R., Lebrun Ph. Comparative efficacy of different frequencies of bactospeine application in the control of cabbage caterpillars // Medec. Fac. landbourvetensch. Rijksuniv. Cent. — 1984. — V. 49. — N 3a.
- De Barjac H. Recent advances in serological characterization of isolates of *Bacillus thuringiensis* in Invertebrate // Pathology and Microbiol. Control. — 1982. — P. 451.
- De Barjac H., Bonnefoi A. Classification des souches de *Bacillus thuringiensis* // C. r. Acad. Sci. — 1967. — D. 264. — N 10.
- De Barjac H., Bonnefoi A. A classification of strains of *Bac. thuringiensis* Berliner with a key to their differentiation // Invert. Pathol. — 1968. — V. 11.
- De Barjac H., Rion Y. Y. Action de la toxine thermostable de *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* administrée a des souris. // Rev. Pathol. comparée et de Médecine exp. — 1969. — T. 6. — N 6.
- De Barjac H., Veron M., Cosmao-Dumanoir V. Caracterisation biochemique et serologique de souches de *Bacillus sphaericus* pathogenes ou non pour les moustiques // An. Microbiol (Paris). — 1985. — B. 131.
- Bell I. V. *Serratia marcescens* found in eggs of *Heliothis* Lex: tests against *Thrichoplusia* ni // Invert. Pathol. — 1969. — V. 13. — N 1.
- Beratlief I. P. Combaterea microbiologică a insectelor dăunătoare agricole // Probleme agricole Bucuresti. — 1969.
- Berliner E. Über die Schlafsucht der Mehlmottenraupe (*Ephestia Kühniella* Zell.) und ihren Erreger *Bacillus thuringiensis* n. sp. // Zeitschr. angew. Ent. — 1915. — B. 2.
- Brian J. Baculovirus epizootic in larvae population of the clover cutworm *Scotogramma trifolii* in Southern California // Environ. Entomol. — 1978. — V. 7. — N 3.
- Brosa M., Sneh B., Yawetz A. e. a. Commercial application of *Bacillus thuringiensis* var. *entomocidus* to cotton fields for the control of *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae) // J. Econ. Entomol. — 1984. — V. 77. — N 6.
- Burgerjon A., Galichet P. F. The effectiveness of the heat-stable toxin of *Bac. thuringiensis* var. *thuringiensis* Berliner on larvae of *Musca domestica* L // J. Invertebr. Pathol. — 1965. — V. 7.
- Calabrese D. M., Nickerson K. W., Lane L. C. A comparison of protein crystal subunit sizes in *Bacillus thuringiensis* // Can. J. Microbiol. — 1980. — V. 26. — N 8.
- Calani C., Beratlief Z. Cercetari privind modificarile histopatologice produse la gindacul din colorado (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) de catre — exotoxina de *Bacillus thuringiensis* Berliner // An. Inst. Cerc. Prot. Plant. — 1977. — V. 13.
- Cantwell G. E., Cantelo W. W. Control of the Colorado potato beetle with *Bacillus thuringiensis* variety *thuringiensis* // Am. Potato J. — 1984. — V. 61. — N 4.
- Cantwell G. E., Cantelo W. W. *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*. Control of the Colorado potato beetle with *Bacillus thuringiensis* variety *thuringiensis* // Amer. Potato J. — 1984. — V. 61. — N 8 (Pt. 1).
- Cantwell J. E., Cantelo W. W., Schroder R. F. W. The integration of a bacterium and parasites to control the colorado potato beetle and the Mexican bean beetle // J. Entomol. Sci. — 1985. — V. 20. — N 1.
- Chandler L., Hellman M. Efficacy and phytotoxicity evaluations of

