

бМинистерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

С.М. Седловская

**ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ
КИТАЙСКОГО ДУБОВОГО ШЕЛКОПРЯДА
(*Antheraea pernyi* G.-M.)
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ
АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Монография

*Витебск
УО «ВГУ им. П.М. Машерова»
2012*

УДК 595.78
ББК 28.691.892.52
С28

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 7 от 22.12.2011 г.

Одобрено научно-техническим советом УО «ВГУ им. П.М. Машерова». Протокол № 1 от 17.01.2012 г.

Автор: старший преподаватель кафедры зоологии УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат биологических наук **С.М. Седловская**

Рецензенты:

проректор по научной работе УО «ВГУ им. П.М. Машерова», доктор биологических наук, профессор *И.М. Прищепя*; заведующий кафедрой ботаники и экологии УО «ВГМУ», кандидат биологических наук, доцент *Н.П. Кузнецова*

Седловская, С.М.

С28 Эколого-физиологические особенности развития китайского дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) под воздействием биологически активных соединений : монография / С.М. Седловская. – Витебск : УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. – 188 с.
ISBN 978-985-517-331-2.

Монография посвящена одной из актуальных проблем современной энтомологии – изучению действия регуляторов роста на различные стороны обмена веществ насекомых, что необходимо в практике защиты растений от чешуекрылых-вредителей и создания стабильных, жизнеспособных культур полезных насекомых. Обсуждаются физиологические, трофические и энергетические аспекты влияния биологически активных веществ на развитие китайского дубового шелкопряда в течение онтогенеза.

УДК 595.78
ББК 28.691.892.52

ISBN 978-985-517-331-2

© Седловская С.М., 2012
© УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ГЛАВА 1. Материалы и методы исследований	9
ГЛАВА 2. Воздействие агонистов экидстероидов на процессы жизнедеятельности дубового шелкопряда	15
2.1. Влияние агонистов экидстероидов на жизнеспособность насекомых	15
2.2. Скорость развития и жизнеспособность дубового шелкопряда при контактно-кишечном воздействии агонистов экидстероидов	21
2.3. Скорость развития и жизнеспособность дубового шелкопряда при экзогенном воздействии агонистов экидстероидов на яйца, гусениц, куколок и имаго ...	35
2.4. Биологическая продуктивность дубового шелкопряда при различных способах воздействия агонистов экидстероидов	49
ГЛАВА 3. Влияние агонистов экидстероидов на процессы питания дубового шелкопряда на разных кормовых растениях	59
3.1. Трофические и энергетические принципы изучения питания насекомых-фитофагов	59
3.2. Эффективность потребления и усвоения пищи гусеницами дубового шелкопряда при контактно-кишечном воздействии агонистов экидстероидов ...	62
3.3. Изменение пищевых потребностей дубового шелкопряда при экзогенном воздействии агонистов экидстероидов на яйца и гусениц	72
ГЛАВА 4. Энергетический баланс дубового шелкопряда в зависимости от степени воздействия агонистов экидстероидов на разных кормовых растениях ..	80
4.1. Энергетическая ценность корма, экскрементов и гусениц дубового шелкопряда при различных способах воздействия агонистов экидстероидов	80

4.2.	Динамика энергетического баланса дубового шелкопряда при контактно-кишечном воздействии агонистов экдистероидов	84
4.3.	Изменения баланса энергии в организме гусениц дубового шелкопряда при экзогенном воздействии агонистов экдистероидов на яйца и гусениц	88
ГЛАВА 5. Анализ воздействия экстрактов растений и минеральных элементов на развитие дубового шелкопряда		92
5.1.	Регуляция роста и развития насекомых с помощью экстрактов растений и минеральных препаратов	92
5.2.	Стимулирование продуктивности дубового шелкопряда путем обработки грены экстрактами почек березы и коры дуба	99
5.3.	Рост и развитие дубового шелкопряда после обработки корма для гусениц экстрактом левзеи сафлоровидной	106
5.4.	Оценка влияния минеральных препаратов на развитие дубового шелкопряда	111
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		119
ЛИТЕРАТУРА		123
ПРИЛОЖЕНИЯ		148

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время разрабатывается обширное научное направление по изучению действия регуляторов роста на различные стороны обмена веществ животных. Управление численностью насекомых-вредителей и повышение жизнеспособности и продуктивности полезных насекомых с помощью экологически безопасных химических соединений является одной из важнейших сторон данного научного направления.

С открытием экдистероидов и их синтетических аналогов, получивших название регуляторов роста, изучением развития и размножения насекомых, расшифровкой их химической структуры и последующим синтезом препаратов, имитирующих гормональную активность этих соединений, появились перспективы использования биологически активных соединений в качестве альтернативы инсектицидам широкого спектра действия в интегрированных системах защиты сельскохозяйственных культур и ценных древесных пород от насекомых-вредителей (Буров, Сазонов, 1978; Тимофеев, 2003; Черный, 2004 и др.). Особенно интенсивно стали проводиться исследования по возможному использованию регуляторов роста, развития и размножения насекомых в борьбе с насекомыми-вредителями после открытия соединений с гормональной активностью у растений (Поливанова, 1991; Триселева, 2003; Bowers, 1976).

На сегодняшний день основным требованием к средствам, применяемым в интегрированной борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур и ценных древесных пород, является не максимальная эффективность воздействия на объекты, а максимальная селективность действия, которая должна свести к минимуму нежелательные побочные эффекты в отношении нецелевых организмов (Васильева, 1995). Важной особенностью действия регуляторов роста и развития насекомых является их способность вызывать отсроченные эффекты, которые проявляются на более поздних стадиях развития после проведенной обработки (Реутская, Сазонов, Ондрачек, 1976; Сазонов, Каретникова, 1984). Агонисты экдистероидов, фитоэкдистероиды и минеральные комплексы относятся к таким биологически активным соединениям.

Несмотря на интенсивные работы по выяснению теоретических и практических вопросов применения биологически активных соединений в практике защиты растений от насекомых-вредителей, многие вопросы остаются неосвещенными, так как наблюдается многообразие ответных реакций насекомых на воздействие биологически активных веществ и изменчивость чувствительности насекомых к ним на разных стадиях развития. Поэтому изучение биологической активно-

сти препаратов на дубовом шелкопряде позволит пополнить знания по особенностям влияния этих соединений на насекомых с полным превращением.

Выбор данной культуры в качестве объекта настоящего исследования обусловлен тем, что, с одной стороны, китайский дубовый шелкопряд традиционно применяется в исследованиях по тестированию, с другой стороны – это вредитель (Кузнецов, 1999). И конечно это очень ценный в практическом отношении вид, все стадии развития которого могут использоваться в качестве сырьевого материала в различных промышленных сферах (Аретинская, 2005; Радевич, Денисова, 2007; Чиркин и соавт., 2008 и др.).

Как показали работы Н.А. Тамариной (1990), А.З. Злотина (1977), В.Н. Булова (1978), Е.Н. Поливановой (1991), Н.В. Ковганко (1990, 2004), Н.Н. Синицкого (1952), В.А. Радкевича (1980), Т.Б. Аретинской (2005, 2007, 2008 и др.) и С.И. Денисовой (2002, 2006, 2007, 2008), открытие биологически активных соединений и их синтетических аналогов позволило их использовать не только в качестве альтернативы инсектицидам широкого спектра действия в интегрированных системах защиты сельскохозяйственных культур и ценных древесных пород от насекомых-вредителей, но и в качестве биостимуляторов для поддержания зоокультур полезных насекомых в комплексе с другими мероприятиями, повышающими их жизнеспособность. Разведение китайского дубового шелкопряда на территории бывшего СССР началось еще в 1942 году. Установлена возможность выращивания шелкопряда на таких нетрадиционных для него кормовых растениях, как береза бородавчатая, ива пепельная и ива корзиночная вместо дуба черешчатого (Радкевич, 1980; Литвенков, 1981; Соболев, 1989; Денисова, 2002). Необходимы дальнейшие исследования адаптаций этого ценного вида к новым кормовым растениям. Применение биологически активных соединений облегчает и ускоряет процесс выявления закономерностей влияния химизма растений на возникновение трофо-физиологических адаптаций насекомых, так как практически все биологически активные вещества имеют растительное происхождение или являются синтетическими аналогами биологически активных веществ растений.

В связи с вышеизложенным цель настоящей работы – определить степень влияния биологически активных веществ на рост, развитие и питание дубового шелкопряда для разработки способов регуляции численности насекомых-вредителей и создания стабильных жизнеспособных зоокультур.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Выявить влияние агонистов экидистероидов из группы ацил-

гидразинов на развитие и продуктивность дубового шелкопряда на разных кормовых растениях в зависимости от вида соединения, его концентрации и способа воздействия.

2. Установить влияние агонистов экдистероидов на процессы потребления, утилизации и ассимиляции листа разных кормовых растений гусеницами дубового шелкопряда в зависимости от вида соединения, его концентрации и способа воздействия.

3. Выявить влияние агонистов экдистероидов на энергетику питания гусениц дубового шелкопряда на разных кормовых растениях.

4. Разработать способы повышения жизнеспособности гусениц дубового шелкопряда путем использования экстрактов растений и минеральных препаратов для стимулирования развития насекомого на нетрадиционном кормовом растении – березе бородавчатой.

Впервые в Республике Беларусь апробированы новые неисследованные биопрепараты синтетического (агонисты экдистероидов, минеральные препараты: сложный дигидрофосфат марганца, магния, меди и сложный дигидрофосфат магния, марганца, кобальта) и естественного происхождения (экстракты коры дуба, почек березы, левзеи сафлоровидной) в качестве регуляторов роста и развития чешуекрылых на примере китайского дубового шелкопряда. Впервые выявлены инсектицидные, антифидантные и биостимулирующие свойства этих биопрепаратов, что послужит теоретической основой для разработки способов регуляции численности насекомых.

Установлено токсическое действие агонистов экдистероидов в сублетальных концентрациях на дубового шелкопряда при контактно-кишечном воздействии на гусениц и экзогенном воздействии на все стадии развития данного вида насекомых. Выявлены препараты, которые обладают наибольшей инсектицидной активностью. В результате исследований получены новые данные о проявлении агонистами экдистероидов у китайского дубового шелкопряда трех эффектов – токсического, гормонального и адаптогенного, влияние которых зависит от вида соединения, его концентрации, способа воздействия, вида кормового растения и стадии развития насекомого.

Впервые получены данные об антифидантном действии агонистов экдистероидов на гусениц дубового шелкопряда, а также об изменениях их энергетических балансов. Установлено, что происходит перераспределение энергии в сторону уменьшения энергозатрат на прирост зоомассы и снижения биологической продуктивности насекомого данного вида.

Полученные результаты можно использовать для решения вопросов регуляции численности насекомых-вредителей, так как высокая биологическая активность исследованных агонистов экдистероидов позволит эффективно применять препараты в качестве инсекти-

цидов нового поколения при воздействии на вредителей в установленные критические стадии развития.

Практическая значимость работы определяется тем, что впервые разработаны способы повышения жизнеспособности и продуктивности дубового шелкопряда при разведении в условиях северо-востока Беларуси на нетрадиционном кормовом растении – березе повислой путем использования биопрепаратов естественного (экстракты коры дуба, почек березы, левзеи сафлоровидной) и синтетического происхождения (сложного дигидрофосфата марганца, магния, меди и сложного дигидрофосфата магния, марганца, кобальта). Результаты проведенных исследований запатентованы: патент № 25134 «Спосіб обробки грени шовкопряда», патент № 34395 «Спосіб вигодування дубового шовкопряда», патент № 33812 «Спосіб вигодування дубового шовкопряда», патент № 33813 «Спосіб вигодування дубового шовкопряда».

За помощь и поддержку при выполнении работы автор выражает искреннюю благодарность кандидату биологических наук, доценту С.И. Денисовой, доктору химических наук Н.В. Ковганко, доктору биологических наук Г.Н. Бузуку, кандидату биологических наук Т.Б. Аретинской, кандидату биологических наук З.Н. Соболю, зав. лабораториями Е.Г. Подскоковой, а также всему коллективу сотрудников кафедры зоологии УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова» во главе с кандидатом биологических наук, доцентом А.А. Лешко.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

ГЛАВА 1

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на базе биологического стационара «Щитовка» и в лабораториях биологического факультета УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова». В качестве объекта исследований использовали китайского дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) (*Attacidae*), гусеницы которого, с одной стороны, являются вредителями (Радкевич, 1980; Кузнецов, 1999), с другой – это очень ценный в практическом отношении вид, так как все стадии его развития могут использоваться в качестве сырьевого материала в различных промышленных сферах (Аретинская, 2005). Материалом для работы служила культура китайского дубового шелкопряда на разных стадиях онтогенеза. В качестве кормовых растений – дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) как оптимальное кормовое растение и береза бородавчатая (*Betula pendula* Roth.) как альтернативное кормовое растение.

В работе использовали новейшие, требующие экспериментального изучения, препараты синтетического (агонисты экдистероидов, разработанные в лаборатории экдистероидов института биоорганической химии НАН РБ, и минеральные комплексы, предоставленные украинскими коллегами из НАУ г. Киев) и естественного происхождения (экстракты коры дуба, почек березы, левзеи сафлоровидной). Эффект от влияния препаратов отслеживали с момента обработки определенной стадии развития до конца жизненного цикла.

В работе по изучению воздействия модельных ксенобиотиков на процессы жизнедеятельности дубового шелкопряда использовали следующие агонисты экдистероидов:

- 1,2-бис-(3-метоксибензоил)-1-трет-бутилгидразин (R-209);
- 1,2-бис-(4-метоксибензоил)-1-трет-бутилгидразин (R-210);
- 1,2-бис-(2-метоксибензоил)-1-трет-бутилгидразин (R-211).

Эти препараты синтезированы в лаборатории экдистероидов института биоорганической химии НАН РБ под руководством д.х.н. Н.В. Ковганко. Для приготовления рабочих растворов навески 1 мг (0,01%), 10 мг (0,1%) и 100 мг (1%) соединений помещали в мерную пробирку, добавляли 0,5 мл этанола, доводили общий объем до 10 мл дистиллированной водой, в которую предварительно добавляли ПАВ ОП-10 (1 капля на 1 л воды).

Для оценки влияния биологически активных веществ, поступающих в организм насекомого, на развитие и физиологические параметры мы использовали следующие тесты – метод скармливания, погружения и топического нанесения.

Метод скармливания: корм одинаковой массы для гусениц обрабатывали водными растворами R-209, R-210 и R-211 0,01%, 0,1% и 1% концентраций объемом 2 мл из расчета на 20 г кормового растения. Гусеницы в опытах питались обработанным кормом в течение трех суток. Через трое суток в опытах и в контроле обработанные листья березы регулярно, 1 раз в сутки, на протяжении всего периода развития заменяли на свежие необработанные. Наблюдали за гусеницами в течение всего периода их развития. Обработку корма проводили методом опрыскивания листьев ручным пульверизатором.

Метод погружения: обработку грены (яиц) дубового шелкопряда на 9-й день развития производили путем погружения ее в водные растворы соединений вышеуказанных концентраций объемом 10 мл на 30 сек. Растворы готовили по вышеуказанной методике. Контроль – обработка грены дистиллированной водой с добавлением этанола (0,5 мл/10 мл воды) и ПАВ ОП-10 (1 капля/1 л воды). После обработки опытную и контрольную грену помещали в бумажные пакеты. Жизнеспособность яиц определяли в каждом варианте. Проводили взвешивание гусениц в момент выхода из яиц. В качестве корма использовали березу бородавчатую. Наблюдали за гусеницами в течение всего периода. Изучение экзогенного воздействия агонистов экдистероидов на гусениц дубового шелкопряда проводили путем их окунания в водные растворы веществ вышеуказанных концентраций объемом 10 мл на 30 сек. После обработки гусениц помещали на корм – березу бородавчатую и вели наблюдение за их поведением в течение всего периода их развития. В опытах и в контроле корм для гусениц регулярно, 1 раз в сутки, на протяжении развития заменяли на свежий. Куколок погружали в водные растворы препарата объемом 10 мл на 1 мин. Обработанных куколок помещали в емкости и наблюдали за их развитием. Контроль – обработка яиц, гусениц и куколок дистиллированной водой.

Метод топического нанесения: проводили нанесение водных растворов R-209, R-210 и R-211 вышеуказанных концентраций объемом 10 мкл на среднегрудь самцов и самок имаго в первый день развития. После распаривания бабочек самок помещали в бумажные пакеты для откладки яиц. На четвертый день после распаривания отложенные яйца счищали со стенок пакетов, дезинфицировали и подсушивали. Затем проводили взвешивание яиц и гусениц после их выхода, оценивали жизнеспособность яиц.

Контроль – обработка тех же стадий развития и корма дистиллированной водой с добавлением этанола (0,5 мл/10 мл воды) и ПАВ ОП-10 (1 капля/1 л воды).

В процессе исследований во всех вариантах опытов учитывали смертность гусениц по возрастам, которую определяли путем подсчета особей в начале и в конце возраста и выражали в процентах.

Продолжительность развития гусениц по возрастам определяли сроком от линьки до линьки. Первый день следующего возраста считали с того момента, когда перелиняло 70% гусениц (Андрианова, 1948). Отдельно учитывали время предличиночного сна и продолжительность линьки. Период кокониования определялся с момента появления первых коконов до завивки коконов основной массой гусениц (Радкевич, 1980).

Взвешивание гусениц производили в каждом возрасте 2 раза: в начале и в конце. Гусениц младших возрастов взвешивали на торсионных весах по 5–10 особей одновременно, собирая и снимая их гусиным перышком для уменьшения травмирования. Гусениц старших возрастов взвешивали на электронных весах «Scouth Pro» 400×0,01g по 2–3 особи одновременно. Только полинявших белоголовых гусениц взвешивали в первые 2 часа после линьки, то есть до начала приема пищи. Конец возраста определяли по уменьшению головной капсулы относительно тела гусениц и по резкому уменьшению количества экскрементов и скорости потребления пищи (Синицкий, 1952).

Удельную скорость роста рассчитывали по формуле (Шмальгаузен, 1935):

$$\frac{\lg V_2 - \lg V_1}{l(t_2 - t_1)},$$

где V_1 – начальная масса гусениц;

V_2 – конечная масса гусениц;

t_1 – начальное время взвешивания;

t_2 – конечное время взвешивания;

l – модуль перевода натурального логарифма в десятичный (0,4343).

Массу коконов, куколок и шелковой оболочки определяли в момент впадения куколок в диапаузу, так как к этому времени масса коконов стабилизировалась (Михайлов, 1950). Шелконосность коконов выражали отношением массы оболочки к массе сырого кокона в процентах.

Фактическую плодовитость бабочек определяли путем подсчета яиц в кладках.

Показатели питания определяли «гравиметрическим» балансовым методом (Waldbauer, 1968). Скорость поедания и усвоения корма по возрастам и за весь период развития определяли как количество съеденной, усвоенной пищи, разделенное на продолжительность развития гусениц в каждом возрасте и в целом за гусеничный период. После линьки у каждой группы гусениц ежедневно учитывали количество потребленного корма (С) и выделенных экскрементов (F), а также определяли величину прироста биомассы насекомого (P). Количество усвоенной пищи (A) находили из уравнения: $A = C - F$, а массу

усвоенного корма, потраченную организмом на метаболизм (R) – из уравнения $R = A - P$.

Взвешивания проводили на торсионных и электронных весах. Все величины выражали в абсолютно сухой массе. Сухую массу тела гусениц определяли на контрольной группе особей, воспитывавшихся в режиме опыта. Полученные данные использовали для расчета эколого-физиологических показателей питания и роста:

– коэффициент утилизации корма: $KУ = A \cdot C^{-1} \cdot 100\%$;

– эффективность использования потребленного корма:

$$\text{ЭИП} = P \cdot C^{-1} \cdot 100\%;$$

– эффективность использования усвоенного корма:

$$\text{ЭИУ} = P \cdot A^{-1} \cdot 100\%;$$

– относительная скорость потребления корма:

ОСП = (масса корма, потребленного за период питания) · (средняя масса тела гусеницы за период питания)⁻¹ · (длительность периода питания)⁻¹, мг·мг⁻¹·сутки⁻¹;

– относительная скорость роста:

ОСР = (масса прироста тела гусеницы за период питания) · (средняя масса тела гусеницы за период питания)⁻¹ · (длительность периода питания)⁻¹, мг·мг⁻¹·сутки⁻¹.

Экскременты гусениц взвешивали и высушивали до постоянной массы при температуре 65°C.

Так как гусеничная фаза определяет ход развития всех других фаз дубового шелкопряда, нами проанализирован баланс энергии гусениц после различных способов воздействия агонистов экдистероидов на разных кормовых растениях. В основу расчетов скорости потока энергии положено равенство (Баранчиков, 1987), согласно которому количество энергии, поступившее в организм с пищей (С), равно сумме энергии, израсходованной на прирост биомассы тела (Р), использованной на покрытие его метаболических расходов (R) и выделенной организмом с неусвоенной частью пищи (F):

$$C = P + R + F.$$

Величины калорийности определяли методом мокрого сжигания. Расчет калорийности веществ производили по формулам, рекомендованным в соответствующих методических руководствах (Остапеня, 1968).

Для изучения воздействия экстрактов коры дуба и почек березы на развитие дубового шелкопряда выкормку гусениц проводили на стеллажах инсектария под полиэтиленовой пленкой с использованием срезанных ветвей березы повислой (бородавчатой) (*Betula pendula* Roth.). Работа выполнялась на биологическом стационаре «Щитовка» в Сенненском районе Витебской области. Экстракты готовили следующим образом: 100 г высушенной и измельченной коры дуба обык-

новенного заливали 1 л кипящей воды, настаивали в течение 30–40 мин, фильтровали через марлю и охлаждали (Аретинська, Алексеницер, 1997). Аналогично готовили экстракт из почек березы. Яйца (грена) обрабатывали экстрактом на 7-й день развития. Для выявления оптимального времени воздействия экстрактов в новых кормовых условиях изучение влияния экстрактов на жизнеспособность и продуктивность дубового шелкопряда было проведено в 3 повторностях по 500 яиц в каждой по следующим вариантам: время выдержки грены в экстракте – 5, 10, 20, 30 мин, контроль – необработанная грена (согласно используемой методике (Аретинська, Алексеницер, 1997)). Оживление грены определяли в каждом варианте на 100 экз., не менее чем в 4 повторностях. На протяжении каждого возраста фиксировали показатели выживаемости гусениц, продолжительности их развития, массу коконов, шелковой оболочки, шелконосность, плодовитость. Биологические показатели исследовали по общепринятой методике в шелководстве. Опыт закладывали в трех повторностях по 100 гус.

Взвешивание гусениц, образцов корма и экскрементов производили на электронных весах «Scout». Показатели питания определяли «гравиметрическим» балансовым методом (Waldbauer, 1968).

Работа по изучению влияния экстракта левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides* L.) на развитие дубового шелкопряда выполнялась на биологическом стационаре «Щитовка» Сенненского района Витебской области.

Выкормка гусениц дубового шелкопряда проводилась на стеллажах инсектария под полиэтиленовой пленкой с использованием срезанных ветвей березы бородавчатой по методике, разработанной на кафедре зоологии Витебского пединститута (Радкевич и соавт., 1983).

Для опыта брали гусениц I возраста одного дня выхода из яиц. В качестве корма использовали березу бородавчатую. Эксперимент проводили в пятикратной повторности по 30 гусениц в каждой. Корм одинаковой массы для гусениц в начале каждого возраста обрабатывали водными экстрактами левзеи сафлоровидной 0,001 и 0,0001% концентраций объемом 2 мл из расчета на 20 г кормового растения. Гусеницы в опытах питались обработанным кормом в течение трех суток. Через трое суток в опытах и в контроле обработанный корм регулярно, 1 раз в сутки, на протяжении всего периода развития заменяли на свежий необработанный. Наблюдали за гусеницами в течение всего периода их развития. Обработку корма проводили методом опрыскивания листьев ручным пульверизатором. Экстракты 0,001 и 0,0001% концентраций приготовлены на кафедре ботаники и фармакогнозии Витебского государственного медицинского университета (Карусевич и соавт., 2007). Контроль – обработка корма дистиллированной водой.

На протяжении каждого возраста фиксировали показатели выживаемости гусениц, продолжительности их развития, массу коконов, шелковой оболочки, шелконосность, плодовитость. Биологические показатели исследовали по общепринятой методике в шелководстве. Опыт закладывали в пяти повторностях по 100 гус. Взвешивание гусениц, образцов корма и экскрементов производили на электронных весах «Scout». Показатели питания определяли «гравиметрическим» балансовым методом (Waldbauer, 1968).

Опыты по воздействию минеральных препаратов на развитие дубового шелкопряда проводили на биологическом стационаре УО «ВГУ им. П.М. Машерова». Исследование влияния сложного дигидрофосфата марганца, магния и меди и сложного дигидрофосфата магния, марганца, кобальта проводили на гусеницах дубового шелкопряда, кормовыми растениями которого была береза. Препараты получены от украинских коллег из НАУ (г. Киев). Проводили обработку корма методами настаивания веток березы и опрыскивания листьев перед скармливанием гусеницам на протяжении II–V возрастов. Концентрации водных растворов сложного дигидрофосфата марганца, магния и меди и сложного дигидрофосфата магния, марганца, кобальта – 0,1%, 0,01%, 0,001%.

В контроле обрабатывали листья дистиллированной водой. На протяжении каждого возраста фиксировали показатели выживаемости гусениц, продолжительности их развития, массу коконов, шелковой оболочки, шелконосность, плодовитость. Биологические показатели исследовали по общепринятой методике в шелководстве. Опыт закладывали в пяти повторностях по 100 гус. Взвешивание гусениц, образцов корма и экскрементов производили на электронных весах «Scout». Показатели питания определяли «гравиметрическим» балансовым методом (Waldbauer, 1968).

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась на персональном компьютере на основе компьютерной программы Microsoft Excel 2003 в оболочке Windows XP. Различия считали достоверными при вероятности 95% ($p \leq 0,05$).

ГЛАВА 2

ВОЗДЕЙСТВИЕ АГОНИСТОВ ЭКДИСТЕРОИДОВ НА ПРОЦЕССЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДУБОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

2.1. Влияние агонистов экдистероидов на жизнеспособность насекомых

Экдистероиды составляют самое распространенное и многочисленное семейство стероидных соединений в биосфере; они участвуют в жизнедеятельности практически всех классов организмов, выполняя множественные функции. Присутствие экдистероидов характерно как для растительного, так и животного мира (Rees, 1995; Lafont, 2003). Еще в первой половине XX века было выяснено, что у насекомых процессы линьки и метаморфоза находятся под контролем особых химических веществ. Исследования по выделению этих гормональных факторов из куколок тутового шелкопряда *Bombyx mori* были начаты в Германии в 1942 г. и привели к выделению Бутенандтом и Карлсоном в 1954 г. кристаллического вещества, названного α -экдизоном (Butenandt, Karlson, 1954). Несколько позже из *Bombyx mori* был выделен второй гормон линьки и метаморфоза – β -экдизон (в современной номенклатуре 20-гидроксиэкдизон). В результате интенсивных исследований из насекомых было выделено еще несколько экдистероидов, которые были объединены в группу зооэкдистероидов. Обнаружение гормонов линьки и метаморфоза насекомых в растениях было неожиданным и поставило сразу массу вопросов об их биологических функциях. Впервые они были обнаружены К. Наканиси с сотрудниками в 1966 г. (Nakanishi et al., 1966) в листьях растения *Podocarpus nakai*, произрастающего на Тайване, и получили название понастеронов (понастерон А). Почти одновременно в австралийском виде *Podocarpus elatus* был обнаружен 20-гидроксиэкдизон (Galbraith, Horn, 1966]. В корнях *Achyranthes fauriei* вскоре были обнаружены 20-гидроксиэкдизон и инокостерон (Takemoto et al., 1967), а в корневищах обычного папоротника *Polipodium vulgare* – 20-гидроксиэкдизон и полиподин В (Jizba et al., 1967). В отличие от зооэкдистероидов, известных как стероидные гормоны насекомых, им дали название фитоэкдистероидов (Ахрем и соавт., 1973).

Несмотря на значительные усилия по исследованию, множество открытых вопросов по зоо- и фитоэкдистероидам остаются – особенно относительно механизмов проявления биологической активности и их роли в природных взаимоотношениях между растениями и фитофагами. Доподлинно известно, что 20-гидроксиэкдизон и некоторые другие являются истинными гормонами линьки для насекомых и

ракообразных в концентрациях 10-7М и инициируют превращения в эмбриогенезе, ходе развития личинки и ее превращения во взрослую особь (Ахрем, Ковганко, 1989; Kozlova, Thummel, 2000). Периодические линьки вызваны пиками экдистероидов, синтезируемых в протокальных железах под воздействием нейропептидов, вырабатываемых в мозге насекомых (Smits, 1998). Аналогичные физиологические действия экдистероидов предполагаются в отношении моллюсков, плоских, круглых и кольчатых червей (Rees, 1995).

В активации экдистероидов по всей вероятности важную роль играют комплексы экдистероидов с водорастворимыми белками, аминокислотами, каротиноидами, флавоноидами, ненасыщенными жирными кислотами, микроэлементами и другими физиологически активными веществами (Яковлев и соавт., 1990; Lafont, Dinan, 2003; Кузьменко и соавт., 1999).

Линька и метаморфоз относятся к очень важным процессам жизнедеятельности насекомых, которые позволяют им нормально развиваться и адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды (Гиляров, 1983). Нарушение нормального течения линьки и метаморфоза под действием экзогенных экдистероидов либо соединений, имитирующих их биологическое действие, обычно приводит к гибели насекомых. Вещества, обладающие такой селективной активностью, привлекают к себе пристальное внимание в качестве потенциальных инсектицидов, которые по механизму действия относятся к регуляторам роста насекомых (Гиляров, 1983).

В конце 80-х годов прошлого столетия обнаружили, что гормональной активностью насекомых обладают вещества, не похожие на экдистероиды по строению и относящиеся к ацилпроизводным гидразина. Биологические испытания соединений данной группы стали проводиться сразу же после установления их гормональной активности (Ковганко, Ананич, 2004; Wing, 1988; Wing et al, 1988; Oberlander et al, 1995).

Согласно данным, приведенным в обзоре Н.В. Ковганко и С.К. Ананич (Ковганко, Ананич, 2004) установлена гормональная активность агонистов экдистероидов из группы 1,2-диацилгидразинов путем биотестов *in vitro* с использованием разнообразных линий клеток насекомых. Инсектицидная активность диацилгидразинов является наиболее важной в практическом отношении и поэтому изучается в настоящее время весьма интенсивно.

Инсектицидная активность диацилгидразинов является наиболее важной в практическом отношении и поэтому изучается в настоящее время весьма интенсивно. Синтезировано более 50-ти соединений, обладающих гормональной и инсектицидной активностью к большому числу насекомых-вредителей из разных отрядов. Так, аго-

нист экдизона RH-5992 является новым нестероидным агонистом экдистероидов, обладающим высокой селективностью действия относительно чешуекрылых. Оценено его влияние на смертность, длительность личиночного развития, вес гусениц, вес шелкоотделительной железы *Bombyx mori* (Kumar, Santhi, Krishnan, 2000).

Установлена токсичность двух агонистов экдизона, галофенозида и метоксифенозида для жука *Harmonia axyridis* (Carton, Smagghe, Tirry, 2003). К новым диацилгидразиновым инсектицидам относится и хромофенозид, который имитирует действие экдизона и обладает отличной эффективностью против гусениц, вредящих различным сельскохозяйственным культурам. В полевых опытах по борьбе с гусеницами *Archips fuscocupreanus* очень хорошие результаты дало опрыскивание листьев при концентрации действующего вещества 25–50 ppm (Ichinose, 2000).

Содержание RH-5849, тебуфенозида, галофенозида или метоксифенозида в диете гусениц последнего возраста вызвало преждевременную линьку, ведущую к гибели. По токсичности эти соединения располагались в следующем порядке: метоксифенозид > тебуфенозид > галофенозид > RH-5849. Оценивали способность 4 агонистов экдизона индуцировать эвагинацию *in vitro* у имагинальных дисков, выделенных из гусениц последнего возраста, и сравнивали ее с таковой естественного гормона линьки насекомых, 20-гидроксиэкдизона. Параллельно изучали конкуренцию за связывание с целыми имагинальными крыловыми дисками, культивируемыми в присутствии меченного ³H-понастерона А и различных концентраций агонистов экдизона. Установлено, что 4 вещества вызывали эффект как агонисты экдизона *in vitro*. Порядок токсичности этих веществ соответствовал порядку индукции эвагинации и конкуренции при связывании с имагинальными дисками. Установлено отрицательное воздействие агониста тебуфенозида на активность клеток эпителия средней кишки листовертки *Choristoneura fumiferana* (Hu Wengi et al, 2004).

При добавлении в диету гусениц *Plodia interpunctella* последнего возраста тебуфенозида и метоксифенозида установлено, что эти препараты подавляют рост веса гусениц (увеличение веса за 2 дня в контроле – 40%, в опыте – 50%). Смертность гусениц в опыте доходила до 90–100%, в контроле – не больше 10% (Oberlander et al, 1998). При скармливании *Chrysodeixis chalcites* тебуфенозида с кормом наблюдались признаки преждевременной линьки: отслоение головной капсулы и прекращение питания. Обнаружено усиленное отложение новой эпикутикулы, но прокутикула откладывалась незначительно. Признаки дегенерации имели клетки проторокальных желез и переднекишечного эпителия (Smagghe et al, 1997).

После топикальной обработки гусениц *Spodoptera maurita* предпоследнего и последнего возрастов, а также молодых куколок разны-

ми дозами дифторбензурана (от 0,5 до 40 мкг/особь) зарегистрировано проявляющиеся с разной интенсивностью нарушения линьки и формирование особей со смешанными признаками (личиночно-куколочные), дефектных куколок и имаго (Jagannadh, Nair, 1997). Обработка гусениц последнего возраста мультрезистентной популяции *Spodoptera littoralis* четырьмя дибензоилгидразинами (RH-2485, RH-5992, RH-0345, RH-5849) приводила к преждевременной линьке насекомых, которая вызывала их гибель. Наиболее токсичным был RH-2485 (Smaghe et al, 2001). Высокие дозы и концентрации тебуфенозида (≥ 100 нг/гусеницу и $\geq 0,001\%$) при топикальной и пероральной обработке *Dendrolimus pini* были токсичны для гусениц и снижали интенсивность их питания (Pszczolkowski, Smaghe, 1999).

При воздействии RH-5849 на куколок табачного бражника *Manduca sexta* наблюдалось мгновенное прекращение диапаузы, причем имагинальное развитие после этого шло нормально, и нормально выходили бабочки. Более высокие дозы (1–2 мкг/г веса) вызывали появление имаго с деформированными крыльями. При дозах более 2,5 мкг/г веса происходило ненормальное развитие, и имаго не могло выйти из куколочной шкурки (Sielezniew, Cymborowski, 1997). Инъекции тебуфенозида вызывали у нимф II возраста *Blatta orientalis* паралич и они погибали (Smaghe et al, 1996), а в отношении 24-часовых куколок *Hyposoter didymator* препарат не оказывал влияния на вылупление имаго паразитоида (Schneider et al, 2000). При топическом нанесении RH-0345 на свежеслинявших куколок *Tenebrio molitor* происходили изменения в покровах: аполизис куколочной кутикулы и нарастание нового кутикулярного слоя, возрастала толщина новой кутикулы (Chebira Souad et al, 2006). Новый нестероидный агонист № 200013 вызывает преждевременную линьку у гусениц *Helicoverpa armigera* (Du Yu-Zhe et al, 2002). Агонисты экдизона, относящиеся к классу биацилгидрозинов являются новым поколением инсектицидных соединений, которые вызывают преждевременную летальную линьку у обработанных чувствительных насекомых, а RH-5849 токсичен для широкого круга насекомых (Carton, Smaghe, Tirry, 2003).

Помимо общих токсических эффектов, экдистероиды и их аналоги оказались активными так же, как селективные ингибиторы развития полового аппарата насекомых. Эти соединения, таким образом, представляют собой новый класс хемостерилиантов насекомых (Ахрем, 1973). Так, производные андростана, прегнана и холестана в больших дозах ингибировали созревание яичников и откладку яиц у самок комнатной мухи *Musca domestica*. Агонист экдизона галофенозид действует на прилежащие тела и физиологию размножения термита *Coptotermes formosanus*. Топическое нанесение 5 мкг нестероидного агониста галофенозида на самок и самцов приводило к значительному

снижению отложенных яиц (Raina, Park, Hruska, 2003). Ряд авторов (Sun, Song, Barrett, 2003; Charmillot, Gourmelon, Fabre, Pasquier, 2001) указывают на овоцидную и ларвицидную активность агонистов эктистероидов из ряда диацилгидразинов. Они сильно снижают плодовитость чешуекрылых и вызывают накопление вителлогенина в гемолимфе. Корреляцию токсичности четырех дибензолгидразинов с индукцией эвагинации у *Spodoptera littoralis* изучали А. Гобби и соавторы (Gobbi et al, 2000). Установлено, что тебуфенозид и метоксифенозид значительно увеличивают уровень вителлогенина в гемолимфе имаго яблонной плодожорки *Cydia pomonella*, если бабочек приводили в контакт с поверхностями, обработанными агонистами (Sun Xiaoping, Song Qisheng, Barrett Bruce, 2003).

Самцы *Argyrotaenia velutinana* и *Choristoneura rosaceana* после пребывания на поверхности, обработанной метоксифенозидом, не проявляли призывного поведения в присутствии самок. Самки этого вида после сходной экспозиции спаривались с необработанными самцами с той частотой, что и контрольные. Агонист эктизона, каким является метоксифенозид, отрицательно влиял на половое поведение самцов и в меньшей степени на поведение самок (Hoelscher Jennifer, Barrett Bruce, 2003). При исследовании влияния метоксифенозида на *Pieris brassicae* установлено, что в полевых условиях инсектицид оказывает отрицательное действие на откладку яиц бабочкой и вызывает 100%-ную гибель гусениц III возраста. Однако это соединение не вызвало антифидантного эффекта при опытах с гусеницами 4-го возраста. Метоксифенозид не оказывал губительного влияния на *Apanteles glomeratus* (Wawrzyniak, 2004).

При действии различных повреждающих агентов на насекомых, таких, как *Bombyx mori*, *Varathra brassica*, *Dendrolimus pini*, были обнаружены типичные проявления адаптационного синдрома (Черныш, 1975; Черныш и др., 1983, 1985). Авторами установлено, что развитие адаптационного синдрома протекает в три стадии: реакция тревоги, стадия адаптации и стадия истощения. Для реакции тревоги характерны высокий уровень смертности, резкое усиление катаболических процессов, сопровождающихся значительной потерей веса (до 20% в сутки), изменение функционального состояния клеток жирового тела, которое проявляется в появлении большого количества крупных суданофильных жировых вакуолей. Стадия адаптации характеризуется высоким уровнем резистентности к повреждению, что резко снижает уровень смертности, низким уровнем метаболизма, явлением неспецифической резистентности. Стадия истощения в основных чертах повторяет стадию тревоги и характеризуется повышением уровня смертности (Черныш, 1983б).

В условиях стресса, который вызван действием повреждающих агентов, насекомые часто могут оказываться как бы в состоянии «гипофункции» эндокринной системы, в некотором отношении аналогичной частичной гипофиз- и адреналэктомии у позвоночных. На этом фоне дотация экдистероидов извне оказывает стимулирующее влияние на процесс адаптации (Черныш и Лухтанов, 1981).

В ряде работ (Черныш и Лухтанов, 1981; Черныш и др., 1983, 1985) показано, что гусеницы тутового шелкопряда под влиянием введения адаптогенов способны повысить устойчивость к повреждению. Любое повреждающее действие может повысить неспецифическую устойчивость организма, вызывая реакцию стресса (Selye, 1970; Селье, 1960; Лазарев, 1958; Лазарев и Розин, 1960). Повышение неспецифической устойчивости, обусловленное предварительным стрессорным воздействием, может происходить не только у позвоночных, но и у насекомых, как было показано в экспериментах на личинках синей мясной мухи (Черныш, 1975, 1977а). Авторы полагают, что адаптогены стимулируют устойчивость к повреждению у насекомых или позвоночных, оказывая на организм мягкое стрессорное воздействие, не сопровождающееся существенными токсическими эффектами. Адаптогены, к которым можно отнести и экзогенные экдистероиды, являясь стимуляторами неспецифической резистентности, задерживают процесс старения и увеличивают среднюю продолжительность жизни некоторых видов насекомых. Увеличение продолжительности жизни самок, в свою очередь, обеспечивает повышение плодовитости. Прямое влияние экдистероидов на процесс репродукции более существенно: оптимальные дозы гормона приводили к увеличению яйцепродукции *Trichogramma embryophagum* Hartig., однако при передозировке происходило значительное снижение плодовитости (Черныш, 1983б).

Умеренным токсическим действием, недостаточным для практического применения, обладают также близкие по структуре природным гормонам синтетические аналоги экдистероидов, разработке специальных методов получения которых посвящено большое число работ (Ахрем, Ковганко, 1989; Гиляров и соавт., 1983; Ковганко, Ахрем, 1990; Lafont, Wilson, 1996; Барбье, 1978; Харборн, 1985).

Таким образом, это новое поколение инсектицидов находит все большее применение, их производство экономически выгодно, они обладают селективностью действия и для проявления инсектицидного эффекта не требуются больших доз, что делает агонисты экдистероидов из группы диацилгидразинов перспективными в борьбе с насекомыми-вредителями.

2.2. Скорость развития и жизнеспособность дубового шелкопряда при контактно-кишечном воздействии агонистов экдистероидов

Одной из задач настоящей работы явилась оценка влияния агонистов экдистероидов на процессы роста и развития шелкопряда на разных стадиях онтогенеза для анализа степени прямого и отсроченного воздействия биологически активных веществ данной группы по отношению к насекомым.

Изучение процессов жизнедеятельности дубового шелкопряда после попадания в его организм агонистов экдистероидов R-209, R-210 и R-211 разной концентрации вместе с кормом показало, что биологически активные вещества оказали сильный токсический эффект на дубового шелкопряда (Денисова и соавт., 2007; Седловская, 2007, 2007, 2008, 2009; Седловская и соавт., 2010). Агонист R-209 0,1% и 1% вызвал высокий процент смертности гусениц как на дубе, так и на березе (рисунок 2.1). Так, после трехсуточного контакта с R-209 0,1% в опыте на дубе гибель гусениц наступила на 6-е сутки эксперимента. Токсический эффект данное вещество оказывало на протяжении I–III возрастов и за этот период погибло 30% особей, что на 27% больше, чем в контроле. После потребления листа дуба, обработанного R-209 в концентрации 1%, гибель гусениц наступила уже на 2-е сутки после закладки опыта, и в течение I–III возрастов всего погибло 55% особей, что на 50% больше, чем в контроле. В опыте на березе гусеницы оказались более чувствительными к воздействию R-209 в концентрациях 0,1% и 1%, что подтверждается высоким процентом смертности. После воздействия 0,1% раствора агониста гибель гусениц наступила на 6-е сутки после потребления обработанного корма и в течение I–III возрастов смертность особей составила 48%, что на 42% больше, чем в контроле. Раствор R-209 в концентрации 1% оказал более сильный токсический эффект, так как смертность гусениц на протяжении I–III возрастов составила 75%, что на 69% больше, чем в контроле.

Сравнение темпов гибели дубового шелкопряда после воздействия R-209 показывает, что попадание в организм шелкопряда вместе с кормом раствора в концентрации 1% вызвало увеличение смертности на дубе на 23%, на березе – на 27% по сравнению с раствором в концентрации 0,1%. Отмечено усиление токсического эффекта R-209 0,1% и 1% по отношению к дубовому шелкопряду при питании листом березы по сравнению с питанием листом дуба на 17% и 20% соответственно. Следует отметить, что, как в опыте на дубе, так и на березе гусеницы дубового шелкопряда смогли адаптироваться к воздействию R-209 0,1% и 1% концентраций к концу III возраста, о чем свидетельствует отсутствие смертности до конца развития.

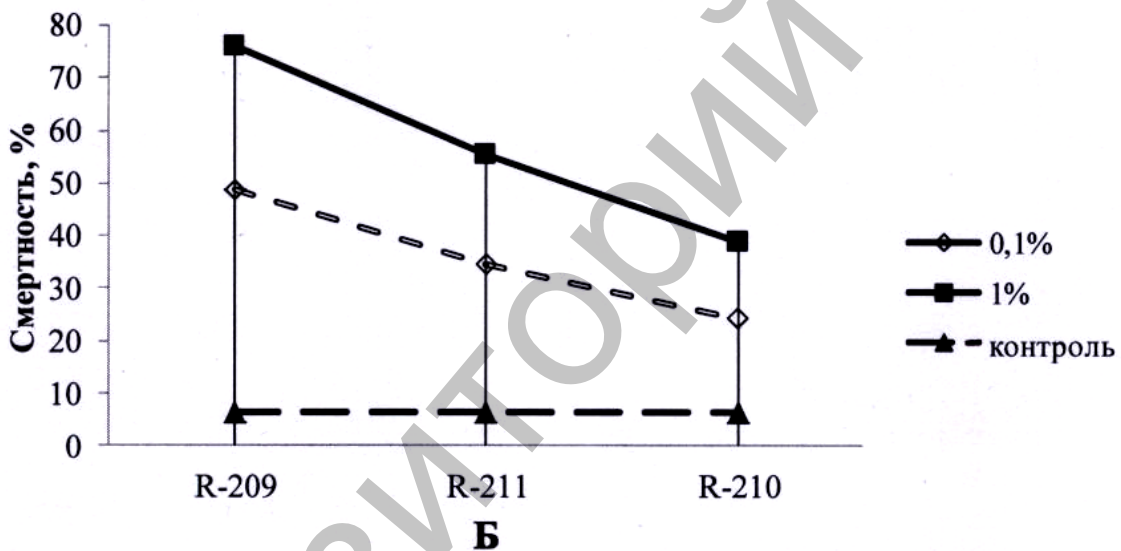
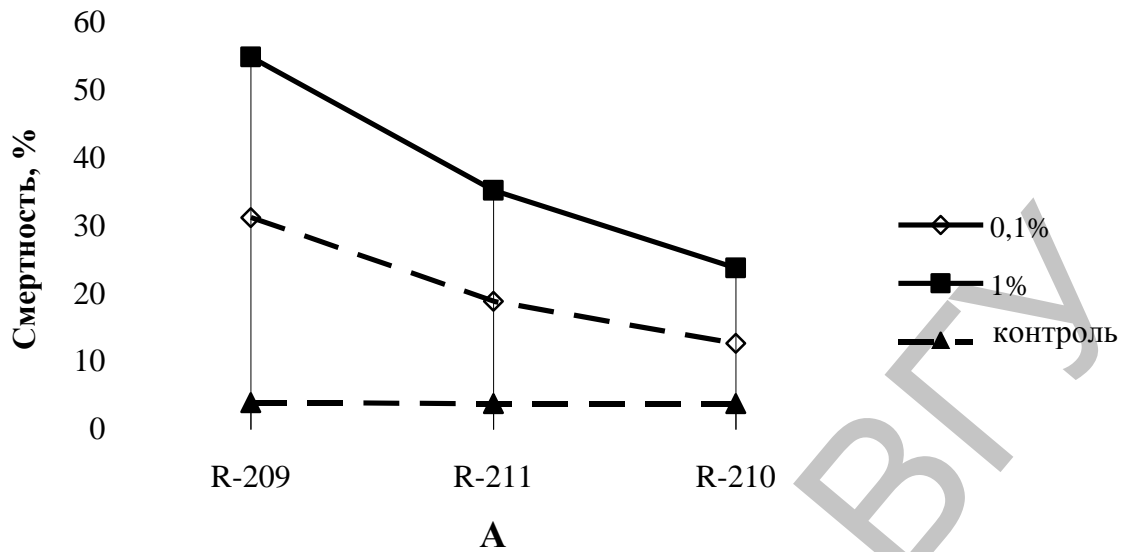


Рисунок 2.1 – Инсектицидная активность агонистов экдистероидов по отношению к дубовому шелкопряду при контактно-кишечном воздействии на гусениц (А – при питании листом дуба; Б – при питании листом березы)

В этот период гусеницы были жизнеспособны, в конце развития завили коконы. Попадание в организм шелкопряда 0,01% раствора агониста R-209 на дубе и березе не вызвало снижения выживаемости насекомого по сравнению с контролем.

Наименее токсичным для гусениц дубового шелкопряда оказался агонист экдистероидов R-210 0,01%, 0,1% и 1% концентраций по сравнению с аналогичными растворами R-209 и R-211. После потребления листа дуба, обработанного агонистом в концентрации 0,1%, в течение I–II возрастов погибло 12% гусениц – на 9% больше, чем в контроле. После воздействия 1% раствора смертность подопытных

особей за I–II возрасты составила 24% (на 20% больше по сравнению с контролем).

В опыте на березе под воздействием 0,1% раствора R-210 в течение I–II возрастов погибло 24% гусениц – на 18% больше, чем в контроле. После влияния агониста 1% концентрации смертность подопытных особей составила 38%, что на 32% больше по сравнению с контролем.

К воздействию R-210 в концентрации 1% гусеницы как на дубе, так и на березе оказались более чувствительными, чем к 0,1% раствору, что выражается в более высоких темпах гибели – на дубе погибло на 11% больше гусениц, на березе – на 14%. Отмечено усиление токсического эффекта R-210 0,1% и 1% по отношению к дубовому шелкопряду при питании листом березы по сравнению с питанием листом дуба на 12% и 15% соответственно. Как в опыте на дубе, так и на березе гусеницы дубового шелкопряда смогли адаптироваться к воздействию R-210 0,1% и 1% концентраций к концу II возраста, о чем свидетельствует отсутствие смертности до конца развития. Попадание в организм шелкопряда 0,01% раствора агониста на дубе и березе не вызвало снижения выживаемости насекомого по сравнению с контролем.

Промежуточное положение по токсичности для дубового шелкопряда занимает агонист экдистероидов R-211. После потребления листа дуба, обработанного раствором R-211 0,1% концентрации, гусеницы начали гибнуть на 8-е сутки после контакта с биологически активным веществом и всего в течение I–II возрастов погибло 18% особей, что на 15% больше по сравнению с контролем. Под воздействием 1% раствора агониста в течение I–III возрастов погибло 35% подопытных гусениц, что на 31% больше, чем в контроле.

В опыте на березе после контакта с агонистом 0,1% концентрации гусеницы начали гибнуть на 6-е сутки, и в течение I–II возрастов всего погибло 34% особей – на 28% больше по сравнению с контролем. Раствор агониста в концентрации 1% вызвал гибель гусениц уже на 2-е сутки после контакта, и в течение I–III возрастов смертность особей составила 55%, что на 49% больше, чем в контроле.

Агонист экдистероидов R-211 в концентрации 1% оказал более сильный токсический эффект на дубового шелкопряда на двух кормовых растениях по сравнению с воздействием раствора 0,1% концентрации, что подтверждается увеличением смертности гусениц на дубе на 16%, на березе – на 21%. После потребления в пищу листа березы, обработанного R-211, под воздействием 0,1% раствора погибло гусениц на 16% больше, а под воздействием 1% раствора – на 20% по сравнению с гусеницами, питавшимися обработанным листом дуба. После трехсуточного контакта с R-211 гусеницы шелкопряда на дубе

и березе смогли адаптироваться к воздействию 0,1% раствора соединения к концу II возраста, а к воздействию 1% раствора – к концу III возраста, что подтверждается отсутствием смертности до конца развития.

Попадание в организм шелкопряда 0,01% раствора агониста на дубе и березе не вызвало снижения выживаемости насекомого по сравнению с контролем.

Таким образом, агонисты экдистероидов R-209, R-210 и R-211 в концентрации 0,01% не оказали токсического воздействия на дубового шелкопряда после попадания в организм гусениц вместе с листом дуба и березы. Препарат R-209 в концентрациях 0,1% и 1% обладает сильным инсектицидным действием по отношению к дубовому шелкопряду, что выражается в возрастании смертности гусениц в среднем (дуб, береза) до 40% и 65% против 5% в контроле. R-211 0,1% и 1% концентраций обладает несколько меньшей инсектицидной активностью, чем аналогичные растворы R-209, так как смертность гусениц возрастает в среднем (дуб, береза) на 24% и 45% против 5% в контроле. Наименьший инсектицидный эффект по отношению к шелкопряду проявило соединение R-210 в концентрациях 0,1% и 1%, чем растворы R-209 и R-211 тех же концентраций, так как смертность гусениц составила в среднем (дуб, береза) 18% и 31% против 5% в контроле. Во всех вариантах опыта кормовое растение оказывает корелирующее влияние на выживаемость гусениц дубового шелкопряда при воздействии R-209, R-210 и R-211 0,1% и 1% концентраций – питание листом дуба ослабляет отрицательное воздействие соединений, питание листом березы его несколько усиливает, что в наибольшей степени проявляется при увеличении концентрации растворов с 0,1% до 1%. Полученные нами данные согласуются с результатами ряда авторов (Денисова, 2007, 2008; Ковганко, Ананич, 2004; Уфимцев и соавт., 2001, 2003; Carton, Smagghe, Tirry, 2003; Hu Wengi, 2004; Huang Junhai, 2004; Kumar, Santhi, Krishnan, 2000) по контактно-кишечному воздействию гормоноподобных соединений на гусениц, согласно которым биологически активные вещества вызывали сильный токсический эффект и приводили к гибели опытных гусениц.

Наряду с гибелью дубового шелкопряда воздействие агонистов экдистероидов вызвало задержку в развитии насекомого (Денисова и соавт., 2007). Согласно данным таблицы 2.1, после потребления в пищу листа дуба, обработанного R-209 0,1% концентрации, гусеницы развивались на 9 суток дольше по сравнению с контролем за счет увеличения периода активного питания на 4 суток, периода сна – на 5 суток.

Таблица 2.1 – Влияние агонистов экдистероидов на продолжительность развития гусениц дубового шелкопряда

Кормовое растение	Концентрация, %	Продолжительность развития, сут.			
		Период активного питания	Сон	Линька	Всего
R-209					
Дуб	0,01	40,97 ± 0,43	9,05 ± 0,14	8,00 ± 0,12	58,02 ± 1,12
	0,1	44,23 ± 0,75*	13,46 ± 0,25*	8,74 ± 0,18	66,43 ± 1,15*
	1	46,64 ± 0,27*	12,04 ± 0,11*	8,76 ± 0,13	67,44 ± 0,96*
	контроль	40,44 ± 0,32	8,88 ± 0,15	7,72 ± 0,11	57,04 ± 1,05
Береза	0,01	45,93 ± 0,75	9,39 ± 0,41	9,18 ± 0,23	64,50 ± 1,25
	0,1	48,52 ± 0,91*	10,74 ± 0,22	8,83 ± 0,15	68,39 ± 1,12*
	1	53,04 ± 0,45*	8,02 ± 0,23	9,14 ± 0,19	69,75 ± 1,03*
	контроль	45,66 ± 0,81	9,11 ± 0,36	8,78 ± 0,16	63,55 ± 1,12
R-210					
Дуб	0,01	40,91 ± 0,29	9,03 ± 0,17	7,92 ± 0,15	57,86 ± 1,02
	0,1	41,68 ± 0,41	9,05 ± 0,21	8,03 ± 0,23	58,76 ± 0,91
	1	44,15 ± 0,29*	9,50 ± 0,17	8,31 ± 0,18	61,96 ± 0,62*
	контроль	40,44 ± 0,32	8,88 ± 0,15	7,72 ± 0,11	57,04 ± 1,05
Береза	0,01	45,88 ± 0,54	9,80 ± 0,35	9,40 ± 0,21	64,08 ± 1,11
	0,1	48,93 ± 0,65*	7,55 ± 0,21*	8,28 ± 0,23	63,76 ± 1,05
	1	49,39 ± 0,31*	8,73 ± 0,13	8,67 ± 0,15	67,79 ± 0,81*
	контроль	45,66 ± 0,81	9,11 ± 0,36	8,78 ± 0,16	63,55 ± 1,12
R-211					
Дуб	0,01	41,08 ± 0,24	8,84 ± 0,19	8,13 ± 0,13	58,05 ± 1,09
	0,1	42,70 ± 0,37	12,51 ± 0,17*	10,35 ± 0,11*	65,56 ± 0,91*
	1	46,50 ± 0,33*	10,99 ± 0,19	8,31 ± 0,17	66,04 ± 0,53*
	контроль	40,44 ± 0,32	8,88 ± 0,15	7,72 ± 0,11	57,04 ± 1,05
Береза	0,01	46,41 ± 0,47	9,81 ± 0,15	9,28 ± 0,19	65,50 ± 1,54
	0,1	50,57 ± 0,61*	9,94 ± 0,19	7,84 ± 0,17	68,35 ± 0,91*
	1	50,81 ± 0,35*	8,61 ± 0,15	8,74 ± 0,15	68,16 ± 0,89*
	контроль	45,66 ± 0,81	9,11 ± 0,36	8,78 ± 0,16	63,55 ± 1,12

Примечание: * – $P \leq 0,05$

Попадание в организм гусениц раствора в концентрации 1% вместе с листом дуба вызвало увеличение продолжительности развития на 10 суток по сравнению с контролем за счет увеличения периода активного питания на 6 суток и периода сна – на 4 суток. В опыте на березе после воздействия R-209 0,1% концентрации гусеницы развивались дольше на 5 суток, чем в контроле. Это произошло за счет увеличения периода активного питания на 3 суток и периода сна на 2 суток по сравнению с контролем. Попадание в организм гусениц 1% раствора агониста вызвало увеличение продолжительности развития на 7 суток по сравнению с контролем за счет увеличения периода активного питания на 8 суток и сокращения периода сна на 1 сутки.

Сравнение темпов развития дубового шелкопряда под влиянием R-209 показало, что попадание в организм шелкопряда 0,01% раствора

агониста вместе с листом дуба и березы продолжительность развития гусениц не отличается от контроля, а длительность развития гусениц под воздействием 0,1% и 1% растворов агониста в опыте на березе дольше в среднем на 2 суток, чем на дубе.

Под воздействием агониста экдистероидов R-210 в концентрации 0,1% продолжительность развития дубового шелкопряда в опыте на дубе и березе не отличается от контроля, а раствор соединения в концентрации 1% вызвал замедления развития насекомого на 4 суток как в опыте на дубе, так и на березе по сравнению с контролем за счет увеличения периода активного питания на 4 суток.

Сравнение темпов развития дубового шелкопряда под влиянием R-210 показало, что попадание в организм шелкопряда 0,01% раствора агониста вместе с листом дуба и березы продолжительность развития гусениц не отличается от контроля. К воздействию R-210 в концентрации 1% гусеницы оказались чувствительнее, чем к 0,1% как в опыте на дубе, так и на березе, что подтверждается увеличением продолжительности развития на дубе на 3 суток, на березе – на 4 суток. В опыте на березе под воздействием 0,1% раствора агониста R-210 гусеницы развивались на 5 суток дольше, а под воздействием 1% раствора – на 6 суток дольше, чем гусеницы в опыте на дубе.

Продолжительность развития дубового шелкопряда под воздействием агониста экдистероидов R-211 в концентрации 0,1% в опыте на дубе увеличилась на 8 суток по сравнению с контролем за счет увеличения периода активного питания на 2 суток, периода сна – на 3 суток и линьки – на 3 суток. После контакта с раствором соединения в концентрации 1% гусеницы развивались на 9 суток дольше, чем в контроле, что вызвано увеличением периода активного питания на 6 суток, периода сна – на 2 суток и линьки на 1 сутки. В опыте на березе продолжительность развития гусениц под воздействием 0,1% и 1% растворов R-211 составила 68 суток, что на 5 суток больше, чем в контроле. И в первом, и во втором случаях это произошло за счет увеличения периода активного питания на 5 суток.

Сравнение темпов развития дубового шелкопряда под влиянием R-211 показало, что попадание в организм шелкопряда 0,01% раствора агониста вместе с листом дуба и березы продолжительность развития гусениц не отличается от контроля, а длительность развития гусениц под воздействием 0,1% и 1% растворов агониста одинакова в опыте на дубе и березе. В опыте на березе под воздействием 0,1% раствора агониста R-211 гусеницы развивались на 3 суток дольше, а под воздействием 1% раствора – на 2 суток дольше, чем подопытные гусеницы в опыте на дубе. Полученные нами данные указывают на то, что изменение продолжительности развития гусениц является адаптивной реакцией организма насекомого на непосредственное воздействие по-

вреждающих агентов, которыми в данном случае являются агонисты экидистероидов. В ряде работ (Денисова, 2007, 2008; Ковганко, Ананич, 2004; Уфимцев и соавт., 2001, 2002, 2003, 2009; Carton, Smagghе, Tirry, 2003; Kumar, Santhi, Krishnan, 2000) указывается на замедление темпов развития личинок насекомых после попадания в их организм вместе с кормом экидистероидов и их аналогов. Аналогичные проявления физиологической активности агонистов экидистероидов R-209, R-210 и R-211 отражают и наши данные.

Таким образом, контактно-кишечное воздействие растворов соединений в концентрации 0,01% не вызвало изменений в продолжительности развития дубового шелкопряда. Как было показано выше, увеличение концентрации растворов соединений с 0,1% до 1% вызывает замедление скорости развития. При этом замедление темпов развития (в среднем на дубе и березе) в большей степени вызывают R-209 (на 7 и 8 суток по сравнению с контролем) и R-211 (на 6 и 7 суток по сравнению с контролем), чем R-210 (только под воздействием 1% раствора замедление развития на 4 суток по сравнению с контролем) тех же концентраций.

Во всех вариантах опыта кормовое растение оказывает корелирующее влияние на продолжительность развития гусениц дубового шелкопряда при воздействии агонистов – питание листом дуба ослабляет отрицательное воздействие соединений, питание листом березы его несколько усиливает.

Попадание в организм гусениц агонистов экидистероидов R-209, R-210 и R-211 вместе с кормом привело к снижению скорости весового роста и снижению зоомассы гусениц (Седловская, 2007, 2009; Седловская, Кочергин, 2008), кроме растворов соединений в концентрации 0,01%, которые не оказали отрицательного влияния на ход накопления массы шелкопрядом. Так, после воздействия R-209 0,1% и 1% концентраций на дубе отмечено снижение массы гусениц перед завивкой, в конце V возраста соответственно на 15% и 20% по сравнению с контролем, в опыте на березе – на 30% и 35% (таблица 2.2). Под воздействием 1% раствора R-209 гусеницы набирали массу хуже на дубе на 6%, на березе – на 7%, чем после влияния 0,1% раствора. При питании листом березы, обработанным агонистом 0,1% и 1% концентраций, гусеницы в конце развития имели массу меньше на 3% и 4% соответственно по сравнению с таковыми в опыте на дубе.

Питание кормом, который обрабатывали R-210 в концентрациях 0,1% и 1%, также вызвало снижение массы гусениц в течение развития и к концу V возраста она была ниже в опыте на дубе соответственно на 11% и 13% по сравнению с контролем, в опыте на березе меньше на 20% и 25%.

Таблица 2.2 – Динамика массы гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агонистов эдистероидов

Кормовое рас- тение	Концент- рация, %	Масса гусениц по возрастам, г					
		I возраст	II возраст	III возраст	IV возраст	V возраст	Перед окукли- ванием
R-209							
Дуб	0,01	0,007 ± 0,001	0,049 ± 0,004	0,21 ± 0,04	0,96 ± 0,07	3,52 ± 0,13	10,79 ± 0,63
	0,1	0,007 ± 0,001	0,033 ± 0,005*	0,19 ± 0,03*	0,85 ± 0,05	3,07 ± 0,12	9,75 ± 0,95*
	1	0,007 ± 0,001	0,027 ± 0,003*	0,16 ± 0,06*	0,63 ± 0,08*	2,86 ± 0,10*	9,13 ± 0,52*
	контроль	0,007 ± 0,001	0,054 ± 0,002	0,25 ± 0,03	1,00 ± 0,06	3,65 ± 0,12	11,41 ± 0,85
Береза	0,01	0,008 ± 0,001	0,038 ± 0,004	0,20 ± 0,04	1,03 ± 0,07	4,18 ± 0,15	13,23 ± 0,37
	0,1	0,008 ± 0,001	0,025 ± 0,003*	0,15 ± 0,02*	0,75 ± 0,06*	2,65 ± 0,11*	9,53 ± 0,28*
	1	0,008 ± 0,001	0,021 ± 0,005*	0,12 ± 0,03*	0,70 ± 0,06*	2,41 ± 0,07*	8,83 ± 0,63*
	контроль	0,008 ± 0,001	0,043 ± 0,004	0,23 ± 0,01	1,19 ± 0,04	4,25 ± 0,08	13,69 ± 0,47
R-210							
Дуб	0,01	0,007 ± 0,001	0,050 ± 0,004	0,24 ± 0,04	0,97 ± 0,07	3,57 ± 0,13	10,87 ± 0,43
	0,1	0,007 ± 0,001	0,045 ± 0,004	0,23 ± 0,04	0,91 ± 0,06	3,08 ± 0,15	10,15 ± 0,51
	1	0,007 ± 0,001	0,042 ± 0,003*	0,20 ± 0,07	0,94 ± 0,05	3,25 ± 0,09	9,93 ± 0,41*
	контроль	0,007 ± 0,001	0,054 ± 0,002	0,25 ± 0,03	1,00 ± 0,06	3,65 ± 0,12	11,41 ± 0,85
Береза	0,01	0,008 ± 0,001	0,039 ± 0,004	0,21 ± 0,04	1,09 ± 0,07	4,20 ± 0,15	13,32 ± 0,46
	0,1	0,008 ± 0,001	0,039 ± 0,002	0,19 ± 0,05	1,05 ± 0,08	3,97 ± 0,10	10,63 ± 0,32*
	1	0,008 ± 0,001	0,027 ± 0,005*	0,17 ± 0,04*	0,86 ± 0,09*	3,02 ± 0,14*	9,87 ± 0,33*
	контроль	0,008 ± 0,001	0,043 ± 0,004	0,23 ± 0,01	1,19 ± 0,04	4,25 ± 0,08	13,69 ± 0,47
R-211							
Дуб	0,01	0,007 ± 0,001	0,050 ± 0,004	0,23 ± 0,04	0,95 ± 0,07	3,53 ± 0,13	10,81 ± 0,24
	0,1	0,007 ± 0,001	0,041 ± 0,003*	0,21 ± 0,03*	0,85 ± 0,05	3,12 ± 0,15	10,05 ± 0,75
	1	0,007 ± 0,001	0,036 ± 0,003*	0,18 ± 0,07*	0,78 ± 0,09*	2,95 ± 0,14*	9,31 ± 0,25*
	контроль	0,007 ± 0,001	0,054 ± 0,002	0,25 ± 0,03	1,00 ± 0,06	3,65 ± 0,12	11,41 ± 0,85
Береза	0,01	0,008 ± 0,001	0,038 ± 0,004	0,20 ± 0,04	1,06 ± 0,07	4,18 ± 0,15	13,27 ± 0,24
	0,1	0,008 ± 0,001	0,031 ± 0,004*	0,18 ± 0,07*	0,85 ± 0,05*	2,75 ± 0,07*	9,70 ± 0,45*
	1	0,008 ± 0,001	0,026 ± 0,005*	0,15 ± 0,04*	0,76 ± 0,05*	2,91 ± 0,09*	9,15 ± 0,61*
	контроль	0,008 ± 0,001	0,043 ± 0,004	0,23 ± 0,01	1,19 ± 0,04	4,25 ± 0,08	13,69 ± 0,55

Примечание: * – P ≤ 0,05

Раствор агониста в концентрации 1% вызвал снижение темпов накопления зоомассы в опыте на дубе на 3%, на березе – на 6% по сравнению с 0,1% раствором R-210. Масса гусениц при питании обработанным 0,1% и 1% растворами соединения листом березы мало отличается от таковых в опыте на дубе.

После контакта дубового шелкопряда с R-211 0,1% и 1% концентраций в начале развития масса гусениц снижалась в течение развития и перед окукливанием в опыте на дубе она была меньше соответственно на 12% и 16%, чем в контроле, в опыте на березе – на 25% и 30% по сравнению с контролем. Воздействие R-211 в концентрации 1% вызвало снижение массы гусениц к концу развития в опыте на дубе на 8%, в опыте на березе – на 5% по сравнению с 0,1% раствором. После потребления листа березы, обработанного 0,1% и 1% растворами агониста гусеницы к концу развития имели массу соответственно на 3% и 2% меньше, чем при питании листом дуба.

Сравнение темпов накопления массы дубовым шелкопрядом после контактно-кишечного воздействия агонистов экдистероидов R-209, R-210 и R-211 показало, что соединения в концентрации 0,01% не оказали отрицательного влияния на темпы накопления зоомассы насекомого, так как масса гусениц практически не отличается от таковой в контроле. Увеличение концентрации растворов агонистов R-209 и R-211 с 0,1% до 1% вызвало замедление скорости весового роста шелкопряда в большей степени (на 23% и 28%, на 19% и 23% соответственно по сравнению с контролем), чем R-210 тех же концентраций (на 15% и 19%), но R-209 оказал самое сильное неблагоприятное воздействие на гусениц, что подтверждается самой низкой массой насекомого перед окукливанием. Во всех вариантах опыта при питании обработанным листом дуба гусеницы быстрее набирали массу, чем при питании обработанным листом березы. Такую адаптивную реакцию организма на воздействие поражающего фактора можно трактовать как защитную реакцию на ухудшение условий существования, при которых организм тратит много сил на детоксикацию агонистов экдистероидов высоких концентраций. Полученные нами данные согласуются со сведениями по подавлению роста веса гусениц таких насекомых, как *Plodia interpunctella*, *Harmonia axyridis*, *Bombyx mor*, *Litmania dyspar* и других при добавлении им в диету гормоноподобных веществ (Денисова, 2007, 2008; Ковганко, Ананич, 2004; Уфимцев и соавт., 2001, 2002, 2003, 2009; Carton, Smaghe, Tirry, 2003; Kumar, Santhi, Krishnan, 2000; Oberlander, Silhacek, Porcheron, 1995).

Темп роста насекомых является важным показателем физиологического состояния организма, а также показателем питания гусениц (Тыщенко, 1976). Удельная скорость роста, или интенсивность роста, –

приращение единицы живой массы за единицу времени (Радкевич, 1980). Она дает дополнительную информацию о процессах роста организма.

Агонисты экдистероидов вызвали снижение удельной скорости роста гусениц дубового шелкопряда в течение всего периода развития (Денисова и соавт., 2007; Седловская, 2009, 2009). Согласно данным рисунка 2.2 в опыте на дубе после воздействия агониста R-209 0,1% и 1% концентраций интенсивность роста у гусениц за весь период развития снизилась в среднем на 35% и 40% соответственно. В опыте на березе (рисунок 2.3) под воздействием R-209 0,1% и 1% концентраций удельная скорость роста у гусениц за весь период развития ниже в среднем на 43% и 47%, чем в контроле. Сравнение показателей удельной скорости роста дубового шелкопряда после трехсуточного контакта с R-209 показало, что агонист в концентрации 0,01% не оказал отрицательного влияния на скорость роста насекомого.

К воздействию 1% раствора соединения гусеницы на двух кормовых растениях оказались более чувствительными, чем к воздействию 0,1% раствора, что подтверждается падением значений удельной скорости роста у гусениц за весь период развития на дубе 14%, а на березе – в среднем на 12%. После потребления листа березы, обработанного R-209 0,1% и 1% концентраций, удельная скорость роста шелкопряда ниже таковой после потребления обработанного раствором агониста тех же концентраций листа дуба у гусениц за весь период развития – на 18% и 20% соответственно.

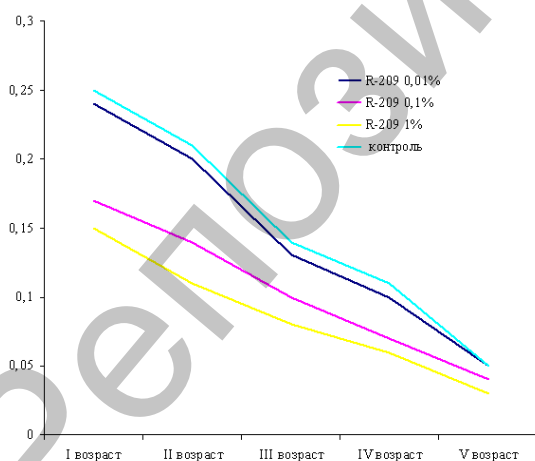


Рисунок 2.2 – Удельная скорость роста гусениц дубового шелкопряда на дубе после воздействия агониста экдистероидов R-209

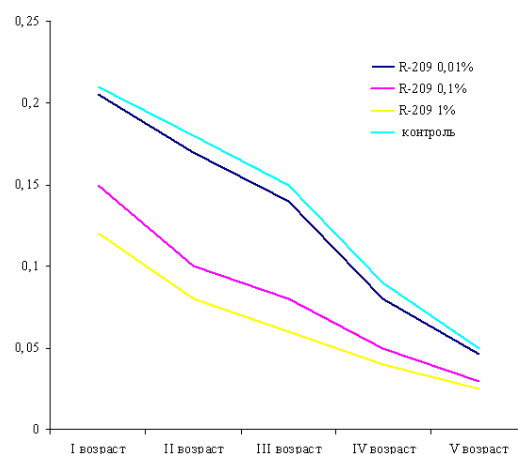


Рисунок 2.3 – Удельная скорость роста гусениц дубового шелкопряда на березе после воздействия агониста экдистероидов R-209

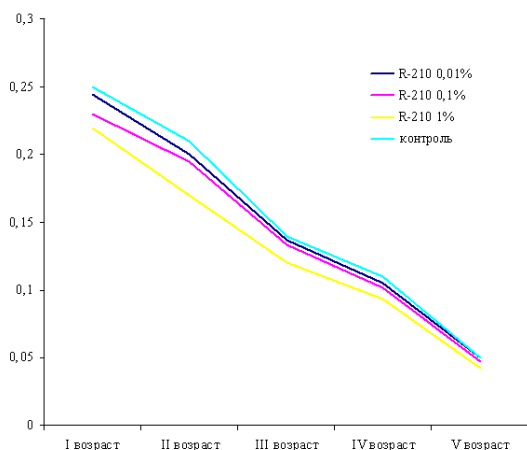


Рисунок 2.4 – Удельная скорость роста гусениц дубового шелкопряда на дубе после воздействия агониста экдистероидов R-210

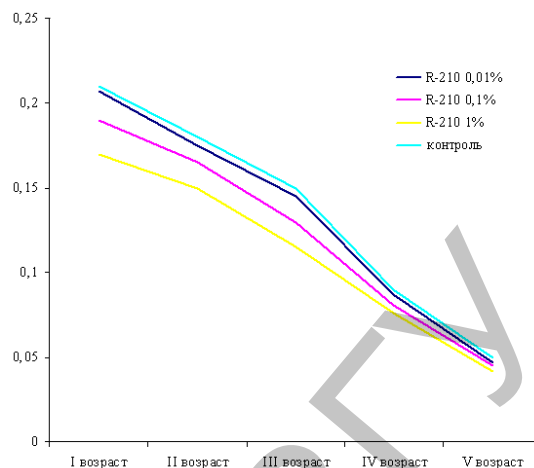


Рисунок 2.5 – Удельная скорость роста гусениц дубового шелкопряда на березе после воздействия агониста экдистероидов R-210

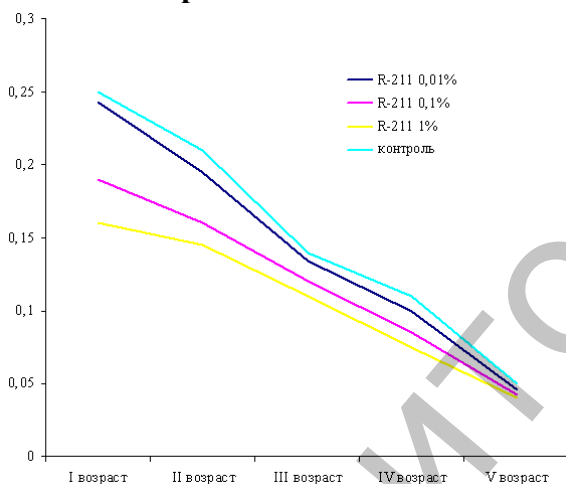


Рисунок 2.6 – Удельная скорость роста гусениц дубового шелкопряда на дубе после воздействия агониста экдистероидов R-211

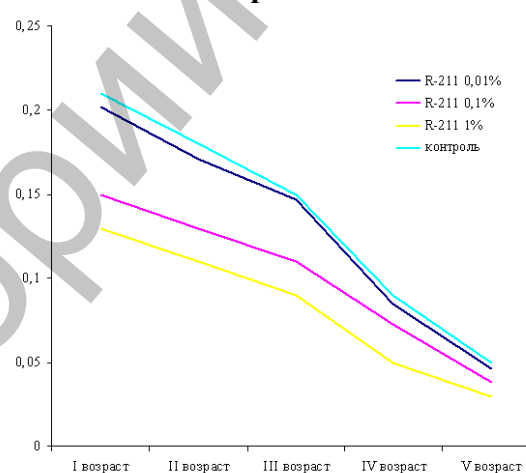


Рисунок 2.7 – Удельная скорость роста гусениц дубового шелкопряда на березе после воздействия агониста экдистероидов R-211

После трехсуточного контакта дубового шелкопряда с агонистом экдистероидов R-210 в концентрациях 0,1% и 1% в опыте на дубе удельная скорость роста у гусениц ниже, чем в контроле в среднем на 7% и 12% (рисунок 2.4).

В опыте на березе (рисунок 2.5) под воздействием 0,1% и 1% растворов R-210 произошло снижение интенсивности роста у гусениц на 8% и 12% по сравнению с контролем. Сравнение удельной скорости роста дубового шелкопряда после трехсуточного контакта с R-210 показало, что агонист в концентрации 0,01% не оказал отрицательного влияния на скорость роста насекомого. Агонист в концентрации 1% оказал более сильное влияние на удельную скорость роста шелкопряда на двух кормовых растениях, чем в концентрации 0,1%, о чем сви-

детельствует падение значений удельной скорости роста у гусениц за весь период развития на дубе на 5%, на березе – на 8%. Под воздействием R-210 0,1% и 1% концентраций удельная скорость роста дубового шелкопряда в опыте на березе ниже в течение всего периода развития – на 7% и 8% по сравнению с таковой в опыте на дубе после воздействия агониста тех же концентраций.

Попадание в организм шелкопряда R-211 в концентрациях 0,1% и 1% вместе с листом дуба привело к снижению удельной скорости роста гусениц в среднем на 10% и 19% (рисунок 2.6). В опыте на березе (рисунок 2.7) после воздействия R-211 в концентрациях 0,1% и 1% интенсивность роста гусениц снизилась на 20% и 24% по сравнению с контролем. Воздействие агониста экдистероидов R-211 в концентрациях 1% в большей степени вызвало снижение значений удельной скорости роста дубового шелкопряда по сравнению с 0,1% концентрацией у гусениц в течение всего периода развития на дубе в среднем на 15%, в опыте на березе – в среднем на 30%. После воздействия R-211 в концентрациях 0,1% и 1% удельная скорость роста дубового шелкопряда в опыте на березе ниже у гусениц за весь период развития – на 14% и 18% соответственно по сравнению с влиянием агониста тех же концентраций на гусениц в опыте на дубе.

Таким образом, агонисты экдистероидов R-209, R-210 и R-211 в концентрации 0,01% не оказали отрицательного влияния на удельную скорость роста дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц. Агонисты R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% в большей степени оказали негативное влияние на процессы роста шелкопряда, чем R-210 тех же концентраций, о чем свидетельствуют более низкие темпы роста насекомого. При этом увеличение концентрации растворов с 0,1% до 1% вызывало снижение темпов роста гусениц на двух кормовых растениях. Кормовое растение оказывает коррелирующее влияние на развитие дубового шелкопряда при воздействии агонистов экдистероидов во всех вариантах опыта. Питание листом дуба ослабляет отрицательное воздействие агонистов на выживаемость и скорость роста гусениц в течение всего периода развития, питание листом березы его несколько усиливает.

Данные о процессах жизнедеятельности шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агонистов R-209, R-210 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% иллюстрируют проявление адаптационного эффекта к данным соединениям. После воздействия повреждающих агентов наблюдаются типичные признаки адаптационного синдрома, обнаруженные ранее у нескольких видов насекомых – *Bombyx mori*, *Varathra brassica*, *Dendrolimus pini* (Черныш, Лухтанов, Симоненко, 1983, 1985; Черныш, 1975). Полученные нами результаты вполне укладываются в описанный механизм развития адаптационного

синдрома, который протекает в три стадии – реакция тревоги, стадия адаптации и стадия истощения. Реакция тревоги характеризуется высоким уровнем смертности, который вызван стрессорным воздействием агонистов сублетальных концентраций. Попадание в организм гусениц агонистов экдистероидов является поражающим фактором, который привел к гибели значительной части особей, что подтверждается высоким процентом гибели особей в опытах после контактно-кишечного воздействия агонистов экдистероидов, который возрастает при увеличении концентрации растворов препаратов с 0,1% до 1%. В нашем случае реакция тревоги проявлялась в младших возрастах гусениц.

Следующая за ней стадия адаптации характеризуется высоким уровнем резистентности к повреждению (в нашем случае повреждением является токсическое действие агонистов), низким уровнем смертности или ее отсутствием. В этот период гибели гусениц не наблюдалось вообще или наблюдалась гибель единичных экземпляров. Гусеницы были жизнеспособны, вили коконы, окукливались. Адаптация гусениц к повреждающему воздействию агонистов наступила уже к началу IV возраста во всех вариантах опыта, о чем свидетельствует увеличение темпов удельной и абсолютной скоростей роста особей старших возрастов по сравнению с младшими.

Третья стадия – стадия истощения, которая повторяет стадию тревоги и в нашем случае отражает гибель куколок, полученных из гусениц после контактно-кишечного воздействия на них агонистов экдистероидов 0,1% и 1% концентраций (таблица 2.3). Полученные данные свидетельствуют о достаточно сильном последствии агонистов экдистероидов, которое проявляется на более поздних стадиях развития после проведенной обработки.

Согласно данным ряда исследований (Ахрем, Ковганко, 1989; Ахрем, Левина, Титов, 1973; Уфимцев и соавт., 2002; Mondal, Parween, 2000) экдистероиды и их аналоги способны оказывать отсроченное действие, которое проявляется на более поздних стадиях развития насекомых, что и подтверждают наши данные. Из данных таблицы 2.3 следует, что R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% проявили более сильный токсический и гормональный эффекты по отношению к шелкопряду, чем R-210 тех же концентраций, что подтверждается снижением образования куколок из гусениц, питавшихся обработанным кормом, достаточно высоким процентом гибели куколок и низким процентом выхода имаго.

Во всех вариантах опыта растворы соединений в концентрации 0,01% не оказали существенного отрицательного воздействия на окукливание гусениц, выживаемость куколок и выход имаго, что свидетельствует об отсутствии отрицательного влияния данной концентрации на онтогенез дубового шелкопряда.

Таблица 2.3 – Влияние агонистов экдистероидов на дубового шелкопряда при контактно-кишечном воздействии на гусениц

Кормовое растение	Концентрация, %	Образование куколок, %	Выживаемость куколок, %	Выход имаго, %
R-209				
Дуб	0,01	96,15 ± 0,54	94,45 ± 0,95	90,24 ± 1,12
	0,1	70,34 ± 0,25*	55,34 ± 0,46*	32,68 ± 0,89*
	1	32,12 ± 0,51*	0	0
	контроль	98,46 ± 0,74	95,57 ± 0,61	92,55 ± 1,23
Береза	0,01	95,24 ± 0,57	92,32 ± 0,72	89,21 ± 0,92
	0,1	57,35 ± 0,23*	40,47 ± 0,84*	18,32 ± 0,75*
	1	21,56 ± 0,46*	0	0
	контроль	97,67 ± 0,81	93,14 ± 0,53	90,74 ± 1,54
R-210				
Дуб	0,01	97,13 ± 1,05	93,15 ± 0,25	91,31 ± 1,12
	0,1	80,68 ± 0,75*	70,34 ± 0,52*	45,63 ± 1,25*
	1	44,32 ± 0,43*	20,56 ± 0,43*	0
	контроль	98,46 ± 0,74	95,57 ± 0,61	92,55 ± 1,23
Береза	0,01	96,25 ± 0,55	92,24 ± 0,72	90,46 ± 0,95
	0,1	71,41 ± 0,38*	60,75 ± 0,48*	38,14 ± 1,16*
	1	32,55 ± 1,12*	10,83 ± 0,73*	0
	контроль	97,67 ± 0,81	93,14 ± 0,53	90,74 ± 1,54
R-211				
Дуб	0,01	96,35 ± 0,13	93,28 ± 0,67	90,35 ± 0,75
	0,1	74,65 ± 0,46*	60,14 ± 0,31*	35,92 ± 1,68*
	1	36,81 ± 0,85*	0	0
	контроль	98,46 ± 0,74	95,57 ± 0,61	92,55 ± 1,23
Береза	0,01	95,53 ± 1,06	93,46 ± 0,93	90,58 ± 0,94
	0,1	67,24 ± 0,57*	50,58 ± 0,69*	28,16 ± 1,23*
	1	25,31 ± 0,31*	0	0
	контроль	97,67 ± 0,81	93,14 ± 0,53	90,74 ± 1,54

Примечание: * - $P \leq 0,05$

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что агонисты экдистероидов R-209, R-210 и R-211 в концентрации 0,01% не вызвали существенных нарушений в развитии дубового шелкопряда после контактно-кишечного способа воздействия на гусениц.

Соединения R-209 и R-211 0,1% и 1% концентраций оказали самый сильный токсический эффект на гусениц (гибель особей в среднем (дуб, береза) под воздействием R-209 – 40% и 65%, а под воздействием R-211 – 26% и 45% соответственно) по сравнению с R-210 тех же концентраций (в среднем (дуб, береза) – 18% и 30%), что подтверждается высоким уровнем смертности подопытных особей.

Причем инсектицидная активность возрастала при 10-кратном увеличении концентрации растворов агонистов с 0,1% до 1% во всех вариантах опыта. Наряду с токсическим действием биологически ак-

тивные вещества вызвали адаптогенный и гормональный эффекты у насекомого, о чем свидетельствует замедление темпов роста и развития, снижение массы гусениц в течение развития, а также образование большого количества нежизнеспособных куколок. Гормональный эффект влияния агонистов экдистероидов проявляется в изменении цвета покровов куколок (приложение А, фото 1), наличии брюшных ножек у куколок (приложение А, фото 2), нарушении процессов личиночно-куколичного метаморфоза (приложение А, фото 3) и образовании нежизнеспособных бабочек с деформированными крыльями (приложение А, фото 4). Подобные нарушения развития обнаружены у *Manduca sexta* и *Spodoptera maurita* после воздействия агонистов экдистероидов RH-5849 и дифторбензурана (Jagannadh, Nair, 1997; Sielezniew, Cymborowski, 1997), а также у *Mamestra brassicae*, *Spodoptera littoralis* и *Ostrima nubilalis* после воздействия суммы фитоэкдистероидов серпухи венценосной (Уфимцев и соавт., 2001, 2002, 2003).

Следовательно, механизм действия агонистов экдистероидов при попадании в организм гусениц вместе с кормом проявляется в конкурентовании трех эффектов – токсического, адаптогенного и гормонального, причем во всех случаях наблюдается прямая зависимость эффектов от вида соединения, концентрации их растворов и кормового растения, которое оказывает коррелирующее влияние на биологические показатели развития шелкопряда. Питание листом дуба ослабляет отрицательное воздействие агониста на скорость развития и жизнеспособность насекомого, питание листом березы его усиливает, что, возможно, достигается в результате большей питательной ценности листа дуба по сравнению с листом березы, так как лист дуба обладает более оптимальным соотношением белковых и углеводных соединений.

2.3. Скорость развития и жизнеспособность дубового шелкопряда при экзогенном воздействии агонистов экдистероидов на яйца, гусениц, куколок и имаго

Сведения об экзогенном воздействии гормоноподобных веществ на стадию яйца насекомых в доступной нам литературе отсутствуют. Поэтому выявление степени влияния новейших агонистов экдистероидов, синтезированных в лаборатории экдистероидов института биоорганической химии НАН РБ под руководством д.х.н. Н.В. Ковганко, на процессы развития гусениц, полученных из обработанных биологически активными веществами данной группы, представляет научный и практический интерес. После проведения исследований по изучению контактно-кишечного способа воздействия агонистов экдистероидов на рост и развитие гусениц дубового шелкопряда, мы провели серию опытов по экзогенному влиянию биологически активных

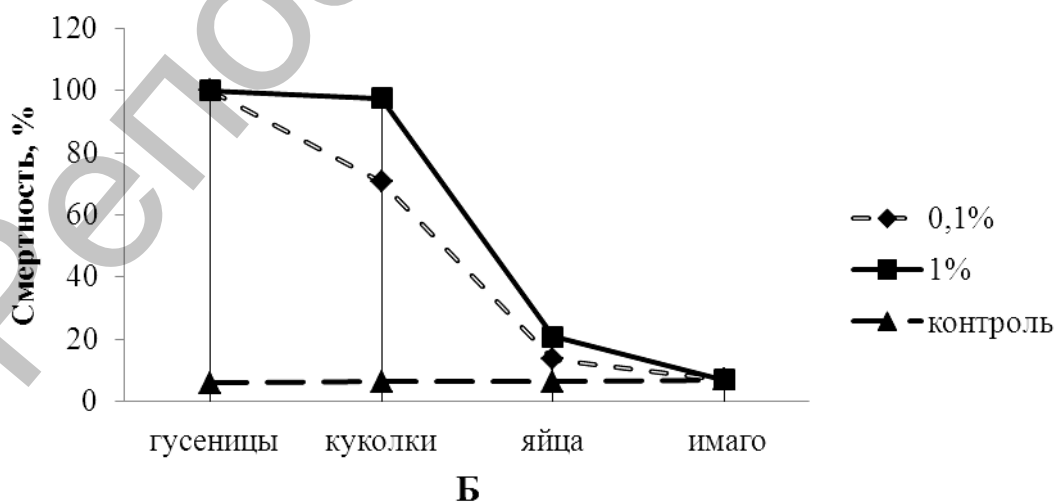
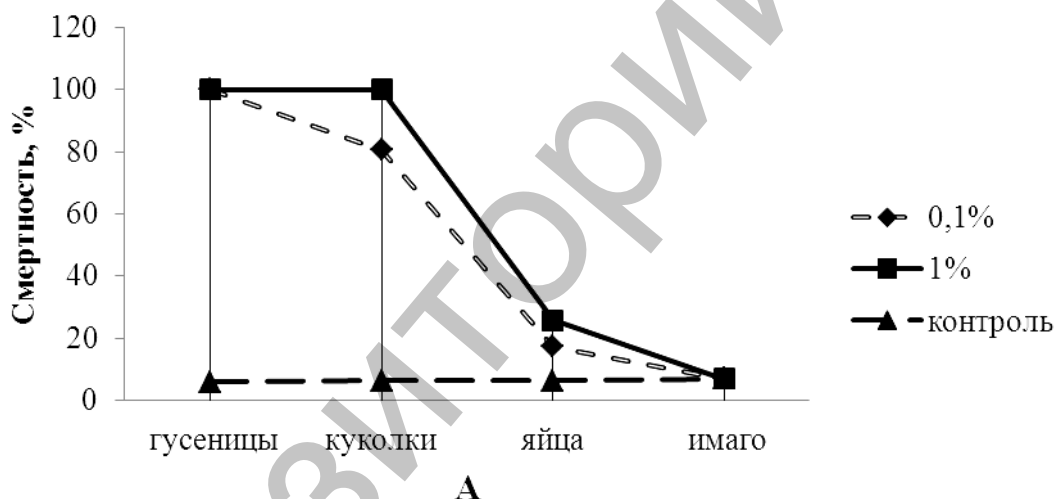
веществ данной группы на поведение и развитие насекомого на всех стадиях развития (яйцо, гусеница, куколка, имаго).

При изучении физиологической активности органических соединений первостепенное значение имеет разработка соответствующих стандартных тестов, характеризующихся быстротой, надежностью и простотой исполнения. Действие экдистероидов как гормонов линьки и метаморфоза насекомых оцениваются в настоящее время по нескольким тестам. Наиболее простым в исполнении является метод окунания, при котором личинки рисовой огневки *Chilo suppressalis* на 5 сек погружаются в метанольный раствор испытуемых соединений (Sato, Sakai, Imai, Fujioka, 1968). Последствия погружения личинок насекомых в растворы экдистероидов зависят от вида насекомого, его возраста, структуры и концентрации экдистероида. Так, при погружении личинок колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* в 4% раствор 20E отмечена гибель 64% животных, а при скармливании или инъекции – 30–40% (Ковганко, Ананич, 2004). Для личинок III возраста *Chilo suppressalis* летальным является погружение в 0,5% метанольный раствор понастерона А и 20E, а для личинок последнего возраста – в 0,0025% растворы этих экдистероидов. Для личинок III возраста *Culex pipiens* тотальная гибель наблюдается при погружении в 0,001% водный раствор понастерона А и 0,005% водный раствор 20E, а для личинок последнего возраста достаточно 0,0003% понастерона А (Matsuo-ka et al, 1969). Погружение гусениц *Ephestia kühniella* последнего возраста в растворы экдистероидов разной концентрации, выделенных из надземной части *Serratula coronata* L., приводило к многообразию эффектов, зависящих как от природы экдистероида и его концентрации, так и от природы растворителя. В результате погружения экдистероиды проявляли три конкурирующих эффекта – токсический, адаптогенный и гормональный. Высокий процент гибели гусениц свидетельствует о слабом адаптогенном влиянии этих экдистероидов (Уфимцев, 2002).

Полученные нами данные подтверждают вышеуказанные проявления физиологической активности агонистов экдистероидов у гусениц дубового шелкопряда после экзогенного действия на них. В результате эксперимента по изучению экзогенного воздействия R-209, R-210 и R-211 разных концентраций на только отродившихся гусениц получены интересные данные. Изучение процессов жизнедеятельности дубового шелкопряда после экзогенного воздействия агонистов экдистероидов на яйца, гусениц, куколок и имаго показало, что биологически активные вещества оказали достаточно сильный инсектицидный эффект по отношению к насекомому. Согласно данным, представленным на рисунке 2.8, самый высокий процент смертности отмечен после окунания гусениц в раствор R-209 в двух вариантах концентрации.

Погружение гусениц в 0,1% раствор уже на 12-е сутки вызвало гибель 100% особей, тогда как на контроле за весь период развития (64 сут.) смертность гусениц составила всего 6%. В варианте с 1% раствором R-209 в первые сутки после закладки опыта погибло 92% гусениц, а на 6-е сутки – 100% по сравнению с контролем. Сравнение темпов гибели дубового шелкопряда под воздействием R-209 в концентрации 0,1% и 1% показывает, что более сильное влияние на гусениц имел 1% раствор, так как в данном варианте опыта все гусеницы погибли в 2 раза быстрее, чем при воздействии 0,1% раствора.

Воздействие растворов R-211 разной концентрации на гусениц китайского дубового шелкопряда оказалось тоже достаточно сильным. Так, после погружения гусениц в 0,1% раствор агониста в первые сутки опыта погибло на 40% особей больше, чем в контроле, на 6-е сутки отмечена гибель 87%, а на 12-е сутки с начала эксперимента погибло 100% гусениц.



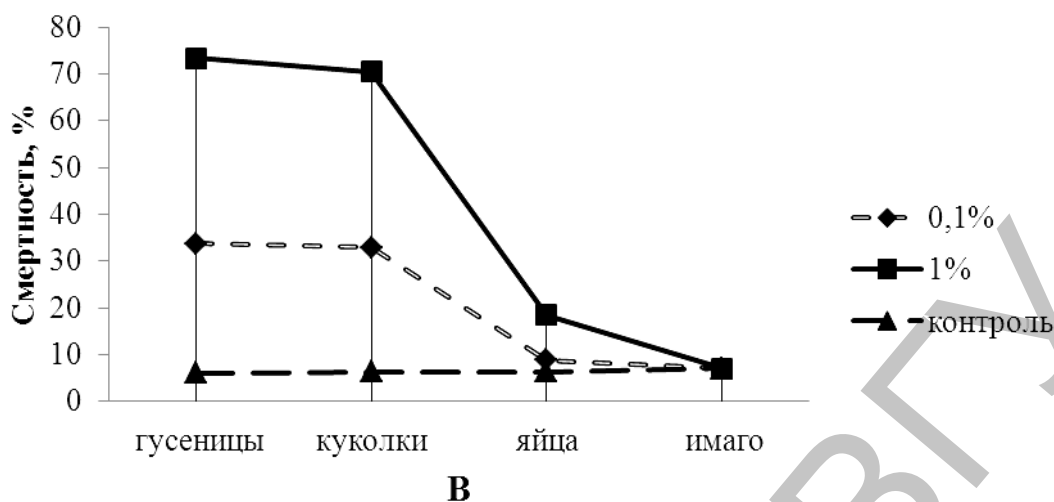


Рисунок 2.8 – Инсектицидная активность агонистов экдистероидов (А – R-209; Б – R-211; В – R-210) по отношению к дубовому шелкопряду при экзогенном воздействии на яйца, гусениц, куколок и имаго

В варианте с 1% раствором R-211 в первые сутки после закладки опыта погибло 68% гусениц – на 55% больше, чем в контроле, а на 6-е сутки отмечена гибель 100% особей. Из полученных данных видно, что влияние 1% раствора R-211 на организм гусениц оказалось значительно сильнее, так как все гусеницы погибли в 2 раза быстрее по сравнению с 0,1% раствором.

Наименее токсичным для гусениц китайского дубового шелкопряда оказался раствор R-210. Так, после погружения гусениц в 0,1% раствор этого агониста за весь период развития погибло 33% гусениц, что на 27% больше, чем в контроле. Воздействие 1% раствора R-210 на дубового шелкопряда оказалось сильнее – в опыте смертность особей составила 73%, что на 67% выше по сравнению с контролем. В данном случае под воздействием R-210 гусеницы гибли в течение I – в начале II возраста, но к концу II возраста гусеницы смогли адаптироваться к воздействию растворов R-210 как 0,1%, так 1%-ной концентрации, потому что смертности гусениц до конца развития больше не наблюдалось. В этот период гусеницы были жизнеспособны, в конце развития завели коконы.

Таким образом, растворы 0,01% соединений не оказали отрицательного влияния на выживаемость гусениц шелкопряда. Вещества R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% проявили сильный токсический эффект по отношению к дубовому шелкопряду и вызвали 100% гибель особей. Но под воздействием 1% раствора этих агонистов гибель всех гусениц наступила значительно быстрее, чем при воздействии 0,1% раствора. К воздействию R-210 в концентрациях 0,1% и 1% гусеницы оказались менее чувствительными по сравнению с R-209 и R-211, что выражается в более низких темпах гибели дубо-

вого шелкопряда и адаптации к R-210 к концу II возраста, о чем свидетельствует отсутствие смертности гусениц до конца развития. Следует отметить, что воздействие раствора R-210 в концентрации 1% на организм гусениц оказалось более сильным, гусеницы погибли в 2 раза быстрее по сравнению с действием агониста в концентрации 0,1%.

При экзогенном действии агонистов экистероидов в концентрациях 0,1% и 1% на куколок отмечена гибель 80% и 100% особей под воздействием R-209, 50% и 80% под воздействием R-210, 70% и 95% под воздействием R-211. Такая реакция, вероятно, вызвана изменением функциональной активности нейроэндокринной системы при избыточном поступлении в тело агонистов экистероидов и введением насекомого в цикл метаморфоза, к которому оно физиологически не готово.

Минимальное инсектицидное действие агонистов экистероидов по отношению к дубовому шелкопряду проявилось при экзогенном воздействии на грену. После воздействия R-209 0,1% погибло 17% гусениц, что на 14% больше, чем в контроле, воздействие 1% раствора соединения вызвало гибель 25% особей за такой же период против 3% в контроле. Экзогенное воздействие R-210 0,1% и 1% растворов на грену шелкопряда вызвало гибель 8% и 18% гусениц соответственно, что на 5% и 15% больше, чем в контроле. После обработки грены 0,1% и 1% растворами R-211 смертность гусениц составила 13% и 20%, что на 10% и 17% больше, чем в контроле. Из данных, представленных на рисунке 2.8, видно, что токсический эффект агонистов по отношению к вышедшим из обработанной грены гусеницам сохранялся достаточно длительное время, о чем свидетельствует гибель особей на протяжении I–II возрастов, но к началу III возраста произошла адаптация к неблагоприятному фактору, что подтверждается отсутствием смертности до конца развития.