- microbial insecticides for control of the sunflower moth in south Texas // Texas Agr. Exper. Stat. — 1982. — V. 10.
- Chiang A. S., Yen D. F., Peng W. K. Defense reaction of midgut epithelial cells in the rice moth larva *Corcyra cephalonica* infected with *Bacillus thuringiensis* // J. Invertebr. Pathol. — 1986. — V. 47. — N 3.
- Clarke I. L., Rowley W. A. Evaluation of granular *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Serotype H₁₄) formulations against mosquito larvae in Central Iowa // Mosquito News. — 1984. — V. 44. — N 4.
- Coppolino F. E., Buri G., Fontana G. An experiment on the biological control of *Ostrinia nubilalis* Hb. by *Bacillus thuringiensis* Berliner // Redia. Firenze. — 1984. — V. 67.
- Dabi R. K., Sharma H. C., Shinde V. K. R. Bio-efficacy of *Bacillus thuringiensis* Berliner against *Heliothis armigera* Hubner on gram (*Cicer arietinum* Linn.) // Entom. — 1979. — V. 4. — N 4.
- Dame D. A., Savage K. E., Meisch M. V. e.a. Assessment of industrial formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* // Mosquito News. — 1981. — V. 41. — N 3.
- Davidson E. D. Purification and properties of soluble cytoplasmic toxin from the mosquito pathogen *Bacillus sphaericus* strain 1593 // J. Invert. Pathol. — 1982. — V. 39. — N 1.
- Deseđ V. K., Saringer G., Seprös I. A. Szilvamoly *Grapholitha funebrana* Freitscheke. — Budapest, 1971.
- Dutky S. R. Two new sporeforming bacteria causing milky diseases of Japanese beetle larvae // J. Agric. — 1940. — V. 61.
- Dutky S. R. U. S. Patent, 1942, 2, 293, 890.
- Ebersold H. R., Lüthy P., Huber H. E. Membrane damaging effect of the Δ -endotoxin of *Bacillus thuringiensis* // Experientia. — 1980. — V. 36. — N 4.
- Endo Y., Nishiitsutsuji-Uwo J. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Δ -endotoxin: ultrastructural changes of midgut epithelium of *Pieris lymantria* and *Ephestia* larvae // Appl. Entomol. and Zool. — 1981. — V. 16. — N 3.
- Faust R. M., Adanis G. R., Abe K. K. e.a. Comparative morphology and size distribution of the parasporal crystals from various strains of *Bacillus thuringiensis*. Huxon coincuraky gzaecu // J. Sericult. Sci. Jap. — 1982. — V. 51. — N 4.
- Galani G., Voinescu I., Bărbulescu A. I. Eficacitatea unor produse microbiologice pe bază de *Bacillus thuringiensis* Berliner in combaterea sfredelitorului porumbului (*Ostrinia nubilalis* HB) // An. Inst. Cerc. Prot. Plant. — 1981. — V. 16.
- Haider M. Z., Knowles B. H., Ellar D. Specificity of *Bacillus thuringiensis* var. *colmeri* insecticidae Δ -endotoxin is determined by differential proteolytic processing of the protoxin by larval gut proteases // J. Eur. J. Biochem. — 1986. — V. 156. — N 3.
- Hanny C. L. Inclusions in Bacteria // Bacterial Anatomy. — Cambridge, 1956. — V. 6.
- Hassan S., Krieg A. Über die schönnende Wirkung von *Bacillus thuringiensis*-Präparaten auf den Parasiten *Trichogramma cacoeciae* (Hym.: Trichogrammatidae) // Z. Pflanzenkrankh. — 1975. — V. 82. — N 8/9.
- Heimpel A. M. Investigations of the mode of action of strains of *Bacillus cereus* Fr. and Fr. pathogenic for the larch sawfly *Pristiphora erichsonii* // Can. J. Zool. — 1955. — V. 33.
- Holmberg A., Sievänen R. Fermentation of *Bacillus thuringiensis* for exotoxin production: process analysis study // Biotechnol. and Bioeng. — 1980. — V. 22. — N 8.
- Holsten E. H., Hard J. Efficacy of *Bacillus thuringiensis* Berliner for suppressing populations of large aspen tortrix in Alaska // Can. Entomol. — 1985. — V. 117. — N 5.

- Huber-Lukac H. Zur Struktur des Delta-Endotoxins von *Bacillus thuringiensis* // Diss. Dokl. Naturwiss. — 1982.
- Hudson D. Nonsusceptibility of lizards exposed to the entomopathogen *Bacillus sphaericus* // Appl. Environ. Microbiol. — 1981. — V. 42. — N 4.
- Hurpin B., Vago C. Les maladies du Hunneton commun (*Melolontha melolontha* L.) (col. Scarabaeidae) // Entomophaga. — 1958. — V. 3. — N 4.
- Ishiwata S. Concerning "Sottokin" a bacillus of a disease of the silkworm // Rept. Assoc. Serio. Japan. — 1905.
- Jackson D., Mistic W. Effectiveness of four *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki isolated on tobacco budworms and hornworms on flue-cured tobacco // Tobacco. — 1982. — V. 184. — N 5.
- Jansens S., Vanhaecke M., Degheele D. Effect of *Bacillus thuringiensis* Berliner formulation against larvae instars of *Spodoptera littoralis* Boisduval // Parasitica. — 1984. — V. 40. — N 1.
- Jimenez J., Karabash Y., Fernandez R. Efectividad comparada de varias preparaciones a base de *Bacillus thuringiensis*, en el control de *Heliothis virescens* en tabaco tapado // Cienc. y tecn. agr. Prot. plantas. — 1983. — V. 6. — N 1.
- Kalfon A. R., de Barjac H. Screening of the insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* strains against the Egyptian cotton leaf worm *Spodoptera littoralis* // Entomophaga. — 1985. — V. 30. — N 2.
- Krieg A. Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* exotoxin on *Tetranychus telarius* (Acarina: Tetranychidae) // J. Invertebr. Pathol. — 1968. — V. 12. — N 3.
- Krieg A., Herfs W. Empfindlichkeit verschiedener Insektenarten gegenüber dem "Exotoxin" von *Bac. thuringiensis* Berliner // Zeitschr. Pilzkrkh. Pflschutzd. — 1963. — V. 70. — N 1.
- Krieg A., Engler S., Rieger M. Production von Präparaten auf der Basis von *Bacillus thuringiensis* var. israelensis mit UV-inaktivierten Sporen zur biologischen Bekämpfung von Mückenlarven // Anz. Schädlingsk. Pflanzenschutz, Umweltschutz. — 1980. — V. 53. — N 1.
- Kudler J., Lyzenko O., Hochmut R. Versuche mit der Anwendung von einigen bakteriellen Suspensionen gegen den Wiekler *Cacoecia crataegana* Hb. // Frans. Internat. Conf. Insect Pathol. and Biol. Control. — Praha, 1958.
- Kurstak E. S. Données sur L'épizootie bactérienne naturelle provoquée par un *Bacillus* du type *Bacillus thuringiensis* sur *Ephestia Kühniella* Zeller // Entomophaga. — 1964. — V. 2.
- Langenbruch G. Verfahren zur mikrobiologische und mechanische Bekämpfung Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*) // Med. Fac. Landbourw. Gent. — 1981. — V. 46.
- Linnainma K., Sorsa M., Carlberg G. e. a. Mutagenicity of *Bacillus thuringiensis* exotoxin. II. Submammalian tests // Merditas. — 1977. — V. 85. — N 1.
- Löffler F. Centralbl. f. Bact. — 1892, 11.
- Ludo D., Sami M. Über die Wirkung eines *Bacillus thuringiensis* Präparates auf Spinnmilben // Pflanzenschutzberichte. — 1969. — V. 40. — N 3-6.
- Lynch R. E., Lewis L. C., Berry E. C. Application efficacy and field persistence of *Bacillus thuringiensis* when applied to corn for European corn borer control // J. Econ. Entomol. — 1980. — V. 73. — N 1.
- Lyzenko O. The taxonomy of entomogenous bacteria // Insect Pathology. — 1963. — V. 1.
- Lyzenko O. Pathogenicity of *Bacillus cereus* for insects. Toxicity of Phospholipase for *Galleria mellonella* // Folia Microbiologica. — 1972. — V. 17. — N 11.
- Lyzenko O. Nonsporeforming bacteria pathogenic to insects: incidence and mechanisms // Ann. Rev. Microbiol. — 1985. — V. 39.
- Lyzenko O., Kučera M. The mechanism of pathogenicity of *Pseudomonas aeruginosa* // Folia Microbiologica. — 1968. — V. 13.
- Margolits J., Bobroglo H. The effect of organic materials and solids