Следует отметить, что после экзогенного воздействия агонистов экистероидов на имаго дубового шелкопряда их гибели не наблюдалось.

Наряду с гибелью вышедших из обработанной грены гусениц и обработанных гусениц наблюдалось и увеличение продолжительности их развития (Седловская, 2009; Седловская, Кочергин, 2008). Согласно данным таблицы 2.4 под воздействием R-209 0,1% и 1% гусеницы развивались на 4 и 5 суток дольше по сравнению с контролем за счет увеличения периода активного питания. Продолжительность развития гусениц после влияния R-210 0,1% не отличается от контроля, а под воздействием 1% увеличилась на 2 суток по сравнению с контролем за счет увеличения периода активного питания на 3 суток и сокращения периода сна на 1 сутки. Воздействие R-211 0,1% и 1% концентраций на грену шелкопряда привело к замедлению развития гусениц на 2 и 3 суток по сравнению с контролем за счет увеличения периода активного питания.

Сравнение продолжительности развития дубового шелкопряда после обработки грены агонистами экистероидов R-209, R-210 и R-211 показал, что растворы 0,01% соединений не оказали отрицательного влияния на продолжительность развития гусениц, растворы препаратов 0,1% и 1% концентраций вызвали замедление темпов развития, причем R-209 и R-211 в большей степени, чем R-210 тех же концентраций, что подтверждается увеличением сроков развития. Под воздействием растворов соединений в концентрации 1% длительность развития гусениц больше по сравнению с воздействием 0,1% растворов.

Таблица 2.4 – Влияние агонистов экистероидов на продолжительность развития гусениц дубового шелкопряда при экзогенном воздействии на яйца и гусениц по возрастам, сут.

Вариант опыта	Концентрация, %	Продолжительность развития, сут.			
		Период активного питания	Сон	Линька	Всего
Экзогенное воздействие на яйца	R-209				
	0,01	44,53 ± 0,25	9,51 ± 0,17	9,15 ± 0,14	63,19 ± 1,02
	0,1	46,95 ± 0,16*	9,59 ± 0,14	10,22 ± 0,12	66,76 ± 0,65*
	1	48,30 ± 0,41*	9,21 ± 0,12	10,13 ± 0,14	67,64 ± 0,53*
	контроль	43,49 ± 0,34	9,27 ± 0,10	9,29 ± 0,12	62,05 ± 1,12
	R-210				
	0,01	43,58 ± 0,31	9,14 ± 0,13	8,78 ± 0,18	61,50 ± 0,86
	0,1	44,01 ± 0,46	8,75 ± 0,16	9,07 ± 0,15	61,83 ± 0,46
	1	46,90 ± 0,51*	8,65 ± 0,10	9,10 ± 0,14	64,65 ± 0,96*
	контроль	43,49 ± 0,34	9,27 ± 0,10	9,29 ± 0,12	62,05 ± 1,12
	R-211				
	0,01	43,67 ± 0,24	8,67 ± 0,17	9,12 ± 0,13	61,46 ± 0,87
	0,1	44,31 ± 0,45	9,87 ± 0,13	10,22 ± 0,19	64,40 ± 0,54*
	1	46,66 ± 0,53*	9,70 ± 0,18	9,59 ± 0,12	65,95 ± 0,45*
	контроль	43,49 ± 0,34	9,27 ± 0,10	9,29 ± 0,12	62,05 ± 1,12
	Экзогенное воздействие на гусениц	R-209			
0,01		44,35 ± 0,42	9,13 ± 0,17	8,57 ± 0,25	63,23 ± 0,65
0,1		9,16 ± 0,15*	3,57 ± 0,08*	–	12,73 ± 0,14*
1		6,72 ± 0,06*	–	–	6,72 ± 0,06*
контроль		44,01 ± 0,34	9,49 ± 0,12	9,61 ± 0,17	64,11 ± 0,38
R-210					
0,01		45,75 ± 0,48	8,72 ± 0,15	9,03 ± 0,17	63,50 ± 0,53
0,1		44,69 ± 0,25	8,65 ± 0,15	9,20 ± 0,09	62,81 ± 0,32
1		55,59 ± 0,23*	11,00 ± 0,15*	12,48 ± 0,17*	79,07 ± 0,31*
контроль		44,01 ± 0,34	9,49 ± 0,12	9,61 ± 0,17	64,11 ± 0,38
R-211					
0,01		45,69 ± 0,51	8,69 ± 0,18	8,84 ± 0,19	63,22 ± 0,65
0,1		8,69 ± 0,27*	2,98 ± 0,13*	–	11,67 ± 0,21*
1		3,25 ± 0,09*	–	–	3,25 ± 0,09*
контроль		44,01 ± 0,34	9,49 ± 0,12	9,61 ± 0,17	64,11 ± 0,38

Примечание: * – $P \leq 0,05$

Погружение гусениц китайского дубового шелкопряда в растворы агонистов экистероидов разной концентрации оказало влияние на продолжительность их развития, кроме раствора 0,01% концентрации во всех вариантах опыта (таблица 2.4). В варианте с раствором R-209 1% концентрации продолжительность развития гусениц составила почти 7 сут. В течение этого периода гусеницы были малоактивны и на 7-е сутки погибли все. В результате воздействия агониста R-209 в концентрации 0,1% гусеницы развивались 12 сут. по сравнению с контролем (64 сут.). Период активного питания в I возрасте увеличился на 3 сут. по сравнению с контролем, период сна – на 1 сут., во время которого 100% гусениц погибло.

Под воздействием R-210 0,1% концентрации гусеницы развивались на 2 сут. меньше по сравнению с контролем. В варианте опыта с R-210 1% концентрации продолжительность развития гусениц составила 79 сут. – на 15 сут. дольше, чем в контроле. Это произошло за счет увеличения периода активного питания на 11 суток, периода сна – почти на 2 сут. и периода линьки – на 3 сут. по сравнению с контролем.

После погружения гусениц в 0,1% раствор R-211 их продолжительность развития составила лишь 11 сут. по сравнению с контролем (64 сут.). При этом период активного питания в I возрасте длился на 2 сут. дольше, чем в контроле, а во время периода сна все гусеницы погибли. В опыте с 1% раствором R-211 гусеницы развивались всего 3 сут., после чего все погибли. Таким образом, экзогенное воздействие растворов R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% на гусениц привело к отклонениям в их развитии – процесс линьки у гусениц резко нарушился и сопровождался массовой гибелью. Экзогенное воздействие раствора R-210 1% концентрации привело к значительному увеличению продолжительности развития дубового шелкопряда.

Экзогенное воздействие на грену и гусениц шелкопряда агонистов экистероидов R-209, R-210 и R-211 привело к снижению скорости весового роста и снижению зоомассы гусениц в течение всего периода развития, кроме растворов соединений в концентрации 0,01%, которые не оказали отрицательного влияния на ход накопления массы шелкопрядом (таблица 2.5). Так, после экзогенного воздействия R-209 0,1% и 1% концентраций на грену отмечено снижение массы гусениц перед завивкой, в конце V возраста соответственно на 25% и 30% по сравнению с контролем. Раствор соединения в концентрации 1% вызвал снижение массы гусениц на 12% по сравнению с 0,1% раствором.

Таблица 2.5 – Изменение массы гусениц дубового шелкопряда после экзогенного воздействия агонистов на яйца и гусениц

Вариант опыта	Концентрация, %	Масса гусениц по возрастам, г					
		I возраст	II возраст	III возраст	IV возраст	V возраст	Перед окукливанием
Экзогенное воздействие на грену	R-209						
	0,01	0,007 ± 0,001	0,040 ± 0,005	0,21 ± 0,04	1,07 ± 0,06	4,18 ± 0,16	13,29 ± 0,39
	0,1	0,007 ± 0,001	0,032 ± 0,003*	0,18 ± 0,06*	0,87 ± 0,09*	3,86 ± 0,12*	10,31 ± 0,42*
	1	0,007 ± 0,001	0,022 ± 0,006*	0,12 ± 0,05*	0,66 ± 0,06*	3,13 ± 0,08*	9,17 ± 0,51*
	контроль	0,007 ± 0,001	0,049 ± 0,006	0,25 ± 0,03	1,15 ± 0,06	4,55 ± 0,09	13,42 ± 0,67
	R-210						
	0,01	0,007 ± 0,001	0,043 ± 0,005	0,23 ± 0,06	1,11 ± 0,09	4,43 ± 0,17	13,29 ± 0,39
	0,1	0,007 ± 0,001	0,038 ± 0,003*	0,21 ± 0,04	1,05 ± 0,07	4,20 ± 0,12	12,42 ± 0,25
	1	0,007 ± 0,001	0,026 ± 0,004*	0,19 ± 0,07*	0,83 ± 0,06*	3,81 ± 0,09*	10,33 ± 0,55*
	контроль	0,007 ± 0,001	0,049 ± 0,006	0,25 ± 0,03	1,15 ± 0,06	4,55 ± 0,09	13,42 ± 0,67
	R-211						
	0,01	0,007 ± 0,001	0,039 ± 0,004	0,21 ± 0,04	1,09 ± 0,07	4,20 ± 0,15	13,32 ± 0,37
	0,1	0,007 ± 0,001	0,035 ± 0,002*	0,19 ± 0,05*	0,93 ± 0,08	3,98 ± 0,10	11,73 ± 0,32*
	1	0,007 ± 0,001	0,024 ± 0,005*	0,16 ± 0,04*	0,75 ± 0,05*	3,73 ± 0,09*	9,87 ± 0,61*
	контроль	0,007 ± 0,001	0,049 ± 0,006	0,25 ± 0,03	1,15 ± 0,06	4,55 ± 0,09	13,42 ± 0,67
	Экзогенное воздействие на гусениц	R-209					
0,01		0,007 ± 0,001	0,036 ± 0,004	0,19 ± 0,05	1,03 ± 0,07	4,25 ± 0,12	13,21 ± 0,12
0,1		0,007 ± 0,001	–	–	–	–	–
1		0,007 ± 0,001	–	–	–	–	–
контроль		0,007 ± 0,001	0,039 ± 0,007	0,21 ± 0,04	1,08 ± 0,05	4,60 ± 0,11	13,51 ± 0,48
R-210							
0,01		0,007 ± 0,001	0,037 ± 0,003	0,20 ± 0,04	1,09 ± 0,08	4,35 ± 0,16	13,32 ± 0,32
0,1		0,007 ± 0,001	0,028 ± 0,002*	0,17 ± 0,06*	0,92 ± 0,09	3,85 ± 0,12	11,86 ± 0,42*
1		0,007 ± 0,001	0,020 ± 0,005*	0,15 ± 0,05*	0,88 ± 0,07*	3,32 ± 0,08*	10,14 ± 0,55*
контроль		0,007 ± 0,001	0,039 ± 0,007	0,21 ± 0,04	1,08 ± 0,05	4,60 ± 0,11	13,51 ± 0,48
R-211							
0,01		0,007 ± 0,001	0,035 ± 0,005	0,20 ± 0,07	1,07 ± 0,09	4,29 ± 0,19	13,26 ± 0,27
0,1		0,007 ± 0,001	–	–	–	–	–
1		0,007 ± 0,001	–	–	–	–	–
контроль		0,007 ± 0,001	0,039 ± 0,007	0,21 ± 0,04	1,08 ± 0,05	4,60 ± 0,11	13,51 ± 0,48

Примечание: * – P ≤ 0,05

В варианте опыта с R-210 в концентрациях 0,1% и 1% масса гусениц в конце развития ниже соответственно на 8% и 20% по сравнению с контрольными показателями. После воздействия 1% раствора агониста на грену масса гусениц перед завивкой на 15% меньше, чем после воздействия 0,1% раствора. Обработка грен 0,1% и 1% растворами R-211 привела к снижению массы гусениц в течение развития и перед окукливанием она была ниже на 13% и 25% соответственно по сравнению с контролем.

Влияние соединения в концентрации 1% привело к снижению темпов накопления массы гусениц в течение всего периода развития в большей степени, чем 0,1% раствор, о чем свидетельствует падение значений на 16%. После обработки гусениц агонистом экдистероидов R-210 0,1% и 1% растворов их масса к концу развития была на 27% и 36% меньше, чем в контроле (таблица 2.5). Экзогенное воздействие агониста в концентрации 1% оказало более сильное влияние на ход накопления массы в течение всего периода развития по сравнению с воздействием 0,1% раствора, что подтверждается снижением массы гусениц к концу развития на 15%. Такую адаптивную реакцию организма на воздействие поражающего фактора можно трактовать как защитную реакцию на ухудшение условий существования.

Удельная скорость роста дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на грену R-209 0,1% и 1% у гусениц на 27% и 40% ниже чем в контроле. Интенсивность роста шелкопряда после воздействия 1% раствора в большей степени снижается по сравнению с 0,1% раствором у гусениц за весь период развития в среднем на 17%.

После обработки грен агонистом R-210 0,1% и 1% растворов интенсивность роста гусениц за весь период развития ниже контрольных показателей в среднем на 13% и 20% (рисунок 2.10). R-210 в концентрации 1% оказал более сильное отрицательное влияние на скорость роста шелкопряда, нежели 0,1% раствор, о чем свидетельствует падение значений у гусениц за весь период развития на 20%. После обработки грен 0,1% и 1% растворами R-211 интенсивность роста гусениц за весь период развития ниже контроля в среднем на 17% и 35% (рисунок 2.11). Интенсивность роста шелкопряда после воздействия на грену R-211 в концентрации 1% ниже у гусениц за весь период развития в среднем на 17% по сравнению с воздействием 0,1% раствора агониста.

Сравнительный анализ по влиянию обработки грен агонистами экдистероидов R-209, R-210 и R-211 на удельную скорость роста шелкопряда показал, что агонисты R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% в большей степени вызвали снижение интенсивности роста шелкопряда.

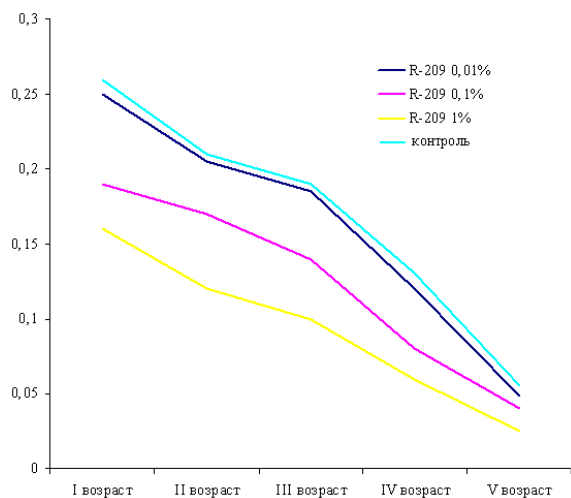


Рисунок 2.9 – Удельная скорость роста гусениц дубового шелкопряда на березе после обработки яиц агонистом экдистероидов R-209

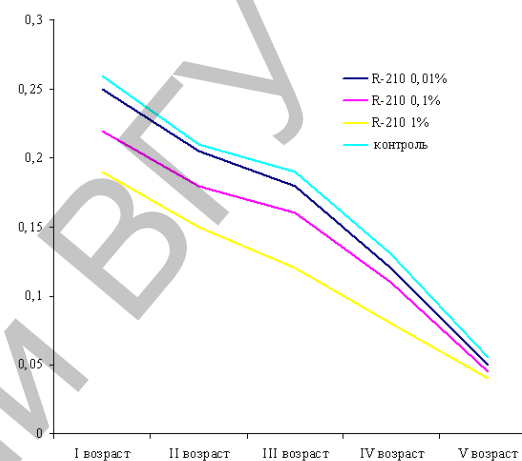


Рисунок 2.10 – Удельная скорость роста гусениц дубового шелкопряда на березе после обработки яиц агонистом экдистероидов R-210

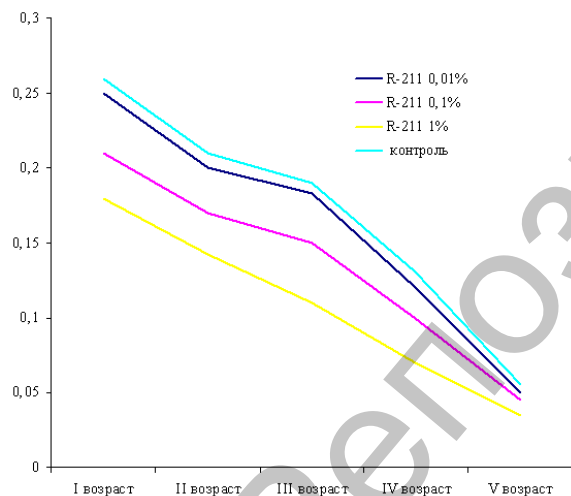


Рисунок 2.11 – Удельная скорость роста гусениц дубового шелкопряда на березе после обработки яиц агонистом экдистероидов R-211

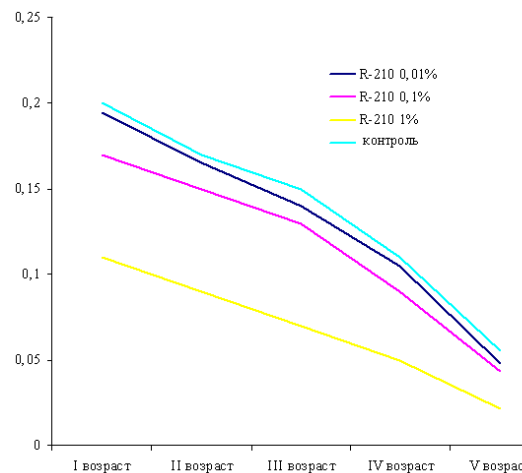


Рисунок 2.12 – Удельная скорость роста гусениц китайского дубового шелкопряда после обработки их агонистам экдистероидов R-210

Это подтверждается падением значений удельной скорости роста после воздействия R-209 0,1% и 1% концентраций у гусениц за весь период развития в среднем на 10% и 14% соответственно по сравнению с воздействием R-210 тех же концентраций, а после воздействия R-211 0,1% и 1% – на 5% и 9% соответственно.

Скорость удельного роста у гусениц после обработки их 0,1% и 1% растворами R-210 ниже в среднем на 9% и 45% по сравнению с контролем (рисунок 2.12).

Полученные данные о более высоких темпах снижения удельной скорости роста гусениц дубового шелкопряда под воздействием растворов агонистов экдистероидов в концентрации 1% по сравнению с влиянием 0,1% раствора на организм гусениц согласуются с данными о наиболее высокой смертности опытных гусениц, обработанных 1% раствором и усилением токсичности R-210 в данной концентрации.

Обобщая вышесказанное следует отметить, что агонисты экдистероидов R-209, R-210 и R-211 в концентрации 0,01% не оказали отрицательного влияния на удельную скорость роста дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на грену и гусениц. Агонисты R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% в большей степени оказали негативное влияние на процессы роста шелкопряда, чем R-210 тех же концентраций, о чем свидетельствуют более низкие темпы роста насекомого. При этом увеличение концентрации растворов с 0,1% до 1% вызывало снижение темпов роста гусениц. Проведенными исследованиями установлено, что агонисты экдистероидов R-209, R-210 и R-211 в концентрации 0,01% не вызвали существенных нарушений в развитии дубового шелкопряда при экзогенном воздействии на грену.

Соединения R-209 и R-211 0,1% и 1% концентраций в большей степени оказали токсическое воздействие на грену и вышедших из нее гусениц по сравнению с R-210 тех же концентраций, что подтверждается более высоким уровнем смертности подопытных особей. Причем инсектицидная активность возрастала при увеличении концентрации растворов агонистов с 0,1% до 1% во всех вариантах опыта. Полученные результаты говорят о том, что агонисты экдистероидов в концентрациях 0,1% и 1% вызывают отсроченные эффекты, которые проявляются на более поздних стадиях развития после проведения обработки.

Механизм адаптации в наших опытах имеет все приведенные ранее признаки (Уфимцев, 2002; Черныш, 1975). Первая стадия – реакция тревоги сопровождается смертностью обработанных особей (рисунок 2.8). Вторая стадия – адаптации, которая в нашем случае проявляется в отсутствии гибели опытных особей до конца развития. Стадия истощения повторяет стадию тревоги и в нашем случае отражает нарушения в развитии куколок, полученных из гусениц после экзогенного воздействия на грену агонистов экдистероидов 0,1% и 1% концентраций (таблица 2.6).

Из данных таблицы 2.6 следует, что R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% проявили более сильный гормональный эффект по отношению к шелкопряду, чем R-210 тех же концентраций, что выражается в снижении образования куколок из гусениц, уменьшении выживаемости куколок и выхода имаго.

Таблица 2.6 – Влияние агонистов экистероидов на дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на яйца

Показатели	Концентрация, %	R-209	R-210	R-211
Экзогенное воздействие на яйца				
Образование куколок, %	0,01	95,74 ± 0,65	96,12 ± 0,55	95,93 ± 0,36
	0,1	93,21 ± 0,43*	94,65 ± 0,91	94,12 ± 0,24
	1	90,35 ± 0,82*	92,21 ± 0,83*	90,78 ± 0,97*
	контроль	96,54 ± 0,76		
Выживаемость куколок, %	0,01	90,85 ± 0,36	91,64 ± 0,29	90,48 ± 0,55
	0,1	89,15 ± 0,65	90,48 ± 0,42	89,76 ± 0,48
	1	86,45 ± 0,87*	88,21 ± 0,75*	86,93 ± 0,69*
	контроль	92,31 ± 0,48		
Выход имаго, %	0,01	87,65 ± 0,95	88,93 ± 1,12	87,15 ± 0,85
	0,1	84,31 ± 1,03*	87,63 ± 1,25	86,38 ± 0,97
	1	75,12 ± 1,24*	81,16 ± 1,34*	79,52 ± 1,35*
	контроль	89,25 ± 1,15		
Экзогенное воздействие на гусениц				
Образование куколок, %	0,01	95,83 ± 0,75	96,15 ± 0,94	95,61 ± 0,55
	0,1	0	72,34 ± 1,25*	0
	1	0	41,56 ± 1,38*	0
	контроль	97,62 ± 0,52		
Выживаемость куколок, %	0,01	91,72 ± 0,34	93,12 ± 0,57	92,53 ± 0,74
	0,1	0	0	0
	1	0	0	0
	контроль	93,45 ± 0,35		
Выход имаго, %	0,01	87,12 ± 0,85	88,51 ± 0,91	88,24 ± 1,12
	0,1	0	0	0
	1	0	0	0
	контроль	90,26 ± 1,05		
Экзогенное воздействие на куколок				
Выживаемость куколок, %	0,01	93,65 ± 0,54	94,15 ± 0,37	93,86 ± 0,44
	0,1	21,45 ± 0,75*	50,17 ± 0,43*	29,13 ± 0,85*
	1	0	19,53 ± 0,52*	5,63 ± 0,61 ^с
	контроль	94,21 ± 0,55		
Выход имаго, %	0,01	90,35 ± 0,75	91,05 ± 1,11	90,54 ± 1,18
	0,1	15,43 ± 1,25*	31,24 ± 0,87*	20,63 ± 1,42*
	1	0	0	0
	контроль	91,16 ± 1,05		

Примечание: * – P ≤ 0,05

Наблюдается прямая зависимость развития куколок от вида соединения и концентрации их растворов – увеличение концентрации агонистов вызывает уменьшение образования куколок и снижение их выживаемости. Экзогенное воздействие агонистов на грену оказало влияние и на выход имаго из выживших куколок. Из данных таблицы 2.6 видно, что выход имаго в варианте с 0,01% растворами соединений составил от 87 до 88%, что сопоставимо с контрольными данными (89%). При увеличении концентрации в 10 раз (0,1%) и 100 раз (1%) во всех вариантах опыта выход имаго снижается по сравнению с контролем. Из данных таблицы 2.6 видно, что образовавшиеся из обработанных гусениц куколки оказались нежизнеспособными, и выхода имаго из них не произошло. Таким образом, к экзогенному воздействию агонистов R-209, R-210 и R-211 на гусениц реакция адаптации у дубового шелкопряда наблюдалась только в случае с R-210. Растворы соединений 0,01% концентрации не оказали отрицательного влияния на выживаемость гусениц и скорость роста дубового шелкопряда.

Исследования по экзогенному воздействию агонистов экдистероидов R-209, R-210 и R-211 на куколок дубового шелкопряда показали, что после погружения куколок в 0,01% растворы соединений нарушений в имагинальном развитии не произошло, и из обработанных куколок выходили нормальные бабочки, которые активно спаривались, откладывали яйца. Более высокие дозы препаратов вызывали гибель куколок (таблица 2.6).

Так, при воздействии R-209 0,1% и 1% концентраций погибло 80% и 100% куколок соответственно. R-210 тех же концентраций вызвал гибель 50% и 80% куколок. В результате обработки куколок 0,1% и 1% растворами R-211 отмечена гибель 70% и 95% куколок соответственно. Сравнение полученных данных показывает, что R-209 и R-211 оказывают сильный токсический эффект на куколок шелкопряда по сравнению с R-210 тех же концентраций, что подтверждается высоким процентом их гибели.

Следует отметить, что в вариантах опыта с 0,1% концентрацией агонистов наблюдался выход имаго с деформированными крыльями, низкой половой активностью. А при дозах 1% происходило ненормальное развитие и имаго не могло выйти из кокона. Следовательно, агонисты экдистероидов при дозах 0,1% и 1% оказывают сильное токсическое и гормональное воздействие на куколок и развивающихся из них имаго. Одно из возможных объяснений токсичности агонистов экдистероидов по отношению к куколкам состоит в том, что они изменяют функциональную активность нейроэндокринной системы и вводят насекомое в цикл метаморфоза, к которому оно физиологически не готово (Гиляров и соавт., 1980).

Полученные нами данные согласуются с результатами ряда исследований (Chebira, 2006; Schowalter, Whitford, Turner, 1977; Sielezniew, Cymborowski, 1997; Smagge et al., 1997; Soltani et al., 2002) по воздействию дифлубензулона, флуциклоксурона, галофенозида и тебуфенозида на куколок *Tenebrio molitor*, *Manduca sexta*, *Hyposoter didymator*, согласно которым биологически активные вещества вызывали токсический эффект и нарушения дальнейшего развития у куколок и имаго насекомых.

Доказано, что под контролем экидистероидов находится большинство процессов, связанных с размножением и дифференцировкой клеток. Фитоэкидистероиды, попадая в организм насекомых вызывают ряд серьезных нарушений процессов их развития. Например, экзогенные экидистероиды вызывают у ряда насекомых гонадотропные эффекты (Масленникова, Лучникова, 1997; Behens, Hoffman, 1982). Ряд авторов (Charmillot et al, 2001; Gobbi et al., 2000; Hoelscher, Barrett, 2003; Raina, Park, Hruska, 2003; Sun, Song, Barrett, 2003; Wawrzyniak, 2004) указывают на овоцидную и ларвицидную активность агонистов экидистероидов из ряда диацилгидразинов. Они отрицательно влияют на половое поведение имаго чешуекрылых, сильно снижают плодовитость и вызывают накопление вителлогенина в гемолимфе.

Исследования по изучению экзогенного воздействия агонистов экидистероидов на имаго дубового шелкопряда показали, что при топическом нанесении 0,01% растворов соединений на среднегрудь только вышедших из коконов самцов и самок не наблюдалось нарушений в их развитии и половом поведении.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о последствии агонистов экидистероидов, которое проявляется на более поздних стадиях развития после проведенной обработки гусениц, яиц, куколок. Сравнение полученных данных показало, что R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% проявили в большей степени отсроченное воздействие на процессы жизнедеятельности шелкопряда, чем R-210 тех же концентраций, что подтверждается снижением образования куколок из гусениц, уменьшением выживаемости куколок и выхода имаго.

Суммируя полученные данные по экзогенному воздействию агонистов экидистероидов R-209, R-210 и R-211 на яйца, гусениц, куколок и имаго дубового шелкопряда можно сказать, что растворы соединений в концентрации 0,01% после обработки не вызвали нарушений в развитии шелкопряда. Изученные агонисты экидистероидов R-209, R-210 и R-211 в сублетальных концентрациях угнетают процессы жизнедеятельности дубового шелкопряда. Наиболее чувствительными к воздействию соединений были гусеницы и куколки, наиболее устойчивыми – имаго и яйца. При этом степень воздействия

препаратов зависит от вида соединения, его концентрации и способа воздействия. По силе воздействия при 10-кратном увеличении концентрации препаратов с 0,1 до 1% агонисты экдистероидов расположились в следующем порядке: R-209 > R-211 > R-210. Из 3-х исследованных препаратов наибольшая инсектицидная активность отмечена у соединений R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1%, которая приводит к 100% смертности при погружении гусениц и куколок в их растворы. Минимальный токсический эффект наблюдался при обработке имаго и яиц (25%).

2.4. Биологическая продуктивность дубового шелкопряда при различных способах воздействия агонистов экдистероидов

Установлено, что помимо общих токсических эффектов, экдистероиды и их аналоги активны так же, как селективные ингибиторы развития полового аппарата насекомых. Ряд авторов (Charmillot et al, 2001; Sun, Song, Barrett, 2003) указывают на овоцидную и ларвицидную активность агонистов экдистероидов из ряда диацилгидразинов. Они сильно снижают половую активность и плодовитость чешуекрылых и вызывают накопление вителлогенина в гемолимфе. Так, например, самцы *Argyrotaenia velutinana* и *Choristoneura rosaceana* после пребывания на поверхности, обработанной метоксифенозидом, не проявляли призывного поведения в присутствии самок (Hoelscher, Barrett, 2003) производные андростана, прегнана и холестана в больших дозах ингибировали созревание яичников и откладку яиц у самок комнатной мухи *Musca domestica*. Агонист экдизона галофенозид действует на прилежащие тела и физиологию размножения термита *Coptotermes formosanus*. Топическое нанесение 5 мкг нестероидного агониста галофенозида на самок и самцов приводило к значительному снижению отложенных яиц (Raina, Park, Hruska, 2003). При исследовании влияния метоксифенозида на *Pieris brassicae* установлено, что в полевых условиях инсектицид оказывает отрицательное воздействие на откладку яиц бабочкой и вызывает 100%-ную гибель гусениц III возраста (Wawrzyniak, 2004). По данным Ю.Д. Холодовой (Холодова, 1979), экдистерон в концентрациях 0,002–0,02 и 0,07–0,1% (объем 10 мкл) при локальном нанесении на среднегрудь имаго свекловичного долгоносика вызывал торможение яйцекладки и снижение численности потомства до 21–24,5 и 63,6–74,9% соответственно. На метаморфоз лугового мотылька экдистерон в концентрации 0,02% не влиял, тем не менее, отродившиеся бабочки не откладывали яиц. Гормоноподобные соединения, таким образом, представляют собой новый класс хемостерилиантов насекомых (Ахрем, Левина, Титов, 1973).

Полученные нами данные отражают ранее приведенные проявления физиологической активности агонистов экистероидов из группы ацилгидразинов R-209, R-210 и R-211 0,1% и 1% концентраций, которые заключаются в отсроченном действии биологически активных веществ данной группы на более поздних стадиях развития дубового шелкопряда после обработки, что подтверждается показателями биологической продуктивности насекомого (Денисова и соавт., 2007; Седловская, 2007, 2008, 2009, 2009, 2010; Седловская и соавт., 2010; Седловская, Кочергин, 2008). Из данных таблицы 2.7 следует, что после контактно-кишечного воздействия на гусениц R-209 в концентрациях 0,1% и 1% в опыте на дубе масса коконов на 30% и 38% ниже, чем в контроле, масса коконной оболочки – на 40% и 50%, шелконосность меньше на 1,3% и 1,73% соответственно. В опыте на березе после воздействия R-209 0,1% и 1% концентраций наблюдалось снижение массы коконов на 46% и 54% по сравнению с контролем, массы шелковой оболочки – на 60% и 75%, шелконосности – на 2,62% и 2,93% соответственно. Сравнение полученных данных показывает, что после попадания в организм гусениц R-209 0,1% и 1% концентраций вместе с листом березы масса коконов на 4% и 6% ниже, масса коконной оболочки – на 7% и 8% меньше, шелконосность – на 0,26% и 0,18% соответственно по сравнению с таковыми в опыте на дубе. Препарат в концентрации 1% оказал более сильное последствие на организм шелкопряда, чем 0,1%, что подтверждается снижением массы коконов и массы шелковой оболочки на дубе на 12% и 17%, на березе – на 14% и 18% соответственно.

Агонист R-210 в концентрациях 0,1% и 1% в опыте на дубе вызвал снижение массы коконов на 5% и 14% по сравнению с контролем, массы шелковой оболочки – на 10% и 20%, шелконосности – на 0,5% и 0,7% соответственно. В опыте на березе после воздействия соединения в концентрациях 0,1% и 1% масса коконов снизилась на 30% и 44%, чем в контроле, масса коконной оболочки – на 40% и 54%, шелконосность уменьшилась на 1,57% и 2% соответственно. При кормлении гусениц листом березы, обработанным R-210 0,1% и 1%, масса коконов ниже 9% и 17%, масса коконной оболочки – на 9% и 20%, шелконосность – на 0,04% и 0,31% соответственно, чем при питании обработанным листом дуба. После воздействия препарата в концентрации 1% масса коконов и масса шелковой оболочки ниже в опыте на дубе на 10% и 11%, на березе – на 18% и 20% соответственно, чем после воздействия вещества в концентрации 0,1%.

Таблица 2.7 – Характеристика коконов дубового шелкопряда при различных способах воздействия агонистов экидистероидов

Вариант опыта	Концентрация, %	Масса сырого кокона, г		Масса коконной оболочки, г		Шелконосность, %					
		R-209	R-210	R-211	R-210	R-209	R-210	R-211			
Контактно-кишечное воздействие на гусениц	0,01	5,15 ± 0,11	5,23 ± 0,15	5,19 ± 0,07	0,48 ± 0,03	0,51 ± 0,02	0,49 ± 0,04	9,32 ± 0,10	9,56 ± 0,11	9,40 ± 0,09	
	0,1	3,71 ± 0,14*	5,05 ± 0,16	4,71 ± 0,18	0,30 ± 0,02*	0,45 ± 0,04	0,41 ± 0,05	8,08 ± 0,13	8,91 ± 0,12	8,71 ± 0,15	
	1	3,25 ± 0,24*	4,56 ± 0,25	4,15 ± 0,21*	0,25 ± 0,06*	0,40 ± 0,03*	0,34 ± 0,03*	7,69 ± 0,15*	8,77 ± 0,08	8,19 ± 0,11	
	контроль	5,31 ± 0,17		0,50 ± 0,02		9,42 ± 0,13					
	Дуб черешчатый										
Экзогенное воздействие на яйца	0,01	6,45 ± 0,10	6,53 ± 0,05	6,49 ± 0,08	0,65 ± 0,02	0,66 ± 0,02	0,66 ± 0,03	10,07 ± 0,12	10,11 ± 0,15	10,16 ± 0,14	
	0,1	3,58 ± 0,10*	4,62 ± 0,13*	4,24 ± 0,10*	0,28 ± 0,04*	0,41 ± 0,03*	0,35 ± 0,05*	7,82 ± 0,11*	8,87 ± 0,10*	8,25 ± 0,08*	
	1	3,06 ± 0,07*	3,78 ± 0,23*	3,74 ± 0,19*	0,23 ± 0,02*	0,32 ± 0,05*	0,29 ± 0,04*	7,51 ± 0,13*	8,46 ± 0,14*	7,75 ± 0,11*	
	контроль	6,70 ± 0,09		0,70 ± 0,03		10,44 ± 0,15					
	Береза бородавчатая										
Экзогенное действие на яйца	0,01	6,53 ± 0,12	6,59 ± 0,05	6,55 ± 0,09	0,66 ± 0,03	0,67 ± 0,04	0,66 ± 0,03	10,11 ± 0,15	10,16 ± 0,17	10,07 ± 0,16	
	0,1	5,12 ± 0,16	5,63 ± 0,13	5,38 ± 0,18	0,50 ± 0,05	0,56 ± 0,06	0,53 ± 0,05	9,76 ± 0,18	9,94 ± 0,11	9,85 ± 0,12	
	1	4,28 ± 0,25*	4,75 ± 0,21*	4,51 ± 0,13*	0,38 ± 0,02*	0,45 ± 0,03*	0,42 ± 0,04*	8,87 ± 0,14*	9,47 ± 0,16	9,31 ± 0,11	
	контроль	6,65 ± 0,05		0,68 ± 0,04		10,23 ± 0,12					
	Береза бородавчатая										
Экзогенное действие на гусениц	0,01	6,45 ± 0,14	6,51 ± 0,17	6,49 ± 0,11	0,64 ± 0,03	0,66 ± 0,02	0,64 ± 0,03	9,92 ± 0,12	10,14 ± 0,14	9,86 ± 0,16	
	0,1	–	3,82 ± 0,19*	–	–	0,32 ± 0,04*	–	–	8,37 ± 0,11*	–	
	1	–	3,17 ± 0,25*	–	–	0,25 ± 0,02*	–	–	7,88 ± 0,15*	–	
	контроль	6,58 ± 0,08		0,67 ± 0,04		10,18 ± 0,16					

Примечание: * – P ≤ 0,05

Попадание в организм гусениц вместе с листом дуба R-211 0,1% и 1% концентраций вызвало снижение массы коконов на 11% и 14% по сравнению с контролем, массы шелковой оболочки – на 18% и 30%, шелконосности – на 0,71% и 1,23% соответственно. При питании обработанным агонистом 0,1% и 1% концентраций листом березы масса коконов снизилась на 36% и 44% по сравнению с контролем, масса шелковой оболочки – на 50% и 58%, шелконосность – на 2,19% и 2,69% соответственно. В опыте на березе под воздействием препарата в концентрациях 0,1% и 1% масса коконов на 19% и 10% ниже чем на дубе, масса шелковой оболочки – на 14% и 15%, шелконосность меньше на 0,46% и 0,45% соответственно. R-211 в концентрации 1% вызвал снижение массы коконов и шелковой оболочки на дубе на 11% и 16%, на березе – на 12% и 17% по сравнению с 0,1% раствором.

Анализ полученных данных показывает, что после контактно-кишечного воздействия агонистов самое сильное отсроченное действие по отношению к дубовому шелкопряду проявляет R-209 в концентрациях 0,1% и 1%, что выражается в снижении в среднем (дуб, береза) массы коконов на 38% и 46%, массы шелковой оболочки – на 50% и 52%, шелконосности – на 1,9% и 2,3% соответственно по сравнению с контролем. R-211 в концентрациях 0,1% и 1% обладает несколько меньшим последствием на дальнейшее развитие шелкопряда, чем аналогичные растворы R-209, так как масса коконов в среднем (дуб, береза) снижается на 24% и 29%, массы шелковой оболочки – на 34% и 44%, шелконосности – на 1,5% и 2% соответственно по сравнению с контролем. А соединение R-210 0,1% и 1% концентраций оказывает наименьшее влияние на более поздние стадии развития дубового шелкопряда после проведенной обработки, чем аналогичные растворы R-209 и R-211 тех же концентраций, так как масса коконов в среднем (дуб, береза) меньше по сравнению с контролем на 18% и 29%, массы шелковой оболочки – на 25% и 34%, шелконосности – на 1% и 1,4% соответственно.

Во всех вариантах опыта наблюдается ухудшение показателей качества коконов после контактно-кишечного воздействия биологически активных соединений на гусениц при увеличении концентрации растворов с 0,1% до 1%. Кормовое растение оказывает коррелирующее влияние на массу коконов, массу шелковой оболочки и шелконосности насекомого. Питание листом дуба ослабляет отрицательное воздействие агониста на качество коконов, питание листом березы его усиливает, что, возможно, достигается в результате большей питательной ценности листа дуба по сравнению с листом березы, так как лист дуба обладает более оптимальным соотношением белковых и углеводов соединений.

После экзогенного воздействия агонистов экдистероидов на яйца дубового шелкопряда также произошло снижение биологической продуктивности насекомого. Так, после погружения яиц в 0,1% и 1% растворы R-209 масса коконов дубового шелкопряда снизилась на 23% и 35% по сравнению с контролем, масса коконной оболочки – на 24% и 40%, шелконосность уменьшилась на 0,47% и 1,56% соответственно. При увеличении концентрации препарата с 0,1% до 1% наблюдалось снижение массы коконов на 16%, массы шелковой оболочки – на 24%, шелконосности – на 0,89%.

Экзогенное воздействие R-210 0,1% и 1% концентраций на яйца шелкопряда привело к уменьшению массы коконов на 15% и 28% по сравнению с контролем, массы шелковой оболочки – на 18% и 33%, шелконосности – на 0,29% и 0,76% соответственно. При использовании 1% раствора агониста масса коконов снизилась на 16%, масса шелковой оболочки – на 20%, шелконосность меньше на 0,47%, чем при использовании 0,1% раствора.

После обработки яиц R-211 0,1% и 1% концентраций наблюдалось снижение массы коконов на 20% и 32%, массы шелковой оболочки – на 22% и 38%, шелконосности – на 0,38% и 0,92% соответственно по сравнению с контролем. Воздействие 1% раствора агониста привело к снижению массы коконов на 16%, массы шелковой оболочки – на 20%, шелконосности – на 0,54% по сравнению с воздействием 0,1% раствора. Анализ полученных данных показывает, что агонисты экдистероидов R-209 и R-211 сильнее проявляют отсроченное действие на более поздних стадиях развития, чем R-210, о чем свидетельствует ухудшение показателей качества коконов шелкопряда, которые снижаются при увеличении концентрации препаратов с 0,1% до 1%.

Как было показано выше, экзогенное воздействие R-209 и R-211 0,1% и 1% концентраций на гусениц привело к 100%-ной их гибели. К воздействию R-210 тех же концентраций подопытные особи смогли адаптироваться, но последствие данного препарата оказалось достаточно сильным. Это выражается в уменьшении массы коконов на 42% и 52% по сравнению с контролем, массы шелковой оболочки – на 52% и 63%, шелконосности – на 1,81% и 2,30% соответственно после воздействия 0,1% и 1% растворов соединения. После обработки гусениц 1% раствором R-210 масса коконов уменьшилась на 17%, масса коконной оболочки – на 20%, шелконосность – на 0,49%, чем после погружения гусениц в 0,1% раствор соединения.

Таким образом, ухудшение качества коконов шелкопряда (уменьшение массы коконов, шелковой оболочки, шелконосности) при различных способах воздействия агонистов экдистероидов, вероятно, можно рассматривать как адаптивную реакцию организма на не-

гативное воздействие биологически активных веществ данной группы, в результате которого белки гемолимфы шелкопряда использовались гусеницами не на формирование шелка в шелкоотделительной железе, а на усиленный энергетический обмен, направленный на детоксикацию повреждающих агентов. Наибольшая чувствительность шелкопряда к агонистам экидистероидов проявилась при экзогенном воздействии соединений на гусениц, минимальная – при экзогенном воздействии на яйца, а промежуточное положение по чувствительности к биологически активным веществам занимает контактно-кишечный способ воздействия на гусениц.

Согласно данным таблицы 2.8, разные способы воздействия агонистов экидистероидов на дубового шелкопряда приводят к снижению плодовитости насекомого. Нами было установлено, что после воздействия 1% растворов R-209, R-210 и R-211 на гусениц, выхода имаго не наблюдалось вследствие гибели куколок, как на дубе, так и на березе. Так, после контактно-кишечного воздействия R-209 0,1% и 1% концентраций масса куколок на дубе снижается на 30% и 36% по сравнению с контролем, на березе – на 45% и 53%. Фактическая плодовитость бабочек и жизнеспособность грены после контакта с 0,1% раствором на дубе уменьшается на 56% и 70%, на березе – на 65% и 80% по сравнению с контролем. При питании гусениц листом березы, обработанным R-209 0,1% и 1%, масса куколок на 3% и 7% ниже, чем при питании обработанным листом дуба, а плодовитость бабочек меньше на 10% соответственно. После воздействия 1% раствора агониста масса куколок снижается на дубе на 10%, на березе – на 14% по сравнению с 0,1% раствором.

Агонист R-210 0,1% и 1% концентраций вызвал снижение массы куколок на дубе на 4% и 14%, на березе – на 30% и 42% по сравнению с контролем. Плодовитость бабочек и жизнеспособность грены после воздействия 0,1% раствора на дубе уменьшается на 43% и 60% по сравнению с контролем, а на березе – на 58% и 70% соответственно.

При потреблении в пищу обработанного 0,1% и 1% растворами соединения листа березы масса куколок на 8% и 17% меньше, чем при питании листом дуба, а плодовитость ниже на 15%. Воздействие 1% раствора R-210 вызвало снижение массы куколок на дубе на 10%, на березе – на 11% по сравнению с 0,1% раствором.

При контактно-кишечном воздействии R-211 0,1% и 1% на гусениц шелкопряда наблюдалось уменьшение массы куколок по сравнению с контролем на дубе на 10% и 20%, на березе – на 35% и 42% соответственно. Плодовитость бабочек и выживаемость грены после воздействия 0,1% раствора снизилась на дубе на 51% и 67%, на березе – на 63% и 75% соответственно по сравнению с контролем.

Таблица 2.8 – Плодовитость бабочек дубового шелкопряда при различных способах воздействия агонистов экдистероидов

Вариант опыта	Концентрация, %	Масса куколок, г		Плодовитость фактическая, шт.		Жизнеспособность гренны, %				
		R-209	R-210	R-211	R-209	R-210	R-211			
Дуб черешчатый										
Контактно-кишечное воздействие на гусениц	0,01	4,67 ± 0,14	4,72 ± 0,14	4,70 ± 0,17	160,51 ± 5,75	163,94 ± 5,19	82,15 ± 1,05	83,34 ± 0,75	83,11 ± 0,55	
	0,1	3,41 ± 0,12*	4,60 ± 0,16	4,30 ± 0,14	73,24 ± 8,14*	81,26 ± 6,28*	25,32 ± 0,96*	34,15 ± 0,87*	27,48 ± 0,64*	
	I	3,05 ± 0,26*	4,16 ± 0,21	3,81 ± 0,26*	–	–	–	–	–	–
	контроль	–	4,81 ± 0,11	3,81 ± 0,26*	–	–	–	–	–	–
Береза бородавчатая										
Экзотенное воздействие на яйца	0,01	5,81 ± 0,11	5,87 ± 0,15	5,83 ± 0,18	183,24 ± 5,56	187,33 ± 5,21	85,93 ± 0,95	86,42 ± 1,03	86,15 ± 1,07	
	0,1	3,30 ± 0,13*	4,21 ± 0,11*	3,89 ± 0,13*	65,21 ± 9,75*	70,35 ± 8,45*	18,45 ± 1,15*	27,54 ± 0,89*	21,62 ± 1,03*	
	I	2,83 ± 0,17*	3,46 ± 0,22*	3,45 ± 0,15*	–	–	–	–	–	
	контроль	–	6,03 ± 0,19	3,45 ± 0,15*	–	–	–	–	–	
Береза бородавчатая										
Экзотенное воздействие на гусениц	0,01	5,87 ± 0,13	5,92 ± 0,15	5,89 ± 0,19	175,24 ± 4,85	180,51 ± 4,35	85,61 ± 0,65	85,93 ± 0,46	85,31 ± 0,51	
	0,1	4,62 ± 0,11*	5,07 ± 0,16	4,85 ± 0,18	150,55 ± 7,34*	170,84 ± 6,21	51,18 ± 0,82*	75,23 ± 0,74	63,28 ± 0,42	
	I	3,90 ± 0,21*	4,30 ± 0,24*	4,09 ± 0,15*	130,28 ± 5,45*	153,71 ± 6,86*	42,31 ± 0,96*	62,41 ± 0,66*	50,24 ± 0,48*	
	контроль	–	5,97 ± 0,15	4,09 ± 0,15*	–	–	–	–	–	
Береза бородавчатая										
Экзотенное воздействие на гусениц	0,01	5,81 ± 0,12	5,85 ± 0,16	5,85 ± 0,15	184,15 ± 6,20	188,63 ± 7,35	85,24 ± 1,04	85,71 ± 1,11	84,15 ± 0,78	
	0,1	–	3,50 ± 0,13*	–	–	–	–	–	–	
	I	–	2,92 ± 0,15*	–	–	–	–	–	–	
	контроль	–	5,91 ± 0,11	–	–	–	–	–	–	
								86,81 ± 1,16		

Примечание: * – P ≤ 0,05

Таблица 2.9 – Плодовитость бабочек дубового шелкопряда после обработки куколок и имаго агонистами экдистероидов

Вариант опыта	Концентрация, %	Плодовитость фактическая, шт.			Жизнеспособность грены, %		
		R-209	R-210	R-211	R-209	R-210	R-211
Экзогенное воздействие	0,01	188,52 ± 6,41	193,23 ± 5,35	190,61 ± 7,52	82,45 ± 1,15	83,63 ± 1,19	83,12 ± 1,21
	0,1	-	-	-	-	-	-
	1	-	-	-	-	-	-
на куколок	контроль	196,83 ± 5,43			83,12 ± 1,32		
Экзогенное воздействие на имаго	0,01	183,15 ± 5,42	189,68 ± 5,67	186,15 ± 6,15	82,15 ± 1,12	84,65 ± 1,16	83,75 ± 1,23
	0,1	75,23 ± 8,51*	100,53 ± 6,25*	95,38 ± 8,35*	12,24 ± 1,14*	39,18 ± 1,13*	23,45 ± 1,12*
	1	38,65 ± 10,12*	85,41 ± 9,58*	62,74 ± 7,28*	7,52 ± 1,25*	21,33 ± 1,18*	18,72 ± 1,17*
контроль		192,54 ± 6,52			85,25 ± 1,22		

Примечание: * – $P \leq 0,05$

В опыте на березе под воздействием R-211 0,1% и 1% растворов масса куколок меньше на 19% и 11%, а плодовитость бабочек – на 13% по сравнению с опытом на дубе. При увеличении концентрации препарата с 0,1% до 1% отмечено снижение массы куколок на дубе на 10%, на березе – на 12% соответственно.

Таким образом, агонисты экистероидов R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% при контактно-кишечном воздействии на гусениц дубового шелкопряда в большей степени снижают массу куколок (в среднем (дуб, береза) на 38% и 45% под воздействием R-209, на 23% и 31% под воздействием R-211), чем R-210 тех же концентраций (на 17% и 28%). Плодовитость бабочек и жизнеспособность грены под влиянием R-209, R-210 и R-211 0,1% концентрации уменьшились в среднем на 60% и 75%, 50% и 65%, 57% и 70% соответственно по сравнению с контролем, а растворы препаратов в концентрации 1% вызвали гибель куколок и имаго (таблица 2.4).

Кормовое растение оказывает коррелирующее влияние на плодовитость насекомого – питание листом дуба ослабляет отрицательное воздействие агонистов на массу куколок и плодовитость бабочек, питание листом березы его усиливает.

После экзогенного воздействия R-209 0,1% и 1% концентраций на яйца дубового шелкопряда масса куколок на 23% и 35% ниже, чем в контроле, а плодовитость бабочек – на 20% и 30% соответственно. Препарат в концентрации 1% вызвал снижение массы куколок на 15%, плодовитости бабочек – на 13% по сравнению с 0,1% раствором. После погружения яиц в R-210 0,1% и 1% концентраций наблюдалось уменьшение массы куколок на 15% и 28%, плодовитости бабочек – на 8% и 17% соответственно по сравнению с контролем. При увеличении концентрации раствора препарата с 0,1% до 1% масса куколок шелкопряда на 15% меньше, а плодовитость бабочек – на 10%.

Обработка яиц R-211 0,1% и 1% концентраций привела к уменьшению массы куколок на 18% и 30% по сравнению с контролем, и снижению плодовитости бабочек на 11% и 21% соответственно. Соединение в концентрации 1% вызвало уменьшение массы куколок на 15% и плодовитости бабочек – на 11% по сравнению с 0,1% раствором.

R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% в большей степени снижают плодовитость бабочек дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на яйца насекомого, чем аналогичные растворы R-210 тех же концентраций.

Как было показано выше, после погружения гусениц в 0,1% и 1% растворы R-209 и R-211 наблюдалась их 100% гибель (таблица 2.8), а к экзогенному воздействию R-210 0,1% и 1% гусеницы шелкопряда смогли адаптироваться, завить коконы, но при этом наблюдалось уменьшение массы куколок на 40% и 50% по сравнению с контролем.

Образовавшиеся из обработанных гусениц куколки оказались нежизнеспособными, и выхода имаго из них не произошло.

Нами было установлено, что агонисты экидистероидов R-209, R-210 и R-211 при экзогенном воздействии на куколок дубового шелкопряда вызывают сильный токсический эффект. В вариантах опыта с 0,1% концентрацией агонистов наблюдался выход имаго с деформированными крыльями, а при дозах 1% происходило ненормальное развитие и имаго не могло выйти из кокона. Спаривания вышедших бабочек не наблюдалось, и, соответственно, кладки яиц тоже отсутствовали, что отражают данные таблицы 2.9.

Исследования по изучению экзогенного воздействия агонистов экидистероидов на имаго дубового шелкопряда показали, что воздействие R-209 0,1% и 1% концентраций привело к уменьшению плодовитости на 60% и 80% по сравнению с контролем, препарат R-210 вызвал снижение отложенных яиц на 48% и 55%, а R-211 – на 50% и 67% соответственно. При увеличении концентрации препаратов с 0,1% до 1% наблюдалось сокращение количества отложенных яиц под влиянием R-209, R-210 и R-211 на 48%, 15% и 34% соответственно. Таким образом, R-209 и R-211 0,1% и 1% концентраций в большей степени снижают плодовитость бабочек китайского дубового шелкопряда после их обработки и численность потомства, чем R-210 тех же концентраций. При этом данные эффекты усиливаются при увеличении концентрации препаратов с 0,1% до 1%.

Суммируя полученные данные по биологической продуктивности дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц и экзогенного воздействия на яйца, гусениц, куколок и имаго агонистов экидистероидов R-209, R-210 и R-211 можно сказать, что растворы соединений в концентрации 0,01% при разных способах обработки не вызвали снижения качества коконов и плодовитости насекомого. При воздействии агонистов экидистероидов сублетальных концентраций у дубового шелкопряда наблюдается снижение массы коконов, куколок, шелковой оболочки, уменьшение шелконосности по сравнению с контрольными показателями, а также снижение плодовитости имаго независимо от способа обработки. Растворы препаратов в концентрациях 0,1% и 1% вызвали стерилизующий эффект у дубового шелкопряда, проявляющийся в торможении яйцекладки и снижении выживаемости потомства, которые усиливались при 10-кратном увеличении концентрации препаратов с 0,1% до 1%.

ГЛАВА 3

ВЛИЯНИЕ АГОНИСТОВ ЭКДИСТЕРОИДОВ НА ПРОЦЕССЫ ПИТАНИЯ ДУБОВОГО ШЕЛКОПРЯДА НА РАЗНЫХ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЯХ

3.1. Трофические и энергетические принципы изучения питания насекомых-фитофагов

Питание насекомых-фитофагов – сложный динамический процесс, связывающий воедино физиологические требования, выживание, рост, размножение и распространение фитофагов с экологическими особенностями среды обитания (Радкевич, 1980; Исаев, 1983; Баранчиков, 1987; Varanchikov, 1984). Питание определяет ход метаболизма и влияет на целый ряд жизненно-важных функций насекомых, как то: плодовитость, уровень накопления депонированных веществ, скорость развития, смертность, выживаемость потомства и т.д. (Кузнецов, 1948; Тыщенко, 1976; Сулейменов, 1979; Радкевич, 1980; Радкевич и соавт., 1979; Радкевич, Денисова, 1984; Положенцев, Арефьев, 1980; Васильева, 1995; Hosking, Hutchenson, 1979; King, 1981; Yamada, Bell, 1980; Jang, Stamp, 1995; Stadler, 1998 и др.).

Ход процессов переваривания, усвоения и использования пищи на рост насекомых отражают индексы питания: коэффициент утилизации корма (КУ); эффективность использования потребленного корма на рост (ЭИП); эффективность использования усвоенного корма на рост (ЭИУ) (Тыщенко, 1976; Scriber, Feeny, 1979). Коэффициент утилизации корма показывает, насколько эффективно переваривается пища. Он сильно варьирует в зависимости от вида, возраста и пола насекомых, от характера пищи и других факторов (Тыщенко, 1976; Waldbauer 1968). Установлено, что КУ уменьшается по мере роста гусениц и минимальное значение этого коэффициента приходится на последние возраста (Poonia 1978; Gupta, Maleyvar, 1981; Suganthi, Nagarasupathi, 2005). Существует корреляция между потреблением и усвоением пищи. По мере роста гусениц уменьшается как перевариваемость принимаемой пищи, так и эффективность ее усвоения (Тыщенко, 1976; Баранчиков, 1987; Баранчиков, Дойнеко, 1980; Денисова, Роменко, 1986; Покозий, Алексеницер, 1995; Денисова, 1996; Slansky, Scriber, 1982; Шеин, 2002; Денисова, 2002, 2006). Между эффективностью превращения усвоенной пищи в биомассу тела (ЭИУ) и ее перевариваемостью (КУ) существует обратная зависимость. Чем хуже переваривается пища, тем больший процент усвоенной пищи идет на прирост массы тела (Ижевский, 1981; Ali, 1983; Magnoler, Cambini, 1997). Аналогичная закономерность взаимозависимости индексов пи-

тания установлена и для хищных насекомых (Woodring, Clifford, Beckman, 1997; Singhal, 1980; Fraenkel, 1981). Таким образом, коэффициент утилизации корма (КУ) и коэффициент использования съеденной пищи на рост (ЭИП) закономерно снижаются по мере роста гусениц. Эффективность использования усвоенной пищи на прирост зоомассы – ЭИУ, наоборот, увеличивается с ростом гусениц. В литературе для чешуекрылых указываются значения коэффициентов использования съеденной пищи на рост, не превышающие 20% (Ильинский, 1959; Schroeder, 1976). С другой стороны, для чешуекрылых известны и гораздо более высокие показатели: 20–27% для пядениц на орешнике (Smith, 1972); 29,9% – у *Lygris prunata* на смородине (Богачева, 1980); 41% у гусениц павлиноглазки *Hemileuca olivial* (Schowalter, Whitford, Turner, 1977) и 62,5% – у гусениц *Earias vitella* на коробочках хлопчатника (Sharma, Agarval, 1981). Согласно сводке Ф. Слански и М. Скрайбера (1982) дендрофильным чешуекрылым свойственны следующие границы изменчивости основных показателей питания: для КУ – от 12,0 до 84,0%, для ЭИП – от 4,0 до 31,0%, для ЭИУ – от 5,0 до 93,0%. Изменчивость коэффициента эффективности использования усвоенной пищи на рост зоомассы (ЭИУ) в онтогенезе насекомых в зависимости от условий питания изучена еще весьма слабо и нуждается в накоплении данных для обобщения. Установлено, что у разных видов бабочек ЭИУ варьирует очень значительно. Имеются немногочисленные данные о максимальных значениях этого коэффициента для старших возрастов гусениц ивовой волнянки (*Leucota salicis*) – 37,21% (Баранчиков, Дойнеко, 1980) и 65,03% для гусениц *Earias vitella* (Sharma, Agarval, 1981). В целом анализ литературных источников показывает, что наибольшая интенсивность потребления и усвоения пищи приходится на младшие возрасты гусениц (Ольшванг, Янкин, 1979; Ramdev, Rao, 1979; Berry, Shields, 1980; Garner, Lynch, 1981; Capinera, Renaud, Naranjo, 1981). Следует отметить, что абсолютная величина пищевых рационов гусениц возрастает по мере их развития и основная масса потребленной пищи приходится на старшие возраста (Тыщенко, 1976; Богачева, 1977, 1980; Ченикалова, Глазунова, 1996; Mithukrichman, Mathavan, Navarathina, 1978; Morais, Dimz, Baumgarten, 1995 и др.).

В литературе есть данные по потреблению и утилизации пищи насекомыми, производящими шелк (Ito, 1967; Poonia, 1979). В Беларуси процессы потребления листа березы бородавчатой и дуба черешчатого гусеницами дубового шелкопряда изучались С.И. Бабицким (1954), В.А. Радкевичем (1980) и С.И. Денисовой (2002, 2006). По данным С.И. Бабицкого, гусеницы дубового шелкопряда съедают листа дуба на 12% больше, чем листа березы. В результате изучения процессов потребления и усвоения листа дуба и березы дубовым шелкопрядом

дом С.И. Денисова делает вывод, что за весь период развития гусеницы потребляют около 50 г сырой массы листа дуба и примерно 65 г листа березы. По сравнению с дубом происходит возрастание потребления листа березы на 30%, снижение эффективности его утилизации на 15% и уменьшение эффективности использования потребленной пищи на 5% с одновременным улучшением использования усвоенной пищи на прирост массы примерно на 10%. В доступной нам литературе данные по воздействию агонистов экидистероидов на процессы потребления и утилизации пищи дендрофильными чешуекрылыми обнаружены лишь в работе С.И. Денисовой (2008), где рассчитаны индексы питания дубового и непарного шелкопрядов последнего возраста при контактно-кишечном воздействии биологически активных веществ данной группы.

На важность энергетического подхода к оценке эффективности питания насекомых-фитофагов указывают работы ряда авторов (Schroeder, 1977; Scriber, 1978; Delvi, Pandian, 1979; Hananao, Panayota, Shen, 1995; Eijs, Ellers, Van, 1998 и др.).

Энергетический принцип изучения трофических связей наиболее полно разработан для ракообразных (Винберг, 1962, 1976; Сушеня, 1975; Хмелева, 1982), птиц и млекопитающих (Дольник, 1978). Применение энергетических принципов в изучении питания насекомых находится в начальной стадии (Дольник, 1978). Из отечественных ученых изучением отдельных элементов энергетического баланса насекомых в последние годы стали заниматься И.А. Богачева (1974, 1980), Ю.Н. Баранчиков (1980, 1981), С.Г. Николаев (1981), Т.А. Вшивкова (1980, 1981), Л.И. Радзинская, И.С. Никольская (1980), И.Д. Шапиро и соавт. (1979), Т.А. Алексеева, А.И. Злотин (1995), С.Ю. Клейменов (1997), С.И. Денисова (1988, 1990а, 2002, 2006) и некоторые другие. Основное количество работ посвящено изучению энергетики питания личинок насекомых и лишь работы Т.А. Вшивковой (1980) и Ю.Н. Баранчикова (1980) дают сравнительный анализ индивидуального энергетического баланса всех стадий развития насекомого под влиянием пищевого фактора. За рубежом энергетический подход к изучению трофических отношений насекомых с растениями осуществляется рядом ученых в аспекте определения экологической эффективности насекомых в пищевой цепи «первичный консумент–первичный продуцент» (Schroeder, 1977; Delvi, Pandian, 1979; Schroeder, Malmer, 1980; Vats, Kounsai, 1982; Lepage, 1983; Krishnan, Jeyahumar, Dinakaran, 1997 и др.). Часть исследований посвящена изучению энергетики личиночных стадий и питающихся форм имаго в зависимости от качества кормового растения. Так, И. Члодни (Chlodny, 1975) изучал биоэнергетику личиночного развития колорадского жука

(*Leptinotarsa decemlineata* Say.), Р.Д. Кинг и соавт. (King, Mercer, Meeking, 1981) определяли влияние видового состава растений на усвоение энергии пищи личинками жука *Heteronychus orator*, Ю.М. Скрайбер и соавт. (Scriber, Feeny, 1979) рассматривали влияние формы роста растения на использование растительной биомассы гусеницами 22 видов бабочек, а М. Левельон и А.Л. Кьюреш (Llewellyn, Quresch, 1979) вычисляли энергетику тлей *Megoura vical*, содержащихся на молодых и зрелых листьях, а также молодых стеблях кормовых бобов.

За рубежом есть несколько работ по изучению отдельных элементов энергетического баланса чешуекрылых из семейства *Attacidae*, производящих шелк (Kapil, 1967; Schowalter, Whitford, Turner, 1977). В вышеуказанных исследованиях подробно разбираются вопросы утилизации и усвоения пищи, а также распределение энергии на продукцию и респирацию. Вопросы энергетики питания и распределения энергии пищи в организме дубового шелкопряда изучены мало (Денисова, 2002, 2005, 2005, 2006). Динамика энергетического бюджета павлиноглазок на разных кормовых растениях не изучалась и затраты энергии на образование шелка не рассчитывались, кроме работ С.И. Денисовой (1988, 1990а, 1996).

Таким образом, процессы переработки и усвоения пищи обуславливают характер распределения энергии пищи в организме и, следовательно, взаимосвязаны с ходом процессов роста и развития насекомых, так как оценку усвоения пищи можно производить по показателям их роста, развития и размножения.

Данные по энергетическому балансу насекомых под воздействием агонистов экдистероидов из доступной нам литературы обнаружены лишь в работе С.И. Денисовой (2008), где рассчитаны энергобалансы гусениц дубового и непарного шелкопрядов последнего возраста при контактно-кишечном воздействии биологически активных веществ данной группы.

3.2. Эффективность потребления и усвоения пищи гусеницами дубового шелкопряда при контактно-кишечном воздействии агонистов экдистероидов

В немногочисленной литературе по изучению влияния агонистов экдистероидов из группы диацилгидразинов на развитие насекомых отмечена токсичность галофенозида, метоксифенозина, тебуфенозида и RH-5992 для личинок колорадского жука, божьей коровки, гусениц тутового шелкопряда, которая выражалась в гибели части личинок, прекращении питания и преждевременной линьке (Carton, Smaghe, Tirry, 2003; Kumar, Santhi, Krishnan, 2000; Prince, 2002). От-

мечено отрицательное влияние тебуфенозида на секреторную функцию средней кишки листовертки *Choristoneura fumiferana* (Hu Wengi, 2004). Н.В. Ковганко и С.К. Ананич (2004) в своем обзоре указывают, что агонисты экдистероидов, созданные и испытанные на насекомых в последнее время при кишечном способе применения, приводят к преждевременной аномальной и летальной линьке, сильному снижению плодовитости и выживаемости потомства. Но могут и не проявлять активности, особенно в отношении полужесткокрылых. Антифидагантное действие агонистов отмечается лишь при кишечном воздействии тебуфенозида, галофенозида, метоксифенозида против гусениц совок. Нет сравнительного анализа воздействия агонистов экдистероидов на чешуекрылых различной трофической специализации.

Данные по изучению влияния агонистов на процессы потребления и усвоения пищи насекомыми в доступной нам литературе обнаружены лишь в работе С.И. Денисовой (2008), где указывается на антифидагантное воздействие агонистов экдистероидов R-209 и R-211 в концентрации 0,1% по отношению к гусеницам непарного и дубового шелкопряда последних возрастов. Мы изучали влияние новейших агонистов экдистероидов R-209, R-210 и R-211, созданных в лаборатории синтеза экдистероидов Института биоорганической химии НАН РБ под руководством д.х.н. Н.В. Ковганко, на процессы питания гусениц дубового шелкопряда по возрастам и за весь период развития. Поэтому выявление степени влияния данных биологически активных веществ на индексы питания шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц представляет научный и практический интерес.

Исходя из приведенных выше результатов исследования по воздействию агонистов на ход развития шелкопряда и корреляции этого воздействия в зависимости от вида соединения, концентрации их растворов и кормового растения рассмотрим данные о процессах потребления и усвоения пищи, обработанной растворами агонистов R-209, R-210 и R-211 0,01%, 0,1% и 1% концентраций, гусеницами дубового шелкопряда, приведенные в таблицах 2.2, 3.1; Б.1–Б.9 (приложение Б). Полученные нами данные указывают на антифидагантное действие препаратов (Седловская, 2008, 2009). Так, после воздействия агониста экдистероидов R-209 в концентрации 0,1% в опыте на дубе гусеницы в течение I–III возрастов съели корма сырой массы в среднем на 15% меньше, чем в контроле, усваивали (КУ) его на 7% хуже по сравнению с контролем.

Таблица 3.1 – Потребление и утилизация корма гусеницами дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агонистов экдистероидов

Кормовое растение	Концентрация, %	Период активного питания, сут	Прирост гусениц, г/экз. (сухая масса)	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)
				сырая масса	сухая масса		
R-209							
Дуб	0,01	40,97 ± 0,43	5,70 ± 0,11	50,51 ± 0,29	20,19 ± 0,13	7,01 ± 0,02	34,72 ± 0,38
	0,1	44,23 ± 0,75*	5,15 ± 0,13	60,70 ± 0,21*	24,33 ± 0,11	6,71 ± 0,04	25,79 ± 0,26*
	1	46,64 ± 0,27*	4,82 ± 0,09*	58,41 ± 0,34*	23,36 ± 0,15	6,13 ± 0,07	23,24 ± 0,41*
	контроль	40,44 ± 0,32	6,03 ± 0,15	50,78 ± 0,19	20,12 ± 0,11	7,21 ± 0,03	35,83 ± 0,32
Береза	0,01	45,93 ± 0,75	6,95 ± 0,09	67,21 ± 0,31	26,88 ± 0,15	8,92 ± 0,05	33,18 ± 0,56
	0,1	48,52 ± 0,91*	5,01 ± 0,12*	78,38 ± 0,42*	31,35 ± 0,19*	6,66 ± 0,06*	22,14 ± 0,67*
	1	53,04 ± 0,45*	4,64 ± 0,16*	55,32 ± 0,26*	22,12 ± 0,14	4,03 ± 0,04*	18,21 ± 0,49*
	контроль	45,66 ± 0,81	7,20 ± 0,07	67,41 ± 0,20	26,74 ± 0,10	9,04 ± 0,05	33,81 ± 0,51
R-210							
Дуб	0,01	40,91 ± 0,29	5,74 ± 0,07	50,43 ± 0,25	20,18 ± 0,14	7,20 ± 0,03	35,67 ± 0,28
	0,1	41,68 ± 0,41	5,36 ± 0,14	54,71 ± 0,18	21,88 ± 0,09	6,75 ± 0,04	32,87 ± 0,46
	1	44,15 ± 0,29*	5,24 ± 0,11	54,21 ± 0,22	21,69 ± 0,12	6,36 ± 0,05	29,32 ± 0,52*
	контроль	40,44 ± 0,32	6,03 ± 0,15	50,78 ± 0,19	20,12 ± 0,11	7,21 ± 0,03	35,83 ± 0,32
Береза	0,01	45,88 ± 0,54	7,01 ± 0,10	66,78 ± 0,17	26,70 ± 0,13	8,78 ± 0,06	32,22 ± 0,45
	0,1	48,93 ± 0,65*	5,58 ± 0,13*	68,92 ± 0,15	27,56 ± 0,10	8,26 ± 0,05	30,17 ± 0,57
	1	49,39 ± 0,31*	5,18 ± 0,09*	67,47 ± 0,32	26,98 ± 0,17	6,64 ± 0,08*	25,61 ± 0,65*
	контроль	45,66 ± 0,81	7,20 ± 0,07	67,41 ± 0,20	26,74 ± 0,10	9,04 ± 0,05	33,81 ± 0,51
R-211							
Дуб	0,01	41,08 ± 0,24	5,71 ± 0,11	52,43 ± 0,23	20,98 ± 0,12	7,55 ± 0,06	35,98 ± 0,19
	0,1	42,70 ± 0,37	5,31 ± 0,14	55,62 ± 0,26	22,22 ± 0,14	6,53 ± 0,05	30,64 ± 0,35
	1	46,50 ± 0,33*	4,92 ± 0,12*	55,16 ± 0,20	22,06 ± 0,11	6,04 ± 0,03	26,41 ± 0,26*
	контроль	40,44 ± 0,32	6,03 ± 0,15	50,78 ± 0,19	20,12 ± 0,11	7,21 ± 0,03	35,83 ± 0,32
Береза	0,01	46,41 ± 0,47	6,97 ± 0,08	65,76 ± 0,31	26,32 ± 0,15	8,68 ± 0,07	32,98 ± 0,62
	0,1	50,57 ± 0,61*	5,12 ± 0,13*	70,73 ± 0,17	28,29 ± 0,09	7,70 ± 0,04	29,72 ± 0,29
	1	50,81 ± 0,35*	4,81 ± 0,16*	66,18 ± 0,35	26,48 ± 0,19	5,99 ± 0,09*	22,62 ± 0,73*
	контроль	45,66 ± 0,81	7,20 ± 0,07	67,41 ± 0,20	26,74 ± 0,10	9,04 ± 0,05	33,81 ± 0,51

Примечание: * – P ≤ 0,05

При этом эффективность использования потребленного (ЭИП) и усвоенного (ЭИУ) корма снизилась в среднем на 6% и 5% соответственно. У гусениц IV–V возрастов кормовой рацион увеличился примерно на 30%, но наблюдалось снижение эффективности утилизации пищи (КУ) на 9% по сравнению с контролем, уменьшение ЭИП на 10%, а ЭИУ – на 7%. За весь период развития в опыте гусеницы съели корма в среднем на 15% больше, но утилизировали его с меньшей эффективностью, чем в контроле примерно на 10%, эффективность использования потребленного (ЭИП) и усвоенного корма (ЭИУ) оказались ниже соответственно на 8% и 6% по сравнению с контролем.

Таблица 3.2 – Эффективность использования пищи на прирост зоомассы гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агонистов экидистероидов

Кормовое растение	Концентрация, %	Эффективность использования на прирост массы, %	
		потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
R-209			
Дуб	0,01	28,18 ± 0,56	81,17 ± 0,35
	0,1	21,67 ± 0,42*	77,54 ± 0,44*
	1	16,36 ± 0,67*	70,71 ± 0,68*
	контроль	29,96 ± 0,85	83,63 ± 0,57
Береза	0,01	27,68 ± 0,41	83,43 ± 0,46
	0,1	17,09 ± 0,35*	74,21 ± 0,39*
	1	11,68 ± 0,75*	64,15 ± 0,67*
	контроль	29,28 ± 1,12	86,62 ± 0,68
R-210			
Дуб	0,01	29,08 ± 0,55	81,55 ± 0,25
	0,1	26,16 ± 0,38	77,26 ± 0,32*
	1	20,69 ± 0,48*	74,98 ± 0,45*
	контроль	29,96 ± 0,85	83,63 ± 0,57
Береза	0,01	28,97 ± 0,63	85,08 ± 0,31
	0,1	22,27 ± 0,51*	74,43 ± 0,48*
	1	16,59 ± 0,75*	71,43 ± 0,55*
	контроль	29,28 ± 1,12	86,62 ± 0,68
R-211			
Дуб	0,01	29,41 ± 0,46	81,73 ± 0,51
	0,1	23,67 ± 0,62*	74,82 ± 0,62*
	1	20,00 ± 0,75*	71,98 ± 0,32*
	контроль	29,96 ± 0,85	83,63 ± 0,57
Береза	0,01	25,79 ± 0,65	78,20 ± 0,61
	0,1	18,41 ± 0,59*	68,34 ± 0,43*
	1	14,77 ± 0,83*	60,05 ± 0,71*
	контроль	29,28 ± 1,12	86,62 ± 0,68

Примечание: * – $P \leq 0,05$

Попадание в организм шелкопряда 1% раствора соединения привело к уменьшению кормового рациона гусениц I–III возрастов на 20% по сравнению с контролем, снижению эффективности его утилизации (КУ) корма на 13%, уменьшению затрат на прирост массы ЭИП и ЭИУ на 13% и 16% соответственно. Гусеницы IV–V возрастов съели корма на 35% больше, утилизировали его на 10% хуже, чем в контроле, а на прирост массы гусеницы затратили ЭИП на 14% меньше и ЭИУ на 11% меньше, чем в контроле. За весь период развития в опыте гусеницы потребляли листа дуба на 15% больше, но утилизировали его с меньшей эффективностью, чем в контроле, примерно на 13%, эффективность использования потребленного (ЭИП) и усвоенного (ЭИУ) корма ниже в среднем на 14% и 13% по сравнению с контролем.

В опыте на березе после попадания в организм дубового шелкопряда R-209 0,1% концентрации гусеницы в течение I–III возрастов потребляли корма сырой массы в среднем на 22% меньше, чем в контроле и усваивали его на 9% с меньшей эффективностью по сравнению с контролем, на прирост биомассы потребленный (ЭИП) и усвоенный корм (ЭИУ) использовали с меньшей эффективностью соответственно на 10% и 9%, чем в контроле. Гусеницы IV–V возрастов съедали листа березы примерно на 35% больше, но утилизировали его (КУ) на 12% хуже, чем в контроле, а также наблюдалось снижение ЭИП на 14% и ЭИУ на 13%. За весь период развития отмечено увеличение количества съеденного корма на 13% и уменьшение эффективности его утилизации на 11% по сравнению с контролем и падение значений ЭИП и ЭИУ на 12% и 10% соответственно по сравнению с контролем. Воздействие 1% раствора агониста вызвало сокращение потребленного корма гусеницами I–II возрастов в среднем на 40%, ухудшение его утилизации (КУ) на 18%, снижение ЭИП и ЭИУ на 17% и 19% соответственно по сравнению с контролем. Гусеницы IV–V возрастов съедали листа березы меньше на 14%, чем в контроле, усваивали его на 16% хуже, а на прирост массы тратили ЭИП на 18% меньше и ЭИУ на 20% меньше. За весь период развития кормовой рацион шелкопряда на 25% меньше, чем в контроле, КУ – на 15% меньше, а ЭИП и ЭИУ – на 18% и 20%.

Эффект влияния препарата в концентрации 1% на индексы питания дубового шелкопряда проявился сильнее, чем 0,1% раствора, что подтверждается падением значений КУ, ЭИП и ЭИУ за весь период развития в среднем (дуб, береза) на 4%, 6% и 8%. При питании листом березы отрицательное воздействие 0,1% и 1% растворов R-209 на показатели питания шелкопряда проявилось сильнее, чем при питании листом дуба, о чем свидетельствует снижение КУ на 4–5%, ЭИП – на 5–6%, ЭИУ – на 3–7% соответственно.

Обработка листа дуба и березы раствором агониста R-209 в концентрации 0,01% не оказала существенного влияния на потребление и

усвоение пищи у гусениц дубового шелкопряда по сравнению с контролем.

Изучение воздействия агониста R-210 на процессы потребления и усвоения пищи гусеницами дубового шелкопряда показало, что в опыте на дубе 0,1% и 1% растворы препарата вызвали у гусениц I–III возрастов сокращение количества потребленного корма сырой массы на 9% и 10% по сравнению с контролем, снижение его усвоения на 4% и 6%, уменьшение эффективности использования на прирост потребленного корма (ЭИП) на 5% и 10% и усвоенного корма (ЭИУ) – на 7% и 8% соответственно. Гусеницы старших возрастов съедали корма на 9% и 6% больше, чем в контроле, но усваивали его (КУ) на 3% и 7% хуже, а на прирост массы использовали ЭИП на 4% и 9% меньше, а ЭИУ соответственно – на 6% и 10% по сравнению с контролем. За весь период развития после воздействия R-210 0,1% и 1% концентраций кормовой рацион гусениц мало отличается от контроля, но КУ ниже в среднем на 3% и 7%, ЭИП меньше на 4% и 9%, ЭИУ – на 6% и 9% по сравнению с контролем.

В опыте на березе после попадания в организм шелкопряда препарата 0,1% и 1% концентраций гусеницы I–III возрастов потребляли корма на 10% и 12% меньше, чем в контроле, утилизировали его на 5% и 6% с меньшей эффективностью, а на прирост массы использовали хуже ЭИП на 8% и 9%, ЭИУ – на 9% и 10% по сравнению с контролем. У гусениц IV–V возрастов кормовой рацион увеличился на 8% и 10% по сравнению с контролем, но эффективность утилизации корма (КУ) ниже на 4% и 10%, эффективность использования потребленного корма (ЭИП) – на 7% и 13%, эффективность использования усвоенного корма (ЭИУ) – на 13% и 16% соответственно. В течение всего периода развития количество потребленного гусеницами листа березы мало отличается от контроля, но КУ после воздействия R-210 0,1% и 1% концентраций меньше на 4% и 8%, ЭИП – на 7% и 12%, ЭИУ – на 12% и 15% по сравнению с контролем. Раствор соединения в концентрации 1% оказал более сильное отрицательное воздействие на процессы потребления и усвоения пищи гусениц, чем 0,1%. Это подтверждается снижением значений КУ, ЭИП и ЭИУ в среднем (дуб, береза) на 4%, 5% и 3%.

Обработка листа дуба и березы раствором агониста R-210 в концентрации 0,01% не оказала существенного влияния на потребление и усвоение пищи у гусениц дубового шелкопряда по сравнению с контролем.

Изучение воздействия агониста R-211 в концентрациях 0,1% и 1% на процессы потребления и усвоения корма гусеницами дубового шелкопряда показало, что в опыте на дубе после трехсуточного контакта с агонистом в концентрации 0,1% в течение I–III возрастов гусе-

ницы съедали корма в среднем на 10% меньше, чем в контроле, усваивали его (КУ) на 7% хуже, а использование пищи на прирост массы гусениц ниже ЭИП на 13%, ЭИУ – на 11% по сравнению с контролем. У гусениц IV–V возрастов кормовой рацион увеличился примерно на 20%, но при этом наблюдалось снижение КУ на 4%, ЭИП – на 6%, ЭИУ – на 8% по сравнению с контролем. За весь период развития в опыте гусеницы съели листа дуба в среднем на 10% больше, чем в контроле, но утилизировали его с меньшей эффективностью по сравнению с контролем примерно на 5%, а использование пищи на прирост массы гусениц снизилось – ЭИП на 9%, ЭИУ – на 10%. После контактно-кишечного воздействия R-211 1% концентрации гусеницы I–III возрастов потребляли листа дуба на 10% меньше, чем в контроле, усваивали его (КУ) на 10% хуже, а на прирост использовали ЭИП на 12% и ЭИУ на 11% с меньшей эффективностью, чем в контроле. Гусеницы старших возрастов съедали корма на 20% больше, чем в контроле, но эффективность его утилизации была на 8% ниже, эффективность использования потребленного (ЭИП) и усвоенного (ЭИУ) корма меньше на 10% и 13% соответственно по сравнению с контролем. За весь период развития кормовой рацион гусениц увеличился на 10% по сравнению с контролем, но усваивался корм хуже на 9%, эффективность затрат на прирост ЭИП и ЭИУ уменьшилась на 10% и 12%.

На березе эффект влияния R-211 проявился сильнее, чем на дубе. Так, после воздействия 0,1% раствора агониста гусеницы I–III возрастов съедали корма на 20% меньше, чем в контроле, эффективность его утилизации (КУ) на 8% ниже, а также отмечено снижение ЭИП на 10%, ЭИУ – на 16% по сравнению с контролем. У гусениц IV–V возрастов кормовой рацион увеличился примерно на 25%, но КУ снизился на 5%, а корм на прирост биомассы использовали с меньшей эффективностью: ЭИП – на 9%, ЭИУ – на 20%, чем в контроле. За весь период развития гусеницы съели корма на 5% больше, усваивали его хуже на 6%, наблюдалось снижение ЭИП на 10%, ЭИУ – на 18% по сравнению с контролем. После попадания в организм шелкопряда 1% раствора препарата гусеницы I–III возрастов потребляли корма на 30% меньше, чем в контроле, усваивали его (КУ) на 10% хуже, а ЭИП и ЭИУ ниже на 13% и 20%. Гусеницы IV–V возрастов съедали листа березы на 27% больше, чем в контроле, утилизировали его на 13% с меньшей эффективностью, на прирост использовали ЭИП и ЭИУ на 15% и 21% меньше по сравнению с контролем. За весь период развития количество потребленного корма мало отличается от контроля, но КУ меньше на 11%, ЭИП – на 14%, ЭИУ – на 20%, чем в контроле.

Препарат R-211 в концентрации 1% оказал более сильное воздействие на индексы питания дубового шелкопряда, чем 0,1% раствор, о чем свидетельствует падение значений КУ, ЭИП и ЭИУ в

среднем (дуб, береза) на 5%, 4% и 3% соответственно. При питании листом березы, обработанным 0,1% и 1% растворами R-211 КУ ниже на 2–4%, ЭИП – на 5–6%, ЭИУ – на 6–10%, чем при питании листом дуба, обработанным аналогичными растворами.

Обработка листа дуба и березы раствором агониста R-211 в концентрации 0,01% не оказала существенного влияния на потребление и усвоение пищи у гусениц дубового шелкопряда по сравнению с контролем.

Таким образом, исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что попадание агонистов экдистероидов R-209, R-210 и R-211 0,1% и 1% концентраций в организм дубового шелкопряда вместе с листом дуба и березы в начале развития вызвал сдвиг в количестве потребленной пищи, то есть сокращение кормового рациона в младших возрастах, а в старших – его увеличение. Это, вероятно, можно объяснить тем, что во всех вариантах опыта ускоренным потреблением пищи гусеницы как бы пытались компенсировать недостаток питательных веществ, который испытали в младших возрастах.

Более точную картину изменений процессов питания и роста гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агонистов экдистероидов R-209, R-210 и R-211 0,1% и 1% концентраций дает расчет относительной скорости потребления корма (ОСП) и относительной скорости роста (ОСР), приведенных в таблицах 3.3; В.1–В.3 (приложение В). Так, попадание в организм гусениц R-209 в концентрациях 0,1% и 1% с листом дуба вызвало снижение ОСП в течение I–III возрастов в среднем на 10% и 24%, а после линьки на IV возраст увеличение почти на 15% и 27% по сравнению с контролем. Показатели ОСР гусениц на протяжении I–III возрастов меньше в среднем на 20% и 30%, а в IV–V возрастах на 12% и 24% ниже, чем в контроле. За весь период развития относительная скорость потребления корма гусеницами дубового шелкопряда в среднем выше на 5% и 3%, а относительная скорость роста – ниже на 16% и 27% по сравнению с контролем. В опыте на березе после воздействия 0,1% и 1% растворов R-209 отмечено снижение ОСП у гусениц в течение I–III возрастов примерно на 10% и 20%, а у гусениц IV–V возрастов ОСП выше на 20% (0,1%) и ниже на 8% (1%) по сравнению с контролем. Значения ОСР гусениц I–III возрастов ниже на 30% и 40%, у гусениц IV–V возрастов – на 20% и 30% соответственно по сравнению с контролем. За весь период развития произошло увеличение относительной скорости потребления листа березы гусеницами в среднем на 10% (0,1%) и уменьшение на 14% (1%), а также снижение относительной скорости роста на 25% и 35% по сравнению с контролем. Раствор препарата в концентрации 1% в большей степени снизил показатели ОСП и ОСР гусениц, чем 0,1% раствор, что подтверждается

уменьшением данных показателей в среднем (дуб, береза) на 2–4% и 7–10% соответственно. При питании листом березы после воздействия R-209 0,1% и 1% ОСП корма гусеницами на 5% выше (0,1%) и 10% ниже (1%), а ОСР меньше на 25% и 27% по сравнению с таковыми при питании листом дуба.

Таблица 3.3 – Относительные показатели потребления корма и роста китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агонистов экидистероидов на гусениц ($\text{мг} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{сутки}^{-1}$)

Кормовое растение	Концентрация, %	Относительная скорость	
		потребления (ОСП)	роста (ОСР)
R-209			
Дуб	0,01	$0,29 \pm 0,02$	$0,037 \pm 0,002$
	0,1	$0,31 \pm 0,03^*$	$0,031 \pm 0,004^*$
	1	$0,30 \pm 0,05$	$0,027 \pm 0,006^*$
	контроль	$0,29 \pm 0,02$	$0,037 \pm 0,001$
Береза	0,01	$0,29 \pm 0,02$	$0,030 \pm 0,002$
	0,1	$0,33 \pm 0,04$	$0,023 \pm 0,003^*$
	1	$0,25 \pm 0,05^*$	$0,020 \pm 0,005^*$
	контроль	$0,29 \pm 0,01$	$0,030 \pm 0,001$
R-210			
Дуб	0,01	$0,29 \pm 0,02$	$0,037 \pm 0,001$
	0,1	$0,29 \pm 0,03$	$0,034 \pm 0,002^*$
	1	$0,30 \pm 0,03$	$0,031 \pm 0,002^*$
	контроль	$0,29 \pm 0,02$	$0,037 \pm 0,001$
Береза	0,01	$0,29 \pm 0,01$	$0,030 \pm 0,002$
	0,1	$0,29 \pm 0,03$	$0,025 \pm 0,003^*$
	1	$0,30 \pm 0,02$	$0,023 \pm 0,004^*$
	контроль	$0,29 \pm 0,01$	$0,030 \pm 0,001$
R-211			
Дуб	0,01	$0,29 \pm 0,03$	$0,037 \pm 0,003$
	0,1	$0,30 \pm 0,03$	$0,032 \pm 0,005^*$
	1	$0,29 \pm 0,04$	$0,029 \pm 0,002^*$
	контроль	$0,29 \pm 0,02$	$0,037 \pm 0,001$
Береза	0,01	$0,29 \pm 0,02$	$0,030 \pm 0,004$
	0,1	$0,30 \pm 0,04$	$0,024 \pm 0,003^*$
	1	$0,31 \pm 0,05^*$	$0,023 \pm 0,005^*$
	контроль	$0,29 \pm 0,01$	$0,030 \pm 0,001$

Примечание: * – $P \leq 0,05$

После контакта гусениц с R-210 0,1% и 1% концентраций относительная скорость потребления листа дуба гусеницами в I–III возрастах была ниже на 8% и 20%, а в IV–V возрастах – на 10% и 17% выше, чем в контроле. Показатели ОСР гусениц I–III возрастов ниже на 10%

и 20%, у гусениц старших возрастов – на 8% и 15% по сравнению с контролем. За весь период развития ОСП опытных гусениц мало отличается от контроля, а ОСР меньше на 9% и 17% по сравнению с контролем.

Потребление листа березы, обработанного R-210 0,1% и 1% растворами привело к снижению ОСП у гусениц I–III возрастов на 13% и 20%, у гусениц IV–V возрастов – к увеличению на 15% и 22% по сравнению с контролем. Относительная скорость роста гусениц младших возрастов на 15% и 25% ниже по сравнению с контролем, у гусениц старших возрастов – на 18% и 20% соответственно. За весь период развития показатели ОСП мало отличаются от контрольных, а ОСР ниже на 17% и 23% по сравнению с контролем. При использовании 1% раствора R-210 относительная скорость потребления корма у гусениц мало отличается от таковой по сравнению с вариантом, где использовали 0,1% раствор, а относительная скорость роста у гусениц в течение всего периода развития ниже на дубе на 6%, на березе – на 8% по сравнению с контролем. Показатели относительной скорости потребления листа березы мало отличаются от скорости потребления листа дуба после воздействия 0,1% и 1% растворов, но при этом ОСР при питании листом березы ниже на 13–25%.

После трехсуточного контакта с R-211 0,1% и 1% концентраций у гусениц I–III возрастов ОСП листа дуба на 9% и 20% ниже, чем в контроле, а ОСР – на 18% и 22% меньше. Гусеницы IV–V возрастов корм потребляли на 10% и 18% быстрее по сравнению с контролем, но отмечено падение значений ОСР на 10% и 15%. За весь период развития ОСП опытных гусениц мало отличается от контроля, а ОСР ниже на 14% и 20%.

В опыте на березе в I–III возрастах ОСП гусеницами корма на 9% и 20% ниже, чем в контроле, ОСР меньше на 25% и 30%. У гусениц IV–V возрастов скорость потребления корма (ОСП) на 18% и 26% выше, но скорость роста (ОСР) ниже на 15% и 25%, чем в контроле. За весь период развития ОСП на 9% и 6% выше, чем в контроле, а ОСР на 20% и 28% ниже по сравнению с контролем.

Отрицательное влияние агониста в концентрации 1% проявилось сильнее, чем 0,1% раствора, о чем свидетельствует падение значений ОСР на дубе на 6%, на березе – на 8%. При питании листом березы показатели относительной скорости потребления мало отличаются от таковой на дубе после воздействия 0,1% и 1% растворов, но при этом ОСР при питании листом березы ниже на 20–25%.

Таким образом, скорость потребления корма гусеницами после воздействия агонистов экидистероидов R-209, R-210 и R-211 сначала снижается (в младших возрастах), а затем увеличивается (в старших возрастах), а эффективность его усвоения и использования на рост и развитие снижается, то есть восстановления работы пищеварительной

системы гусениц после трехсуточного контакта с соединениями в начале развития не произошло.

Сравнение воздействия агонистов экистероидов R-209, R-210 и R-211 на питание гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного применения показало, что при 0,01% концентрации растворов агонистов не отмечено отличий от контроля в скорости потребления и усвоения пищи.

При увеличении концентрации растворов соединений в 10 раз (0,1%) и 100 раз (1%) антифидантное действие R-209 и R-211 выражено более сильно, чем R-210 тех же концентраций, на что указывает большая степень подавления процессов утилизации корма – падение КУ в среднем (дуб, береза) на 12–14% под влиянием R-209, на 5–10% под влиянием R-211 против 3–7% под влиянием R-210 за весь период развития.

Снижение пищевой активности гусениц дубового шелкопряда под воздействием агонистов экистероидов 0,1% и 1% растворов в большей степени проявляется при питании листом березы, чем дуба, на что указывает падение значений ЭИП и ЭИУ на березе под влиянием R-209 ЭИП ниже на 5–6%, ЭИУ – на 3–7%; под влиянием R-210 ЭИП меньше на 4–5%, ЭИУ – на 2–3%; под влиянием R-211 ЭИП снизилось на 5–6%, ЭИУ – на 6–10% по сравнению с дубом. Следовательно, кормовое растение оказывает коррелирующее влияние при воздействии агонистов на процессы потребления и усвоения корма у дубового шелкопряда. Питание листом дуба ослабляет отрицательное воздействие агонистов на рост и развитие дубового шелкопряда, питание листом березы его несколько усиливает, что в наибольшей степени проявляется при увеличении концентрации растворов агонистов с 0,1% до 1%.

3.2. Изменение пищевых потребностей дубового шелкопряда при экзогенном воздействии агонистов экистероидов на яйца и гусениц

Проведенный нами ранее анализ действия агонистов экистероидов R-209, R-210 и R-211 на грену шелкопряда позволил сделать вывод, что биологическая активность исследуемых веществ зависит от вида соединения и концентрации их растворов. Соединения R-209 и R-211 0,1% и 1% концентраций в большей степени вызвали снижение жизнеспособности грены и вышедших из нее гусениц по сравнению с R-210 тех же концентраций, что подтверждается возрастанием смертности подопытных особей. Причем инсектицидная активность возрастала при увеличении концентрации растворов агонистов с 0,1% до 1% во всех вариантах опыта. Наряду с токсическим действием био-

логически активные вещества вызвали адаптогенное и гормональное воздействие на организм насекомого, о чем свидетельствует замедление темпов роста и развития насекомого, снижение массы гусениц в течение развития, а также образование нежизнеспособных куколок. Это говорит о проявлении отсроченных эффектов после воздействия соединений, которые проявлялись на более поздних стадиях развития после проведения обработки грену.

Наблюдение за питанием гусениц после воздействия агонистов экдистероидов R-209, R-210 и R-211 показало, что происходило нарушение процессов потребления и утилизации корма (Седловская, 2008). Это свидетельствует об антифидантном действии соединений (таблицы 3.4, 3.5, 3.6; А.10–А.12 (приложение А), В.4 (приложение В)).

После воздействия на грену 0,1% раствора R-209 кормовой рацион гусениц и относительная скорость потребления корма мало отличается от контроля в течение всего периода развития. Но при этом гусеницы I–III возрастов усваивали пищу на 3% хуже, эффективность использования потребленного (ЭИП) и усвоенного (ЭИУ) корма ниже на 5% и 4% по сравнению с контролем, а относительная скорость роста (ОСР) опытных особей меньше на 14%, чем в контроле. У гусениц старших возрастов эффективность утилизации корма (КУ) на 4% хуже, чем в контроле, использование на прирост массы ЭИП и ЭИУ меньше на 4% и 4% соответственно, а ОСР ниже на 5% по сравнению с контролем. За весь период развития КУ меньше в среднем на 4%, ЭИП – на 4%, ЭИУ – на 4%, ОСР – на 10% ниже по сравнению с контролем. При увеличении концентрации раствора агониста в 10 раз (1%) количество потребленного гусеницами корма и ОСР в течение всего периода развития мало отличается от контроля. Но КУ у особей младших возрастов на 10% хуже, чем в контроле, ЭИП меньше на 10%, ЭИУ – на 15%, а ОСР – на 27% ниже по сравнению с контролем. Гусеницы IV–V возрастов усваивали потребленный корм (КУ) с меньшей эффективностью на 3%, чем в контроле, на прирост массы использовали хуже ЭИП и ЭИУ на 3% и 6%. Отмечено снижение относительной скорости роста на 12% по сравнению с контролем.

За весь период развития отмечено снижение КУ на 7%, ЭИП – на 6%, ЭИУ – на 10%, ОСР – на 20% по сравнению с контролем. Таким образом, агонист R-209 в концентрации 1% оказал более сильное отрицательное воздействие на пищевую активность и скорость роста гусениц дубового шелкопряда, чем 0,1% раствор, о чем свидетельствует снижение в течение всего периода КУ на 3%, ЭИП – на 2%, ЭИУ – на 6%, ОСР – на 10% по сравнению с воздействием на грену 0,1% раствора препарата.

Таблица 3.4 – Потребление и утилизация листа березы гусеницами дубового шелкопряда после экзогенного воздействия агонистов экдистероидов на грену и гусениц

Вариант опыта	Концентрация, %	Период активного питания, сут	Прирост гусениц, г/экз. (сухая масса)	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	
				сырая масса	сухая масса			
Экзогенное воздействие агонистов экдистероидов на грену	R-209							
	0,01	44,53 ± 0,25	6,63 ± 0,24	66,12 ± 0,21	26,17 ± 0,09	9,03 ± 0,03	33,21 ± 0,45	
	0,1	46,95 ± 0,16*	5,89 ± 0,15	68,21 ± 0,23	27,28 ± 0,11	8,01 ± 0,05	30,36 ± 0,36*	
	1	48,30 ± 0,41*	4,79 ± 0,18*	60,99 ± 0,29*	25,40 ± 0,14	7,96 ± 0,06*	27,62 ± 0,54*	
	R-210							
	0,01	43,58 ± 0,31	6,71 ± 0,34	66,23 ± 0,24	26,27 ± 0,12	9,11 ± 0,04	34,32 ± 0,58	
	0,1	44,01 ± 0,46	6,52 ± 0,27	63,43 ± 0,27	25,37 ± 0,14	8,51 ± 0,06	32,54 ± 0,61	
	1	46,90 ± 0,51*	5,92 ± 0,42	68,93 ± 0,31	27,57 ± 0,15	8,46 ± 0,05	30,69 ± 0,43*	
	R-211							
	0,01	43,67 ± 0,24	6,69 ± 0,37	66,31 ± 0,28	26,23 ± 0,14	9,09 ± 0,03	34,11 ± 0,35	
	0,1	44,31 ± 0,45	6,68 ± 0,28	63,46 ± 0,33	25,38 ± 0,16	8,89 ± 0,04	31,02 ± 0,54	
	1	46,66 ± 0,53	5,81 ± 0,31	67,83 ± 0,37	27,12 ± 0,18	9,02 ± 0,06	28,26 ± 0,62*	
	контроль	43,49 ± 0,34	6,85 ± 0,42	66,50 ± 0,42	26,59 ± 0,14	9,15 ± 0,07	34,41 ± 0,75	
Экзогенное воздействие агонистов экдистероидов на гусениц	R-209							
	0,01	44,35 ± 0,42	6,46 ± 0,55	66,12 ± 0,32	25,43 ± 0,16	9,02 ± 0,07	33,25 ± 0,62	
	0,1	9,16 ± 0,15*	Гибель гусениц					
	1	6,72 ± 0,06*						
	R-210							
	0,01	45,75 ± 0,48	6,35 ± 0,24	66,19 ± 0,27	25,86 ± 0,13	9,04 ± 0,05	33,42 ± 0,36	
	0,1	44,69 ± 0,25	5,39 ± 0,45	54,78 ± 0,34*	22,71 ± 0,17*	7,04 ± 0,07*	22,15 ± 0,42*	
	1	55,59 ± 0,23*	4,27 ± 0,37*	69,70 ± 0,25	28,09 ± 0,11	8,07 ± 0,03	19,37 ± 0,55*	
	R-211							
	0,01	45,69 ± 0,51	6,42 ± 0,29	66,15 ± 0,31	25,93 ± 0,14	9,05 ± 0,07	33,52 ± 0,62	
	0,1	8,69 ± 0,27*	Гибель гусениц					
	1	3,25 ± 0,09*						
	контроль	44,01 ± 0,34	6,51 ± 0,43	65,75 ± 0,27	26,30 ± 0,13	9,11 ± 0,04	33,81 ± 0,73	

Примечание: * – P ≤ 0,05

Таблица 3.5 – Эффективность использования пищи на прирост зоомассы гусеницами дубового шелкопряда после экзогенного воздействия агонистов экдистероидов на грену и гусениц

Вариант опыта	Концентрация, %	Эффективность использования на прирост массы, %	
		потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Экзогенное воздействие агонистов экдистероидов на яйца	R-209		
	0,01	24,96 ± 0,56	73,89 ± 0,74
	0,1	22,58 ± 0,61	70,53 ± 0,82*
	1	20,63 ± 0,45*	64,07 ± 0,89*
	R-210		
	0,01	25,13 ± 0,38	74,35 ± 0,92
	0,1	23,91 ± 0,53	72,27 ± 0,78
	1	19,64 ± 0,64*	69,73 ± 0,76*
	R-211		
	0,01	25,02 ± 0,47	74,21 ± 0,58
	0,1	22,31 ± 0,56	70,14 ± 0,66*
	1	19,07 ± 0,72*	68,95 ± 0,49*
	контроль	25,75 ± 0,81	74,86 ± 0,81
Экзогенное воздействие агонистов экдистероидов на гусениц	R-209		
	0,01	24,58 ± 0,49	74,18 ± 0,94
	0,1	Гибель гусениц	Гибель гусениц
	1		
	R-210		
	0,01	25,13 ± 0,59	73,05 ± 0,79
	0,1	20,91 ± 0,64*	63,39 ± 0,85
	1	14,39 ± 0,55*	57,08 ± 0,73*
	R-211		
	0,01	25,02 ± 0,71	73,27 ± 0,65
	0,1	Гибель гусениц	Гибель гусениц
	1		
	контроль	24,45 ± 0,87	73,16 ± 0,97

Примечание: * – P ≤ 0,05

После экзогенного воздействия на грену R-210 в концентрации 0,1% у вышедших гусениц скорость потребления корма в течение всего периода развития мало отличается от контроля. При этом гусеницы I–III возрастов усваивали корм на 6% хуже, чем в контроле, ЭИП и ЭИУ ниже на 7% и 3%, ОСР меньше на 7% по сравнению с контролем. У гусениц старших возрастов показатели КУ, ЭИП и ЭИУ мало отличаются от контроля, а ОСР на 4% ниже, чем в контроле. За весь период развития у опытных особей КУ ниже на 2%, ЭИП – на 2%, ЭИУ – на 2%, ОСР – на 3% по сравнению с контролем. При использовании 1% раствора соединения кормовой рацион гусениц в течение

всего периода развития мало отличается от контроля. Но гусеницы младших возрастов утилизировали корм на 7% с меньшей эффективностью, чем в контроле, использовали на прирост массы ЭИП и ЭИУ меньше на 7% и 4%, относительная скорость роста была ниже на 12% по сравнению с контролем. У гусениц IV–V возрастов КУ мало отличается от контроля, а ЭИП и ЭИУ меньше на 4% и 5%, ОСР ниже на 8% по сравнению с контролем. За весь период развития наблюдалось падение значений КУ на 4%, ЭИП – на 6%, ЭИУ – на 5%, ОСР – на 10% по сравнению с контролем. Раствор R-210 в концентрации 1% в большей степени вызвал снижение пищевой активности гусениц, вышедших из обработанной грены, и скорость их роста, чем 0,1% раствор, что подтверждается снижением показателей КУ на 2%, ЭИП – на 4%, ЭИУ – на 3%, ОСР – на 7% по сравнению с воздействием 0,1% раствора.