- in water on the persistence of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* serotype H-14 // Z. angew. Entomol. — 1984. — V. 97. — N 5.
- M a s e r a E. *Bacillus prodigiosus* nella pathologia des bacos da seta // Ann. R. Staz. Bacologica Sper. — 1934. — V. 47.
- M a s e r a E. *Bacillus prodigiosus* flügge nella patologia del baco da seta e degli insetti // R. Staz. Bacologica Sper. Padova, Ann. — 1936. — V. 48.
- M c F a d d e n M. W. The bacterium *Serratia marcescens* as a pathogen of the Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* // Invert. Pathol. — 1966. — V. 8. — N 4.
- M e r e t o j a T., C a r l b e r g G., G r i p e n b e r g N. e. a. Mutagenicity of *Bacillus thuringiensis* exotoxin. Mammalian tests // Hereditas. — 1977. — V. 85.
- M o r r i s O. Protection of *Bacillus thuringiensis* from inactivation by sunlight // Canad. Entomologist. — 1983. — V. 115. — N 9.
- M ü c k O., H a s s a n S., H u g e r A. M. e. a. Zur Wirkung *Bacillus thuringiensis* Berliner auf die parasitischen Hymenopteren *Apantelex glomeratus* (Braconidae) und *Pimpla turionellae* (L.) (Schneumonidae) // Z. angew. Entomol. — 1981. — V. 92. — N 3.
- N i c k e r s o n K. W. Structure and function of the *Bacillus thuringiensis* protein crystal // Biotechnol. and Bioeng. — 1980. — V. 22. — N 7.
- N i s h i i t s u t s u j i - U w o J., E n d o Y., H i m e n o M. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Δ -endotoxin: effect on IN-368 cells // J. Invert. Pathol. — 1979. — V. 34. — N 7.
- N i s h i i t s u t s u j i - U w o J., E n d o Y. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Δ -endotoxin: general characteristics of intoxicated *Bombyx* larvae // J. Invert. Pathol. — 1980. — V. 35. — N 3.
- N i s h i m u r a M. S., N i s h i i t s u t s u j i - U w o J. Sporeless mutants of *Bacillus thuringiensis*. III. The process of crystal formation // Tissue and Cell. — 1980. — V. 12. — N 2.
- O h b a M., A i z a w a K. Insect toxicity of *Bacillus thuringiensis* isolated from soils of Japan // J. Invert. Pathol. — 1986. — V. 47. — N 1.
- O h b a M., A i z a w a K. Frequency of acrySTALLIFEROUS sporeforming bacteria possessing flagellar antigens of *Bacillus thuringiensis* // J. Basic Microbiol. — 1986. — V. 26. — N 3.
- P a i l l o t A. L'Infection chez les insectes. — Patassier, Trevoix, 1933.
- P a s t e u r L. Etudes sur la maladie des vers á soie. — Lautherie-Villars Paris, 1870, 1.
- R a b m a n n W. Untersuchungen zur Wirksamkeit eines *Bacillus thuringiensis*-Präparates gegen vorratsschädliche Motten in der Getreidelagerung // Nachrichtenbl. D. Pflanzenschutzdienst (BRD). — 1986. — V. 38. — N 4.
- R a j a m o h a n N., J a y a r a j S. Field efficacy of *Bacillus thuringiensis* and some other insecticides against pests of cabbage // Indian J. Agr. Sci. — 1978. — V. 48. — N 11.
- R e n G a i x i n, F e n g X i c h a n g, F e n g W e i x i o n g. Формы и антигенные характеристики параспоральных кристаллов *Bacillus thuringiensis*. Weishengwu xuebao // Acta microbiol. sin. — 1983. — V. 23. — N 1.
- R e y n a e t s A., H o f t e H., V a n d e r b r u g g e n H. e. a. Engineering of insect resistance by expressing a *Bacillus thuringiensis* gene in plants // Meded. fac. landbouwwetesch rijksuniv. gent. — 1986. — V. 51. — N 3.
- S a l a m a H. S., F o d a M. S., Z a k i F. N. e. a. Persistence of *Bacillus thuringiensis* Berliner spores in cotton cultivations // Z. angew. Entomol. — 1983. — V. 95. — N 4.
- S a l a m a H. S., Z a k i F. N. Biological effects of *Bacillus thuringiensis* on the egg parasitoid *Trichogramma evanescens* // Insect. Sci. and App. — 1985. — V. 6. — N 2.
- S a l a m a H. S., Z a k i F. N. Application of *Bacillus thuringiensis* Berliner and its potency for the control of *Spodoptera littoralis* (Boisd) (Lep. Noctuidae) // Z. angew. Entomol. — 1985. — V. 99. — N 4.