После обработки грены 0,1% раствором R-211 в скорости потребления гусеницами корма существенных нарушений по сравнению с контролем не обнаружено. КУ пищи гусениц I–III возрастов на 4% меньше, чем в контроле, ЭИП меньше на 3%, ЭИУ – на 5%, ОСР – на 14% по сравнению с контролем. У гусениц старших возрастов значения КУ мало отличается от контроля, а использование на прирост массы ЭИП и ЭИУ меньше на 3% и 2%, ОСР гусениц ниже на 6% по сравнению с контролем. За весь период развития КУ ниже на 3%, ЭИП – на 3%, ЭИУ – на 4%, ОСР – на 10% по сравнению с контролем. Воздействие 1% раствора препарата на грену не оказало существенного влияния на скорость потребления корма гусеницами шелкопряда по сравнению с контролем. Гусеницы I–III возрастов корм усваивали (КУ) на 6% хуже, чем в контроле, на прирост использовали ЭИП и ЭИУ на 6% и 7% меньше, а ОСР ниже на 20% по сравнению с контролем. У гусениц старших возрастов КУ мало отличается от контроля, ЭИП меньше на 7%, ЭИУ – на 6%, ОСР – на 7% по сравнению с контролем. За весь период развития отмечено снижение КУ на 6%, ЭИП – на 6%, ЭИУ – на 7%, ОСР – на 14% по сравнению с контролем. При использовании 1% раствора R-211 КУ гусениц в течение всего периода развития на 2% меньше, чем при воздействии 0,1% раствора, ЭИП ниже на 3%, ЭИУ – на 2%, ОСР – на 4%.

Сравнение воздействия агонистов R-209, R-210 и R-211 на питание гусениц дубового шелкопряда, полученных из обработанной грены, показало, что при 0,01% концентрации растворов не отмечено отличий от контроля в скорости потребления и усвоения пищи. При увеличении концентрации растворов в 10 раз (0,1%) и 100 раз (1%) количество съеденного корма практически не отличается от контроля.

Таблица 3.6 – Относительные показатели потребления корма и роста китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агонистов экдистероидов на гусениц ($\text{мг} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{сутки}^{-1}$)

Вариант опыта	Концентрация, %	Относительная скорость	
		потребления (ОСП)	роста (ОСР)
Экзогенное воздействие агонистов экдистероидов на грену	R-209		
	0,01	$0,29 \pm 0,02$	$0,030 \pm 0,002$
	0,1	$0,28 \pm 0,02$	$0,027 \pm 0,005$
	1	$0,28 \pm 0,03$	$0,024 \pm 0,003^*$
	R-210		
	0,01	$0,29 \pm 0,02$	$0,030 \pm 0,002$
	0,1	$0,28 \pm 0,03$	$0,028 \pm 0,004$
	1	$0,28 \pm 0,03$	$0,027 \pm 0,004$
	R-211		
	0,01	$0,29 \pm 0,02$	$0,030 \pm 0,003$
	0,1	$0,28 \pm 0,03$	$0,027 \pm 0,005$
	1	$0,28 \pm 0,03$	$0,026 \pm 0,004^*$
	контроль	$0,29 \pm 0,01$	$0,030 \pm 0,003$
Экзогенное воздействие агонистов экдистероидов на гусениц	R-209		
	0,01	$0,29 \pm 0,02$	$0,030 \pm 0,001$
	0,1	Гибель гусениц	Гибель гусениц
	1		
	R-210		
	0,01	$0,29 \pm 0,02$	$0,030 \pm 0,002$
	0,1	$0,24 \pm 0,03^*$	$0,023 \pm 0,004^*$
	1	$0,32 \pm 0,04^*$	$0,022 \pm 0,003^*$
	R-211		
	0,01	$0,29 \pm 0,02$	$0,030 \pm 0,002$
	0,1	Гибель гусениц	Гибель гусениц
	1		
	контроль	$0,29 \pm 0,02$	$0,030 \pm 0,002$

Примечание: * – $P \leq 0,05$

Следует отметить, что отрицательное действие агонистов R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% выражено более сильно, чем R-210 тех же концентраций, на что указывает большая степень подавления процессов утилизации корма (КУ) – падение КУ на 4% и 7% под влиянием R-209, на 3% и 6% под влиянием R-211, против 2% и 4% под влиянием R-210. Снижение коэффициентов использования пищи на рост и развитие гусениц дубового шелкопряда под воздействием агонистов в большей степени проявляется при воздействии 1% растворов препаратов, чем растворов в концентрации 0,1%, что подтверждается падением значений ЭИП, ЭИУ и ОСР под влиянием R-209 на 2%, 6% и 10% соответственно, под влиянием R-210 на 4%,

3% и 4%, под влиянием R-211 – на 3%, 2% и 4% соответственно по сравнению с воздействием растворов в концентрации 0,1%.

Нами было установлено, что в результате экзогенного воздействия агонистов экидистероидов R-209 и R-211 0,1% и 1% концентраций на гусениц дубового шелкопряда все опытные особи погибли в начале развития, а к воздействию R-210 тех же концентраций смогли адаптироваться. Наблюдение за питанием гусениц после их обработки R-209, R-210 и R-211 0,01% концентрации показало, что существенных нарушений в скорости потребления и утилизации пищи по сравнению с контролем не обнаружено (таблицы 3.4, 3.5, 3.6). При использовании 0,1% раствора R-210 количество потребленного гусеницами I–III возрастов корма сократилось на 20% по сравнению с контролем, эффективность его утилизации (КУ) снизилась на 14%, ЭИП – на 10%, ЭИУ – на 12% по сравнению с контролем (приложение Б, таблица Б.13). Гусеницы IV–V возрастов потребляли корма на 10% меньше, чем в контроле, усваивали его (КУ) на 10% хуже, на прирост массы использовали ЭИП и ЭИУ на 6% и 10% меньше по сравнению с контролем. За весь период развития количество съеденного гусеницами корма на 15% меньше, чем в контроле, КУ на 12% ниже, ЭИП – на 8%, ЭИУ – на 11%.

Обработка гусениц 1% раствором R-210 привела к уменьшению кормового рациона гусениц I–III возрастов на 15% по сравнению с контролем, снижению КУ на 20%, ЭИП – на 15%, ЭИУ – на 20% (таблицы 3.4, 3.5; приложение Б, таблица Б.13). В старших возрастах гусеницы потребляли корма на 20% больше, но усваивали его на 10% хуже, чем в контроле, на прирост массы использовали ЭИП и ЭИУ на 7% и 12% меньше по сравнению с контролем. За весь период развития гусеницы съели корма на 5% больше, чем в контроле, но КУ на 15% меньше, ЭИП и ЭИУ – на 11% и 16% соответственно.

Сравнение полученных данных показывает, что агонист в концентрации 1% в большей степени вызвал нарушение процессов потребления и усвоения корма, чем раствор препарата в концентрации 0,1%, о чем свидетельствуют данные об увеличении кормового рациона в течение развития на 20%, но при этом ухудшение эффективности утилизации корма (КУ) на 3%, ЭИП – на 3%, ЭИУ – на 7% по сравнению с воздействием 0,1% раствора.

Расчет относительной скорости потребления корма (ОСП) и относительной скорости роста (ОСР) гусениц после экзогенного воздействия 0,01% растворов R-209, R-210 и R-211 показывает, что данные показатели мало отличаются от контрольных (таблица 3.6). При использовании 0,1% и 1% растворов R-210 у гусениц I–III возрастов ОСП ниже на 18–20%, ОСР меньше на 25–30% по сравнению с контролем (таблицы 3.2; В.5 (приложение В)). У гусениц IV–V возрастов наблюда-

лось снижение ОСП на 17% (0,1%) и увеличение на 28% (1%), но при этом показатели ОСР были ниже на 20–25% по сравнению с контролем. За весь период развития после воздействия R-210 0,1% концентрации ОСП гусениц ниже на 18%, ОСР меньше на 23% по сравнению с контролем, а при увеличении концентрации раствора в 10 раз (1%) ОСП выше на 8%, ОСР ниже на 27%, чем в контроле. Воздействие 1% раствора препарата вызвало возрастание ОСП на 25%, снижение ОСР на 4% по сравнению с 0,1% раствором.

Таким образом, при экзогенном воздействии агониста экдистероидов R-210 в концентрации 0,01% на гусениц не отмечено отличий от контроля в скорости потребления и усвоения пищи. При увеличении концентрации раствора до 0,1% количество съеденного корма снижается в течение всего периода развития, а при использовании 1% раствора в младших возрастах снижается, а в старших увеличивается, но при этом процессы утилизации корма (КУ) угнетаются, что говорит о нарушении работы пищеварительной системы гусениц. Наряду с этим снижаются коэффициенты усвоения и использования пищи на рост и развитие гусениц, что в большей степени проявляется при увеличении концентрации с 0,1% до 1%.

Сравнение полученных результатов показывает, что 0,01% растворы R-209, R-210 и R-211 при экзогенном воздействии на грену и гусениц дубового шелкопряда не вызвали изменений пищевых потребностей опытных особей по сравнению с контролем. При использовании сублетальных концентраций растворов агонистов (0,1% и 1%) наблюдались существенные нарушения в скорости потребления и усвоения пищи, которые в большей степени проявлялись при экзогенном воздействии препаратов на гусениц, чем на яйца.

ГЛАВА 4

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ДУБОВОГО ШЕЛКОПРЯДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ АГОНИСТОВ ЭКДИСТЕРОИДОВ НА РАЗНЫХ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЯХ

4.1. Энергетическая ценность корма, экскрементов и гусениц дубового шелкопряда при различных способах воздействия агонистов экдистероидов

Адаптации насекомых и других животных к изменению пищевых условий сопровождаются изменениями энергозатрат на поддержание жизнедеятельности (Баранчиков, 1987; Дольник, 1978).

Вопросы энергетики питания и распределения энергии пищи в организме насекомых под воздействием агонистов экдистероидов практически не изучены и из доступной нам литературы лишь в работе С.И. Денисовой (2008) обнаружены данные об изменении энергобалансов гусениц дубового и непарного шелкопрядов последнего возраста при контактно-кишечном воздействии биологически активных веществ данной группы.

Оценку энергозатрат гусениц при изменении кормового режима или энергетическую ценность физиологической адаптации насекомого можно определить путем расчета энергетического баланса насекомого. Энергетический баланс отдельной особи складывается из прихода энергии, поступающей в организм с пищей (С), расхода энергии на прирост тканей или получение чистой энергии (Р), использованной на покрытие его метаболических расходов (R) и выделенной организмом с неусвоенной частью пищи (F) (Баранчиков, 1978). Для определения энергетического баланса гусениц необходимо знать калорические эквиваленты пищи, экскрементов и тела насекомого. Полученные нами данные по калорийности сухой массы корма, экскрементов и тела гусениц по возрастам под воздействием агонистов R-209, R-210 и R-211 0,01%, 0,1% и 1% концентраций приведены в таблицах Г.1, Г.2 (приложение Г).

Из данных таблиц Г.1, Г.2 (приложение Г) видно, что калорические эквиваленты листа березы выше, чем листа дуба, за счет почти в два раза большего содержания липидов (Денисова, 2002) как в опытах, так и в контроле.

Калорийность экскрементов гусениц на разных кормовых растениях при разных способах воздействия 0,01% растворов агонистов не отличается от контроля. При питании гусениц листом березы калорийность экскрементов выше, чем при питании листом дуба, что так-

же коррелирует со значениями энергетической ценности листа этих растений. Но гусеницы старших возрастов на березе, несмотря на то, что получали более калорийную пищу, выделяют экскременты по калорийности, уступающие таковым на дубе, т.е. из более питательного корма они извлекают больше энергии. Калорийность экскрементов гусениц шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агонистов в концентрациях 0,1% и 1% при питании листом березы заметно увеличивается по сравнению с питанием листом дуба и контролем, т.е. гусеницы из корма извлекают меньше энергии (приложение Г, таблицы Г.1, Г.2). Это свидетельствует об ухудшении процессов переработки и усвоения листа дуба и березы, что еще раз подтверждает установленные нами ранее закономерности утилизации и ассимиляции обработанного корма. Калорические эквиваленты экскрементов гусениц дубового шелкопряда на разных кормовых растениях при контактно-кишечном и экзогенном воздействии R-209 и R-211 0,1% и 1% концентраций выше, чем при воздействии аналогичных растворов R-210, и возрастают при увеличении концентрации растворов препаратов с 0,1% до 1%.

Калорийность сухой массы гусениц на разных кормовых растениях при разных способах воздействия 0,01% растворов агонистов не отличается от контроля. Из данных таблицы Г.1, Г.2 (приложение Г) видно, что калорический эквивалент зоомассы гусениц зависит от энергетической ценности пищи и от возраста гусениц. Так, калорийность сухой массы гусениц первого возраста на дубе составляет 11,77 кДж/г, гусениц пятого возраста – 14,77 кДж/г, на березе у гусениц первого возраста 15,50 кДж/г, а в пятом возрасте – 19,90 кДж/г. Более высокая калорийность тела гусениц при питании листом березы зависит от уровня содержания в нем липидов (Денисова, 2002).

При использовании 0,1% и 1% растворов препаратов наиболее низкие показатели калорийности характерны для гусениц после попадания R-209 и R-211 в их организм вместе с кормом по сравнению с экзогенным воздействием на грену, чем после воздействия R-210 тех же концентраций. Калорийность гусениц при разных способах действия агонистов снижается при увеличении концентрации соединений с 0,1% до 1%. При контактно-кишечном способе воздействия агонистов экидистероидов кормовое растение оказывает коррелирующее влияние на калорийность гусениц – питание листом дуба ослабляет отрицательное воздействие агонистов, питание листом березы его усиливает, что, возможно, обусловлено ухудшением процессов переработки и усвоения листа березы по сравнению с переработкой листа дуба. Исследования по определению энергетического эквивалента зоомассы гусениц после воздействия агонистов экидистероидов из группы ацилгид-

разинов на насекомых немногочисленны. С.И. Денисова (2008), анализируя калорические эквиваленты гусениц дубового и непарного шелкопряда последнего возраста на разных кормовых растениях после попадания в их организм растворов R-209 и R-211 0,1% концентрации, указывает, что калорийность гусениц, питающихся листом, обработанным агонистом R-209 0,1% концентрации, понижается в большей степени, чем калорийность гусениц, питающихся листом, обработанным агонистом R-211 той же концентрации. Из наших данных, характеризующих динамику калорийности гусениц дубового шелкопряда на протяжении всего периода развития и на разных кормовых растениях следует, что калорийность тела гусениц зависит от вида соединения, его концентрации, способа воздействия и стадии развития, на которой была произведена обработка.

Данные об энергетическом содержании прироста массы гусениц, потребленного ими корма и выделенных экскрементов представлены в таблицах Д.1–Д.6 (приложение Д). Энергетическая ценность прироста гусениц при различных способах воздействия агонистов эдистероидов R-209, R-210 и R-211 на дубового шелкопряда в концентрации 0,01% не отличается от контроля (приложение Д, таблицы Д.1, Д.2). Имеются различия в энергетической цене прироста гусениц на разных кормовых растениях после воздействия на шелкопряда агонистов при увеличении концентраций их растворов. Так, энергетическая ценность прироста массы гусениц при использовании 0,1% растворов препаратов во всех вариантах опыта выше по сравнению с воздействием 1% растворов. При использовании 0,1% и 1% растворов наиболее низкие показатели содержания энергии в приросте массы гусениц после воздействия R-209 и R-211, чем после воздействия R-210 тех же концентраций. Причем энергетическая цена прироста гусениц при питании листом дуба выше, чем при питании листом березы, что в наибольшей степени проявляется при увеличении концентрации агонистов с 0,1% до 1%. Уменьшение энергетической ценности прироста массы гусениц при питании листом березы, чем листом дуба во всех вариантах опыта по сравнению с контролем согласуется с данными о динамике массы гусениц, процессах утилизации (КУ) и ассимиляции пищи (ЭИП, ЭИУ) после воздействия биологически активных веществ, которые обладают токсическим и детеррентным влиянием. Это еще раз подтверждает коррелирующее влияние кормового растения на процессы роста и развития дубового шелкопряда, а также свидетельствует о нарушении работы пищеварительной и детоксикационной систем гусениц после воздействия повреждающих агентов и как следствие снижение усвояемости листа кормовых растений и достаточно резкое снижение эффективности превращения переваренной пищи в

собственную массу тела при увеличении концентрации препаратов с 0,1% до 1% (глава 3, таблицы 3.1–3.6).

Согласно данным таблиц Д.3 и Д.4 (приложение Д) масса корма, съеденного одной гусеницей в течение I–III возрастов, снижается, а в IV–V – увеличивается во всех вариантах опыта на дубе и березе после разных способов воздействия агонистов экидистероидов на дубового шелкопряда. Лист дуба и березы, обработанные агонистами экидистероидов разной концентрации, по питательной ценности не отличаются от контрольных образцов, о чем свидетельствуют показатели удельной калорийности, приведенные в таблицах Г.1 и Г.2 (приложение Г). Агонисты R-209 и R-211 0,1% и 1% концентраций при контактно-кишечном и экзогенном воздействии на дубового шелкопряда, оказывающие токсический, адаптогенный и гормональный эффекты, приводят к замедлению роста и развития насекомого в большей степени, чем R-210 тех же концентраций (глава 2, разделы 2.2–2.4). Удлиненный период развития приводит к увеличению потребления пищи, но при этом значительное количество энергии, поступившее в организм гусениц вместе с кормом, выводится вместе с экскрементами, что подтверждается данными, приведенными в таблицах Г.1, Г.2 (приложение Г).

Количество экскрементов, выделенных одной гусеницей за каждый возраст и за весь период развития в сухой массе и ее энергетическом эквиваленте достоверно возрастает с увеличением концентрации растворов агонистов с 0,1% до 1% во всех вариантах опыта на разных кормовых растениях (таблицы Д.5, Д.6 (приложение Д)). Наиболее высокие значения содержания энергии в экскрементах гусениц установлены после воздействия R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1%, чем после воздействия R-210 тех же концентраций. При питании листом березы после контактно-кишечного воздействия агонистов экидистероидов доля энергии пищи, выделившаяся с экскрементами, т.е. неусвоенная энергия выше, чем при питании листом дуба, что согласуется с индексами питания, приведенными в таблицы 3.1–3.6 (разделы 3.2, 3.3) и подтверждает снижение степени усвоения энергии корма после разных способов воздействия агонистов экидистероидов на дубового шелкопряда, что в большей степени проявляется при увеличении концентрации препаратов с 0,1% до 1%. Следует отметить, что энергетическая ценность экскрементов гусениц при различных способах воздействия агонистов экидистероидов R-209, R-210 и R-211 на дубового шелкопряда в концентрации 0,01% не отличается от контроля.

Таким образом, после воздействия агонистов экидистероидов наблюдается снижение калорийности гусениц и увеличение калорийности экскрементов независимо от способа обработки. Причем R-209 и

R-211 в большей степени влияют на изменение калорических эквивалентов, чем R-210 при 10-кратном увеличении концентрации растворов с 0,1 до 1%.

При обработке гусениц эффект воздействия препаратов максимален, при обработке яиц – минимален. При питании листом березы калорийность тела гусениц заметно уменьшается по сравнению с питанием листом дуба, а калорийность экскрементов – увеличивается, т.е. гусеницы из корма извлекают меньше энергии. Это свидетельствует об ухудшении процессов переработки и усвоения листа кормовых растений, что еще раз подтверждает установленные нами ранее закономерности утилизации и ассимиляции обработанного корма.

4.2. Динамика энергетического баланса дубового шелкопряда при контактно-кишечном воздействии агонистов экдистероидов

Интенсивность обмена закономерно связана со скоростью роста, продолжительностью жизни, типом и скоростью питания животных (Винберг, 1962, 1976). Повреждающие агенты могут оказывать непосредственное влияние на эффективность работы кишечника насекомого-фитофага, от которой зависят процессы переработки и усвоения пищи. Эти процессы, в свою очередь, обуславливают характер распределения энергии пищи в организме и, следовательно, взаимосвязаны с ходом процессов роста и развития насекомых. Расчет потока энергии, проходящего через организм, может быть важным критерием оценки направленности переноса энергии и эффективности ее использования (Сущеня, 1975). Выявление сдвигов энергетического баланса насекомых-фитофагов, возникающих при воздействии неблагоприятных факторов, позволяет оценить энергетическую плату организма за существование в изменяющихся условиях существования и сделать вывод о физиологическом состоянии насекомого-вредителя в зависимости от степени воздействия повреждающих агентов.

Анализ баланса энергии гусениц дубового шелкопряда по возрастам и за весь период развития в расчете на одну особь (таблицы 4.1; Е.1–Е.9 (приложение Е)) на дубе и березе при обработке листа кормовых растений агонистами экдистероидов R-209, R-210 и R-211 показал следующее. Растворы агонистов в концентрации 0,01% после попадания в организм шелкопряда вместе с кормом не вызвали нарушений баланса энергии гусениц по сравнению с контролем (таблицы 4.1; Е.1, Е.4, Е.7 (приложение Е)).

Таблица 4.1 – Динамика энергетического баланса дубового шелкопряда при контактно-кишечном воздействии агонистов экдистероидов на гусениц за весь период развития, кДж/экз.⁻¹

Кормовое растение	Концентрация, %	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
R-209						
Дуб черешчатый	0,01	326,64	159,34	167,30	84,68	82,62
	0,1	392,69	229,42	163,28	90,11	73,10
	1	377,27	234,24	143,02	82,15	60,86
	Контроль	325,31	156,14	169,17	82,73	86,41
Береза бородавчатая	0,01	610,75	176,34	437,42	158,98	278,44
	0,1	611,28	231,19	380,10	311,39	68,71
	1	499,47	213,92	285,55	226,52	59,03
	Контроль	609,83	170,56	439,21	154,03	285,24
R-210						
Дуб черешчатый	0,01	326,31	156,89	169,43	83,59	84,83
	0,1	349,28	186,11	163,18	91,06	72,12
	1	350,60	196,22	154,38	92,54	80,47
	Контроль	325,31	156,14	169,17	82,73	86,41
Береза бородавчатая	0,01	609,535	172,99	436,54	153,17	283,37
	0,1	630,06	199,22	430,84	348,90	81,94
	1	613,44	227,02	386,42	318,94	67,48
	Контроль	609,83	170,56	439,21	154,03	285,24
R-211						
Дуб черешчатый	0,01	339,23	162,16	168,06	83,44	84,62
	0,1	369,42	199,72	169,69	96,07	73,62
	1	356,31	213,58	142,74	79,35	63,39
	Контроль	325,31	156,14	169,17	82,73	86,41
Береза бородавчатая	0,01	600,92	175,81	435,11	153,52	281,59
	0,1	646,02	228,53	417,49	322,09	95,44
	1	601,98	238,09	363,88	302,94	60,94
	Контроль	609,83	170,56	439,21	154,03	285,24

При обработке корма 0,1% и 1% растворами агонистов энергозатраты гусениц шелкопряда на обмен веществ (R) возрастают и соответственно уменьшаются на прирост массы (P) (Седловская, 2009; Седловская и соавт., 2010). Так, поток энергии, поступающий в организм гусениц с кормом, обработанным 0,1% и 1% растворами агониста R-209, у особей I–III возрастов уменьшается на дубе на 10% и 13%, на березе – 12% и 15%. При этом траты на обмен веществ увеличиваются на дубе на 11% и 14%, на березе – на 17% и 22% соответственно по сравнению с контролем (приложение E, таблицы E.2, E.3). Гусеницы старших возрастов получали на дубе на 8% и 14% меньше энергии вместе с кормом, чем в контроле, на березе – на 10% и 13%, на обмен веществ тратили энергии при питании листом дуба на 10% и 11% больше, при питании листом березы – на 20% и 25% соответственно по сравнению с контролем. За весь период развития после контактно-кишечного воздействия R-209 0,1% и 1% концентраций у гусениц дубового шелкопряда произошел сдвиг энергетического баланса в сторону увеличения трат на обмен веществ в опыте на дубе на 11% и 12%, в опыте на березе – на 18% и 23% по сравнению с контролем.

По результатам наших данных при увеличении концентрации препарата с 0,1% до 1% у гусениц шелкопряда в течение всего периода происходит перераспределение энергии только при потреблении обработанного листа березы в сторону увеличения энергозатрат на энергетический обмен на 5%. При питании листом березы, обработанным 0,1% и 1% растворами R-209, гусеницы за весь период развития потратили на обмен веществ на 7% и 11% больше энергии, чем при питании обработанным аналогичными растворами листом дуба.

При питании обработанным R-210 растворами 0,1% и 1% концентраций листом дуба гусеницы I–III возрастов получали энергии на 7% и 8% меньше, при питании листом березы – на 8% и 12%, чем в контроле, на обмен веществ тратили энергии больше на дубе на 6% и 12%, на березе – на 10% и 15% по сравнению с контролем (таблицы 4.1; E.5, E.6 (приложение E)). У гусениц старших возрастов поток энергии, поступающий в организм гусениц с кормом, сократился в опыте на дубе на 5% и 7%, в опыте на березе – на 6% и 9%, чем в контроле, энергозатраты на обмен веществ возросли у гусениц на дубе на 7% и 10%, на березе – на 14% и 20% соответственно по сравнению с контролем. За весь период развития контактно-кишечное воздействие препарата 0,1% и 1% концентраций на дубового шелкопряда вызвало увеличение затрат энергии на обмен веществ при питании листом дуба на 6% и 11%, при питании листом березы – на 12% и 18% по сравнению с контролем. При увеличении концентрации раствора соединения с 0,1% до 1% произошло перераспределение энергии в организме

гусениц в сторону увеличения энергозатрат на энергетический обмен как на дубе, так и на березе – на 5%. Питание листом березы, обработанным R-210 0,1% и 1% концентраций, вызвало увеличение трат энергии на обмен веществ в среднем на 6% по сравнению с питанием листом дуба соответственно.

Контактно-кишечное воздействие R-211 0,1% и 1% концентраций вызвало снижение потока энергии, поступающего в организм гусениц I–III возрастов вместе с обработанным листом дуба, на 8% и 13%, вместе с листом березы – на 9% и 10% по сравнению с контролем, а также увеличение энергозатрат на энергетический обмен на дубе на 9% и 10%, на березе – на 15% и 19% по сравнению с контролем (таблицы 4.1; E.8, E.9 (приложение E)). Гусеницы IV–V возрастов получали вместе с листом дуба на 6% и 10% меньше энергии, с листом березы – на 7% и 12%, чем в контроле, на обмен веществ гусеницы тратили при питании листом дуба больше энергии на 7% и 8%, при питании листом березы – на 18% и 23%. За весь период развития воздействие препарата 0,1% и 1% концентраций вызвало увеличение энергозатрат на обмен веществ у гусениц на дубе на 6% и 11%, на березе – на 17% и 21% соответственно по сравнению с контролем.

Воздействие R-211 1% концентрации в большей степени вызвало нарушение энергобалансов в организме гусениц дубового шелкопряда, чем 0,1% раствор, что подтверждается перераспределением энергии в сторону увеличения энергозатрат на обмен веществ на дубе на 2%, на березе – на 3%. При питании листом березы, обработанным 0,1% и 1% растворами R-211, гусеницы в течение всего периода развития потратили на энергетический обмен в среднем на 11% больше энергии, чем при питании обработанным листом дуба.

При оптимальных условиях дубовый шелкопряд как при питании листом дуба, так и березы, большую часть усвоенной энергии тратит на создание зоомассы, меньшую – на обменные процессы. Сравнение энергетических балансов шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агонистов экидистероидов показало, что R-209 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% в большей степени вызвали сдвиг энергетического баланса гусениц в течение всего периода развития в сторону увеличения трат на обмен веществ и снижения на прирост массы на дубе и березе, чем аналогичные растворы R-210, что указывает на более сильную реакцию организма дубового шелкопряда на воздействие R-209 и R-211 сублетальных концентраций, чем R-210, что согласуется с вышеприведенными данными по показателям роста, развития и питания опытных гусениц и свидетельствует о большей токсичности R-209 и R-211 по сравнению с R-210 в отношении дубового шелкопряда, усиливающегося при увеличении концентрации

препаратов с 0,1% до 1%. Кормовое растение оказывает коррелирующее влияние при контактно-кишечном воздействии агонистов экидистероидов на перераспределение энергии в организме насекомого. Питание листом дуба ослабляет отрицательное воздействие соединений на энергобалансы шелкопряда, питание листом березы его несколько усиливает.

Таким образом, влияние R-209, R-210 и R-211 0,1% и 1% концентраций на баланс энергии в организме дубового шелкопряда проявляется в значительном уменьшении потока энергии, поступающего вместе с пищей, за счет ухудшения ее перевариваемости, что согласуется с данными о процессах потребления и усвоения корма.

4.3. Изменения баланса энергии в организме гусениц дубового шелкопряда при экзогенном воздействии агонистов экидистероидов на яйца и гусениц

Ранее нами показано (глава 3, раздел 3.3), что агонисты экидистероидов R-209, R-210 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% при экзогенном воздействии на грену не влияют на количество съеденной пищи гусеницами дубового шелкопряда, при экзогенном воздействии аналогичные растворы R-210 вызывают нарушения в скорости потребления корма у гусениц в течение всего периода развития, а R-209 и R-211 тех же концентраций – 100%-ную гибель. В двух вариантах опыта агонисты ухудшают усвоение и использование пищи на создание зоомассы, что в наибольшей степени проявляется при экзогенном воздействии соединений на гусениц, чем на грену при увеличении концентрации растворов с 0,1% до 1%.

Расчет энергетических балансов гусениц дубового шелкопряда по возрастам и за весь период развития на березе после обработки грены и гусениц растворами агонистов R-209, R-210 и R-211 0,01%, 0,1% и 1% концентраций приведен в таблицах 4.2 и В.10–В.12 (приложение В). Исходя из данных таблиц 4.2 и Е.10–Е.12 (приложение Е), следует, что энергозатраты гусениц дубового шелкопряда на обмен веществ (R) под влиянием агонистов R-209, R-210 и R-211 возрастают в вариантах обработки грены 0,1% и 1% растворами и соответственно уменьшаются на прирост массы или пластический обмен (P).

Так после воздействия 0,1% раствора R-209 (таблицы 4.2; Е.10, приложение Е) траты энергии гусениц I–III возрастов на обмен веществ увеличиваются на 10% по сравнению с контролем, а под воздействием 1% раствора возрастают на 15%.

Таблица 4.2 – Динамика энергетического баланса дубового шелкопряда при экзогенном воздействии агонистов экдистероидов на грену и гусениц за весь период развития, кДж/экз.⁻¹

Вариант опыта	Концентрация, %	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
Экзогенное воздействие на яйца	R-209					
	0,01	607,41	168,54	438,87	160,50	278,37
	0,1	621,29	203,78	417,51	297,99	109,52
	1	558,25	185,48	372,76	268,46	104,39
	R-210					
	0,01	607,51	168,61	438,90	160,44	278,46
	0,1	581,68	232,63	349,05	229,26	119,79
	1	631,69	204,09	427,60	326,61	100,99
	R-211					
	0,01	607,46	168,59	438,86	160,81	278,04
	0,1	577,27	170,81	405,46	280,31	125,15
	1	621,04	196,47	414,57	298,29	116,28
	Контроль	607,55	168,69	438,86	156,34	282,52
Экзогенное воздействие на гусениц	R-209					
	0,01	607,49	168,59	438,91	161,01	278,16
	0,1	Гибель гусениц				
	1					
	R-210					
	0,01	605,19	170,23	434,96	154,61	280,36
	0,1	503,34	175,09	328,24	253,96	173,24
	1	639,76	239,63	400,13	312,46	162,68
	R-211					
	0,01	606,22	169,51	436,71	158,95	277,76
	0,1	Гибель гусениц				
	1					
	Контроль	608,85	170,53	438,32	157,44	280,92

У гусениц IV–V возрастов энергозатраты на энергетический обмен увеличиваются на 15% (0,1%) и 20% (1%) по сравнению с контролем. За весь период развития после воздействия 0,1% и 1% растворов R-209 траты гусениц на обмен веществ выше на 13% и 18%, чем в контроле. При увеличении концентрации растворов с 0,1% до 1% затраты гусениц на энергетический обмен возрастают на 5%, что указывает на более сильную реакцию организма шелкопряда на воздействие 1% раствора, чем 0,1% раствора. Воздействие R-210 тех же концентраций у гусениц I–III возрастов привело к увеличению энергозатрат на обмен веществ на 5% (0,1%) и 12% (1%) по сравнению с контролем, а у гусениц IV–V возрастов – на 10% и 15% (таблицы 4.2; E.11, приложение E). За весь период развития гусеницы дубового шелкопряда потратили энергии на обмен веществ на 7% и 13%, чем в контроле. Использование 1% раствора R-210 для обработки грены привело к увеличению затрат энергии гусениц на энергетический обмен на 6% по сравнению с использованием 0,1% раствора. Под воздействием R-211 0,1% и 1% концентраций сдвиг энергетического баланса в пользу трат на обмен веществ у гусениц I–III возрастов равен 7% и 12%, у гусениц IV–V возрастов – 15% и 18% соответственно (таблицы 4.2; E.12, приложение E). За весь период развития гусеницы шелкопряда потратили на 10% (0,1%) и 15% (1%) энергии на обмен веществ больше, чем в контроле. Увеличение концентрации R-211 с 0,1% до 1% привело к возрастанию энергозатрат на обмен веществ на 5%.

Сравнение энергетических балансов гусениц дубового шелкопряда после экзогенного воздействия агонистов на грену показало, что R-209 и R-211 0,1% и 1% концентраций в большей степени вызвали перераспределение энергии в организме гусениц в течение всего периода развития в сторону увеличения трат на обмен веществ и снижения затрат на прирост массы, чем аналогичные растворы R-210, что указывает на большую чувствительность организма дубового шелкопряда на воздействие R-209 и R-211 сублетальных концентраций, чем R-210, что согласуется с данными по показателям роста, развития и питания опытных гусениц и свидетельствует о большем токсическом воздействии R-209 и R-211 по сравнению с R-210 в отношении дубового шелкопряда, усиливающегося при увеличении концентрации растворов препаратов с 0,1% до 1%. Экзогенное воздействие агонистов 0,1% и 1% концентраций оказало сильное токсическое воздействие, что подтверждается 100% гибелью особей под влиянием R-209 и R-211 и в среднем 50% гибелью гусениц под влиянием R-210. У оставшихся в живых гусениц наблюдались нарушения процессов питания и роста – снижение количества потребленного корма в младших возрастах и увеличение в старших возрастах, а также угнетение процессов усвоения пищи, что подтверждается снижением КУ, ЭИП,

ЭИУ (глава 3, раздел 3.3). Расчет энергетических балансов гусениц дубового шелкопряда по возрастам и за весь период развития на березе после экзогенного воздействия гусениц растворами агонистов R-209, R-210 и R-211 0,01%, 0,1% и 1% концентраций приведен в таблицах 4.2 и Е.13 (приложение Е). Так, после обработки гусениц 0,1% раствором R-210 в организм опытных особей I–III возрастов вместе с кормом поступало энергии на 8% меньше, чем в контроле, в старших возрастах гусеницы получали на 6% меньше энергии по сравнению с контролем. Траты на обмен веществ в младших возрастах увеличены на 18%, а в старших – на 23% по сравнению с контролем. При воздействии 1% раствора препарата поток энергии, поступающий в организм гусениц младших возрастов, уменьшился на 12% по сравнению с контролем, у гусениц IV–V возрастов – на 8% соответственно. Затраты на энергетический обмен у гусениц I–III возрастов на 22% выше, чем в контроле, у гусениц IV–V возрастов – на 25%. За весь период развития после воздействия R-210 гусеницы дубового шелкопряда на обмен веществ потратили энергии в среднем на 22% больше, чем в контроле как после воздействия 0,1% раствора препарата, так и после воздействия 1% раствора. По результатам наших данных при увеличении концентрации препарата с 0,1% до 1% у гусениц шелкопряда в течение всего периода перераспределение энергии происходит примерно одинаково в сторону увеличения энергезатрат на энергетический обмен и соответственно сокращения трат энергии на прирост массы.

Таким образом, агонисты экидистероидов увеличивают энергозатраты гусениц дубового шелкопряда на обмен веществ (R) и соответственно уменьшают на прирост массы (P) при разных способах воздействия за исключением препаратов 0,01% концентрации. Из 3-х исследованных препаратов R-209 и R-211 в большей степени влияют на перераспределение энергии в организме гусениц в сторону увеличения энергозатрат на метаболизм, которые возрастают при 10-кратном увеличении концентрации препаратов с 0,1 до 1%. Наибольшее увеличение уровня энергозатрат на обмен веществ по сравнению с контрольными показателями характерно для гусениц после их погружения в растворы препаратов (в среднем на 25%), наименьшее – для гусениц, полученных из обработанных яиц (в среднем на 12%). Снижение уровня затрат энергии на прирост массы насекомого независимо от способа обработки свидетельствует об уменьшении его жизнеспособности после воздействия ксенобиотиков, что подтверждается предыдущим анализом его биологических показателей развития.

ГЛАВА 5

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКСТРАКТОВ РАСТЕНИЙ И МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА РАЗВИТИЕ ДУБОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

5.1. Регуляция роста и развития насекомых с помощью экстрактов растений и минеральных препаратов

Регуляция роста популяций насекомых-вредителей осуществляется с помощью экстрактов растений, обладающих биологической активностью. Установлено, что настойки и экстракты из растений, содержащих экидистероиды, обладают значительно более высокой биологической активностью, чем химически изолированные и высокоочищенные действующие субстанции (Федоров, 1997). Основная масса работ посвящена использованию экстрактов растений для борьбы с насекомыми-вредителями, т.е. для уменьшения численности их популяций (Торопов, 2004; Cen Yi-jing, 2003; Иванова, 2005; Yano An-Qing, 2005; Huang Jun-hai, 2004). Предварительное исследование источников растительных инсектицидов на востоке провинции Ганьсу в КНР выявило 2 растения из 35, заслуживающие внимания для борьбы с 6 видами сельскохозяйственных вредителей (Jiang Shuang-lin, 1999). Экстракты растений в основном используются для опрыскивания кормовых растений насекомых-фитофагов. Экстракты действуют в основном как антифиданты, т.е. вызывают пищевое отравление (Sun Zhi-tan, 2004; Gao Zhan-lin, 2004; Zhou Wei-guo, 2002).

Неочищенные растительные экстракты в смеси с минеральным маслом предлагается использовать в системе интегрированной защиты культурных растений от листовертки *Cydia pomonella* (Cariac, 2003). В лабораторных условиях выявлено существенное снижение питания как гусениц непарного шелкопряда, так и личинок колорадского жука под влиянием экстракта нима. Таким образом, экстракт выступает в качестве репеллента как для олигофагов, так и для полифагов. В качестве препарата биологического происхождения ним используется в программах интегрированной борьбы с вредителями (Zabel, 2002). Запатентован новый биологический препарат, который включает спиртовой экстракт из растения *A. lebeck* и дельта-эндотоксин *B. thuringiensis*. Он предназначен для опрыскивания сельскохозяйственных культур с целью их защиты от чешуекрылых вредителей и характеризуется активностью в очень низких дозах (Khanuja, 2002). Обнаружено влияние экстрактов растений на яйцекладку насекомых. Так, установлено, что действие неочищенных экстрактов из сухих листьев ряда растений подавляет откладку яиц капу-

стной моли более чем на 40% по сравнению с контролем (Syed Tajwer Sultana, 2003), а экстракт нима сильно снижает количество откладываемых яиц и уровень вылупляемости усача *Apriona germari* (Zhao Boguang, 2001).

Обобщая примеры использования экстрактов растений для подавления численности насекомых вредителей, можно сделать вывод о перспективности этого пути применения биологических активных соединений растений. Но биологически активные вещества можно применять для регуляции численности не только вредных, но и полезных насекомых (тутового, дубового шелкопряда, медоносной пчелы), а также при разведении культур насекомых, необходимых для получения трихограмм в целях биологической борьбы, получения биопрепаратов для повышения жизнеспособности и продуктивности зоокультур насекомых, применяемых в качестве корма для лабораторных популяций птиц, пресмыкающихся, млекопитающих, лекарственных препаратов на основе культур насекомых и других целей (Злотин, 1977; Тамарина, 1990). Например, установлено положительное влияние экстрактов *Tribulus terrestris* и *Psoralea coryleifolia* на продуктивность *Bombyx mori* (Rajashekhargouda, 1997). Успешно используются водные экстракты биомассы *Quercus robur* при выращивании *Antheraea pernyi* на нетрадиционном корме. Скармливание гусеницам листьев граба, ежедневно обрабатываемых экстрактами биомассы дуба черешчатого, способствуют нормальному развитию дубового шелкопряда на нетрадиционном корме, повышению его жизнеспособности, шелкопродуктивности и устойчивости к микроспоридиозу (Алексеницер, 1999, 2001). Патентуется состав, включающий растительные экстракты для выращивания мух *Lucilia*, *Sarcophaga*, *Calliphora* (Mehlhorn Heinz, 2005). При добавлении экстракта растения *Ganoderma lucidum* в питательную среду для личинок дрозофилы отмечено, что отрождение мух происходило быстрее, а численность их потомства была выше, чем на контрольной среде (Yi Hui-lian, Gao Cui-lian, 2000). По данным Ю.Д. Холодовой (1987), наблюдается увеличение численности насекомых под влиянием фитоэкдизона в малых концентрациях, что позволяет рекомендовать их в качестве добавок при разведении полезных насекомых – трихограммы и пчелы.

На сегодняшний день, исходя из активности и доступности, практическое значение имеют и фитоэкдистероиды, которые содержатся практически во всех растительных объектах, но различия в уровнях концентрации достигают огромных величин – 8–9 порядков (Тимофеев, 2003, 2004).

Ряд авторов (Camps, 1993; Dinan, 1994; Барбье, 1978; Харборн, 1985) выдвигают предположения, что фитоэкдистероиды являются аллелохимическими токсинами и антифидантами для неадаптирован-

ных видов насекомых – фитофагов. Эта точка зрения соответствует общей концепции о роли веществ, вторичного обмена растений как защитных факторов. Фитоэктистероиды рассматриваются как часть многокомплексной химической защитной стратегии, которая выработалась в процессе коэволюции растений и растительноядных беспозвоночных (Барбье, 1978; Харборн, 1985; Dinan, 1998). Согласно одной из наиболее обоснованных гипотез, фитоэктистероиды являются аллелохимическими токсинами и антифидантами для неадаптированных видов беспозвоночных – фитофагов (Bergamasco, 1980).

Они привлекли к себе внимание в качестве потенциальных инсектицидов, по механизму действия относящихся к регуляторам роста насекомых (Арчаков, 1975). Изучение влияния экзогенных эктистероидов на рост и развитие насекомых проводится с помощью различных биотестов: скармливание фитоэктистероидов с пищей, введение в организм с помощью инъекций, а также путем окунания личинок в растворы, содержащие эктистероиды. Действие эктистероидов оценивается по ряду показателей: у личинок определяют выживаемость, ростовые характеристики, изменения в процессах линьки и окукливания. У имаго оценивают выживаемость, плодовитость и жизнеспособность потомства. Определяют также антифидантную активность фитоэктистероидов. Эффект от экзогенных фитоэктистероидов существенно зависит от вида насекомого, стадии его развития, концентрации фитоэктистероидов, способа их введения в организм насекомого. Например, саранча перелетная – *Locusta migratoria* устойчива к очень высоким концентрациям фитоэктистероидов в диете (400–1000 м.д. 20-гидроксиэктизона), а капустница – *Pieris brassicae* и капустная совка – *Mamestra brassicae* прекращают питаться при содержании в пище всего 5–60 м.д. 20-гидроксиэктизона (Bergamasco, 1983).

Добавление в пищу личинок *Bombyx mori* и *Pectinophora gossypiella* 20-гидроксиэктизона, циастерона, аюгастерона С и понастерона А приводило к нарушению процесса линьки, которое проявлялось в образовании лишних головных капсул и в присутствии остатков старой кутикулы. В результате нарушались функции ротового аппарата, движения личинок и они погибали. Наиболее активным ингибитором линьки и роста оказался понатсерон А (Kubo, 1983). В результате исследования 15 различных фитоэктистероидов, выделенных из ряда центральноазиатских растений, установлено, что наибольшую гормональную активность для *Sarcophaga bullata* (Diptera) и *Dermestes vulpinus* (Coleoptera) проявил туркестерон, тогда как *Galleria mellonella* (Lepidoptera) была наиболее чувствительна к циастерону (Slama, 1993). Вышеуказанными авторами было высказано предположение, что растения избирательно защищают себя от тех или иных видов насекомых, чувствительных к конкретным фитоэктистероидам.

Л. Дайненом (Dinan, 1998) установлено, что гусеницы видов моно- и олигофагов, питающихся не содержащими экдистероиды растениями, отторгают пищу, в которую добавлен 20-гидроксиэкдизон в очень низкой концентрации. Во вторую категорию попали гусеницы видов олигофагов, которые в природе питаются растениями, содержащими значительную долю экдистероидов. Эти виды чешуекрылых устойчивы к низким концентрациям экдистероидов в диете, но высокие концентрации приводят к нарушениям развития. К третьей группе чешуекрылых относятся виды – полифаги, круг кормовых растений которых включает большое количество видов с высоким содержанием фитоэкдистероидов. Гусеницы видов 3-й группы устойчивы к высоким концентрациям 20-гидроксиэкдизона в диете благодаря наличию у них различных механизмов детоксикации экзогенных экдистероидов, выработавшихся в процессе коэволюции. Согласно данным К.Г. Уфимцева и соавторов (Уфимцев, 2001), включение в состав экспериментальных питательных сред экстракта подземной фитомассы и суммы экдистероидов серпухи венценосной и воспитание на этих средах гусениц *Mamestra brassicae* L. и *Ostrima nubilalis* Hl. показало, что экдистероидсодержащие добавки оказывали сильное репеллентное и токсическое действие особенно на гусениц I возраста обоих видов чешуекрылых. Погружение гусениц мельничной огевки *Ephestia kühniella* последнего возраста в растворы экдистероидов различной концентрации, выделенных из подземной части серпухи венценосной, приводило к проявлению трех конкурирующих эффектов – токсического, адаптогенного и гормонального (Уфимцев, 2002). Проявление токсического и адаптогенного действия фитоэкдистероидов определялось величиной смертности гусениц по отношению к контролю, гормональный эффект определялся по количеству образовавшихся куколок и выходу имаго. Действие экдистероидов серпухи венценосной на развитие гусениц хлопковой совки (*Spodoptera littoralis*) проверялось при воспитании гусениц на искусственной питательной среде (Уфимцев, 2003, 2009). В результате установлено, что влияние диеты с содержанием 0,1 и 0,01% суммы экдистероидов, выделенных из подземной части серпухи венценосной, в состав которой входят 83,8% 20E, 12,7% 25S-инокостерона и 3,5% экдизона, проявляется в гибели 20% особей по сравнению с контролем и резком снижении плодовитости имаго. Оба эффекта свидетельствуют в пользу перспективы использования фитоэкдистероидов в качестве инсектицидов нового поколения, позволяющих регулировать численность насекомых-фитофагов. Л. Дайнен (1998) считал, что трудно предвидеть как очищенные экдистероиды могут быть использованы в качестве средства для борьбы с насекомыми, но они представляют значительный интерес при использовании их в качестве аналогов соединений нестероидной приро-

ды, например, диацилгидразинов. Дело в том, что хотя среди насекомых имеются отдельные виды весьма чувствительные к фитостероидам, все же к настоящему времени значительное число их сумело адаптироваться к этим веществам.