- Schuster D. J. Adjuvants tank-mixed with *Bacillus thuringiensis* for control of cabbage looper larvae on cabbage // J. G. Entomol. Sci. — 1979. — V. 14. — N 2.
- Sebesta K., Horska K., Vankova J. Isolation, purification and toxicity of a thermostable exotoxin from the strain of *Bacillus gelechia* auct // Insect pathology microbial control. — Amsterdam, 1967.
- Sebesta K., Horska K., Vankova J. Isolation and properties of the insecticidal exotoxin of *Bacillus thuringiensis* var. *gelechiae* // Collection Czech. Chem. Commun. — 1969. V. 34.
- Singer S. *Bacillus sphaericus* for the control of mosquitoes // Biotechnol. Bioengin. — 1980. — V. 22.
- Slatten B. H., Larsen A. D. Mechanism of pathogenicity of *Serratia marcescens* // J. Invertebr. Pathol. — 1967. — V. 9. — N 1.
- Smirnoff W. A. Effect of volatile substances released by foliage of various plants on the entomopathogenic *Bacillus cereus* group // J. Invertebr. Pathol. — 1968. — V. 11. — N 3.
- Smirnoff W. A. Field tests of a highly concentrated formulation of *Bacillus thuringiensis* against spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*, Lepidoptera: Tortricidae) // Can. Entomol. J. — 1985. — V. 117. — N 7.
- Sneh B., Schuster S. Recovery of *Bacillus thuringiensis* and other bacteria from larvae of *Spodoptera littoralis* previously fed *B. thuringiensis* treated leaves // J. Invertebr. Pathol. — 1981. — V. 37. — 3.
- Sneh B., Schuster S. Effect of exposure to sublethal concentration of *Bacillus thuringiensis* Berliner ssp. *entomocidus* on the susceptibility to the endotoxin of subsequent generations of the Egyptian cotton leafworm *Spodoptera littoralis* Boisol (Lep., Noctuidae) // Z. angew. Entomol. — 1983. — V. 96. — N 50.
- Sokoloff V. P., Klotz L. J. Mortality of red scale on citrus through infection with a sporeforming bacterium // Phytopathol. — 1942. — V. 32.
- Stephens J. M. Immune responses of some insects to some bacterial antigens // Canad. J. Microbiol. — 1959. — V. 5.
- Subramoniam A., Jamuna R., Javaraman K. Temperature-dependent activity of mosquito larvicidal factor(s) present in *Bacillus sphaericus* 1593-4 and 1691 // Experientia. — 1981. — V. 37.
- Temerak S. A. Wirkungen zwischen *Bacillus thuringiensis* Berl. und Larven der Schlupfwespe *Bracon brevicornis* Wesm. in bzw. an Raupen *Sesamia cretica* Led bei verschiedenen Temperaturen // Anz., Schädlingsk., Pflanzenschutz, Umweltschutz. — 1982. — V. 55. — N 9.
- Thoms E. M., Watson T. F. Effect of dipel (*Bacillus thuringiensis*) on the survival of immature and adult *Hyposoter exiguae* (Hymenoptera: Ichneumonidae) // J. Invert. Pathol. — 1986. — V. 47. — N 2.
- Tojo A. Mode of action of bipyrinimodal Δ -endotoxin of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* HD-1 // Appl. Environ. Microbiol. — 1986. — V. 51. — N 3.
- Tojo A., Samasanti W., Yoshida N. e. a. Effects of the three proteases from gut juice of the silkworm, *Bombyx mori*, on the two morphologically different inclusions of Δ -endotoxin produced by *Bacillus thuringiensis* *kurstaki* HD-1 strain // Agr. Biol. Chem. — 1986. — V. 50. — N 3.
- Vankova J., Purrini K. Natural epizootics caused by bacilli of the species *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus cereus* // Z. angew. Entomol. — 1979. — V. 2.
- Vlajen P., Van Impe G., Semaille R. Activité d'une préparation commerciale de *Bacillus thuringiensis* sur L'acarien tisserand commun *Tetranychus urticae* Koch. (Acari: Tetranychidae) // Meded. Fac. Landbouwwetenseh Rijksuniv Gent. — 1978. — V. 43. — N 2, d. 1.
- Wakisaka J., Masaki E., Koizumi K. e. a. Aspoegenous *Bacillus thuringiensis* mutant producing high yield of endotoxin // Appl. Environ. Microbiol. — 1982. — V. 43. — N 6.

Weiser J., Deseñ K. V. Microbial control of pests and its possible application in Italy // *Metodi alternat. Lotta chim. dif. clf. agr.* 10 Con. inf. (Cesena, 10–11 ott, 1985). — Cesena, 1986.

Wilson M. C., Chen F. C., Shaw M. C. Susceptibility of the alfalfa weevil to a *Bacillus thuringiensis* exotoxin // *J. Ga. Entomol. Soc.* — 1984. — V. 19. — N 3.

Wolfenberger D. A. Properties of the β -exotoxin of *Bacillus thuringiensis* IMC 10,001 against the tobacco budworm // *J. Econom. Entomol.* — 1972. — V. 65. — N 15.

Wright P., Molloy D., Jamnback H. Effects of temperature and instar on the efficacy of *Bacillus thuringiensis* var. *israeliensis* and *Bacillus sphaericus* strain 1593 against *Aedes stimulans* larvae // *J. Invert. Pathol.* — 1981. — V. 38.

Yamvrias C., Young E. C. Trials using *Bacillus thuringiensis* to control the olive moth, *Prays oleae*, in Greece in 1976 // *Z. angew. Entomol.* — 1977. — V. 84. — N 4.

Yates M. A portable system for aerial applications of very low volume of technical grade concentrates of *Bacillus thuringiensis* var. *israeliensis* // *Mosquito News.* — 1984. — V. 44. — N 4.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

- Антиген 9
- жгутиковый 9, 12
- Антифидантный эффект 17, 21, 43, 57
- Аргитрол 62
- Аэробы 110, 123

Б

- Бактан L-69 62
- Бактимос 113, 118
- Бактокулицид 68, 111
- Бактороденцид 127, 133
- Бактоспектин 60
- Бактукал 62
- Бактуцид 62
- Батурин 62
- Бациллан 62
- Биоварианты 9, 12
- Биоспор 62
- Биотест 121, 141
- Биотрол 61, 62, 99
- Биопрепараты 53
- действие 21, 65, 120, 127
- — дерепродукционное 21, 39
- — метатоксическое 21, 99
- — механизм 15, 17
- — на энтомофагов 55, 60, 69
- — тератогенное 57, 78, 94
- кратность обработок 53, 54, 57
- рабочая жидкость 64
- — — плотность распределения 64
- перераспределение 26
- сохранность 28, 135
- — в воде 27, 120
- — в зависимости от pH 27
- — в коре 24
- — в корне 24, 26
- — в трупах 31, 118, 120, 137
- смывание осадками 26, 64,
- токсикологическая оценка 66, 67
- хозяйственная эффективность 23, 83, 103
- БИП 58, 77

- Битоксибациллин 18, 56, 69, 94, 96
- эффективность 58, 65, 82, 108
- — по видам вредителя 57, 77, 100, 107
- — против колорадского жука 21, 84, 88

В

- Ванкомицин 128
- Вариабельность 28
- Вектобак 113, 118
- Вирулентность 8, 16, 129, 135, 138
- Включения 6
- кристаллические 6, 112
- энтомоцидные 120
- Возбудитель 123, 127, 132
- облигатный 22
- селективность 113, 142
- циркуляция 22, 131
- — в очаге инфекции 31, 132
- — трансфазная 22, 32
- Восприимчивость 115
- видовая 9, 22, 125, 129
- индивидуальная 16
- по стадиям одной фазы 16, 33, 40
- фазовая 16, 22, 44

Г

- Газообразование 124
- “Геро” ловушки 141, 145
- Гидробионты 114, 118, 120
- Гнилец 5
- Гомелин 56, 59, 68, 100
- Грызуны 122
- восприимчивость 125, 127
- иммунитет 128
- — неспецифический 128, 129
- миграция 122
- устойчивость 127
- учет численности 144, 145

Д

- Дендробациллин 78
- применение 54, 106

— — с димилином 56
Дератизация 136, 142, 147
Джапидемик 62
Дипел 21, 60, 62, 77, 83