Таким образом, в настоящее время в биологической регуляции численности насекомых-вредителей достаточно широко используются экдистероидсодержащие экстракты растений, обладающие пестицидным характером действия.

Следует отметить, что в практике сумма фитостероидов, а также отдельно выделенные соединения применяются для повышения жизнеспособности лабораторных культур и полезных насекомых. Согласно данным М.С. Мороза (2001, 2000, 1999, 2000), внесение в условиях температурного стрессового эффекта в диету кольчатого, непарного и дубового шелкопрядов оптимальных доз фитостероидов из соцветий *Serratula inermis* улучшает жизнеспособность гусениц, повышает продуктивность шелкопрядов, увеличивает активность фосфатазы и эстеразы в гемолимфе куколок. Это имеет практическое значение при разведении китайского дубового шелкопряда с целью получения шелковой продукции и биологически активных веществ из его куколок (Аретинская, 2005). Увеличение массы яиц в кладках самок дубового шелкопряда под воздействием фитостероидов согласуется с результатами исследований влияния экзогенного 20-гидроксиэкдизона на мутантных особей *giant egg* у *Bombyx mori* (Kawagushi Yutaka, 1994). Авторы исследований утверждают, что в результате инъекции куколкам-самкам экзогенного 20-гидроксиэкдизона опытные бабочки тутового шелкопряда откладывали более крупные яйца, которые по массе превышали контрольные. Действие гормона заключалось в том, что в результате происходила гипертрофия фолликулярных эпителиальных клеток у мутантов тутового шелкопряда, но количество их не увеличивалось. Левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides*) синтезирует более 50 индивидуальных фитостероидов (Балтаев, 1987). Известно, что комплексные экдистероидсодержащие субстанции обладают значительно более высокой активностью, чем химически изолированные соединения (Зеленков и др., 2001). Сравнительная биологическая активность экдистероидсодержащих растений рода *Serratula* и *Rhaponticum* изучалась Ш.Г. Ганиевым (Ганиев, 1980) в биотестах по индуцированию окукливания личинок насекомых *Musca domestica* L. и *Califora erythroserhala* Mg.

Применение стероидного гормона эпибрассинолида в концентрации 0,2 мг/л оказывает стимулирующее действие на половую систему пчелиной матки, увеличивает продолжительность жизни рабочих пчел, приводит к более интенсивному развитию семей (Бойценок, 2000, 2001).

К числу физиологических приемов регулирования роста и развития насекомых относится применение различных минеральных соединений (Черныш, 1982; Синицкий, 1983; Аретинская, 1991). Для нормального роста и развития насекомых-фитофагов не менее важное значение, чем органические, имеют минеральные компоненты листа кормового растения. Но минеральный состав корма неодинаков и при избыточном поступлении какого-нибудь одного элемента в организме животного может возникнуть избыток одних и недостаток других минеральных соединений, что может привести к нарушению обмена веществ в целом. Поэтому для оптимального функционирования различных органов, а также для роста и развития организма нужен определенный баланс между различными элементами. Достоверно известно, что из минеральных компонентов пищи наибольшее значение в обмене веществ насекомого имеют макроэлементы Ca, Mg, P, K (Тыщенко, 1976).

Установлено, что недостаток калия и кальция в листьях шелковицы может привести к чрезмерному напряжению буферных систем организма и к сдвигу активной реакции в кишечнике и тканях дубового и тутового шелкопрядов в кислую сторону (Арсеньев, 1951). При недостатке фосфора и калия в листьях цветной капусты и турнепса наблюдалось уменьшение массы и задержка окукливания гусениц капустной белянки, а также снижение численности персиковой тли при нехватке фосфорных соединений в корме (Barker, 1951; Watson, 1964). Известна положительная роль фосфорных соединений для развития младших возрастов гусениц *Ostrinia nubilalis* и *Laspeyresia strobiliella* (Bakke, 1969; Cannon, 1966). Повышение численности *Tetranichus telarius* на яблоне происходило при фосфорных подкормках садов (Rodrigues, 1951). В ряде работ (Luginbüll, 1954; Singh, 1964 и др.) отмечено увеличение поврежденности озимой пшеницы хлебным пилильщиком и кукурузы гусеницами *Chilo zonellus* и *Sesamia inferens* при увеличении доз фосфорных удобрений. При содержании гусениц *Manduca sexta* на искусственной и естественной (листья *Datura wrightii*) диетах (приблизительно 0,20, 0,50 и 1,2% фосфора к сухому весу) вызывает значительное увеличение скорости роста, а также сокращение времени до последней линьки (Percins Marc, 2004). Повышению питательных свойств листьев шелковицы для тутового шелкопряда способствует внесение калийных удобрений (Sarnacka, 1968; Satoshi, 1969). Известны случаи снижения численности персиковой тли при недостатке калия и увеличение плодовитости при повышении его содержания в растениях (Barker, 1951). Аналогичные сведения приводят и другие авторы (Le Roux, 1954; Michel, 1963; Xydias, 1964; Wooldridge, 1968; Струков, 1963) в отношении паутиного клеща, соснового долгоносика и гессенской мухи. При отсутствии кальция в корме насеко-

мые очень плохо развиваются. В присутствии магния в соке растений у розанной тли увеличивается количество крылатых особей (Clark, 1958). Также в литературе имеются данные об отрицательном воздействии повышенного содержания минеральных соединений в кормовых растениях на развитие насекомых. Установлено, что избыточное содержание кальция в корме приводит к расстройству дыхания и повышенной смертности непарного шелкопряда (Merker, 1961). Питание саранчевых растительностью с повышенным содержанием калия уменьшает их двигательную активность (Hoyle, 1954; Chapman, 1958). Повышенные дозы фосфорных соединений снижают выживаемость, плодовитость и скорость развития насекомых (Персин, 1970а). Известно также отрицательное влияние повышенных доз калийных удобрений для капустной белянки, капустной тли и персиковой тли (Бобинская, 1953; El-Tigani, 1962; Мегалов, 1963; Носырев, 1969; Афолина, 1980).

Вопрос о влиянии микроэлементов на рост и развитие насекомых находится на начальной стадии изучения. Установлено, что при добавлении в искусственную диету *Bombux mori* цитрата титана (6,7–52,2 мг/кг) не вызывало ускорения их роста и развития. Добавление в диету редкоземельных элементов (церия и лантана) в дозе 17,4–141,6 мг/кг отмечено слабое ингибирование роста и развития насекомого. Явное ускорение роста и развития гусениц вызывало добавление 1% фосфата железа (2400 мг железа на кг диеты) (Zahng Guozheng, 1996). При скармливании гусеницам *Antheraea proylei* листьев *Quercus serrata*, обработанных сульфатом аммония (5 мМ), показано, что экономические и коммерческие показатели гусениц и коконов превосходили таковые на контроле (Grosh Mrinal, 1996). Потребление гусеницами *Bombux mori* листа шелковицы (*Morus spp.*), который обрабатывали препаратом «Seriboost» (в концентрации 2,0, 2,5 и 3,0 мл/л), содержащим микроэлементы, выход коконов возрастал при концентрации препарата 2,5 мл/л и 12,14%. При этом увеличивалось абсолютное содержание шелка (Singvi, 2001). При подкормке шелковицы (*Morus alba L.*) хлоридом кадмия дозами более 20 мг/кг проявлялась четкая тенденция ухудшения питательных достоинств листьев (Prince, 2002). Подкормка гусениц тутового шелкопряда селенитом натрия в микродозах способствует увеличению урожайности коконов, шелконосности, средней массы коконов и выходу шелка-сырца (Бакиров, 1981; Ахмедов, 1976). Обработка грены (яиц) тутового шелкопряда фосфорорганическими соединениями в микродозах в третий день инкубации в течение 24 часов положительно влияет на биологические показатели коконов – возрастает их масса и шелконосность на 2,45% по сравнению с контролем (Сулейманов, 1980). Опрыскивание листьев шелковицы для тутового шелкопряда 0,4%-ным раствором препарата хлор-

но-кислого магния повышает питательную ценность корма и приводит к повышению жизнеспособности культуры (Мирзакасимов, 1994).

В последние годы в связи с интенсивным антропогенным прес-сом на окружающую среду жизнеспособность культур насекомых значительно снижается. Работы по испытанию специально разработанных биологически активных комплексных добавок, содержащих макро- и микроэлементы проводятся на культурах тутового, дубового и непарного шелкопряда, пчел (Маркина, 1998, 1999, 2000; Мухина, 2000; Петрова, 1999; Литвин, 2000; Saha Birendo Nath, 2004; Gakhokidze, 2004; Мельник, 2006; Савченко, 1999; Mladenovic, 1999), при этом отмечена их высокая эффективность в развитии культур насекомых. Для повышения жизнеспособности дубового шелкопряда на Украине используются комплексы минеральных соединений (Аретинська и соавт., 2008; Денисова и соавт., 2008).

Таким образом, на современном этапе развития энтомологии для регуляции численности насекомых активно применяются экстракты растений и минеральные препараты, поэтому исследования в данном направлении представляются актуальными и практически ценными.

5.2. Стимулирование продуктивности дубового шелкопряда путем обработки грены экстрактами почек березы и коры дуба

Для разведения китайского дубового шелкопряда в условиях Беларуси необходимо расширение его кормовой базы, так как дубовые насаждения в республике ограничены, поэтому дубовый шелкопряд разводится на березе бородавчатой вместо дуба черешчатого, который является ценной древесной породой и на северо-востоке Беларуси произрастает в ограниченных количествах.

Но жизнеспособность дубового шелкопряда на новых кормовых растениях понижается по сравнению с оптимальным кормовым растением – дубом черешчатым на 15,0–20,0% (Денисова, 2002; Соболев, 1989). Поэтому необходимы поиски приемов и способов подъема жизнеспособности дубового шелкопряда при кормлении его гусениц листом березы. Кроме этого, применение метода обеззараживания грены 4%-ным раствором формалина с добавлением 0,1% раствора NaOH в течение 5 минут уничтожает возбудителей болезней, которые могут иметься на ее скорлупе, но понижает процент оживления грены (Синицкий, 1952). Поэтому, в условиях Беларуси мы решили использовать другой метод, разработанный украинскими коллегами – обработку грены экстрактом коры дуба в течение 20–30 минут, который эффективно обеззараживает грену и повышает жизнеспособность зародышей при выкормке гусениц на дубе черешчатом (Аретинська,

1997). Следует отметить, что мы решили опробовать свой еще не применявшийся способ – обработку грены экстрактом почек березы повислой.

Для ответа на вопрос, как проявят себя эти способы на березе в Беларуси, мы обработали грену дубового шелкопряда согласно предложенной методике и проследили значения основных показателей развития и биологической продуктивности. Применение различных биологически активных соединений для подъема жизнеспособности зоокультур является общебиологической практикой (Тамарина, 1990). Применение экстрактов растений при разведении культур насекомых в настоящее время получает все большее значение. Например, патентуется состав, включающий растительные экстракты для выращивания мух *Lucilia*, *Sarcophaga*, *Calliphora* (Mehlhorn et al, 2005). При добавлении экстракта растения *Ganoderma lucidum* в питательную среду для личинок дрозофилы отмечено, что отрождение мух происходило быстрее, а численность их потомства была выше, чем на контрольной среде (Yi Hui-lian, Gao Cui-lian, 2000).

Новый способ обработки грены экстрактом почек березы повислой дал хорошие результаты (таблица 5.1) по показателям оживления грены и выживаемости гусениц в вариантах экспозиции 20–30 минут по сравнению с контролем (Седловская и соавт., 2010; Седловская, 2010).

Воздействие экстракта приводит к возрастанию выживаемости грены на 16,0%, гусениц – на 43,0% по сравнению с контролем. Следовательно, биологически активные вещества экстракта почек березы достаточно эффективно обеззараживают грену и повышают жизнеспособность зародышей.

Таблица 5.1 – Влияние обработки грены водным экстрактом почек березы повислой на оживление грены и выживаемость гусениц дубового шелкопряда

Варианты экспозиции	Оживление грены, %	Выживаемость гусениц абсолютная, % к контролю	Выживаемость гусениц относительная, % к контролю
5 мин	89,05 ± 1,35*	68,33 ± 1,33*	108,3
10 мин	92,98 ± 1,03*	31,92 ± 1,71*	129,8
20 мин	96,32 ± 1,50*	90,61 ± 1,73*	143,6
30 мин	96,12 ± 1,53*	89,71 ± 1,96*	142,2
Контроль	80,33 ± 1,85	63,11 ± 1,46	100,0

*P < 0,05

Изучение продолжительности развития гусениц дубового шелкопряда имеет важное значение, так как срок развития гусениц определяет собой сроки выкормки и уровень материальных затрат. Поэтому сокращение периода выкормки гусениц при использовании экстракта почек березы почти на 5 дней имеет важное экономическое значение. Анализ данных, приведенных в таблице 5.2, показывает, что ускорение развития гусениц происходит, в основном, за счет сокращения сроков развития гусениц старших возрастов по сравнению с контролем.

Таблица 5.2 – Продолжительность развития гусениц дубового шелкопряда березовой кормовой линии после обработки грены водным экстрактом почек березы повислой

Возраст гусениц	Варианты экспозиции				Контроль
	5 мин	10 мин	20 мин	30 мин	
I возраст	7,22 ± 0,03	7,30 ± 0,05	7,34 ± 0,02	7,45 ± 0,15	8,42 ± 0,12
II возраст	7,71 ± 0,09	7,33 ± 0,02	7,63 ± 0,04	7,81 ± 0,09	8,85 ± 0,24
III возраст	9,83 ± 0,07	9,92 ± 0,06	8,95 ± 0,05	9,54 ± 0,11	8,24 ± 0,31
IV возраст	13,64 ± 0,21	12,94 ± 0,23*	12,54 ± 0,17*	12,61 ± 0,31*	13,68 ± 0,24
V возраст	21,72 ± 0,15*	21,84 ± 0,14*	20,68 ± 0,11*	20,32 ± 0,25*	23,38 ± 0,45
Весь период развития, сут.	60,12 ± 1,13*	59,33 ± 1,08*	57,14 ± 0,42*	57,73 ± 0,54*	62,57 ± 1,12

*P < 0,05

Питание определяет ход метаболизма и влияет на целый ряд жизненно важных функций насекомых, как то: плодовитость, уровень накопления депонированных веществ, скорость развития, смертность, выживаемость потомства и т.д. (Радкевич, 1980; Тыщенко, 1976). Ход процессов переваривания, усвоения и использования пищи на рост насекомых отражают индексы питания: коэффициент утилизации корма (КУ); эффективность использования потребленного корма на рост (ЭИП); эффективность использования усвоенного корма на рост (ЭИУ) (Тыщенко, 1976; Scriber, Feeny, 1979).

Наблюдение за питанием гусениц показало (таблица 5.3), что после воздействия экстракта на грену лист березы гусеницами усваивается лучше по сравнению с контролем, где грена не обрабатывалась.

Так, в вариантах экспозиции 20–30 минут количество потребленного корма мало отличается от контроля за весь период развития, но усвояемость потребленного корма достоверно повышается по отношению к контролю. Превышение этого варианта воздействия над контролем достигает в среднем на 10,0% при сравнении коэффициентов утилизации.

Таблица 5.3 – Потребление и утилизация корма гусеницами дубового шелкопряда березовой кормовой линии после обработки грены экстрактом почек березы повислой

Варианты экспозиции	Съедено корма, г сухой массы/экз.	Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)
5 мин	26,55 ± 0,56	10,35 ± 0,06	38,84 ± 1,23
10 мин	26,91 ± 0,85	10,81 ± 0,02	40,16 ± 1,25*
20 мин	27,33 ± 0,34	12,72 ± 0,15*	47,11 ± 0,51*
30 мин	27,09 ± 0,29	12,23 ± 0,09*	45,18 ± 1,82*
Контроль	26,84 ± 0,77	9,73 ± 0,01	36,22 ± 0,95

*P < 0,05

Анализ значений индексов питания (ЭИП и ЭИУ) показывает (таблица 5.4), что у гусениц варианта воздействия (20–30 минут) эффективность использования потребленного корма на прирост массы выше по сравнению с контролем на 12,3%. Эффективность использования усвоенного корма на прирост массы гусениц (ЭИУ) также достоверно превышает контроль и повышается в среднем на 7,8%.

Таблица 5.4 – Эффективность использования пищи на прирост массы гусениц дубового шелкопряда березовой кормовой линии после обработки грены экстрактом почек березы повислой

Варианты экспозиции	Эффективность использования пищи на прирост массы, % (средние данные за гусеничный период)	
	потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
5 мин	35,23 ± 0,64	65,78 ± 0,86
10 мин	38,25 ± 1,25	70,69 ± 1,32
20 мин	50,00 ± 1,72*	77,69 ± 1,25*
30 мин	47,81 ± 1,12*	75,02 ± 1,55*
Контроль	36,57 ± 0,93	68,60 ± 1,42

*P < 0,05

Таким образом, количество потребленного гусеницами корма не отличается от контроля, а эффективность его усвоения и использования на рост и развитие превышает контрольные показатели. Об этом свидетельствуют также данные о ходе накопления зоомассы гусеницами дубового шелкопряда.

Согласно данным таблицы 5.5, масса гусениц в варианте экспозиции 20–30 минут возрастает и к концу развития примерно на 9,5% превышает контрольный показатель. Полученные данные, вероятно, можно объяснить биохимическим составом корма в сочетании со стимулирующим эффектом экстракта. По данным С.И. Денисовой (Доль-

ник, 1978), лист березы характеризуется достаточно высоким содержанием жиров и углеводов.

Таблица 5.5 – Динамика массы гусениц дубового шелкопряда березовой кормовой линии после обработки грены водным экстрактом почек березы повислой

Возраст гусениц	Варианты экспозиции				Контроль
	5 мин	10 мин	20 мин	30 мин	
I возраст	0,008 ± 0,001	0,008 ± 0,001	0,008 ± 0,001	0,008 ± 0,001	0,008 ± 0,001
II возраст	0,049 ± 0,003	0,050 ± 0,005	0,055 ± 0,004	0,051 ± 0,003	0,049 ± 0,002
III возраст	0,265 ± 0,015	0,270 ± 0,011	0,285 ± 0,031	0,278 ± 0,025	0,255 ± 0,011
IV возраст	1,29 ± 0,03	1,30 ± 0,05	1,40 ± 0,09*	1,35 ± 0,06*	1,26 ± 0,04
V возраст	4,45 ± 0,07	4,58 ± 0,11	5,48 ± 0,15*	4,95 ± 0,10*	4,38 ± 0,09
Перед окукливанием	15,12 ± 0,64	15,31 ± 0,43	16,19 ± 0,21*	15,64 ± 0,32*	14,39 ± 0,53

*P < 0,05

Избыток углеводов в листьях березы предохраняет белки от использования их на энергетические потребности организма, что приводит к более экономичному использованию гусеницами белковых соединений. Можно предположить, что воздействие экстракта привело к возрастанию уровня содержания белковых соединений в гемолимфе гусениц, о чем свидетельствуют данные о динамике массы, по сравнению с контролем и, следовательно, должно повлиять и на качество коконов шелкопряда. Как видно из таблицы 5.6, в вариантах экспозиции 20–30 минут при питании листом березы масса коконов на 12,0% выше, масса шелковой оболочки – на 28,6%, а шелконосность – на 3,6% по сравнению с контролем.

Таблица 5.6 – Характеристика коконов дубового шелкопряда, полученных после обработки грены водным экстрактом почек березы повислой

Показатели	Варианты экспозиции				Контроль
	5 мин	10 мин	20 мин	30 мин	
Масса кокона, г (♀)	7,16 ± 0,05	7,35 ± 0,03*	7,75 ± 0,07*	7,64 ± 0,08*	7,04 ± 0,05
Масса кокона, г (♂)	5,22 ± 0,03*	5,16 ± 0,05*	5,71 ± 0,04*	5,68 ± 0,03*	4,86 ± 0,02
Масса шелковой оболочки, г (♀)	0,73 ± 0,03	0,79 ± 0,01	0,98 ± 0,01*	0,95 ± 0,02*	0,73 ± 0,01

Масса шелковой оболочки, г (♂)	0,61 ± 0,02	0,66 ± 0,01*	0,82 ± 0,03*	0,81 ± 0,01*	0,56 ± 0,01
Шелконосность коконов, % (♀)	10,21 ± 0,12	10,74 ± 0,13	13,94 ± 0,28*	12,43 ± 0,31*	10,36 ± 0,15
Шелконосность коконов, % (♂)	11,49 ± 0,15	12,79 ± 0,12	15,04 ± 0,25*	14,08 ± 0,16*	11,52 ± 0,08

*P < 0,05

Нами также было установлено, что при воздействии биологически активных веществ экстракта почек березы наблюдается увеличение массы куколок и плодовитости бабочек (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Плодовитость бабочек дубового шелкопряда березовой кормовой линии после обработки грены водным экстрактом почек березы повислой

Показатели	Варианты экспозиции				Контроль
	5 мин	10 мин	20 мин	30 мин	
Масса куколок, г (♀)	6,43 ± 0,14	6,56 ± 0,17	6,77 ± 0,19*	6,69 ± 0,22*	6,31 ± 0,25
Масса куколок, г (♂)	4,61 ± 0,18*	4,50 ± 0,25*	4,89 ± 0,14*	4,87 ± 0,13*	4,30 ± 0,11
Плодовитость фактическая, шт.	204,13 ± 5,22	210,16 ± 5,36*	225,72 ± 5,51*	214,43 ± 5,64*	196,45 ± 5,23

*P < 0,05

Масса куколок на березе в вариантах экспозиции 20–30 минут на 9,5% выше, чем в контроле, а фактическая плодовитость бабочек после воздействия экстракта на 13,0% превышает контрольный показатель.

Суммируя все вышесказанное, можно сделать вывод о том, что биологически активные вещества экстракта почек березы при воздействии на грену дубового шелкопряда в течение 20–30 минут оказывают стимулирующее влияние на рост и развитие насекомого, что подтверждается сокращением продолжительности гусениц, возрастанием процента оживления грены и гусениц, повышением эффективности использования корма, улучшением качества коконов и увеличением плодовитости бабочек. Результаты исследования запатентованы. Патент № 25134, Украина.

Применение для обработки грены шелкопряда экстракта коры дуба дало хорошие результаты (таблица 5.8). Анализ результатов применения обработки грены водным экстрактом коры дуба при выращивании гусениц на срезанных ветвях березы как наиболее перспективного кормового растения дубового шелкопряда в Беларуси показал, что предложенный способ повысил шелконосность коконов самок на 3,83%, самцов – на 3,80% по сравнению с контролем (вариант опыта – 20 мин).

Таблица 5.8 – Влияние обработки грены водным экстрактом коры дуба черешчатого на жизнеспособность и продуктивность дубового шелкопряда

Кормовое растение	Показатель	Варианты экспозиции, мин				Контроль (необработанная гrena)
		5	10	20	30	
Береза	Оживление грены, %	90,53 ± 1,52	92,41 ± 1,36*	97,12 ± 1,62*	95,69 ± 1,25*	80,45 ± 1,44
	Выживаемость гусениц абсолютная, % к контролю	72,90 ± 2,51*	84,45 ± 1,95*	93,18 ± 1,33*	91,83 ± 1,51*	63,15 ± 1,41
	Выживаемость гусениц относительная, % к контролю	115,4	133,7	147,6	145,4	100,0
	Масса кокона, г (самки)	7,46 ± 0,10	7,52 ± 0,12	8,25 ± 0,31*	8,21 ± 0,11*	7,13 ± 0,21
	Масса кокона, г (самцы)	5,34 ± 0,16	5,67 ± 0,11	6,05 ± 0,22*	6,10 ± 0,37*	4,89 ± 0,25
	Масса шелковой оболочки, г (самки)	0,78 ± 0,04	0,91 ± 0,02*	1,15 ± 0,07*	1,15 ± 0,10*	0,72 ± 0,02
	Масса шелковой оболочки, г (самцы)	0,66 ± 0,03*	0,78 ± 0,02*	0,91 ± 0,03*	0,87 ± 0,04*	0,55 ± 0,03
	Шелконосность коконов, % (самки)	10,45 ± 0,23	12,11 ± 0,12*	12,64 ± 0,10*	14,01 ± 0,25*	10,11 ± 0,26
Шелконосность коконов, % (самцы)	12,35 ± 0,14	13,75 ± 0,25*	14,36 ± 0,26*	14,26 ± 0,26*	11,24 ± 0,14	

*P < 0,05

Данные, приведенные в таблице 5.8, свидетельствуют также о том, что обработка грены шелкопряда водным экстрактом коры дуба с экспозицией 20 мин обеспечила высокий уровень оживления грены, который вырос по сравнению с контролем на 15,3%. Наблюдалось также значительное увеличение массы коконов самок на 13,5%, самцов – на 20,0% по сравнению с контролем. При применении 5–10-минутной экспозиции экстракта на грену шелкопряда вышеуказанные показатели были выше контрольных, но ниже чем при 20–30 минутной экспозиции (Седловская, 2009). На березе применение экстракта почек березы повислой увеличивает шелконосность коконов самок на 1,3%, шелконосность коконов самцов – на 1,68% по сравнению с обработкой грены экстрактом коры дуба. Таким образом, оба способа обработки грены дубового шелкопряда, опробованные в Беларуси, эффективны, так как приводят к увеличению выживаемости шелкопряда и возрастанию его продуктивности на нетрадиционном кормовом растении – березе.

5.3. Рост и развитие дубового шелкопряда после обработки корма для гусениц экстрактом левзеи сафлоровидной

Известно, что комплексные экидистероидсодержащие субстанции обладают значительно более высокой активностью, чем химически изолированные соединения (Зеленков и соавт., 2001). Известно, что левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides*) является богатым источником фитоэкидистероидов (Карусевич и соавт., 2007; Тимофеев, 2003, 2004), которые в оптимальных дозах оказывают стимулирующее влияние на рост и развитие организмов. Согласно результатам исследований М.С. Мороза и соавторов (1999, 2000, 2001), внесение в диету кольчатого, непарного и дубового шелкопрядов оптимальных доз фитоэкидистероидов из соцветий *Serratula inermis* улучшает жизнеспособность гусениц, повышает продуктивность шелкопрядов, увеличивает активность фосфатазы и эстеразы в гемолимфе куколок.

Согласно данным С.И. Денисовой (2002), лист березы бородавчатой уступает по питательной ценности листу дуба черешчатого, который является полноценным кормовым растением по содержанию необходимых компонентов питания для нормального роста и развития дубового шелкопряда. Но дуб – ценная древесная порода и запасы ее в Беларуси ограничены, тогда как запасы березы значительны, причем это быстрорастущая порода. Поэтому применение биостимуляторов для лучшего усвоения листа этого перспективного растения достаточно актуально в целях получения ценного материала – куколок дубового шелкопряда и шелковой оболочки коконов.

Поэтому мы решили опробовать, как повлияют экстракты из листьев левзеи сафлоровидной 0,001% и 0,0001% концентраций, полученные на кафедре фармакогнозии и ботаники ВГМУ (Карусевич и соавт., 2007), на биологические показатели развития дубового шелкопряда на нетрадиционном кормовом растении – березе бородавчатой в условиях Беларуси.

Проводили обработку корма методом опрыскивания веток березы в начале каждого возраста водными экстрактами левзеи сафлоровидной 0,001% и 0,0001% концентраций объемом 2 мл из расчета на 20 г кормового растения. Корм для насекомых контрольного варианта в этот же период обрабатывали водой.

По данным таблицы 5.9, после потребления корма, обработанного экстрактом левзеи 0,001% концентрации (1 вариант), продолжительность развития гусениц составила 58 суток – на 6 суток меньше, чем в контроле. Это произошло за счет сокращения периода активного питания на 3 суток, периода сна – на 2 суток и линьки – на 1 сутки по сравнению с контролем.

А гусеницы, которые потребляли лист березы, обработанный 0,0001% экстрактом левзеи (2 вариант), развивались 57 суток – на 7 суток меньше, чем в контроле, за счет сокращения периода активного питания на 5 суток, периода сна и линьки – на 1 сутки. Сравнение темпов развития дубового шелкопряда под воздействием экстрактов 0,001% и 0,0001% концентраций, показало, что в двух вариантах опыта продолжительность развития гусениц существенно не отличается. Следовательно, можно предположить, что попадание в организм дубового шелкопряда микродоз фитостероидов вместе с кормом способствует ускорению развития гусениц.

Наблюдение за питанием гусениц показало (таблица 5.10), что количество съеденного корма сырой массы в 1 варианте опыта гусеницами на 6,3 г меньше, чем в контроле. При этом отмечено повышение эффективности утилизации корма (КУ) гусеницами на 3,3% по сравнению с контролем.

Количество потребленного гусеницами корма сырой массы во 2 варианте опыта на 8,2 г меньше, чем в контроле, а эффективность его утилизации (КУ) на 5,7% выше контроля.

Сравнение индексов питания дубового шелкопряда в двух вариантах опыта после потребления корма, обработанного экстрактами левзеи сафлоровидной, показало, что во 2 варианте опыта (обработка листа березы 0,001% экстрактом) в течение всего периода развития гусеницы съели корма сырой массы в среднем на 2 г меньше и утилизировали его с большей эффективностью (КУ) на 2,4%, чем в 1 варианте опыта (обработка листа березы 0,0001% экстрактом).

Таблица 5.9 – Продолжительность развития гусениц дубового шелкопряда после воздействия экстрактов левзеи сафлоровидной

Вариант опыта	Возраст гусениц	Продолжительность развития, сут.			
		Период активного питания	Сон	Линька	Всего
Опрыскивание листа березы 0,001% экстрактом	Л ₁	5,74 ± 0,17	1,27 ± 0,09	1,12 ± 0,10	8,13 ± 0,13
	Л ₂	6,12 ± 0,19	1,15 ± 0,08	1,23 ± 0,07	8,50 ± 0,10
	Л ₃	5,32 ± 0,11	1,35 ± 0,07	1,31 ± 0,03	7,98 ± 0,17
	Л ₄	9,15 ± 0,12	1,47 ± 0,03	1,35 ± 0,02	11,97 ± 0,20
	Л ₅	17,06 ± 0,33	2,16 ± 0,04	2,32 ± 0,08	21,54 ± 0,51
	Всего	43,39 ± 0,91*	7,40 ± 0,22	7,33 ± 0,15	58,12 ± 1,12*
Опрыскивание листа березы 0,0001% экстрактом	Л ₁	5,32 ± 0,11	1,21 ± 0,04	1,12 ± 0,03	7,65 ± 0,12
	Л ₂	6,17 ± 0,13	1,44 ± 0,03	1,32 ± 0,03	8,93 ± 0,19
	Л ₃	5,14 ± 0,18	1,46 ± 0,07	1,38 ± 0,07	7,98 ± 0,37
	Л ₄	8,21 ± 0,21	1,64 ± 0,09	1,61 ± 0,09	11,46 ± 0,21
	Л ₅	16,61 ± 0,30	2,33 ± 0,13	2,41 ± 0,10	21,35 ± 0,34
	Всего	41,52 ± 0,45*	8,08 ± 0,23	7,84 ± 0,19	57,44 ± 1,03*
Контроль (опрыскивание листа березы дистиллированной водой)	Л ₁	6,11 ± 0,17	2,05 ± 0,06	1,15 ± 0,07	9,31 ± 0,15
	Л ₂	6,42 ± 0,11	1,25 ± 0,02	1,27 ± 0,04	8,94 ± 0,24
	Л ₃	5,58 ± 0,25	1,52 ± 0,12	1,25 ± 0,03	8,35 ± 0,40
	Л ₄	9,71 ± 0,04	1,77 ± 0,07	2,30 ± 0,15	13,78 ± 0,22
	Л ₅	18,35 ± 0,37	2,52 ± 0,09	2,81 ± 0,11	23,68 ± 0,54
	Всего	46,17 ± 0,81	9,11 ± 0,36	8,78 ± 0,16	64,06 ± 1,12

*P ≤ 0,05

Таблица 5.10 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда под влиянием экстрактов левзеи сафлоровидной

Вариант опыта	Возраст гусениц	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)
		сырая масса	сухая масса		
Опрыскивание листа березы 0,001% экстрактом	Л ₁	0,12 ± 0,04	0,048 ± 0,003	0,044 ± 0,004	91,67 ± 0,57*
	Л ₂	0,67 ± 0,06	0,268 ± 0,005	0,173 ± 0,004	64,55 ± 0,47
	Л ₃	3,25 ± 0,11	1,30 ± 0,05	0,75 ± 0,06	57,69 ± 0,34*
	Л ₄	11,54 ± 0,13	5,34 ± 0,06	2,16 ± 0,08	40,45 ± 0,21
	Л ₅	44,38 ± 0,21*	17,75 ± 0,11	6,25 ± 0,10	35,23 ± 0,15
	Итого	59,96	24,71	9,38	37,96
Опрыскивание листа березы 0,0001% экстрактом	Л ₁	0,115 ± 0,009	0,046 ± 0,004	0,042 ± 0,002	91,30 ± 0,62*
	Л ₂	0,71 ± 0,04	0,284 ± 0,005	0,171 ± 0,005	60,21 ± 0,55
	Л ₃	3,65 ± 0,09	1,46 ± 0,04	0,71 ± 0,05	48,63 ± 0,51
	Л ₄	12,17 ± 0,12	4,87 ± 0,06	2,33 ± 0,07	47,84 ± 0,43*
	Л ₅	41,43 ± 0,26*	16,57 ± 0,13*	6,12 ± 0,09	36,93 ± 0,31
	Итого	58,08	23,23	9,37	40,34
Контроль (опрыскивание листа березы дистиллированной водой)	Л ₁	0,125 ± 0,007	0,050 ± 0,004	0,043 ± 0,003	86,15 ± 0,51
	Л ₂	0,69 ± 0,05	0,276 ± 0,003	0,168 ± 0,002	60,87 ± 0,42
	Л ₃	3,81 ± 0,13	1,52 ± 0,07	0,73 ± 0,04	48,03 ± 0,36
	Л ₄	13,41 ± 0,17	5,36 ± 0,09	2,12 ± 0,05	39,55 ± 0,27
	Л ₅	48,25 ± 0,32	19,30 ± 0,14	6,12 ± 0,07	31,71 ± 0,19
	Итого	66,29	26,51	9,18	34,63

*P ≤ 0,05

Данные таблицы 5.11 отражают изменения эффективности использования корма дубовым шелкопрядом на прирост массы. При питании листом березы, обработанным экстрактом левзеи сафлоровидной 0,001% концентрации, гусеницы использовали потребленный корм на прирост массы (ЭИП) на 3,4% лучше, чем в контроле, а усвоенный корм использовали на прирост массы (ЭИУ) на 3,0% с большей эффективностью по сравнению с контролем.

Таблица 5.11 – Эффективность использования пищи на прирост зоомассы гусениц дубового шелкопряда под влиянием экстрактов левзеи сафлоровидной

Вариант опыта	Возраст гусениц	Эффективность использования на прирост массы, %	
		потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Опрыскивание листа березы 0,001% экстрактом	Л ₁	56,23 ± 0,54*	61,36 ± 0,37*
	Л ₂	44,03 ± 0,46	68,21 ± 0,34
	Л ₃	39,25 ± 0,33*	68,03 ± 0,43
	Л ₄	34,45 ± 0,31	85,18 ± 0,48*
	Л ₅	28,91 ± 0,23	82,08 ± 0,53
	Итого	30,49 ± 0,43*	81,34 ± 0,78*
Опрыскивание листа березы 0,0001% экстрактом	Л ₁	64,34 ± 0,32*	70,47 ± 0,29*
	Л ₂	46,47 ± 0,28	77,19 ± 0,33*
	Л ₃	39,85 ± 0,23*	81,69 ± 0,45*
	Л ₄	40,64 ± 0,41*	84,97 ± 0,47*
	Л ₅	33,42 ± 0,26	90,52 ± 0,54*
	Итого	35,60 ± 0,51*	88,26 ± 0,81*
Контроль (опрыскивание листа березы дистиллированной водой)	Л ₁	40,07 ± 0,45	46,51 ± 0,25
	Л ₂	40,58 ± 0,35	66,67 ± 0,28
	Л ₃	31,75 ± 0,31	65,75 ± 0,34
	Л ₄	30,03 ± 0,23	75,94 ± 0,41
	Л ₅	25,75 ± 0,15	81,21 ± 0,48
	Итого	27,12 ± 0,63	78,32 ± 0,89

*P ≤ 0,05

При питании шелкопряда кормом, который обрабатывали 0,0001% экстрактом левзеи, отмечено повышение эффективности использования потребленного корма на прирост зоомассы (ЭИП) у гусениц на 8,5% по сравнению с контролем, а эффективность использования усвоенного корма на прирост массы (ЭИУ) оказалась выше по сравнению с контролем на 10,0%.

Сравнение показателей питания дубового шелкопряда под воздействием 0,001% и 0,0001% экстрактов левзеи показало, что во 2 варианте опыта в течение всего периода развития КУ на 2,4% больше, эффективность использования потребленного (ЭИП) и усвоенного

(ЭИУ) корма на прирост зоомассы выше на 5,0% и 7,0% соответственно, чем в 1 варианте опыта. Из полученных данных можно сделать вывод о том, что во 2 варианте опыта (0,0001% экстракт) микродозы фитоэкдистероидов оказали наиболее положительное влияние на работу пищеварительной системы шелкопряда, что выражается в улучшении переработки и усвоения нетрадиционного для насекомого корма, о чем свидетельствуют более высокие значения индексов питания гусениц, чем в 1 варианте опыта (0,001% экстракт). Об этом свидетельствуют также данные о ходе накопления зоомассы (таблица 5.12).

Таблица 5.12 – Динамика массы гусениц дубового шелкопряда под влиянием экстрактов левзеи сафлоровидной

Масса гусениц, г										
Л ₁	при- рост	Л ₂	при- рост	Л ₃	при- рост	Л ₄	при- рост	Л ₅	при- рост	перед окукли- ванием
Опрыскивание листа березы 0,001% экстрактом										
0,007 ± 0,001	0,048 ± 0,003*	0,055 ± 0,004*	0,201 ± 0,006*	0,256 ± 0,03	1,03 ± 0,07	1,29 ± 0,07	3,49 ± 0,10	4,78 ± 0,12	9,74 ± 0,21	14,52 ± 0,37*
Опрыскивание листа березы 0,0001% экстрактом										
0,007 ± 0,001	0,066 ± 0,002*	0,073 ± 0,003*	0,22 ± 0,003*	0,29 ± 0,02*	1,17 ± 0,08*	1,47 ± 0,06	3,77 ± 0,09	5,24 ± 0,11	10,54 ± 0,35	15,78 ± 0,45*
Контроль (опрыскивание листа березы дистиллированной водой)										
0,007 ± 0,001	0,034 ± 0,002	0,041 ± 0,004	0,179 ± 0,007	0,22 ± 0,01	0,93 ± 0,03	1,15 ± 0,04	3,14 ± 0,02	4,29 ± 0,08	9,02 ± 1,01	13,31 ± 0,47

*P ≤ 0,05

Как видно из таблицы 5.12, после потребления корма, обработанного экстрактом 0,001% концентрации, масса гусениц возрастает и к концу развития примерно на 8,3% превышает контрольный показатель. А в опыте, где гусеницы питались кормом, который обрабатывали 0,0001% экстрактом, масса их увеличивается и перед окукливанием данный показатель на 15,5% больше по сравнению с контролем. Сравнение данных о ходе накопления массы гусеницами показало, что под воздействием 0,0001% экстракта масса гусениц в конце развития на 8,0% превышает таковую под влиянием 0,001% экстракта.

Из данных таблицы 5.13 следует, что в 1 варианте опыта, масса коконов, куколок и шелконосность мало отличаются от контроля. Во 2 варианте опыта масса коконов на 13,0% выше, чем в контроле, масса куколок – на 12,3%, а шелконосность больше почти на 1% по сравнению с контролем.

Таблица 5.13 – Характеристика коконов дубового шелкопряда под влиянием экстрактов левзеи сафлоровидной

Вариант опыта	Масса коконов, г	Масса куколок, г	Шелконосность, %
Опрыскивание листа березы 0,001% экстрактом	5,92 ± 0,16	5,27 ± 0,36	10,97 ± 0,15
Опрыскивание листа березы 0,0001% экстрактом	6,67 ± 0,11*	5,92 ± 0,17*	11,24 ± 0,06*
Контроль (опрыскивание листа березы дистиллированной водой)	5,80 ± 0,13	5,19 ± 0,25	10,52 ± 0,19

* $P \leq 0,05$

Анализ полученных результатов говорит о том, что 0,0001% экстракт левзеи сафлоровидной при контактно-кишечном воздействии в большей степени оказывает положительное влияние на процессы роста и развития дубового шелкопряда, чем 0,001% экстракт, что подтверждается более высокими значениями индексов питания гусениц в течение всего периода развития (КУ больше на 2,4%, (ЭИП) и (ЭИУ) выше на 5,0% и 7,0% соответственно) и достоверным увеличением биологической продуктивности насекомого (Седловская и соавт., 2009; Седловская, Карусевич, 2009).

5.4. Оценка влияния минеральных препаратов на развитие дубового шелкопряда

Выкормку гусениц дубового шелкопряда проводили на биологическом стационаре (д. Щитовка Сенненского района Витебской области) УО «ВГУ им. П.М. Машерова». Исследование влияния сложного дигидрофосфата марганца, магния и меди проводили на гусеницах дубового шелкопряда, кормовым растением которого была береза бородавчатая. Препарат получен от Украины коллегами из НАУ г. Киева. Проводили обработку корма методом опрыскивания листьев и настаивания веток перед скармливанием гусеницам на протяжении II–V возрастов. Концентрация водных растворов дигидрофосфата микроэлементов – 0,1%, 0,01%, 0,001%. Предварительные исследования показали, что сложный дигидрофосфат марганца, магния и меди оказывает существенное стимулирующее действие на жизнеспособность дубового шелкопряда в концентрации растворов 0,01% при настаивании и опрыскивании веток березы (таблица 5.14).

Настаивание веток березы в 0,01% растворе дигидрофосфата микроэлементов в течение суток непосредственно перед скармлива-

нием насекомым обеспечило повышение выживаемости гусениц на 18,8%, а потребление листа березы, который опрыскивали аналогичным раствором, повысило выживание гусениц на 10,0% по сравнению с контролем. Поэтому в дальнейших исследованиях мы использовали только эти концентрации: обработка веток березы 0,01% раствором сложного дигидрофосфата марганца, магния и меди.

Таблица 5.14 – Жизнеспособность гусениц дубового шелкопряда на березе в зависимости от концентрации водных растворов сложного дигидрофосфата марганца, магния, меди, %

Концентрация, %	Настаивание веток
0,1	70,61±1,20*
0,01	83,13±0,45*
0,001	68,37±1,12*
Контроль	64,35±0,52
Концентрация, %	Опрыскивание листьев
0,1	67,84±0,81*
0,01	73,54±0,71*
0,001	65,28±0,64*
Контроль	63,86±0,42

*P < 0,05

Изучение продолжительности развития гусениц дубового шелкопряда имеет важное значение, т.к. срок развития гусениц определяет собой сроки выкормки и уровень материальных затрат. Поэтому сокращение периода выкормки шелкопряда на 6 сут. (настаивание веток березы) и 4 сут. (опрыскивание листьев березы) имеет важное экономическое значение (таблица 5.15).

Таблица 5.15 – Продолжительность развития гусениц китайского дубового шелкопряда после обработки корма сложным дигидрофосфатом марганца, магния, меди, сут.

Вариант опыта	Возраст гусениц	Продолжительность развития, сут.			
		Период активного питания	Сон	Линька	Всего
Настаивание веток 0,01%	Л ₂	6,75 ± 0,12	1,48 ± 0,03	1,15 ± 0,09	9,38 ± 0,06
	Л ₃	4,75 ± 0,08*	1,64 ± 0,06	2,51 ± 0,08	8,90 ± 0,04
	Л ₄	6,93 ± 0,09*	1,74 ± 0,09	2,05 ± 0,05	10,72 ± 0,09*
	Л ₅	13,95 ± 0,39*	2,61 ± 0,04	2,53 ± 0,05	19,09 ± 0,12*
	Всего	32,38 ± 0,32*	7,47 ± 0,15	8,24 ± 0,08	47,91 ± 0,45*
Контроль	Л ₂	6,42 ± 0,11	1,25 ± 0,02	1,27 ± 0,04	8,94 ± 0,24
	Л ₃	5,47 ± 0,25	1,52 ± 0,12	1,25 ± 0,03	8,24 ± 0,40
	Л ₄	9,61 ± 0,04	1,77 ± 0,07	2,30 ± 0,15	13,68 ± 0,22
	Л ₅	18,05 ± 0,37	2,52 ± 0,09	2,81 ± 0,11	23,38 ± 0,54
	Всего	39,55 ± 0,81	7,06 ± 0,36	7,63 ± 0,16	54,24 ± 1,12

Опрыскивание листьев 0,01%	Л ₂	6,84 ± 0,09	1,46 ± 0,04	1,20 ± 0,05	9,50 ± 0,35
	Л ₃	5,12 ± 0,11	1,53 ± 0,15	2,60 ± 0,07	9,25 ± 0,20
	Л ₄	7,64 ± 0,15*	1,82 ± 0,17	2,18 ± 0,11	12,64 ± 0,42
	Л ₅	15,21 ± 0,21*	2,58 ± 0,10	2,54 ± 0,13	20,33 ± 0,64*
	Всего	36,81 ± 0,54*	7,39 ± 0,22	8,52 ± 0,26	51,72 ± 1,23*
Контроль	Л ₂	6,54 ± 0,14	1,51 ± 0,04	1,18 ± 0,06	9,23 ± 0,28
	Л ₃	5,61 ± 0,19	1,69 ± 0,07	2,74 ± 0,05	10,04 ± 0,310
	Л ₄	9,74 ± 0,09	1,71 ± 0,11	2,15 ± 0,08	13,60 ± 0,26
	Л ₅	19,09 ± 0,43	2,76 ± 0,08	2,74 ± 0,06	23,59 ± 0,43
	Всего	39,98 ± 0,45	7,67 ± 0,26	8,81 ± 0,11	55,46 ± 0,95

*P < 0,05

Анализ данных таблицы 5.15 показывает, что как в 1, так и во 2 варианте опыта ускорение развития гусениц происходит в основном за счет сокращения сроков развития гусениц старших возрастов по сравнению с контролем.

Питание определяет ход метаболизма и влияет на целый ряд таких жизненно важных функций насекомых, как плодовитость, уровень накопления депонированных веществ, скорость развития, смертность, плодовитость потомства и т.д. (Сущенко, 1990; Шмальгаузен, 1935). Ход процессов переваривания, усвоения и использования пищи на рост насекомых отражают индексы питания: коэффициент утилизации (КУ), эффективность использования потребленного корма на рост (ЭИП), эффективность использования усвоенного корма на рост (ЭИУ) (Шмальгаузен, 1935). Наблюдение за питанием гусениц показало (таблица 6.16), что количество потребленного корма, который настаивали в 0,01% растворе сложного дигидрофосфата микроэлементов, уменьшается на 12,4 г (сырая масса), а коэффициент утилизации (КУ) листа березы на 12,0% выше контрольных показателей.

Таблица 5.16 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после потребления корма, обработанного сложным дигидрофосфатом марганца, магния, меди

Вариант опыта	Возраст гусениц	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)
		сырая масса	сухая масса		
Настаивание веток 0,01%	Л ₂	0,71 ± 0,09	0,28 ± 0,02	0,19 ± 0,01*	69,36 ± 0,31*
	Л ₃	3,18 ± 0,14	1,27 ± 0,07	0,83 ± 0,04*	65,04 ± 0,26*
	Л ₄	10,63 ± 0,19*	4,25 ± 0,11*	2,80 ± 0,09	65,88 ± 0,20*
	Л ₅	39,51 ± 0,24*	15,80 ± 0,14*	6,21 ± 0,13	39,30 ± 0,13*
	Итого	54,02 ± 0,36*	21,61 ± 0,15*	10,04 ± 0,06	46,53 ± 0,56*
Контроль	Л ₂	0,68 ± 0,07	0,27 ± 0,05	0,16 ± 0,08	59,78 ± 0,39
	Л ₃	3,75 ± 0,16	1,53 ± 0,08	0,76 ± 0,06	49,67 ± 0,27
	Л ₄	13,21 ± 0,11	5,32 ± 0,06	2,17 ± 0,10	40,79 ± 0,24
	Л ₅	48,73 ± 0,23	19,51 ± 0,13	6,08 ± 0,12	31,16 ± 0,16
	Итого	66,37 ± 0,25	26,62 ± 0,11	9,17 ± 0,07	34,56 ± 0,68

Опрыскивание листьев 0,01%	Л ₂	0,69 ± 0,05*	0,28 ± 0,05	0,18 ± 0,09	64,28 ± 0,30*
	Л ₃	3,54 ± 0,12	1,42 ± 0,09*	0,71 ± 0,08	50,12 ± 0,42
	Л ₄	12,38 ± 0,14*	4,95 ± 0,07*	2,13 ± 0,11	43,03 ± 0,27
	Л ₅	45,61 ± 0,26*	18,24 ± 0,15*	6,55 ± 0,15	35,91 ± 0,19*
	Итого	62,22 ± 0,35*	24,89 ± 0,14*	9,57 ± 0,09	38,45 ± 0,55*
Контроль	Л ₂	0,75 ± 0,09	0,31 ± 0,06	0,18 ± 0,07	58,06 ± 0,28
	Л ₃	4,12 ± 0,13	1,65 ± 0,09	0,81 ± 0,05	49,09 ± 0,20
	Л ₄	14,51 ± 0,15	5,81 ± 0,08	2,41 ± 0,12	41,48 ± 0,34
	Л ₅	50,12 ± 0,26	20,05 ± 0,17	6,12 ± 0,15	30,52 ± 0,18
	Итого	69,50 ± 0,32	27,82 ± 0,19	9,52 ± 0,11	34,23 ± 0,51

*P < 0,05

Во 2 варианте опыта (опрыскивание листьев 0,01% раствором препарата) кормовой рацион гусениц сокращается на 7,3 г (сырая масса) по сравнению с контролем, при этом эффективность утилизации корма (КУ) улучшается на 4,2%. Эффективность использования пищи на прирост массы в случае настаивания веток в 0,01% растворе дигидрофосфата увеличивается на 11,0% (ЭИП) и на 3,8% (ЭИУ) по сравнению с контролем (таблица 5.17). При скармливании гусеницам листа березы, который предварительно опрыскивали аналогичным раствором смеси микроэлементов, эти показатели также возрастают на 6,4% (ЭИП) и 3,7% (ЭИУ) по сравнению с контролем.

Таблица 5.17 – Эффективность использования пищи на прирост зоомассы при питании гусениц дубового шелкопряда кормом, обработанного сложным дигидрофосфатом марганца, магния, меди

Вариант опыта	Возраст гусениц	Эффективность использования на прирост массы, %	
		потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Настаивание веток 0,01%	Л ₂	46,82 ± 0,15*	67,51 ± 0,25*
	Л ₃	43,88 ± 0,27*	67,47 ± 0,36*
	Л ₄	51,28 ± 0,30*	77,85 ± 0,41
	Л ₅	32,78 ± 0,16*	83,41 ± 0,48*
	Итого	37,25 ± 0,62*	80,06 ± 0,93*
Контроль	Л ₂	38,40 ± 0,23	64,24 ± 0,31
	Л ₃	30,72 ± 0,21	61,84 ± 0,45
	Л ₄	31,58 ± 0,31	77,42 ± 0,49
	Л ₅	24,35 ± 0,20	78,13 ± 0,56
	Итого	26,35 ± 0,78	76,24 ± 0,82
Опрыскивание листьев 0,01%	Л ₂	40,12 ± 0,19*	62,42 ± 0,15
	Л ₃	31,76 ± 0,35*	63,38 ± 0,31*
	Л ₄	31,93 ± 0,40	74,21 ± 0,46*
	Л ₅	28,81 ± 0,19*	80,24 ± 0,38*
	Итого	31,95 ± 0,73*	77,91 ± 1,03*

Контроль	Л ₂	37,12 ± 0,29	60,51 ± 0,38
	Л ₃	28,61 ± 0,31	61,12 ± 0,52
	Л ₄	30,43 ± 0,45	72,63 ± 0,56
	Л ₅	24,12 ± 0,26	77,21 ± 0,61
	Итого	25,52 ± 0,63	74,21 ± 0,75

*P < 0,05

Сравнительная оценка индексов питания дубового шелкопряда при обработке листа березы сложным дигидрофосфатом марганца, магния, меди показала, что наиболее сильно процессы питания насекомого стимулируются при потреблении листа березы, который настаивали в 0,01% растворе препарата, по сравнению с потреблением листа березы, который опрыскивали аналогичным раствором непосредственно перед употреблением, что подтверждается возрастанием значений КУ на 8,0%, ЭИП на 5,3% и ЭИУ на 2,2%.

Более точную картину изменений процессов питания и роста гусениц дубового шелкопряда после потребления корма, обработанного смесью микроэлементов, дает расчет относительной скорости потребления корма (ОСП) и относительной скорости роста (ОСР), приведенных в таблице 5.18.

Так, в 1 варианте опыта относительная скорость потребления корма гусеницами на 11,6% ниже, чем в контроле, а относительная скорость роста на 15,5% выше контроля. Во 2 варианте опыта показатели ОСП на 10,5% меньше контрольных значений, а ОСР больше на 12% по сравнению с контролем.

Таким образом, количество потребленного корма после обработки 0,01% раствором препарата в 1 варианте опыта снижается, а эффективность его усвоения и использования на рост и развитие возрастает в большей степени, чем во 2 варианте. Об этом свидетельствуют и данные о ходе накопления зоомассы гусеницами дубового шелкопряда (таблицы 5.19, 5.20).

Согласно данным таблицы 5.19, после потребления корма, обработанного смесью микроэлементов, масса гусениц возрастает и к концу развития превышает контрольные показатели примерно на 13,0% (1 вариант) и 6,5% (2 вариант). Сравнение данных о ходе накопления массы гусеницами показало, что после потребления листа березы, который настаивали в 0,01% растворе препарата, масса гусениц в конце развития почти на 7,0% превышает таковую гусениц при питании листом березы, который опрыскивали аналогичным раствором препарата.

Таблица 5.18 – Относительные показатели потребления корма и роста китайского дубового шелкопряда после потребления корма, обработанного сложным дигидрофосфатом марганца, магния, меди ($\text{мг} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{сутки}^{-1}$)

Вариант опыта	Возраст	Относительная скорость	
		потребления (ОСП)	роста (ОСР)
Настаивание веток 0,01%	Л ₂	0,40	0,18
	Л ₃	0,48	0,21
	Л ₄	0,28	0,14
	Л ₅	0,18	0,06
Контроль	Л ₂	0,49	0,18
	Л ₃	0,50	0,15
	Л ₄	0,32	0,12
	Л ₅	0,19	0,05
Опрыскивание ли- стьев 0,01%	Л ₂	0,39	0,18
	Л ₃	0,49	0,20
	Л ₄	0,30	0,13
	Л ₅	0,19	0,05
Контроль	Л ₂	0,50	0,17
	Л ₃	0,52	0,15
	Л ₄	0,33	0,12
	Л ₅	0,20	0,05

Таблица 5.19 – Динамика массы гусениц дубового шелкопряда под воздействием сложного дигидрофосфата марганца, магния, меди

Вариант опыта	Масса гусениц, г				
	Л ₂	Л ₃	Л ₄	Л ₅	перед окукли- ванием
Настаивание веток, 0,01 %	0,045 ± 0,004	0,27 ± 0,03	1,39 ± 0,09*	5,45 ± 0,15*	15,29 ± 0,23*
Контроль	0,041 ± 0,004	0,22 ± 0,01	1,15 ± 0,04	4,29 ± 0,08	13,31 ± 0,47
Опрыскивание листьев, 0,01%	0,042 ± 0,005	0,24 ± 0,04	1,28 ± 0,08*	5,31 ± 0,18*	14,15 ± 0,45*
Контроль	0,040 ± 0,007	0,21 ± 0,06	1,12 ± 0,07	4,21 ± 0,06	13,25 ± 0,54

*P < 0,05

Таблица 5.20 – Характеристика коконов дубового шелкопряда под воздействием сложного дигидрофосфата марганца, магния, меди

Вариант опыта	Масса коконов, г	Масса куколок, г	Шелконосность, %
Настаивание веток, 0,01%	6,30 ± 0,32*	5,52 ± 0,15*	12,38 ± 0,54*
Контроль	5,80 ± 0,13	5,19 ± 0,25	10,52 ± 0,19
Опрыскивание листьев, 0,01%	6,05 ± 0,12*	5,35 ± 0,19*	11,57 ± 0,42*
Контроль	5,71 ± 0,24	5,11 ± 0,13	10,50 ± 0,24

*P < 0,05

Исходя из данных таблицы 5.20, следует, что в 1 варианте опыта после воздействия сложного дигидрофосфата марганца, магния, меди масса коконов больше контрольных показателей примерно на 18,0%, масса куколок – на 6,0%, а шелконосность превышает контроль на 1,86%. Во 2 варианте опыта масса коконов на 5,6% выше, чем в контроле, масса куколок – на 4,5%, а шелконосность выше контроля на 1,07%.

Можно сделать вывод о том, что в 1 варианте опыта (настаивание веток березы в 0,01% растворе препарата) вместе с кормом гусеницы получали наиболее оптимальное для роста и развития количество микроэлементов, что увеличило интенсивность обмена веществ, о чем свидетельствуют наибольший процент эффективности использования потребленного и усвоенного корма на прирост зоомассы, максимальное увеличение массы гусениц, коконов, куколок и повышение шелконосности, по сравнению со 2 вариантом опыта (опрыскивание листа березы 0,01% раствором препарата), где биологические показатели развития дубового шелкопряда несколько ниже (Седловская, 2008; Седловская и соавт., 2010).

Для повышения жизнеспособности и продуктивности дубового шелкопряда на самом перспективном кормовом растении в Беларуси – березе повислой мы применили новый способ выращивания дубового шелкопряда, который включает обработку корма для гусениц II–V возрастов 0,1%, 0,01%, 0,001% водными растворами сложного дигидрофосфата магния, марганца, кобальта. Корм для насекомых контрольного варианта в этот же период обрабатывали водой. Данные о жизнеспособности дубового шелкопряда под воздействием сложного дигидрофосфата магния, марганца, кобальта приведены в таблице 5.21.

Таблица 5.21 – Жизнеспособность гусениц дубового шелкопряда в зависимости от концентрации водных растворов сложного дигидрофосфата магния, марганца, кобальта

Концентрация, %	Сложный дигидрофосфат магния, марганца, кобальта
0,1	72,15 ± 1,04*
0,01	97,32 ± 0,91*
0,001	82,45 ± 1,09*
контроль	64,73 ± 0,75*

*P < 0,05

Проведенные исследования свидетельствуют, что обработка корма гусениц II–V возрастов 0,01% водным раствором испытываемого препарата (таблица 5.22) повышает массу гусениц на 8,6%, массу коконов и куколок на 5,7% и 4,8% соответственно. Показатель массы

шелковой оболочки на 22,0% больше, чем в контроле. Шелконосность коконов увеличилась на 1,59% по сравнению с контролем. Увеличение концентрации препарата до 0,1% не привело к позитивному эффекту: показатели жизнедеятельности шелкопряда были близки к контролю.

Таблица 5.22 – Показатели продуктивности дубового шелкопряда на березе после обработки корма сложным дигидрофосфатом магния, марганца, кобальта

Концентрация, %	Масса гусениц в конце развития, г	Масса кокона, г	Масса куколки, г	Масса шелковой оболочки, г	Шелконосность, %
0,1	$\frac{13,13}{95,9}$	$\frac{5,31}{93,1}$	$\frac{4,74}{92,7}$	$\frac{0,57}{96,6}$	10,73
0,01	$\frac{14,87}{108,6}$	$\frac{6,03}{105,7}$	$\frac{5,36}{104,8}$	$\frac{0,72}{122,0}$	11,94
0,001	$\frac{14,02}{102,4}$	$\frac{6,0}{105,7}$	$\frac{5,2}{101,7}$	$\frac{0,675}{114,4}$	11,26
контроль	$\frac{13,69}{100}$	$\frac{5,70}{100}$	$\frac{5,11}{100}$	$\frac{0,59}{100}$	10,35

Примечание: в числителе даны абсолютные показатели, в знаменателе – в процентах относительно контроля.

За разработку способов повышения жизнеспособности и продуктивности дубового шелкопряда путем применения препаратов сложного дигидрофосфата марганца, магния, меди и сложного дигидрофосфата магния, марганца и кобальта при поддержке БРФФИ получены патенты совместно с украинскими коллегами № 33812 и № 33813.

Таким образом, исследованные способы применения сложных дигидрофосфатов микроэлементов повышают жизнеспособность и биологическую продуктивность дубового шелкопряда при воспитании на нетрадиционном кормовом растении, что позволит рационально использовать данную культуру.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время разрабатывается обширное научное направление по изучению действия регуляторов роста на различные стороны обмена веществ животных. Поиск новых высокоактивных, экологически безопасных химических соединений и наиболее чувствительных к ним фаз развития насекомых необходим в практике защиты растений от чешуекрылых-вредителей и создания стабильных жизнеспособных культур полезных насекомых. Агонисты экдистероидов, фитоэкдистероиды и минеральные комплексы относятся к таким биологически активным соединениям. Для создания научных основ их использования на первых этапах требуется экспериментальное исследование активности препаратов на лабораторных культурах. Выявление закономерностей действия препаратов на развитие насекомых позволит установить возможности использования и разработать способы их применения.

Установлено, что агонисты экдистероидов R-209, R-210 и R-211 оказали достаточно сильный токсический эффект на разных стадиях онтогенеза дубового шелкопряда, что подтверждается высокой смертностью особей при разных способах обработки. Из 3-х исследованных препаратов наибольшая инсектицидная активность отмечена у соединений R-209 и R-211 при 10-кратном увеличении концентрации препаратов с 0,1 до 1%. Наиболее чувствительными к действию соединений были гусеницы и куколки. При их погружении в растворы препаратов отмечена 100%-ная смертность. Наименьшая инсектицидная активность препаратов наблюдалась при обработке имаго и яиц насекомого. После локального нанесения растворов агонистов экдистероидов на среднегрудь бабочек, их гибели не наблюдалось. Погружение яиц в растворы соединений привело к гибели только 25% яиц относительно контроля. Промежуточное положение по чувствительности к агонистам экдистероидов занимают гусеницы, в организм которых препараты поступали вместе с кормом. Следует отметить, что активность агонистов экдистероидов была более заметна при питании гусениц листом березы, чем дуба.

Следовательно, степень активности агонистов экдистероидов по отношению к дубовому шелкопряду зависит от вида соединения, его концентрации, способа обработки, стадии развития и кормового растения.

Аналогичная зависимость развития дубового шелкопряда наблюдалась и при изучении других показателей жизнедеятельности после воздействия агонистов экдистероидов. Установлено, что агонисты экдистероидов при разных способах воздействия вызывают отсроченные эффекты у китайского дубового шелкопряда, которые проявляются в замедлении развития гусеничной фазы, уменьшении массы гусениц, коконов и куколок, снижении плодовитости бабочек.

Полученные нами данные о процессах жизнедеятельности дубового шелкопряда после воздействия агонистов R-209, R-210 и R-211 в концентрациях 0,1% и 1% иллюстрируют проявление адаптогенного эффекта, который протекает в три стадии – реакция тревоги, стадия адаптации и стадия истощения. Реакция тревоги характеризуется высоким уровнем смертности, который вызван стрессорным воздействием агонистов сублетальных концентраций. В нашем случае реакция тревоги проявлялась в младших возрастах гусениц. Следующая за ней стадия характеризуется высоким уровнем резистентности к повреждению, низким уровнем смертности или ее отсутствием. В старших возрастах гибели гусениц не наблюдалось. Гусеницы были жизнеспособны, вили коконы, окукливались. Третья стадия – стадия истощения, которая проявляется в гибели на стадии куколок.

Гормональный эффект влияния агонистов экдистероидов проявляется при разных способах обработки, о котором можно судить по степени изменения цвета покровов куколок, наличию брюшных ножек у куколок, нарушению процессов личиночно-имагинального метаморфоза, образованию нежизнеспособных бабочек с деформированными крыльями, а также по количеству образовавшихся куколок и выходу из них имаго.

Таким образом, высокая токсичность исследованных агонистов экдистероидов R-209 и R-211 в концентрации 1% позволяет использовать данные препараты в качестве инсектицидов нового поколения, позволяющих регулировать численность чешуекрылых-вредителей. Максимальная чувствительность к воздействию вышеуказанных препаратов проявляется на стадиях гусеницы и куколки, что дает возможность эффективно использовать препараты при воздействии на вредителей в установленные критические стадии развития.

Поскольку вопрос влияния гормоноподобных веществ на процессы питания насекомых мало изучен, представляло интерес выяснение влияния агонистов экдистероидов на процессы потребления и усвоения пищи китайским дубовым шелкопрядом. Нами установлено, что агонисты экдистероидов в концентрациях 0,1% и 1% вызывают ухудшение утилизации пищи и использования ее на процессы роста гусениц при разных способах обработки. Воздействие R-209, R-211 и R-210 приводит к уменьшению эффективности утилизации корма гусеницами в среднем на 15%, 12% и 8% соответственно по сравнению с контролем, что свидетельствует об антифидантном действии препаратов. Увеличение концентрации в 10 раз с 0,1 до 1% ухудшает КУ в среднем на 10%. При питании листом березы коэффициент утилизации корма после воздействия препаратов меньше, чем при питании листом дуба. Снижение пищевой активности гусениц дубового шелкопряда после попадания в их организм агонистов экдистероидов под-

тверждается падением значений эффективности использования на прирост потребленной (ЭИП) и усвоенной (ЭИУ) пищи в среднем на 14% и 20% по сравнению с контролем.

Выявление сдвигов энергетического баланса насекомых-фитофагов, возникающих при воздействии неблагоприятных факторов, позволяет сделать вывод о физиологическом состоянии насекомого-вредителя в зависимости от степени воздействия повреждающих агентов. Установлено, что изученные агонисты экидистероидов увеличивают энергозатраты гусениц дубового шелкопряда на обмен веществ (R) и соответственно уменьшают на прирост массы (P) при разных способах воздействия. Наибольшее увеличение уровня энергозатрат на обмен веществ по сравнению с контрольными показателями характерно для гусениц после их погружения в растворы (в среднем на 25%), наименьшее – для гусениц, полученных из обработанных яиц (в среднем на 12%). Влияние агонистов экидистероидов на энергобалансы гусениц после контактно-кишечного воздействия более выражено при питании гусениц листом березы, нежели дуба. В опыте на березе траты на обменные процессы в организме гусениц в среднем на 10% выше, чем в опыте на дубе.

Таким образом, влияние R-209, R-210 и R-211 0,1% и 1% концентраций на баланс энергии в организме дубового шелкопряда проявляется в значительном уменьшении потока энергии, поступающей вместе с пищей, за счет ухудшения ее перевариваемости, что подтверждается данными о процессах потребления и усвоения корма. Снижение уровня затрат энергии на прирост массы насекомого свидетельствует об уменьшении его жизнеспособности после воздействия ксенобиотиков, что подтверждается предыдущим анализом его показателей развития.

Открытие биологически активных соединений и их синтетических аналогов позволило их использовать не только в качестве альтернативы инсектицидам широкого спектра действия, но и в качестве биостимуляторов для поддержания зоокультур полезных насекомых в комплексе с другими мероприятиями, повышающими их жизнеспособность. Нами разработаны способы повышения жизнеспособности и продуктивности дубового шелкопряда при разведении в условиях северо-востока Беларуси на нетрадиционном кормовом растении – березе повислой путем использования биопрепаратов естественного (экстракты коры дуба, почек березы, левзеи сафлоровидной) и синтетического происхождения (сложного дигидрофосфата марганца, магния, меди и сложного дигидрофосфата магния, марганца, кобальта).

Установлено, что обработка яиц как экстрактом коры дуба, так и экстрактом почек березы в течение 20–30 минут приводит к возрастанию выживаемости яиц шелкопряда на 16% по сравнению с контро-

лем, жизнеспособности гусениц – на 43%, сокращению продолжительности развития гусеничной фазы на 5 суток, увеличению массы коконов на 12%, массы шелковой оболочки – на 28%, шелконосности – на 3,6%. Наблюдалось улучшение эффективности утилизации корма на 10% по сравнению с контрольными показателями, эффективности использования потребленного и усвоенного корма на прирост зоомассы на 12% и 8% соответственно. На основании полученных данных запатентован способ повышения жизнеспособности дубового шелкопряда (патент № 25134 «Спосіб обробки грени шовкопряда»).

Левзея сафлоровидная является богатым источником фитостероидов, которые в оптимальных дозах оказывают стимулирующее влияние на рост и развитие организмов. Согласно результатам наших исследований, после потребления листа березы, обработанного экстрактом левзеи сафлоровидной, наблюдалось сокращение сроков развития гусениц на 7 суток по сравнению с контролем, увеличение массы коконов и куколок в среднем на 13%, шелконосности – почти на 1%. Отмечено улучшение эффективности утилизации гусеницами корма на 5%, а также эффективности использования потребленного и усвоенного корма на прирост зоомассы по сравнению с контролем.

Для нормального роста и развития насекомых-фитофагов не менее важное значение, чем органические, имеют минеральные компоненты листа кормового растения. Лист березы бородавчатой уступает по содержанию важнейших макро- и микроэлементов листу дуба черешчатого, который является полноценным кормовым растением для дубового шелкопряда. По результатам наших исследований, обработка листа березы сложным дигидрофосфатом марганца, магния, меди и сложным дигидрофосфатом магния, марганца, кобальта обеспечила ускорение развития гусениц в среднем на 5 сут. по сравнению с контролем, увеличение массы коконов и куколок в среднем на 6%, шелконосности – на 1,73%, улучшение эффективности утилизации корма на 8%, эффективности использования потребленного и усвоенного корма соответственно на 9% и 4%. На основании полученных данных запатентован способ повышения жизнеспособности дубового шелкопряда (№ 33812 и № 33813 «Спосіб вигодування дубового шовкопряда»). Таким образом, исследованные способы применения экстрактов растений и минеральных комплексов повышают жизнеспособность и биологическую продуктивность дубового шелкопряда при воспитании на нетрадиционном кормовом растении, что позволит рационально использовать данную культуру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева, Т.А. Энергетический обмен у насекомых: прямокрылые, стрекозы, жуки / Т.А. Алексеева, А.И. Злотин // Известия РАН. – Сер. биол. наук. – 1995. – № 3. – С. 316–326.
2. Алексеницер, М.Л. Використання водних екстрактів листя і кори дуба при вирощуванні дубового шовкопряда на грабі / М.Л. Алексеницер, Т.Б. Аретинська // Шовківництво. – 2001. – Вип. 23. – С. 85–90.
3. Алексеницер, М.Л. Использование водных экстрактов биомассы дуба при выращивании дубового шелкопряда на нетрадиционном виде корма / М.Л. Алексеницер, И.Т. Покозий // Изв. Харьковского энтомолог. об-ва. – 1999. – Т. 7. – С. 105–109.
4. Андрианова, Н.С. Влияние качества корма на рост гусениц дубового шелкопряда / Н.С. Андрианова // Культура дубового шелкопряда. – М., 1948. – С. 64–90.
5. Аретинська, Т.Б. Виробництво та використання коконів дубового шовкопряда поліський тасар / Т.Б. Аретинська, В.О. Трокоз, Т.М. Єфіменко, Н.В. Трокоз. – Київ, 2005. – С. 20–22.
6. Аретинская, Т.Б. Препараты для обработки корма дубового шелкопряда / Т.Б. Аретинская [и др.] // Укр. с-х. академия № 469457/15. – Бюл. Открытия и изобретения. – № 28. – 1991.
7. Арсеньев, А.Ф. Дубовый шелкопряд / А.Ф. Арсеньев. – М., 1951. – С. 263–278.
8. Арчаков, А.И. Микросомальное окисление / А.И. Арчаков. – М.: Наука, 1975. – 327 с.
9. Афонина, В.М. Привлекательность и пищевая ценность растений для тлей: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09 / В.М. Афонина. – М., 1980. – 26 с.
10. Ахмедов, Н.М. О влиянии селенита натрия на продуктивность тутового шелкопряда / Н.М. Ахмедов // Шелк. – 1976. – № 1. – С. 17.
11. Ахрем, А.А. Экдизоны – стероидные гормоны насекомых / А.А. Ахрем, И.С. Левина, Ю.А. Титов. – Минск: Наука и техника, 1973. – 232 с.
12. Ахрем, А.А. Экдистероиды: химия и биологическая активность / А.А. Ахрем, Н.В. Ковганко. – Минск: Наука и техника, 1989. – 327 с.
13. Бабіцкі, С. Прыгоднасць для выкармкі вусеняў дубовага шаўкапрада лісцяў старых дрэў і бярозы / С. Бабіцкі // Вучоныя запіскі Віцебскага педагагічнага інстытута. – 1954. – Вып. 4. – С. 47–54.
14. Бакиров, М.Я. Стимулятор роста тутового шелкопряда / М.Я. Бакиров, Ю.Г. Шукюров // Шелк. – 1981. – № 2. – С. 13.

15. Балтаев, У.А. Фитоэкдистероиды *Rhaponticum carthamoides* / У.А. Балтаев, Н.К. Абубакиров // Химия природных соединений. – 1987. – № 5. – С. 681–684.
16. Баранчиков, Ю.Н. Изменения процессов усвоения и использования пищи на рост в онтогенезе ивовой волнянки / Ю.Н. Баранчиков, О.А. Дойнеко // Роль дендрофильных насекомых в таежных экосистемах: тезисы докладов Всесоюзной конференции, Дивногорск, 1980. – Красноярск: Изд-во Ин-та леса и древесины, 1980. – С. 9–11.
17. Баранчиков, Ю.Н. О механизме преадаптации гусениц дендрофильных чешуекрылых к расширению спектра кормовых растений / Ю.Н. Баранчиков // Биологические аспекты изучения и рационального использования животного и растительного мира: тез. докл. конф. молодых ученых-биологов. – Рига, 1981. – С. 319–321.
18. Баранчиков, Ю.Н. Трофическая специализация чешуекрылых / Ю.Н. Баранчиков. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1987. – 171 с.
19. Барбье, М. Введение в химическую экологию / М. Барбье. – М.: Мир, 1978. – 229 с.
20. Бобинская, С.Г. Значение минерального питания растений в развитии капустной тли / С.Г. Бобинская // Энтومол. обозр. – 1953. – Т. 33. – С. 47–49.
21. Богачева, И.А. Пилильщики (Hymenoptera, Tenthredinoidea) и их роль в биогеоценозах Приобского Севера / И.А. Богачева // Биоценотическая роль животных в лесотундре Ямала / УНЦ АН СССР. – Свердловск, 1977. – С. 7–18.
22. Богачева, И.А. Поток энергии через сообщество листогрызущих насекомых ивы в тундровых биогеоценозах / И.А. Богачева // Биомасса и динамика растительного покрова и животного населения в лесотундре / И.А. Богачева. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974.
23. Богачева, И.А. Энергетические потребности некоторых чешуекрылых Приобского Севера / И.А. Богачева // Экологическая оценка энергетического баланса животных / УНЦ АН СССР. – Свердловск, 1980. – С. 7–18.
24. Бойценок, Л.И. Эпибрассинолид и развитие семей / Л.И. Бойценок, С.В. Антимиров // Пчеловодство. – 2000. – № 8. – С. 20–21.
25. Бойценок, Л.И. Эпибрассинолид: результаты и перспективы / Л.И. Бойценок // Пчеловодство. – 2001. – № 3. – С. 35–36.
26. Буров, В.Н. Биологически активные вещества в защите растений / В.Н. Буров, А.П. Сазонов. – М.: Агропромиздат, 1978. – 197 с.
27. Васильева, Т.Г. Особенности развития листогрызущих насеко-

- мых на разных кормовых растениях / Т.Г. Васильева // Эколого-географическая характеристика зооценозов Прибайкалья / Иркут. гос. пед. ин-т. – Иркутск, 1995. – С. 19–31.
28. Винберг, Г.Г. Энергетический принцип изучения трофических связей и продуктивности экологических систем / Г.Г. Винберг // Зоологический журнал. – 1962. – Т. 41, № 11. – С. 1618–1630.
29. Винберг, Г.Г. Зависимость энергетического обмена от массы тела у водных пойкилотермных животных / Г.Г. Винберг // Журнал общей биологии. – 1976. – Т. 37. – Вып. 1. – С. 56–69.
30. Вшивкова, Т.А. Индивидуальный энергетический баланс непарного шелкопряда в экспериментальных условиях / Т.А. Вшивкова // Роль дендрофильных насекомых в таежных экосистемах: тезисы докладов Всесоюзной конференции, Дивногорск, 1980. – Красноярск: Изд-во Ин-та леса и древесины, 1980. – С. 128.
31. Вшивкова, Т.А. Энергетика питания непарного шелкопряда на древесных породах в Сибири / Т.А. Вшивкова // Фауна и экология членистоногих Сибири: материалы 5-го совещания энтомологов Сибири, Новосибирск, 1979. – Новосибирск, 1981. – С. 139–140.
32. Ганиев, Ш.Г. Экдизонсодержащие растения родов *Serratula* L., *Rhaponticum* Ludw. Узбекистана и прилегающих районов: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09 / Ш.Г. Ганиев; Ун-т им. В.И. Ленина. – Ташкент, 1980. – С. 28.
33. Гормональная регуляция развития насекомых / отв. ред. В.И. Тобиас, В.Н. Буров. – Ленинград: Наука. Ленингр. отд-ние, 1983. – 182 с.
34. Денисова, С.И. Адаптивная реакция некоторых видов павлиноглазок на смену кормового растения / С.И. Денисова // Экология и охрана окружающей среды: тез. докл. международной науч.-практ. конференции. – Владимир, 1996. – С. 61–63.
35. Денисова, С.И. Изменение энергетики питания дендрофильных чешуекрылых при смене корма / С.И. Денисова // Вестник ВГУ. – 2005. – № 3. – С. 132–138.
36. Денисова, С.И. Теоретические основы разведения китайского дубового шелкопряда в Беларуси / С.И. Денисова. – Минск: УП «Технопринт», 2002. – 234 с.
37. Денисова, С.И. Трофическая специализация дендрофильных чешуекрылых: монография / С.И. Денисова. – Витебск: Издательство УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2006. – 203 с.
38. Денисова, С.И. Экспериментальный анализ развития дендрофильных чешуекрылых в Беларуси: монография / С.И. Денисова. – Витебск: Издательство УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2008. – 291 с.

39. Денисова, С.И. Энергетические балансы китайского дубового шелкопряда на дубе и березе / С.И. Денисова // Журнал общей биологии. – 1990а. – № 2. – С. 208–216.
40. Денисова, С.И. Энергетические балансы насекомых-фитофагов при экспериментальном ослаблении кормовых растений / С.И. Денисова // Весці НАН Беларусі. – Сер. біял. навук. – 2005. – № 1 – С. 86–91.
41. Денисова, С.И. Энергетический баланс китайского дубового шелкопряда при смене кормового растения / С.И. Денисова // Экологическая энергетика животных: тез. докл. Всесоюзн. совещ. – Суздаль, 1988. – С. 93.
42. Денисова, С.И. Особенности потребления и усвоения кормовых растений гусеницами дубового и кольчатого шелкопрядов / С.И. Денисова, Т.М. Роменко // Тез. докл. краевой науч. конф. – Красноярск, 1986. – С. 48.
43. Денисова, С.И. Реакция китайского дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) на воздействие ксенобиотиков в зависимости от кормового растения / С.И. Денисова [и др.] // Ученые записки УО «ВГУ им. П.М. Машерова». Естественные науки. Биология. – 2007. – Т. 6. – С. 267–286.
44. Дольник, В.Р. Энергетический метаболизм и размеры животных: физиологические основы соотношения между ними / В.Р. Дольник // Журнал общей биологии. – 1978. – Т. 39. – Вып. 6. – С. 805–816.
45. Зеленков, В.Н. Выявление биологической активности для водных экстрактов листовой части левзеи сафлоровидной на модели *in vitro* / В.Н. Зеленков, [и др.] // Актуальные проблемы инноваций в создании фитопродуктов на основе нетрадиционных растительных ресурсов и их использование в фитотерапии: материалы I Рос. науч.-практ. конф. – М.: РАЕН, 2001. – С. 59–62.
46. Злотин, А.З. Разработка и биологическое обоснование приемов повышения жизнеспособности и продуктивности насекомых при разведении на примере *Bombyx mori* L., *Ocnieria dispar* L., *Sitotroga cerealella* Oliv: автореф. ... дис. д-ра биол. наук: 03.00.09 / А.З. Злотин. – Ленинград, 1977. – 50 с.
47. Иванова, А.Н. Фитогормоны и использование их для защиты растений и охраны окружающей среды / А.Н. Иванова, М.В. Павлючук // Проблемы энтомологии Северо-Кавказского региона: материалы 1 Региональной науч.-практ. конф., Ставрополь / Ставропольское отделение Русского энтомологич. о-ва; редкол.: О.Г. Шабалдас [и др.]. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ, 2005. – С. 131–136.

48. Ивлев, В.С. Энергетический баланс карпов / В.С. Ивлев // Зоологический журнал. – 1939. – Т. 18. – Вып. 2. – С. 303–318.
49. Ижевский, С.С. Компенсаторный рост личинок колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* после голодания / С.С. Ижевский // Экология. – 1981. – № 4. – С. 73–79.
50. Ильинский, А.И. Непарный шелкопряд и меры борьбы с ним / А.И. Ильинский. – М.: Гослесбумиздат, 1959. – 69 с.
51. Исаев, А.С. Системный анализ взаимодействия древесных растений и насекомых-фитофагов / А.С. Исаев // Роль взаимоотношений растений-насекомое в динамике численности лесных вредителей: материалы междунар. симпозиума ИЮФРО/МАБ, Иркутск, 24–28 августа 1981 г.; ред. А.С. Исаев. – Красноярск: Изд-во Ин-та леса и древесины, 1983. – С. 15–33.
52. Ишмаев, А.М. Кормление гусениц дубового шелкопряда листом различных пород / А.М. Ишмаев // Шелк (Ташкент). – 1938. – № 8–9. – С. 34–41.
53. Карусевич, А.А. Идентификация и количественное определение 20-гидроксиэксдизона в листьях левзеи сафлоровидной методом ВЭЖХ / А.А. Карусевич, Д.В. Моисеев, Г.Н. Бузук // Вестник фармации. – 2007. – № 3. – С. 55–59.
54. Клейменов, С.Ю. Энергетический обмен растущих личинок сверчка *Acheta domestica* L. по данным непрямой и прямой калориметрии / С.Ю. Клейменов // Доклады РАН. – 1997. – № 5. – С. 690–692.
55. Ковганко, Н.В. Агонисты экистероидов группы 1,2-диацил-1-алкилгидразинов / Н.В. Ковганко, С.К. Ананич // Биоорганическая химия. – 2004. – Т. 30, № 6. – С. 563–581.
56. Ковганко, Н.В. Стероиды: Экологические функции / Н.В. Ковганко, А.А. Ахрем. – Минск: Наука и техника, 1990. – 224 с.
57. Конилов, А.С. Экологические условия разведения дубового шелкопряда / А.С. Конилов // Труды Томского ун-та. – Томск, 1952. – Т. 117. – С. 233–236.
58. Кузнецов, В.И. Новые виды листоверток (Lepidoptera, Tortricidae) из Казахстана / В.И. Кузнецов // Труды зоологического института АН СССР. – 1948. – Т. 34. – С. 258–265.
59. Кузнецов, В.И. Сем. Saturniidae (Attacidae) – Павлиноглазки, или Сатурнии / В.И. Кузнецов // Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур. – СПб.: Наука, 1999. – Т. 3, ч. 2: Чешуекрылые. – 407 с.
60. Кузьменко, А.И. Влияние витамина Д₃, аргинина и биологически активного комплекса из *Serratula coronata* на свободнорадикальное окисление липидов при Д-гиповитаминозе / А.И. Кузь-

- менко [и др.] // Украинский биохимический журнал. – 1999. – 71(2). – С. 69–74.
61. Лазарев, Н.В. Лекарства и резистентность организма к неблагоприятным воздействиям среды / Н.В. Лазарев // Тезисы докладов конф. по проблемам приспособительных реакций и методам повышения сопротивляемости организма к неблагоприятным воздействиям. – Л., 1958. – С. 43–45.
62. Лазарев, Н.В. О неспецифических приспособительных реакциях / Н.В. Лазарев, М.А. Розин // Вопросы цитологии и общей физиологии. – М.–Л., 1960. – С. 137–142.
63. Литвенков, А.А. Особенности развития гусениц дубового шелкопряда моновольтинной породы «Полесский тассар» на иве серой в условиях БССР / А.А. Литвенков // Науч. труды УСХА. – К., 1981. – С. 66–68.
64. Литвин, В.М. Новые возможности повышения жизнеспособности и продуктивности дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) / В.М. Литвин [и др.] // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2000. – Т. 8, № 1. – С. 162–165.
65. Маркина, Т.Ю. Премиксы – новые биостимуляторы жизнеспособности культур насекомых / Т.Ю. Маркина, О.В. Галанова // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2000. – Т. 8, № 2. – С. 164–166.
66. Маркина, Т.Ю. Комплексный биостимулятор жизнеспособности и продуктивности тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L.) / Т.Ю. Маркина, В.Н. Кандыба, А.З. Злотин // Известия Харьковского энтомологического общества. – 1998. – Т. 6, № 2. – С. 121–124.
67. Маркина, Т.Ю. Оптимизация культуры непарного шелкопряда (*Ocneria dispar* L.) по жизнеспособности с использованием витаминного микро-макроэлементного комплекса / Т.Ю. Маркина // Известия Харьковского энтомологического общества. – 1999. – Т. 7, № 1. – С. 121–126.
68. Масленникова, В.А. Влияние экдизона на плодовитость *Drosophila melanogaster* / В.А. Масленникова, Е.М. Лучникова // Вестник ЛГУ. – 1997. – Вып. 3. – № 15. – С. 104–108.
69. Михайлов, Е.Н. Шелководство / Е.Н. Михайлов. – М.: Госиздат сельскохозяйственной литературы, 1950. – 495 с.
70. Мегалов, В.А. Защита капусты от тли и капустной белянки внекорневой подкормкой в условиях Тамбовской области / В.А. Мегалов // Доклады Моск. с.-х. академии им. К.А. Тимирязева. – 1963. – Вып. 89. – С. 414–419.
71. Мельник, В.Н. Препараты-стимуляторы для пчел / В.Н. Мельник, А.И. Муравская, Н.В. Мельник // Пчеловодство. – 2006. – № 3. – С. 22–24.

72. Мирзакасимов, Х. Воздействие хлорно-кислого магния на тутового шелкопряда / Х. Мирзакасимов, И.Х. Халматов // Шелк. – 1994. – № 3–4. – С. 24–25.
73. Мороз, М.С. Воздействие фитоэкдистероидов на продуктивность *Lymantria dispar* L. и *Malacosoma neustria* в условиях температурного стрессового эффекта / М.С. Мороз // Известия Харьковского энтомол. об-ва. – 2000. – Т. 8, № 2. – С. 166–170.
74. Мороз, М.С. Вплив екдистерону на активність множинних форм ацетилхолінестерази жирового тіла *Antheraea pernyi* G.-M. (Lepidoptera, Saturniidae) / М.С. Мороз, Н.Л. Кіндрук // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 1999. – № 15. – С. 37–40.
75. Мороз, М.С. Післядія фітоекдистероїдів на продуктивність дубового шовкопряда в умовах температурного стрессового ефекту / М.С. Мороз // Шовківництво. – 2001. – Вип. 3. – С. 79–84.
76. Мороз, М.С. Фітоекдистероїди як регулятори розвитку і продуктивності шовкопрядів / М.С. Мороз // Вестник зоологии. – 2000. – № 1. – С. 115–121.
77. Мухина, О.Ю. К вопросу оптимизации разведения непарного шелкопряда *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) на искусственных питательных средах / О.Ю. Мухина, Ю.П. Максимова // Известия Харьковского энтомол. об-ва. – 2000. – Т. 8, № 2. – С. 170–171.
78. Николаев, С.Г. Жизненный цикл и продукция *Chironomus riposus* (Diptera, Chironomidae) озера Севан / С.Г. Николаев // Зоологический журнал. – 1981. – Т. 60, № 5. – С. 711–717.
79. Носырев, В.И. Минеральное питание и размножение тлей / В.И. Носырев, Г.И. Крамаренко. – М., 1969. – С. 36–39.
80. Ольшванг, В.Н. Питание гусениц подмаренникового бражника *Celerio galii* Rott. (Lepidoptera, Sphingidae) на Южном Ямале / В.Н. Ольшванг, С.Л. Янкин // Труды ин-та экологии растений и животных / УНЦ АН СССР. – 1979. – № 125. – С. 8–10.
81. Остапеня, А.П. Методы определения продукции водных животных / А.П. Остапеня. – Минск: Вышэйшая школа, 1968. – 245 с.
82. Павельева, М.С. К вопросу переделки бивольтинной формы дубового шелкопряда в моновольтинную / М.С. Павельева // Докл. ВАСХНИЛ. – 1951. – Вып. 3. – С. 23–28.
83. Персин, С.А. О влиянии минеральных удобрений на плодовитость вредной черепашки / С.А. Персин // Зоологический журнал. – 1970а. – Т. 69. – Вып. 10. – С. 1580–1582.
84. Петрова, Н.В. Новые способы стимулирования жизнеспособности и продуктивности тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L.) /

- Н.В. Петрова // Известия Харьковского энтомологического общества. – 1999. – Т. 7, № 2. – С. 139–141.
85. Покозий, И.Т. Проявление некоторых закономерностей потребления, усвоения и использования корма гусеницами дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) при питании консервированным листом / И.Т. Покозий, М.Л. Алексеницер // Известия Харьковского энтомологического общества. – 1995. – Т. 3. – Вып. 1–2. – С. 3–6.
86. Поливанова, Е.Н. Возможности использования биологических особенностей действия растений, содержащих прекоцены, на оранжерейную белокрылку (*Trialeurodes vaporariorum* Westw.) для подавления ее численности / Е.Н. Поливанова // ДАН СССР. – 1991. – Т. 3, № 6. – С. 1501–1505.
87. Положенцев, П.А. О развитии рыжего пилильщика *Neodiprion sertifer* Geogr (Hym., Diprionidae) на сосне желтой *Pinus ponderosa* Dougl в условиях лесостепи / П.А. Положенцев, Ю.А. Арефьев // Экология и защита леса. – Ленинград, 1980. – № 5. – С. 8–10.
88. Радевич, А.Г. Возможности использования хитина и хитозана дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) в качестве энтеросорбентов / А.Г. Радевич, С.И. Денисова // Ученые записки ВГАВМ. – 2007. – № 1.
89. Радзинская, Л.И. Энергетика питания тутового шелкопряда: Потребление кислорода и количество АТФ при развитии личинок / Л.И. Радзинская, И.С. Никольская // Онтогенез. – 1980. – Т. 11, № 3. – С. 303–309.
90. Радкевич, В.А. Особенности роста дубового шелкопряда моновольтинной породы «Полесский тассар» на разных кормовых растениях / В.А. Радкевич, Т.М. Роменко, С.И. Денисова // Известия АН БССР. Сер. биол. наук. – 1979. – № 6. – С. 104–107.
91. Радкевич, В.А. Особенности роста и жизнеспособность дубового шелкопряда под влиянием биологического отбора / В.А. Радкевич, С.И. Денисова // Биохимия насекомых. – М.: МГПИ им. В.И. Ленина, 1984. – С. 157–165.
92. Радкевич, В.А. Экология листогрызущих насекомых / В.А. Радкевич. – Минск: Наука и техника, 1980. – 239 с.
93. Разведение дубового шелкопряда / Н.Н. Синицкий [и др.]; под общ. ред. Н.Н. Синицкого. – Киев: Изд-во АН УССР, 1952. – 170 с.
94. Реутская, О.Е. Некоторые скрытые эффекты действия ювеноидов на природную популяцию вредной черепашки / О.Е. Реутская, А.П. Сазонов, Я. Ондрачек // Гормональная регуляция развития насекомых и пути ее нарушения в целях борьбы с сельскохозяйственными вредителями. Труды ВИЗР. – 1979. – С. 42–54.

95. Савченко, С.Ф. Влияние витамин-экдистеронового стимулятора на продуктивность пчел. Производство продуктов животноводства в Западной Сибири / С.Ф. Савченко. – 1999. – С. 51–54.
96. Сазонов, А.П. Стерилизующее действие дифторбензурана на примере американской белой бабочки / А.П. Сазонов, И.Н. Каретникова // Регуляторы роста и развития насекомых в борьбе с сельскохозяйственными вредителями: сб. науч. трудов. – Л.: ВИЗР. – 1984. – С. 54–58.
97. Седашева, Г.Я. Сравнительное испытание кормовых качеств березы пушистой и березы бородавчатой / Г.Я. Седашева // Культура дубового шелкопряда в СССР / Г.Я. Седашева. – М.: Огизсельхозгиз, 1948. – С. 182–198.
98. Седловская, С.М. Влияние агониста экдистероидов из группы гидразинов на смертность гусениц китайского дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) / С.М. Седловская / XII (59) науч. сессия преподав., науч. сотр. и аспирант. ун-та: сб. ст. / Вит. гос. ун-т; редкол.: Г.И. Михасев (отв. ред.) [и др.]. – Витебск, 2007. – С. 268–271.
99. Седловская, С.М. Изменение индексов питания дубового шелкопряда под воздействием R-211 / С.М. Седловская // X (55) регион. науч.-практ. конф. преп., науч. сотр., аспирант. и студ. ун-та: сб. ст. / Вит. гос. ун-т; редкол.: А.Л. Гладков (отв. ред.) [и др.]. – Витебск, 2008. – С. 355–366.
100. Седловская, С.М. Влияние агониста экдистероидов R-210 на физиолого-биохимические показатели развития дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) / С.М. Седловская, Б.Н. Кочергин // Биологическое разнообразие Белорусского Поозерья: современное состояние, проблемы использования и охраны: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 19–21 нояб., 2008 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: А.М. Дорофеев [и др.]. – Витебск, 2008. – С. 204–206.
101. Седловская, С.М. Изменение энергетических балансов дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) под воздействием агониста экдистероидов R-209 / С.М. Седловская // Биологическое разнообразие Белорусского Поозерья: современное состояние, проблемы использования и охраны: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 19–21 нояб., 2008 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: А.М. Дорофеев [и др.]. – Витебск, 2008. – С. 202–204.
102. Седловская, С.М. Изменение индексов питания дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) под воздействием сложного дигидрофосфата микроэлементов / С.М. Седловская // Экология и инновации: материалы VII Междунар. науч.-практ.

- конф., Витебск, 22–23 мая, 2008 г. / УО «Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины»; под ред. проф., заслуженного деятеля науки РБ А.И. Ятусевича. – Витебск, 2008. – С. 241–242.
103. Седловская, С.М. Изменение индексов питания дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) под воздействием агониста экидистероидов R-209 / С.М. Седловская // Биология – наука XXI века: тез. докл. 12-й межд. Пущинской школы-конф. молодых ученых, Пущино, 10–14 сент., 2008 г. / Пущинский гос. ун-т. – Пущино, 2008. – С. 316.
104. Седловская, С.М. Действие экстракта левзеи сафлоровидной (*Rhaponticum carthamoides*) на развитие дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) / С.М. Седловская, А.А. Карусевич // Фундаментальные и прикладные исследования в биологии: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Донецк, 23–26 фев., 2009 г. / Донец. нац. ун-т; редкол.: М.И. Бойко [и др.]. – Донецк, 2009. – С. 398–399.
105. Седловская, С.М. Влияние ксенобиотиков на биологическую продуктивность дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) / С.М. Седловская // III Машеровские чтения: материалы респ. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 24–25 марта 2009 г. / Вит. гос. ун-т; редкол.: А.Л. Гладков [и др.]. – Витебск, 2009. – Естественные науки. – С. 79–81.
106. Седловская, С.М. Способ повышения биологической продуктивности дубового шелкопряда в Беларуси / С.М. Седловская // Молодежь и инновации-2009: материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Горки, 3–5 июня, 2009 г.: в 2-х ч. / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия: редкол.: А.П. Курдеко [и др.]. – Горки, 2009. – Ч. 1. – С. 395–397.
107. Седловская, С.М. О возможности использования культуры дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) для мониторинга окружающей среды / С.М. Седловская // Экологические проблемы промышленных городов: сб. науч. тр. / Сарат. гос. тех. ун-т; редкол. Т.И. Губина (отв. ред.). – Саратов, 2009. – Ч. 1. – С. 202 – 205.
108. Седловская, С.М. Особенности роста и развития гусениц китайского дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) под воздействием 1,2-бис-(3-метоксибензоил)-1-трет-бутилгидразина / С.М. Седловская // Веснік ВДУ. – 2009. – № 1. – С. 140–146.
109. Седловская, С.М. Рост и развитие китайского дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) под влиянием агонистов эк-

- дистероидов / С.М. Седловская // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біялаг. навук. – 2009. – № 3. – С. 109–115.
110. Седловская, С.М. Оценка влияния экстракта левзеи сафлоровидной на процессы роста и развития дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) / С.М. Седловская, С.И. Денисова, А.А. Карусевич, Г.Н. Бузук // Вестник фармации. – 2009. – № 2. – С. 10–16.
111. Седловская, С.М. Оценка влияния ксенобиотиков на трансформацию энергии пищи у дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) / С.М. Седловская // Веснік ВДУ. – 2009. – № 4. – С. 132–138.
112. Седловская, С.М. Использование экстракта почек березы повислой для повышения жизнеспособности дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) в Беларуси // С.М. Седловская // Природные ресурсы. – 2010. – № 1. – С. 52–57.
113. Седловская, С.М. Влияние комплекса микроэлементов на процессы роста и развития дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) / С.М. Седловская, С.И. Денисова, Т.Б. Аретинская, В.А. Трокоз // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біялаг. навук. – 2010. – № 2. – С. 102–108.
114. Седловская, С.М. Особенности питания и роста дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) под воздействием агониста экдистероидов R-209 / С.М. Седловская, С.И. Денисова, Т.Б. Аретинская, В.А. Трокоз // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біялаг. навук. – 2010. – № 3. – С. 110–115.
115. Седловская, С.М. Биологическая продуктивность дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) при различных способах воздействия агониста экдистероидов R-211 / С.М. Седловская // Веснік ВДУ. – 2010. – № 3. – С. 88–92.
116. Сеницкий, Н.Н. Стимулирование продуктивности шелкопрядов / Н.Н. Сеницкий, Н.С. Мороз // Интегрированная защита растений от вредителей и болезней сельскохозяйственных культур / Н.Н. Сеницкий, Н.С. Мороз. – Киев, 1983. – С. 70–71.
117. Соболев, З.Н. Дубовый шелкопряд в Белоруссии: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09 / З.Н. Соболев. – Баку, 1989. – 167 стр.
118. Способ приготовления корма для дубового шелкопряда / В.А. Радкевич, Т.М. Роменко, С.И. Денисова, З.Н. Соболев. – Авт. свид. СССР, Кл. А.01 К 67/04, № 1015874. заявл. 27.10.81, № 3349456, опубл. 7 мая 1983 г.
119. Спосіб обробки грени шовкопряда / С.І. Денисова, Т.Б. Аретинська, В.О. Трокоз, С.М. Седловська. – № 25134 А01К67/04 (2007.01), заявлено 27.03.07., № заявки u2007 03296, опубл. 25.07.07 // Бюл. № 11.