Е

Е-61 105

Ж

Жгуты 9
Желатина 11, 124
Жесткокрылые 12, 15, 45

З

Заражение 128, 131
— инъекцией 6, 47
— трансвариальное 32
— через корм 39, 42
Защита растений 149
— — интегрированный подход 4, 149
— — экологический подход 149
— — эпизоотологическое направление 4, 22, 56
Зоокумарин 127, 144
Зооциды 18, 151

И

Имаго 32, 89, 94
— чувствительность 65, 105, 108
Инактивация 24, 118
Инсектициды 18, 21, 58, 63, 72, 77, 151
Иммунитет 8, 128
— механизмы 128
— неспецифический 33, 128
— — факторы 37, 128

К

Каннибализм 132
Карнецин 9, 61
Колорадский жук 84
— — вредоносность 84
— — средства борьбы 12, 95
— — — биологические 57, 61, 84
— — — химические 71, 84
Контагиозность 22, 46, 130, 132
Красный бактериоз
— — возбудитель 8
— — эпизоотия 8, 40
Кристаллы 113
— протоксина 14
— — расщепление 14, 16
— эндотоксина 12, 54, 57
— — молекулярная масса 13
— — тип 13
— — форма 13

— — формирование 14, 29
Ксилоза 124

Л

Лактоза 124
Ларвицидность 7, 12
Лепидоцид 68, 77, 97, 102
Лецитиназа 11, 13
Лизоцим 45, 128
— бактерицидность 128
— динамика активности 35, 36, 128

М

Маннит 124
Мермитиды 111
Метаболизм 13
Метаморфоз 15, 45, 78
— стадии 79
— — чувствительность 15, 17
Метатоксический эффект 17, 66
Микроорганизмы 45, 122
— R-формы 112, 128
— S-формы 112
Москитур 119
Мускобак 18, 62

Н

Неспоровые бактерии 27, 45, 105
Некротические пятна 127
Нимфа 37, 38
Нитраты 124
Нитриты 124

О

Обработки 63, 77, 92, 119
— кратность 65, 79, 96
— приемы 64, 82, 114
— сроки 57, 65, 66
Обследования 46, 140, 148
— экспедиционные 46

П

Патоварианты 9
Патоген 16, 128
— вирулентность 123
— контагиозность 39
— механизм действия 16, 142
— перераспределение в очаге инфекции 31, 43
Параспорин 61
Пегрина 5
Перезаражение 42
Пигментация 11, 28, 30
Плазмиды 13
Популяция 22, 46, 109, 120, 133, 140
Препаративные формы 60, 63, 106
Прилипатели 32

Приманки 60, 137, 141, 147
Продуцент 56, 112
Протекторы 25, 64

Р

Рабочая жидкость 64, 103, 119
Расщепление 12
— желатины 12, 124
— крахмала 12
Родентопатогены 122
— идентификация 142
— таксономия 123

С

Сероварианты 9, 10
Скитал 119
Спореин 61
Споры 14, 105, 106, 112, 123
Среды 112, 123, 133, 135
— искусственные 13, 46
— элективные 47, 123
Стации 140, 143
Столбчатые клетки 16
Сублетальные дозы 18, 31

Т

Текнар 113, 118
Тератогенез 15, 18, 21, 57
Токсигенность 13
Токсины 8, 120
— классификация 13
— термолабильные 13
— термостабильные 13, 14
Турингин 18, 67
— эффективность 61
Туримос 119
Туринтокс 18, 62, 95
Турицид 62, 67, 107

У

УФ-лучи 137

Ф

Фаги 54, 124, 135, 136
— спектр действия 124
Фаговарианты 9
Фаголизис 54, 124
Фагопрофилактика 129
Фаготерапия 129
Факторы иммунитета 128
Ферментация 12
— арабинозы 12
— маннозы 12
— сахарозы 12
— целлобиозы 12
Фитонциды 30, 62

Х

Хитин 56
Хроматография 15

Ц

Цинеб 56
Цитоплазма 17
Цитотоксичность 67

Ч

Чешуекрылые 12, 45, 52, 69, 96
Чувствительность 62
— к инсоляции 16, 23, 24, 120, 137, 140
— к температуре 43, 120

Ш

Штаммы 134, 135
— аспорогенные 14
— атоксичные 7
— лизогенные 56, 129
— патогенные 40, 42, 47, 104, 125

Э

Экзобак 63
Экзотоксин 66
— действие 15
— — механизм 17
— — мутагенное 18, 67
— — на развивающиеся клетки 18
— — овицидное 17, 84
— — синергическое 17
— — спектр 15, 67
— — хроническое 17
— продукция 14
— очистка 15
Энтодоксин 9, 13, 152
— механизм действия 14
Энтобактерин 21, 68, 78
— применение 53, 98
Энтомопатогены 22
— выделение 46
— жизнеспособность 23, 29
— идентификация 12, 48
— облигатные 6, 22
— таксономия 9, 46
Энтомофаги 54, 55, 60, 69
Энтомоцидность 13, 14, 52, 58, 62
Эпизоотии 22, 151
— напряженность 22, 43, 132, 147
— затухание 22, 132
— течение 40, 44
Эпителит 17
Эффективность 96, 101, 136, 144
— первичная 23, 77, 108
— техническая 97
— хозяйственная 23, 103

Я

Яд 144
Ядро 5, 17
Ящик дератизационный 144

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Бактериальный метод борьбы с вредными насекомыми	5
1.1. Энтомопатогенные бактерии	5
1.2. Бактериальные средства защиты растений от насекомых	9
1.2.1. Физиолого-биохимические признаки и токсинообразование <i>Bacillus thuringiensis</i>	9
1.2.2. Механизм действия <i>Bacillus thuringiensis</i> на насекомых	15
1.2.3. Сохранность и циркуляция энтомопатогена в очаге заражения	23
1.2.4. Противобактериальный иммунитет насекомых	33
1.2.5. Развитие бактериальных эпизоотий насекомых	39
1.2.6. Микрофлора насекомых в норме и при бактериозах	45
1.2.7. Средства защиты растений на основе <i>Bacillus thuringiensis</i>	53
1.2.8. Технология применения бактериальных средств защиты растений	63
1.2.9. Эколого-гигиенические характеристики бактериальных средств защиты растений	66
1.2.10. Эффективность бактериальных средств на различных культурах	77
1.3. Бактериальные средства подавления комаров и мошек	109
1.3.1. Морфофизиологические особенности и ларвицидное действие <i>Bacillus thuringiensis</i> H ₁₄	112
1.3.2. Бактокулицид — ларвицидный препарат на основе <i>Bacillus thuringiensis</i> H ₁₄	113
1.3.3. Технология применения и эффективность бактокулицида	114
1.3.4. Ларвицидная активность <i>Bacillus sphaericus</i>	119
2. Бактериальный метод борьбы с грызунами	122
2.1. Родентопатогенные бактерии	122
2.2. Патогенность бактерий Исаченко и Мережковского	125
2.3. Иммунитет грызунов к <i>Salmonella enteritidis</i>	128
2.4. Контагиозность родентопатогенных бактерий и развитие эпизоотий	129
2.5. Родентопатогенные бактериальные препараты	133
2.6. Сохранность, условия применения и гигиенические характеристики бактороденцида	137
2.7. Эффективность бактериального метода борьбы с грызунами	143
Заключение	149
Список литературы	153
Предметный указатель	168

CONTENTS

Preface	3
1. Bacterial method for insect pest control	5
1.1. Entomopathogenic bacteria	5
1.2. Bacterial preparations for crop pest control	9
1.2.1. <i>Bacillus thuringiensis</i> : properties and toxin formation	9
1.2.2. Mode of action of <i>Bacillus thuringiensis</i> preparations to insects	15
1.2.3. Persistence and circulation of entomopathogene in centre of infection	23
1.2.4. Anti-bacterial immunity in insects	33
1.2.5. Development of bacterial epizooties in insects	39
1.2.6. Microflora of helthy and bacteriotoxic insects	45
1.2.7. <i>Bacillus thuringiensis</i> preparations for crop pest control	53
1.2.8. Technology of application of bacterial preparations	63
1.2.9. Ecological and hygienic characteristics of bacterial preparations	66
1.2.10. Application efficiency of bacterial preparations on different crops	77
1.3. Bacterial preparations for gnat control	109
1.3.1. Morphophysiological peculiarities and larvicidal effect of <i>Bacillus thuringiensis</i> H ₁₄	112
1.3.2. Bactoculicide, the <i>Bacillus thuringiensis</i> H ₁₄ preparation	113
1.3.3. Technology for application and efficiency of bactoculicide	114
1.3.4. Larvicidal activity of <i>Bacillus sphaericus</i>	119
2. Bacterial method for rodent control	122
2.1. Rodentopathogenic bacteria	122
2.2. Pathogenicity of Isachenko and Merezkhovsky bacteria	125
2.3. Immunity to <i>Salmonella enteritidis</i> in rodents	128
2.4. Contagious properties of rodentopathogenic bacteria and development of epizooties	129
2.5. Rodentopathogenic bacterial preparations	133
2.6. Persistence, application and hygienic characteristics of bactorodenticide	137
2.7. Efficiency of bacterial method for rodent control	143
Inference	149
Bibliography	153
Index	168

Николай Васильевич Кандыбин

**БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ
С ГРЫЗУНАМИ И ВРЕДНЫМИ НАСЕКОМЫМИ:
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

Зав. редакцией **Т. А. Тихонова**
Художник **Л. Ч. Гоцлавский**
Художественный редактор **Б. К. Дормидонтов**
Технический редактор **А. Г. Кисман**
Корректор **Н. А. Соколова**
ИБ № 6043

Сдано в набор 9.02.89. Подписано в печать 28.04.89. Т-03301. Формат 60 x 88¹/₁₆.
Бумага кн.-журн. Гарнитура Универс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,78.
Усл. кр.-отт. 11,02. Уч.-изд. л. 11,87. Изд. № 233. Тираж 7550. Заказ № 1792
Цена 85 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО "Агропромиздат",
107807, ГСП-6, Москва, Б-78, ул. Садовая-Спаская, 18.

Московская типография № 9 НПО "Всесоюзная книжная палата" Госкомиздата,
109033, Москва, Волочаевская, 40.

ВО "АГРОПРОМИЗДАТ" И ВАСХНИЛ НАЧИНАЮТ ВЫПУСК СЕРИИ "КЛАССИКИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ", В КОТОРОЙ БУДУТ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РАБОТЫ ЦЕЛОЙ ПЛЕЯДЫ РУССКИХ И СОВЕТСКИХ УЧЕНЫХ, ОКАЗАВШИЕ РЕВОЛЮЦИОНИЗИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ.

СЕРИЯ "КЛАССИКИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ"
Экономика и организация сельскохозяйственного производства

Ермолов Александр Сергеевич
Кондратьев Николай Дмитриевич
Макаров Николай Павлович
Немчинов Василий Сергеевич
Советов Александр Васильевич
Чаянов Александр Васильевич
Челинцев Александр Николаевич
Шлихтер Александр Григорьевич

Растениеводство и селекция

Болотов Андрей Тимофеевич
Вавилов Николай Иванович
Жданов Леонид Афанасьевич
Жуковский Петр Михайлович
Константинов Петр Никифорович
Лисицин Петр Иванович
Лукьяненко Павел Пантелеймонович
Мазлумов Аведикт Лукьянович
Мичурин Иван Владимирович
Пустовойт Василий Степанович

*Синская Евгения Николаевна
Туманов Иван Иванович
Цицин Николай Васильевич
Шехурдин Алексей Павлович
Шитт Пётр Генрихович
Эдельштейн Виталий Иванович*

Земледелие и химизация сельского хозяйства

*Вильямс Василий Робертович
Гедройц Константин Каэтанович
Докучаев Василий Васильевич
Дояренко Алексей Григорьевич
Прянишников Дмитрий Николаевич
Роде Алексей Андреевич
Тимирязев Климент Аркадьевич
Тулайков Николай Максимович
Энгельгардт Александр Николаевич*

Кормопроизводство

*Ларин Иван Васильевич
Смелов Сергей Петрович*

Защита растений

*Наумов Николай Александрович
Ячевский Артур Артурович*

Животноводство и ветеринария

*Богданов Еллий Анатольевич
Витт Владимир Оскарович
Вышелесский Сергей Николаевич
Гаркави Осип Владимирович
Дмитроченко Александр Петрович
Завадовский Михаил Михайлович
Иванов Илья Иванович
Иванов Михаил Федорович
Кисловский Дмитрий Андреевич
Кулешов Павел Николаевич
Лискун Ефим Федотович*

Попов Иван Семенович
Скрябин Константин Иванович
Чирвинский Николай Петрович

Гидротехника и мелиорация

Костяков Алексей Николаевич
Шумаков Борис Аполлонович

Песоводство и агролесомелиорация

Орлов Михаил Михайлович
Сукачев Владимир Николаевич

Механизация и электрификация

Болтинский Василий Николаевич
Горячкин Василий Прохорович

НА ТОМА СЕРИИ МОЖНО ОФОРМИТЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАКАЗЫ В МАГАЗИНАХ — ОПОРНЫХ ПУНКТАХ ВО "АГРОПРОМИЗДАТ", МАГАЗИНАХ КНИГОТОРГА И ПОТРЕБКООПЕРАЦИИ, РАСПРОСТРАНЯЮЩИХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКУЮ ЛИТЕРАТУРУ.

ВСЕ ОЧЕВИДНЕЕ, ЧТО ПЕСТИЦИДЫ НЕ ТОЛЬКО ЗАГРЯЗНЯЮТ СРЕДУ, ПОРАЖАЮТ МНОГИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ВИДЫ, НО И, НАРУШАЯ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ ВИДОВ В БИОЦЕНОЗЕ, НЕ ОБЕСПЕЧИВАЮТ ЭФФЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ. СТРАТЕГИЧЕСКОЙ АЛЬТЕРНАТИВОЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ ЯВЛЯЕТСЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД – ИНТЕГРИРОВАННАЯ ЗАЩИТА, ОСНОВАННАЯ НА РАЦИОНАЛЬНОМ СОЧЕТАНИИ ИСКУССТВЕННЫХ ПРИЕМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ВИДОВ. ЭТО НОВЫЙ ВАРИАНТ КОНЦЕПЦИИ "УПРАВЛЕНИЯ ВРЕДИТЕЛЕМ", РАЗРАБАТЫВАВШЕЙСЯ В НАЧАЛЕ XX ВЕКА, НО ЗАБЫТОЙ В СВЯЗИ С БУРНЫМ РАЗВИТИЕМ ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ. В КНИГЕ, ПОСВЯЩЕННОЙ ОДНОМУ ИЗ МЕТОДОВ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ – БАКТЕРИАЛЬНОМУ, – С ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОЗИЦИЙ ОБСУЖДАЕТСЯ СЕЛЕКТИВНОСТЬ И ДЕЙСТВИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ИНДИВИДУАЛЬНОМ И ПОПУЛЯЦИОННОМ УРОВНЯХ, ПЕРВИЧНЫЙ И ОТДАЛЕННЫЙ ЭФФЕКТЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ, ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ БИОМЕТОДА.