120. Спосіб вигодовування дубового шовкопряда / С.І. Денісова, Т.Б. Аретинська, В.О. Трокоз, Н.М. Антрапцева, І.Г. Пономарьова, С.М. Седловская. – № 33813 А01К67/04 (2008.01), заявлено 17.03.08 // № заявки u2008 03298, опубл. 10.07.08. Бюл. № 13.
121. Спосіб вигододування дубового шовкопряда / Т.Б. Аретинська, С.І. Денісова, Н.М. Антрапцева, В.О. Трокоз, І.Г. Пономарьова, С.М. Седловская. – № 33812 А01К67/04 (2008.01), заявлено 17.03.08, № заявки u2008 03297, опубл. 10.07.08 // Бюл. № 13.
122. Спосіб вигододування дубового шовкопряда / С.І. Денісова, В.О. Трокоз, Т.Б. Аретинська, С.М. Седловська. – № 34395 А01К67/04 (2008.01), заявлено 11.03.08, № заявки u2008 03016, опубл. 11.08.08. // Бюл. № 15.
123. Спосіб вигододування дубового шовкопряда / С.І. Денісова, Т.Б. Аретинська, В.О. Трокоз, Н.М. Антрапцева, І.Г. Пономарьова, С.М. Седловская. – № 33813 А01К67/04 (2008.01), заявлено 17.03.08, № заявки u2008 03298, опубл. 10.07.08 // Бюл. № 13.
124. Спосіб обробки грени шовкопряда: а. с. № 1780674 СССР. Кл. А01К67/04/ Т.Б. Аретинська, М.Л. Алексєніцер. – № 94086564; заявл. 08.08.94, опубл. 28.02.97 // Бюл. № 1.
125. Струков, В.Г. Удобрения как эффективный агротехнический прием в борьбе с вредителями полевых культур / В.Г. Струков. – 1963. – С. 135–139.
126. Сулейманов, А.Ш. Влияние фосфорорганических соединений на тутового шелкопряда / А.Ш. Сулейманов, Н.А. Рзаева // Шелк. – 1980. – № 1. – С. 14–15.
127. Сулейменов, Б.М. Особенности поведения серой зерновой совки (*Aranea ancers Schiff.*) на различных сортах пшеницы / Б.М. Сулейменов // Вопросы экологической физиологии насекомых и проблемы защиты растений / Б.М. Сулейменов. – Л., 1979. – С. 569.
128. Сущенко, Л.М. Количественные закономерности питания ракообразных / Л.М. Сущенко. – Минск: Наука и техника, 1975. – 208 с.
129. Тамарина, И.А. Основы технической энтомологии / И.А. Тамарина. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 205 с.
130. Тимофеев, Н.П. Активность экдистероидов в биотестах, искусственных (компьютерных) моделях и живых системах / Н.П. Тимофеев // Биомедицинская химия. – 2004. – Т. 50, прил. 1. – С. 133–152.
131. Тимофеев, Н.П. Промышленные источники получения экдистероидов. Часть 1. Ponasterone и muristerone / Н.П. Тимофеев // Не-

- традиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: сб. науч. тр. / РАЕН. – М., 2003. – С. 64–68.
132. Торопов, В.А. Эффективность препаратов растительного происхождения против вредителей на яровой пшенице и картофеле / В.А. Торопов // Биологические препараты растительного происхождения и их применение в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: материалы конф., Бердск, 2004 г. / Ин-т цитол. и генет. СО РАН. – Новосибирск, 2004. – С. 48–49.
 133. Триселева, Т.А. Некоторые аспекты действия ингибитора синтеза ювенильного гормона насекомых – прекоцена / Т.А. Триселева: автореф. ... дис. канд. биол. наук. – М.: ИЭМЭЖ АН СССР. – 1991. – 24 с.
 134. Триселева, Т.А. Влияние растений, синтезирующих биологически активные вещества – прекоцены, на насекомых / Т.А. Триселева // Известия АН. Серия биол. – 2003. – № 3. – С. 337–344.
 135. Тыщенко, В.П. Основы физиологии насекомых / В.П. Тыщенко. – Ленинград: Изд-во Ленинградского ун-та, 1976. – Ч. 1: Физиология метаболических систем. – С. 25–26, 219–256.
 136. Уфимцев, К.Г. Гормональное, токсическое и адаптогенное влияние экидистероидов *Serratula coronata* L. на личинок *Ephesia küniella* Zell. / К.Г. Уфимцев, Т.И. Ширшова, А.П. Якимчук, В.В. Володин // Растительные ресурсы. – 2002. – Т. 38. – Вып. 2. – С. 29–39.
 137. Уфимцев, К.Г. Действие экидистероидов *Serratula coronata* L. на поведение и развитие личинок некоторых видов насекомых-фитофагов / К.Г. Уфимцев, Т.И. Ширшова, А.П. Якимчук, В.В. Володин // Растительные ресурсы. – 2001. – Т. 37. – Вып. 3. – С. 23–33.
 138. Уфимцев, К.Г. Действие экидистероидов *Serratula coronata* L. на развитие гусениц хлопковой совки / К.Г. Уфимцев, Т.И. Ширшова, В.В. Володин // Растительные ресурсы. – 2003. – Т. 39. – Вып. 4. – С. 134–142.
 139. Уфимцев, К.Г. Фитоэкидистероиды как детерrentы насекомых-фитофагов: действие растения серпухи венценосной *Serratula coronata* L. – продуцента экидистероидов, на египетскую хлопковую совку *Spodoptera litoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) / К.Г. Уфимцев, Т.И. Ширшова, В.В. Володин // Успехи современной биологии. – 2009. – Т. 129, № 3. – С. 271–285.
 140. Федоров, В.Н. Сравнительная эффективность фармакопейных препаратов адантогенов / В.Н. Федоров [и др.] // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Алушта, 8–14 сентября / Сим-

- ферополь, Национальная Академия Наук Украины, 1997. – Главы 6, 7, 8. – С. 486–487.
141. Харборн, Дж. Введение в экологическую биохимию / Дж. Харборн. – М.: Мир, 1985. – 311 с.
 142. Холодова, Ю.Д. Фитоэкдизоны – биологически активные полигидроксилированные стеринны / Ю.Д. Холодова // Украинский биохимический журнал. – 1979. – Т. 51, № 5. – С. 560–573.
 143. Хмелева, Н.Н. Экологическая и биоэнергетическая характеристика пресноводной креветки *Macrobrachium pinnace* (Decapoda, Palaemonidae) из водоема охладителя / Н.Н. Хмелева, Ю.Г. Гигиняк // Зоологический журнал. – 1982. – Т. 61. – Вып. 4. – С. 600–602.
 144. Ченикалова, Е.В. Кормовой режим и развитие златогузки / Е.В. Ченикалова, Н.И. Глазунова // Защита и карантин растений / Ставроп. гос. с-х. академия. – Ставрополь, 1996. – С. 34–36.
 145. Черній, А.М. Біологічне обґрунтування застосування регуляторів життєдіяльності комах для обмеження їх чисельності / А.М. Черній: автореф. дис. ... доктора сільськогосподарських наук. – Київ, 2004. – 43 с.
 146. Черныш, С.И. Адаптация к повреждению у тутового шелкопряда *Bombyx mori* L. (Lepidoptera, Bombycidae). II. Влияние экдистерона и других адаптогенов на устойчивость гусениц к энтобактерину / С.И. Черныш, В.А. Лухтанов, Н.П. Симоненко // Энтомологическое обозрение. – 1983. – Т. 62, № 4. – С. 665–672.
 147. Черныш, С.И. Адаптация к повреждению у тутового шелкопряда *Bombyx mori* L. (Lepidoptera, Bombycidae). III. Адаптогены и устойчивость гусениц к стрессорной активации латентной вирусной инфекции / С.И. Черныш, В.А. Лухтанов, Н.П. Симоненко // Энтомологическое обозрение. – 1985. – Т. 64, № 2. – С. 267–272.
 148. Черныш, С.И. Геропротекторное действие адаптогенов на имаго комнатной мухи / С.И. Черныш // Журнал общей биологии. – 1983б. – Т. XLIV, № 4. – С. 521–527.
 149. Черныш, С.И. Об общем адаптационном синдроме у насекомых / С.И. Черныш // Механизмы адаптации живых организмов к влиянию факторов среды. – Л., 1977а.
 150. Черныш, С.И. О механизме неспецифической адаптации у насекомых / С.И. Черныш // Сравнительная морфология и экология животных: материалы II Всесоюзной конференции молодых ученых. – М.: Наука, 1975. – С. 51–52.
 151. Черныш, С.И. Средство для повышения продуктивности тутового шелкопряда / С.И. Черныш // Шелк. – 1982. – № 45. – С. 45.

152. Черныш, С.И. Адаптация к повреждению у тутового шелкопряда *Bombyx mori* L. (Lepidoptera, Bombycidae). I. Влияние экдистероина и некоторых адаптогенов на устойчивость гусениц к интоксикации формальдегидом / С.И. Черныш, В.А. Лухтанов // Энтотомол. обозрение. – 1981. – Т. 1, № 1. – С. 21–33.
153. Чиркин, А.А. Использование куколок китайского дубового шелкопряда для экологического мониторинга и метаболической терапии / А.А. Чиркин [и др.] // Экологическая антропология. Ежегодник: сб. науч. тр.; редкол.: Л.И. Тегачко (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – С. 191–195.
154. Шапиро, И.Д. Энергетика питания стеблевого мотылька на разных кормовых растениях / И.Д. Шапиро [и др.] // Тр. ВИЗР: Вопросы экологической физиологии насекомых и проблемы защиты растений: тр. ВЗИР. – Ленинград, 1979. – С. 107–112.
155. Шеин, В.В. Особенности питания начальных возрастов гусениц сибирского шелкопряда на пихте сибирской / В.В. Шеин // Сиб. экол. ж. – 2002. – Т. 9, № 1. – С. 43–48.
156. Шмальгаузен, И.И. Определение основных понятий и методика исследования роста // Рост животных / И.И. Шмальгаузен. – М.–Л.: Биологическая и медицинская литература, 1935. – С. 8–60.
157. Яковлев, Г.М. Резистентность, стресс, регуляция / Г.М. Яковлев, В.С. Новиков, В.Х. Хавлинсон. – Л.: Наука, 1990. – С. 238.
158. Ali, M.A. Studies of food consumption host selection and oviposition preference of the Egyptian alfalfa weevil, *Hypera brunneipennis* Boh. (Col., Curculianidae) / M.A. Ali // Z. angew. Entomol. – 1983. – Vol. 95, № 2. – P. 175–180.
159. Bakke, A. The effect of forest fertilization on the larval weight and larval density of *Laspeyresia strobiliella* L. (Lepidoptera, Tortricidae) in cones of Norway spruce / A. Bakke // Zeitschr. Für angewandte Entomologie (Hamburg). – 1969. – Vol. 63, № 4. – P. 451–453.
160. Baranchicov, Ju.N. Nutritional ecology of phytophagous insects: patterns of application in forest management / Ju.N. Baranchicov, T.A. Vshivkova // III Symp. Ochr. Ecosyst. Lesnych. – Warszawa, Wyd. SGGW-AR, 1984. – P. 85.
161. Barker, J.S. Development of green Peach Aphid as affected by Nutrient Deficiencies in a Host, *Nasturtium* / J.S. Barker, O.E. Tauber // J. Eco. Ent. – 1951. – Vol. 44, № 1. – P. 125.
162. Behens, W. Function of ecdysteroids in adult insects / W. Behens, K.H. Hoffman // Acta endocrinol. – 1982. – № 246. – P. 31–32.
163. Bergamasco, R. Distribution and role of insect hormones in plants / R. Bergamasco, D.H.S. Horn // Invertebrate endocrinology. – New York, 1983. – Vol. 1: Endocrinology of insects / Ed. by R.G.H. Downer, H.N.Y. Laufer, A.R. Liss. – P. 627–654.

164. Bergamasco, R. The biological activities of ecdysteroids and ecdysteroid analogues / R. Bergamasco, D.H.S. Horn // *Development in endocrinology*. – Amsterdam, 1980. – Vol. 7: Progress in ecdysone research / Ed. by I.A. Hoffman. – P. 299–324.
165. Berry, R.E. Variegated cutworm: leaf consumption and economic loss in peppermint / R.E. Berry, E.J. Shields // *J. Econ. Entomol.* – 1980. – Vol. 73, № 4. – P. 607–608.
166. Bowers, W.S. Discovery of insect antiallatotropins / W.S. Bowers // *The juvenile hormones*. – N.Y.: Plenum Press. – 1976. – P. 737–742.
167. Bustillo, M. Mariposas de la Peninsula Iberica / M. Bustillo, F.F. Rubio. – Madrid, 1976. – Tomo 3. – P. 429.
168. Butenandt, A. Über die Isolierung eines metamorphose – hormone der Insekten in kristallisierter Form / A. Butenandt, P. Karlson // *Naturforschung*. – 1954. – Bd. 9B. – № 6. – P. 389–391.
169. Camps, F. Insect allelochemicals from Aynga plants / F. Camps, I. Coll // *Phytochem.* – 1993. – Vol. 32, № 6. – P. 1361–1370.
170. Cannon, W.N. Studies of *Ostrinia nubilalis* larvae (*Lepidoptera, Pyraustidae*) on corn plants supplied with various amounts of nitrogen and phosphorus. 1. Survival / W.N. Cannon, C.A. Ortega // *Annals of the Ent. Soc. of America (Baltimore)*. – 1966. – Vol. 59, № 4. – P. 631–638.
171. Capinera, I.L. Alfalfa webworm: foliage consumption and host preference / I.L. Capinera, A.R. Renaud, S.E. Naranjo // *Southwest. Entomol.* – 1981. – Vol. 6, № 1. – P. 18–22.
172. Cariac, M.J. Effects of crude plant extracts and mineral oil on reproductive performance of the codling moth *Cydia pomonella* L. (*Lepidoptera: Tortricidae*) / M.J. Cariac, A.A. Ferrero, T. Stadler // *Bol. sanid. veg. Plagas*. – 2003. – № 3. – P. 471–479.
173. Carton, B. Toxicity of two ecdysone agonists, halofenozide and methoxyfenozide, against the multicoloured Asian lady beetle *Harmia axyridis* (Col., *Coccinellidae*) / B. Carton, G. Smagghe, L. Tirry // *J. Appl. Entomol.* – 2003. – Vol. 127, № 4. – P. 240–242.
174. Cen, Yi-jing. Спиртовые экстракты 26 непредпочитаемых растений как репелленты откладки яиц у *Phyllocnistis citrella* / Yi-jing Cen [et al] // *Huanan nongye daxue xuebao. Ziran kexue ban = J.S. China Agr. Univ. Natur. Sci. Ed.* – 2003. – № 3. – P. 27–29.
175. Chapman, R.F. A field study on the potassium concentration in the blood of red locust *Nomadacris septemfasciata* (Serv.) in relation to its activity / R.F. Chapman // *Animal Behavior* (London). – 1958. – Vol. 6, № 1–2. – P. 60–67.
176. Charmillot, P.J. Ovicidal and larvicidal effectiveness of several insect growth inhibitors and regulators on the codling moth *Cydia pomonella* L. (*Lep., Tortricidae*) / P.J. Charmillot [et al] // *J. Appl. Entomol.* – 2001. – № 3. – P. 147–153.

177. Chebira, Souad. Uptake and distribution of three insect growth regulators diflubenzuron, flucycloxuron and halofenozide in pupae and adults of *Tenebrio molitor* / Souad Chebira [et al] // *Phytoparasitica*. – 2006. – Vol. 34, № 2. – P. 187–196.
178. Chlodny, I. Bioenergetics of the larval development of the Colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (say), in relation to temperature condition / I. Chlodny // *Ann. zool. PAN*. – 1975. – Vol. 33, № 10. – P. 149–187.
179. Clark, E.W. A review of literature on calcium and magnesium in insects / E.W. Clark // *Ann. Ent. Soc. Amer.* – 1958. – Vol. 51, № 2. – P. 142–154.
180. Delvi, M.R. Ecological energetics of the grasshopper *Poecilocus pictus* in Bangalore fields / M.R. Delvi, T.J. Pandian // *proc. Indian Acad. Sci.* – 1979. – Vol. 88, № 4. Part 1. – P. 241–256.
181. Dinan, L. A strategy towards the elucidation of the contribution made by phytoecdysteroids to the deterrence of invertebrate predators on plants / L. Dinan // *Rus I. Plant Physiol.* – 1998. – Vol. 45, № 3. – P. 347–359.
182. Dinan, L. Phytoecdysteroids in *Kochia scoparia* (burning bush) / L. Dinan // *J. Chromatograph.* – 1994. – Vol. 658. – P. 69–76.
183. Du, Yu-Zhe. Действие нового типа нестероидного агониста эдистероидов на формирование кутикулы у гусениц *Helicoverpa armigera* / Du Yu-Zhe [et al] // *Kunchong xuebao = Acta entomol. sin.* – 2002. – № 6. – P. 748–752.
184. Eijs, I. Feeding strategies in drosophilid parasitoids: The impact of natural food resources on energy reserves in females / I. Eijs, J. Ellers, G. Van Duijn // *Ecol. Entomol.* – 1998. – Vol. 23, № 2. – P. 133–138.
185. El-Tigani. Der Einfluß der Mineraldüngung der Pflanzen auf Entwicklung und Vermehrung von Blättaußen / El-Tigani, M. El-Amin // *Wiss. Z. Univ.* – 1962. – Vol. 11, № 2. – P. 307.
186. Fraenkel, G. Food conversion efficiency by fleshfly larvae, *Sarcophaga bullata* / G. Fraenkel // *Physiol. Entomol.* – 1981. – Vol. 6, № 2. – P. 157–160.
187. Gakhokidze, R. The effect of Biorad on technological indices of mulberry silkworm cocoon / R. Gakhokidze, E. Kimutsadze, Z. Putkaradze // *bull. Georg. Acad. Sci.* – 2004. – Vol. 169, № 1. – P. 164–165.
188. Galbraith, M.N. An insect-moulting hormone from a plant / M.N. Galbraith, D.H.S. Horn // *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* – 1966. – V. 24. – P. 905–906.
189. Gao Zhan-lin. Инсектицидная активность некоторых экстрактов растений в отношении тлей и ко-токсичность химическими инсектицидами / Gao Zhan-lin [et al] // *H. nongye daxue xuebao = J. Agr. Univ. Hebei.* – 2004. – № 4. – С 67–70.

190. Garner, J.M. Fall armyworm leaf consumption and development on florunner peanuts / J.M. Garner, R.E. Lynch // J. Econ. Entomol. – 1981. – Vol. 74, № 2. – P. 191–193.
191. Gobbi, A. Accion del Tebufenocida sobre Spodoptere littoralis / A. Gobbi [et al] // Bol. sanid Veg Plagas. – 2000. – № 1. – P. 119–127.
192. Grosh, Mrinal K. Effect of ammonium sulphate on leaf constituents of *Quercus serrata* and its correlation with oak – tasar silkworm (*Antheraea proylei* J.) / Mrinal K. Grosh, Ramesch C. Srivastava // Nat. Acad. Sci. Lett. – 1996. – Vol. 19, № 3. – P. 53–58.
193. Gupta, E.S. Consumption, digestion and utilization of the leaves of *Raphanus sativus* and *Brassica rapa* by larvae of *Pieris Brassicae* (Lepidoptera: Pieridae) / E.S. Gupta, R.P. Maleyar // Acta entomol. bohemosl. – 1981. – Vol. 78, № 5. – P. 290–302.
194. Hananao, K. Relationship between respirations and nutrition of the silkworm, *Bombyx mori* / K. Hananao, M. Panayotov, W. Shen // Proc. Jap. Fcad. B. – 1995. – Vol. 71, № 10. – P. 310–313.
195. Hoelscher, Jennifer A. Effects of methoxyfenozide-treated surfaces on the attractiveness and responsiveness of adult leafrollers / Jennifer A. Hoelscher, Bruce A. Barrett // Entomol. exp. et appl. – 2003. – Vol. 107, № 2. – P. 133–140.
196. Hosking, G.P. Nutritional basis for feeding zone preference of *arthopalus ferus* (Coleoptera: Cerambycidae) / G.P. Hosking, I.A. Hutcheson // N. Z., J. Forest. Sci. – 1979. – Vol. 9, № 2. – P. 185–192.
197. Hoyle, G. Changes in blood potassium concentration of the African migratory locust (*Locusta migratoria migratorioides* G. et F.) during food deprivation and effect on neuromuscular activity / G. Hoyle // J. Exp. Biol. – 1954. – Vol. 31. – P. 260–270.
198. Hu, Wengi. Morphological and molecular effects of 20-hydroxyecdysone and its agonist tebufenozide on CF-203, a midgut-derived cell line from the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* / Hu Wengi [et al] // Arch. Insect Biochem. and Physiol. – 2004. – № 2. – P. 68–78.
199. Huang, Jun-hai. Исследование инсектицидной активности 13 видов Celastraceae / Jun-hai Huang // Xibei zhiwu xuebao = Acta Bot. Boreali-Occident. Sin. – 2004. – № 4. – P. 688–692.
200. Ito, T. Nutritional requirement of the silkworm *Bombyx mori* L. / T. Ito // Proc. Japan Acad. – 1967. – Vol. 43. – P. 57–61.
201. Ichinose, Reiji. Ecdysone mimic insecticide, chromafenozide: Field efficacy against the apple tortrix / Reiji Ichinose [et al] // Sankyo kenkyujo nenpo = Annu. Rept. Sankyo Res. Lab. – 2000. – Vol. 52. – P. 59–62.
202. Jagannadh, V. Moulting and morphogenetic aberrations by diflubenzuron in *Spodoptera maurita* / V. Jagannadh, V.S.K. Nair // Proc. In-

- dian Nat. Sci. Acad. B. – 1997. – Vol. 63, № 4. – P. 281–287.
203. Jang, J. Simultaneous effects of nighttime temperature and an allelochemical on performance of an insect herbivore / J. Jang, N.E. Stamp // *Oecologia*. – 1995. – Vol. 104, № 2. – P. 225–233.
204. Jiang, Shuang-lin. Предварительное исследование источников растительных инсектицидов на востоке провинции Ганьсу, КНР / Shuang-lin Jiang // *Xibei zhiwu xuebao* = *Acta Bot. Boreali-Occident. Sin.* – 1999. – № 6. – P. 209–211.
205. Jizba, J. Isolation of ecdysterone (crustecdysone) from *Polipodium vulgare* L. Rhizomes / J. Jizba, V. Herout, F. Sorm // *Tetrahedron Lett.* – 1967. – V. 18. – P. 1689–1691.
206. Kapil, R.P. Effects of feeding different host plant on the growth of larvae and weight of cocoon of *Philosamia ricini* / R.P. Kapil // *Indian J. Entomol.* – 1967. – Vol. 29. – P. 295–296.
207. Kawagushi, Yutaka. Induction of larger eggs by 20-hydroxyecdysone in giant egg mutant phenotypes in the silkworm, *Bombyx mori* / Yutaka Kawagushi [et al] // *J. Sericult. Sci. jap.* – 1994. – Vol. 63, № 6. – P. 443–448.
208. Khanuja Suman Preet Singh. Process of its application against lepidopteran insects using *Albizia lebbeck* plant extract and *Bacillus Thuriengensis* delta-endotoxin / Khanuja Suman Preet Singh // Council of Scientific and Industrial Research. – 2002. – N09/923586.
209. King, P.D. Ecology of black beetle *Heteronychus arator*: Influence of plant species on larval consumption, utilization and growth / P.D. King, C.F. Mercer, I.S. Meecing // *Entomol. exp. et appl.* – 1981. – Vol. 29, № 1. – P. 109–116.
210. Kozlova, T. Steroid regulation of postembryonic development and reproduction in *Drosophila* / T. Kozlova, C.S. Thummel // *Trends in Endocrinology and Metabolism*. – 2000. – Vol. 11, № 7. – P. 276–280.
211. Krishnan, N. Consumption and utilization of senescent flowers by *Mylabris pustulata* (Coleoptera) / N. Krishnan, G. Jeyakumar, S. Dinakaran // *Uttar Pradesh. J. Zool.* – 1997. – Vol. 17, № 1. – P. 60–62.
212. Kubo, I. Isolation of phytoecdysones as insect ecdysis inhibitors and feeding deterrents / I. Kubo, I.A. Kloske // *Plant resistance to insects* / Ed. by P.A. Hedin. – Washington, 1983. – P. 329–346 (Amer. Chem. Soc. Ser. 208).
213. Kumar, V.S. RH-5992 – an ecdysone agonist on model system of the silkworm *Bombyx mori* / V.S. Kumar, M. Santhi, M. Krishnan // *Indian J. Exp. Biol.* – 2000. – Vol. 38, № 2. – P. 137–144.
214. Lafont, R. Practical uses for ecdisteroids in mammals including humans: an update / R. Lafont, L. Dinan // *Journal of Insect Science*. – 2003. – Vol. 3, № 7. – P. 30.

215. Lafont, R.D. The Ecdysone / R.D. Lafont, I.D. Wilson // Handbook. 2nd ed. Nottingham: The Chromatographic Society. – 1996. – 525 p.
216. Le Roux, E. J. Effects of various levels of nitrogen phosphorus and potassium in nutrient solution on the fecundity of the two-spotted spider mite *Tetranychus bimaculatus* Harvey (Acarina, tetranychidae) reared on cucumber / E.J. Le Roux // Canad. J. Agric. Sci. – 1954. – Vol. 34, № 2. – P. 145–151.
217. Lepage, M. Structure et dynamique des peuplements de termites tropicaux / M. Lepage // Acta oecol. Oecol. Gen. – 1983. – Vol. 4, № 1. – P. 65–83.
218. Llevellyn, M. The energetics of *Megoura viciae* reared on different parts of the broad bean plant (*Vicia faba*) / M. Llevellyn, A.L. Qureshi // Entomol. exp. et appl. – 1979. – Vol. 26, № 2. – P. 127–135.
219. Luginbüll, P. Effect of fertilizers on the resistance of certain winter and spring wheat varieties to the wheat stem sawfly / P. Luginbüll, F.N. MacNeal // Agron. J. – 1954. – Vol. 46, № 2. – P. 570–573.
220. Magnoler, A. Consumption and utilization of leaf tissue of *Quercus suber* L. and *Quercus ilex* L. by *Lymantria dispar* L. larvae / A. Magnoler, A. Cambini // Redia. – 1997. – № 80. – P. 99–106.
221. Matsuoka, T. Studies on phytoecdysones – a Review of Our Works / T. Matsuoka, S. Imai, M. Sakai, M. Kamada // Annu. Rep. Takeda Res. Lab. – 1969. – Vol. 28. – P. 221–271.
222. Mehlhorn, Heinz. Выращивание личинок и куколок *Lucilia*, *Phormia*, *Sarcophaga* и *Calliphora* на экстрактах из растений / Heinz Mehlhorn [et al]. – №10328102.9. – 2005.
223. Merker, E. Welche Ursachen hat die Schädigung der Insekten durch Düngung im Walde? / E. Merker // Allgem. Forst und jagdzeitung. – 1961. – Vol. 132, № 3. – P. 73–82.
224. Michel, E. Note sur l'élevage du puceron *Myzus persicae* au laboratoire application a sa fecondite on fonction de la nutrition minerale de la plante de tabac / E. Michel, J. Chouteau // Compt. rend. Acad. Agric. France. – 1963. – Vol. 49, № 11. – P. 962–966.
225. Mithuckrishman, S. Effects of the restriction of feeding duration on food utilization emergence and silk production in *Bombyx mori* L. (Lepidoptera, Bombycidae) / S. Mithuckrishman, S. Mathavan, S.V. Navarathina // Monit. zool. ital. – 1978. – Vol. 12, № 2–3. – P. 87–94.
226. Mladenovic, M. Effects of a vitamin-mineral preparation on development and productivity of bee colonies / M. Mladenovic, V. Mladan, Nada Dugalic-Vrindic // Acta vet. – 1999. – Vol. 49, № 2–3. – P. 177–184.
227. Mondal, K.A.M.S.H. Insect growth regulators and their potential in the management of stoped-product insect pests / K.A.M.S.H.

- Mondal, Selina Parween // Integr. Pest Manag. Rev. – 2000. – Vol. 5, № 4. – P. 255–295.
228. Morais, H. Padroes de producao de folhes e sua utilizacao por larvas de Lepidoptera em um cerrado de Brasilia / H. Morais, J. Dimz, L. Baumgarten // Rev. Bras. Bot. – 1995. – Vol. 18, № 2. – P. 163–170.
229. Nakanishi, K. Insect hormones. 1. The structure of Ponasteron A, an Insect-moulting hormone from the leaves of *Podocarpus nakaii* Haj / K. Nakanishi [et al] // J. Chem. Soc. Chem. Commun. – 1966. – V. 24. – P. 915–917.
230. Oberlander, H. Non-Steroidal Ecdysteroid Agonists: Tools for the Study of Hormonal Action / H. Oberlander, D.L. Silhacek, P. Porcheron // Arch. Insect Biochem. Physiol. – 1995. – Vol. 28. – P. 209–223.
231. Oberlander, Herbert. Interactions of ecdysteroid and juvenoid agonists in *Plodia interpunctella* (Hubner) / Herbert Oberlander, Donald L. Silhacek, Clarence E. Leach // Arch. Insect Biochem. and Physiol. – 1998. – Vol. 38, № 2. – P. 91–99.
232. Percins, Marc C. Dietary phosphorus affects the growth of larval *Manduca sexta* / Marc C. Percins [et al] // Arch. Insect Biocchem and Physiol. – 2004. – Vol. 55, № 3. – P. 153–168.
233. Poonia, F.S. Haemolymph proteins in fifth instar larvae of eri silkworm *Philosamia ricini* Hutt. After infection with a Flacherie disease / F.S. Poonia // Indian J. Sericult. – 1979. – Vol. 18. – P. 43–47.
234. Poonia, F.S. Studies on food utilization and rate of growth during the developmental stages of eri silkworm *Philosamia ricini* Hutt. (Lepidoptera: Saturnidae) / F.S. Poonia // Indian J. sericult. – 1978. – Vol. 17, № 1. – P. 48–60.
235. Prince, W.S.P.H. Cadmium toxicity in mulberry plants with special reference to the nutritional quality of leaves / W.S.P.H. Prince // Plant Nutr. – 2002. – Vol. 25, № 4. – P. 689–700.
236. Pszczolkowski, M.A. Effect of 20-hydroxyecdysone agonist, tebufenozide, on pre- and post-diapause larvae of *Dendrolimus pini* (L.) (Lep., Lasiocampidae) / M.A. Pszczolkowski, G. Smaghe // J. Appl. Entomol. – 1999. – Vol. 123, № 3. – P. 151–157.
237. Raina, A.K. Ecdysone agonist halofenozide affects corpora allata and reproductive physiology of the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus* / A.K. Raina, Y.I. Park, Z. Hruska // J. Insect Physiol. – 2003. – № 7. – P. 677–683.
238. Rajashekhargouda, R. Field performance of plant extracts on mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. / R. Rajashekhargouda [et al] // Entomon. – 1997. – Vol. 22, № 3–4. – P. 235–238.
239. Ramdev, Y.P. Consumption and utilization of dietary constituents of castor *Ricinus communis* Linn. By castor semilooper *Achaea ja-*

- nata Linn / Y.P. Ramdev, P.J. Rao // Indian J. Exp. Biol. – 1979. – Vol. 17, № 10. – P. 1154–1157.
240. Rees, H.H. Ecdysteroid biosynthesis and inactivation in relation to function / H.H. Rees // Europ. J. Entomol. – 1995. – Vol. 92, № 1. – P. 9–39.
241. Rodrigues, J.G. Mineral nutrition of the two-spotted spider mite *Tetranychus telarius* Harvey / J.G. Rodrigues // Ann. Ent. Soc. America. – 1951. – № 44. – P. 511–526.
242. Saha Birendo Nath. Effect of dietary supplementation of vitamins and minerals on the growth and development of *Bombyx mori* L. / Saha Birendo Nath, Khan Aatur Rahman // Bangladesh J. Zool. – 1996. – Vol. 24, № 2. – P. 125–131.
243. Sarnacka, S. Bodania nad wplywem zroznicowanego nawozenia azotowo-potasowego na lisci mormy I ich przydatnosc do wychowu jedwabnilow / S. Sarnacka // Prace Lab. Jedwabin nature. – 1968. – Vol. 13, № 21. – P. 5–21.
244. Sato, Y. Ecdysone activity of plant-originated moulting hormone applied on the body surface of Lepidoptera larvae / Y. Sato, M. Sakai, S. Imai, S. Fujioka // App. Ent. Zool. – 1968. – Vol. 3. – P. 49.
245. Satoshi, J. Effects de la composition minerale des fevilles de muriers sur la crois sance des vers a soie avec etude particulere du role du potassium / J. Satoshi // Fertilité. – 1969. – Vol. 33. – P. 3–18.
246. Schneider, M.I. Toxicidad topica del Tebufenocida, Spinosad y Azadiractina sobre pupas del parasitoide Hyposoter didymator (Thunberg, 1822) / M.I. Schneider [et al] // Bol. sanid. veg. Plagas. – 2000. – Vol. 26, № 4. – P. 465–473.
247. Schowalter, T.D. Bioenergetics of the range caterpillar, *Hemileuca oliviae* (Chll.) / T.D. Schowalter, W.G. Whitford, R.B. Turner // Oecologia. – 1977. – Vol. 28, № 2. – P. 153–161.
248. Schroeder, L.A. Distribution of Caloric densities among larvae feeding on Black Cherry tree leaves / L.A. Schroeder // Oecologia. – 1977. – Vol. 2. – P. 219–222.
249. Schroeder, L.A. Dry matter, energy and nitrogen conversion by Lepidoptera and Hymenoptera larvae fed leaves of black cherry / L.A. Schroeder, M. Malmer // Oecologia. – 1980. – Vol. 45, № 1. – P. 63–71.
250. Schroeder, L.A. Energy matter and nitrogen utilization by larvae of the monarch butterfly *Danaus plexippus* / L.A. Schroeder // Oikos. – 1976. – Vol. 27. – P. 259–264.
251. Scriber, J.M. Growth of herbivorous caterpillars in relation to feeding specialization and to the growth form of their, food plants / J.M. Scriber, P. Feeny // Ecology. – 1979. – Vol. 60, № 4. – P. 829–850.
252. Scriber, J.M. The effects of larvae feeding specialization and plant

- growth form on the consumption and utilization of plant biomass and nitrogen: an ecological consideration / J.M. Scriber // Entomol. exp. et. appl. – 1978. – Vol. 24, № 3. – P. 694–710.
253. Sharma, H.C. Consumption and utilization of bolls of different cotton genotypes by larvae of *Earias vitella* F. and effect of gossypol and tannin on food utilization / H.C. Sharma, R.A. Agarwal // Z. angew. Zool. – 1981. – Vol. 68, № 1. – P. 13–37.
 254. Sielezniew, Marcin. Effects of ecdysteroid agonist RH-5849 on pupal diapause of the tobacco hornworm (*Manduca sexta*) / Marcin Sielezniew, Brinislav Cymborowski // Arch. Insect Biochem. and Physiol. – 1997. – Vol. 35, № 1–2. – P. 191–197.
 255. Singh, U.B. Incidence of stem borer in Maize under different fertility levels / U.B. Singh, G.S. Shekhawat // Indian J. Agron. – 1964. – Vol. 9, № 1. – P. 48–50.
 256. Singhal, R.N. relationships between ecological efficiencies of a herbivore and a carnivore insect / R.N. Singhal // Indian J. Ecol. – 1980. – Vol. 7, № 1. – P. 71–76.
 257. Singvi, N.R. Influence of seriboost foliar application on leaf yield and leaf protein content in mulberry (*Morus spp.*), in relation to silkworm cocoon production / N.R. Singvi, A. Sarkar, R.K. Datta // Plant Arch. – 2001. – Vol. 1, № 1. – P. 105–109.
 258. Slama, K. Ecdysteroids insect hormones, plant defence or human medicine / K. Slama // Phytoparasitica. – 1993. – Vol. 21. – P. 3–8.
 259. Slansky, F. Selected bibliography and summary of quantitative food utilization by immature insects / F. Slansky, J.M. Scriber // Entomol. Soc. Am. Bull. – 1982. – Vol. 28, № 1. – P. 43–55.
 260. Smagghe, G. Tebufenozide: Effects of a nonsteroidal ecdysone agonist in the oriental cockroach *Blatta orientalis* / G. Smagghe [et al] // Parasitica. – 1996. – Vol. 52, № 2. – P. 53–59.
 261. Smagghe, Guy. Effects of the non-steroidal ecdysteroid mimic tebufenozide on the tomato looper *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae): An ultrastructural analysis / Guy Smagghe [et al] // Arch. Insect Biochem. and Physiol. – 1997. – Vol. 35, № 1–2. – P. 179–190.
 262. Smagghe, Guy. Significance of absorption, oxidation, and binding to toxicity of four ecdysone agonists in multi-resistant cotton leafworm / Guy Smagghe [et al] // Arch. Insect Biochem. and Physiol. – 2001. – Vol. 46, № 3. – P. 127–139.
 263. Smith, P.H. The energy relations of defoliating insects in a hazel coppice / P.H. Smith // J. Anim. Ecol. – 1972. – Vol. 41, № 3. – P. 567–587.
 264. Smits, S. Small Brain Neuropeptides / S. Smits // Trends in Endocrinology and Metabolism. – 1998. – № 9. – P. 301–302.
 265. Soltani, N. Activity of RH-0345 on ecdysteroid production and cu-

- ticle secretion in *Tenebrio molitor* pupae in vivo and in vitro / N. Soltani [et al] // *Pestic. Biochem. and Physiol.* – 2002. – Vol. 72, № 2. – P. 83–90.
266. Stadler, B. The effect of plan guality and temperature on the fitness of *Cinara pruinosa* (Sternorrhyncha: Lachnidae) on Norway spruce / B. Stadler // *Eur. J. Entomol.* – 1998. – Vol. 95, № 3. – P. 351–358.
267. Suganthy, M. Consumption and utilization of food by castor semi looper *Achaea janata* (Lepidoptera) / M. Suganthy, N. Nagapathu // *J. Ecotoxicol. and Environ. Monit.* – 2005. – Vol. 15. – № 3. – P. 201–205.
268. Sun, X. Effects of ecdysone agonists on the expression of EcR, USP and other specific proteins in the ovaries of the codling moth (*Cydia pomonella* L.) / X. Sun, Q. Song, B. Barrett // *Insect Biochem. and Mol. Biol.* – 2003. – Vol. 33, № 8. – P. 829–840.
269. Sun, Xiaoping. Effect of ecdysone agonists on vitellogenesis and the expression of EcR and USP in codling moth (*Cydia pomonella*) / Xiaoping Sun, Qisheng Song, Bruce Barrett // *Arch. Insect Biochem. and Physiol.* – 2003. – Vol. 52, № 3. – P. 115–129.
270. Sun, Zhi-tan. Биологическое влияние экстрактов из семейства против *Spodoptera litura* / Zhi-tan Sun, Mei-yin Hu, Guo-hua Zhong // *Guangxi nongye sheng. kexue = J. Guangxi Agr. and Biol. Sci.* – 2004. – № 2. – P. 118–121.
271. Syed Tajwer Sultana. Effect of crude extracts form plants on the oviposition behavior of diamondback moth / Syed Tajwer Sultana, Lu Yong-yue, Liang Guang-wen // *Huanan nongye daxue xuebao. Ziran kexue ban = J.S. China Agr. Univ. Natur. Sci. Ed.* – 2003. – № 3. – C. 87–92.
272. Takemoto, T. Isolation of the moulting hormones of insects from *Achyranthes radix* / T. Takemoto, S. Ogawa, N. Nishimoto // *Yakugaku Zasshi.* – 1967. – V. 87. – P. 325–327.
273. Vats, L.K. A quantitative study of food consumption, assimilation and growth of *Pieris brassicae* (Lepidoptera, Pieridae) on two host plant / L.K. Vats, B.R. Kounsai // *Indian J. Ecol.* – 1982. – Vol. 8. – P. 292–297.
274. Waldbauer, G.P. The consumption and utilization of food by insects / G.P. Waldbauer // *Adv. Insect Physiol.* – 1968. – Vol. 2. – P. 254–288.
275. Watson, T.F. Influence of host plant condition on population increase of *Tetranychus telarius* L. (*Acarina, tetranychidae*) / T.F. Watson // *Hilgardia.* – 1964. – Vol. 35, № 11. – P. 273–322.
276. Wawrzyniak, M. Influence of methoxyphenozide on feeding and development of large cabbage white butterfly (*Pieris brassicae* L.) / M. Wawrzyniak // *Pestycydy.* – 2004. – № 3–4. – P. 63–68.
277. Wing, K.D. RH 5849 Nonsteroidae Ecdysone Agonist.: Effects on

- Larval Lepidoptera / K.D. Wing, R.A. Slaveski, G.K. Carlson // Science. – 1988. – Vol. 24. – P. 470–472.
278. Wing, K.D. RH 5849, a Nonsteroidal Ecdysone Agonist: Effects on a Drosophilla Cell Line / K.D. Wing // Science. – 1988. – Vol. 241. – P. 467–469.
279. Woodring, J.P. Food utilization and metabolic efficiency in larval and adult house crickets / J.P. Woodring, C.W. Clifford, B.R. Beckman // J. Insect Physiol. – 1979. – Vol. 25, № 12. – P. 903–912.
280. Wooldridge, A.W. Effects of soil fertility on abundance of green peach aphids on Maryland tobacco / A.W. Wooldridge, F.P. Harrison // J. Econ. Ent. Baltimore. – 1968. – Vol. 61, № 2. – P. 387–391.
281. Xydias, G.K. Weevil infestation in relation to fertilization of White pine / G.K. Xydias, A.L. Leaf // Forest Sci. – 1964. – Vol. 10, № 4. – P. 428–431.
282. Yamada, Y. Reproductive fitness and adaptability to heterogeneous environments of Tribolium population selected under optimum or stress nutrition / Y. Yamada, A.E. Bell // Can. J. Genet. And. Cytol. – 1980. – Vol. 22, № 2. – P. 187–195.
283. Yano An-Qing. Биологическая активность и фотоактивация неочищенных экстрактов из растения *Celastrus* sp. в отношении *Pieris rapae* / Yano An-Qing // Kunchong zhishi = Entomol. Knowl. – 2005. – № 2. – С. 196–198.
284. Yi Hui-lian. Влияние экстрактов *Ganoderma lucidum* на биологические параметры *Drosophila melanogaster* / Yi Hui-lian, Gao Cui-lian // Shanxi daxue xuebao. Ziran kexue ban = J.S. Univ. Natur. Sci. Ed. – 2000. – № 3. – С. 254–256.
285. Zabel, A. Effect of neem extract on *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) and *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae) / A. Zabel [et al] // Anz. Schadlingsk. – 2002. – № 1. – P. 19–25.
286. Zahng, Guozheng. Влияние некоторых микроэлементов в искусственной диете на молодых гусениц *Bombyx mori* / Guozheng Zahng // Canye kexue = Acta sericol. Sin. – 1996. – Vol. 22, № 3. – P. 145–149.
287. Zhao Boguang. Влияние экстрактов нима на яйцекладку и вылупление усача *Apriona germari* / Zhao Boguang, Li Xiaoping, Cheng Xiaoping // Linye kexue = Sci. silv. sin. – 2001. – № 1. – С. 96–100.
288. Zhou Wei-guo. Действие экстрактов из *Sabina vulgaris* на *Leucania separata* и *Sitophilus zeamais* / Zhou Wei-guo [et al] // Yunnan daxue xuebao. Ziran kexue ban = J. Yunnan Univ. Natur. Sci. – 2002. – № 1. – С. 70–72.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А



1



2



(контроль)



3



4

Проявление гормонального эффекта агонистов экдистероидов после разных способов воздействия на дубового шелкопряда

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-209 0,01%

Кормовое растение	Возраст гусениц	Период активного питания, сут	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
			сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Дуб	Л ₁	4,35 ± 0,12	0,085 ± 0,011	0,034 ± 0,005	0,029 ± 0,008	85,29 ± 0,25	64,71 ± 1,54	75,86 ± 1,67
	Л ₂	4,62 ± 0,09	0,41 ± 0,08	0,164 ± 0,004	0,129 ± 0,009	78,66 ± 0,31	60,36 ± 1,25	76,74 ± 1,43
	Л ₃	5,41 ± 0,15	3,12 ± 0,06	1,25 ± 0,03	0,61 ± 0,07	48,12 ± 0,24	36,57 ± 0,56	76,04 ± 1,32
	Л ₄	9,23 ± 0,10	9,65 ± 0,12	3,86 ± 0,06	1,54 ± 0,12	39,89 ± 0,22	33,02 ± 0,35	82,79 ± 1,56
	Л ₅	17,84 ± 0,19	37,24 ± 0,24	14,89 ± 0,11	4,71 ± 0,15	31,63 ± 0,18	26,32 ± 0,22	83,22 ± 1,67
Контроль	Л ₁	4,21 ± 0,11	0,09 ± 0,02	0,036 ± 0,001	0,031 ± 0,005	86,11 ± 0,35	66,68 ± 2,13	77,41 ± 1,92
	Л ₂	4,25 ± 0,13	0,46 ± 0,13	0,184 ± 0,007	0,147 ± 0,008	79,89 ± 0,41	60,07 ± 1,24	75,19 ± 1,55
	Л ₃	5,56 ± 0,16	3,19 ± 0,09	1,08 ± 0,03	0,53 ± 0,08	49,62 ± 0,28	35,31 ± 0,18	71,16 ± 1,32
	Л ₄	9,18 ± 0,18	9,89 ± 0,15	3,96 ± 0,08	1,72 ± 0,09	44,26 ± 0,25	35,87 ± 0,15	81,05 ± 1,63
	Л ₅	17,24 ± 0,21	37,15 ± 0,28	14,86 ± 0,14	4,78 ± 0,15	32,16 ± 0,18	27,71 ± 0,09	86,19 ± 1,54
Береза	Л ₁	6,28 ± 0,15	0,11 ± 0,08	0,044 ± 0,004	0,035 ± 0,009	79,55 ± 0,35	52,27 ± 1,48	65,71 ± 0,83
	Л ₂	6,74 ± 0,14	0,62 ± 0,12	0,248 ± 0,007	0,157 ± 0,007	63,31 ± 0,38	43,96 ± 1,24	69,43 ± 0,96
	Л ₃	5,43 ± 0,19	3,78 ± 0,16	1,51 ± 0,08	0,63 ± 0,05	44,37 ± 0,27	33,81 ± 0,95	76,19 ± 0,84
	Л ₄	9,75 ± 0,13	13,17 ± 0,12	5,27 ± 0,06	2,12 ± 0,11	39,66 ± 0,21	32,12 ± 1,11	80,95 ± 1,45
	Л ₅	18,23 ± 0,21	49,53 ± 0,21	19,81 ± 0,11	5,71 ± 0,16	30,14 ± 0,17	26,65 ± 0,92	85,11 ± 1,62
Контроль	Л ₁	6,11 ± 0,14	0,12 ± 0,04	0,041 ± 0,002	0,033 ± 0,004	82,51 ± 0,54	55,99 ± 1,76	67,86 ± 0,83
	Л ₂	6,42 ± 0,17	0,65 ± 0,16	0,233 ± 0,009	0,152 ± 0,008	66,15 ± 0,42	48,86 ± 1,15	73,68 ± 1,15
	Л ₃	5,47 ± 0,12	3,82 ± 0,12	1,35 ± 0,06	0,61 ± 0,08	46,53 ± 0,31	36,55 ± 0,81	78,55 ± 0,67
	Л ₄	9,61 ± 0,11	13,11 ± 0,15	5,24 ± 0,08	2,13 ± 0,12	40,65 ± 0,29	33,39 ± 1,16	82,16 ± 1,54
	Л ₅	18,05 ± 0,23	49,71 ± 0,25	19,88 ± 0,13	6,11 ± 0,21	31,14 ± 0,21	27,92 ± 0,92	89,67 ± 1,43

Таблица Б.2 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-209 0,1%

Кормовое растение	Возраст гусениц	Период активного питания, сут.	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
			сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Дуб	Л ₁	4,14 ± 0,11	0,06 ± 0,04	0,024 ± 0,02	0,019 ± 0,006	79,17 ± 0,28	54,17 ± 1,94	68,42 ± 1,76
	Л ₂	5,75 ± 0,15	0,33 ± 0,12	0,168 ± 0,07	0,125 ± 0,007	74,41 ± 0,35	53,63 ± 1,35	72,08 ± 1,45
	Л ₃	6,04 ± 0,12	2,17 ± 0,08	0,87 ± 0,05	0,46 ± 0,09	52,64 ± 0,25	35,71 ± 0,32	67,83 ± 1,37
	Л ₄	8,75 ± 0,10	12,85 ± 0,16	5,14 ± 0,08	1,66 ± 0,11	32,29 ± 0,28	22,76 ± 0,19	70,48 ± 1,68
	Л ₅	19,73 ± 0,18	45,29 ± 0,24	18,12 ± 0,13	4,45 ± 0,13	24,55 ± 0,16	20,25 ± 0,13	82,47 ± 1,65
Контроль	Л ₁	4,21 ± 0,11	0,09 ± 0,02	0,036 ± 0,001	0,031 ± 0,005	86,11 ± 0,35	66,68 ± 2,13	77,41 ± 1,92
	Л ₂	4,25 ± 0,13	0,46 ± 0,13	0,184 ± 0,007	0,147 ± 0,008	79,89 ± 0,41	60,07 ± 1,24	75,19 ± 1,55
	Л ₃	5,56 ± 0,16	3,19 ± 0,09	1,08 ± 0,03	0,53 ± 0,08	49,62 ± 0,28	35,31 ± 0,18	71,16 ± 1,32
	Л ₄	9,18 ± 0,18	9,89 ± 0,15	3,96 ± 0,08	1,72 ± 0,09	44,26 ± 0,25	35,87 ± 0,15	81,05 ± 1,63
	Л ₅	17,24 ± 0,21	37,15 ± 0,28	14,86 ± 0,14	4,78 ± 0,15	32,16 ± 0,18	27,71 ± 0,09	86,19 ± 1,54
Береза	Л ₁	6,95 ± 0,16	0,06 ± 0,06	0,026 ± 0,004	0,017 ± 0,008	65,38 ± 0,43	36,43 ± 1,65	55,72 ± 0,74
	Л ₂	7,03 ± 0,14	0,35 ± 0,14	0,148 ± 0,007	0,097 ± 0,006	63,04 ± 0,38	42,25 ± 1,21	67,03 ± 0,98
	Л ₃	6,45 ± 0,19	1,86 ± 0,18	0,85 ± 0,08	0,41 ± 0,07	48,23 ± 0,28	33,17 ± 0,96	68,78 ± 0,74
	Л ₄	9,53 ± 0,12	18,68 ± 0,15	3,17 ± 0,06	1,53 ± 0,14	24,79 ± 0,24	16,21 ± 1,13	65,36 ± 1,43
	Л ₅	19,06 ± 0,19	57,25 ± 0,19	22,93 ± 0,09	4,61 ± 0,19	20,13 ± 0,29	16,20 ± 0,85	80,49 ± 1,58
Контроль	Л ₁	6,11 ± 0,14	0,12 ± 0,04	0,041 ± 0,002	0,033 ± 0,004	82,51 ± 0,54	55,99 ± 1,76	67,86 ± 0,83
	Л ₂	6,42 ± 0,17	0,65 ± 0,16	0,233 ± 0,009	0,152 ± 0,008	66,15 ± 0,42	48,86 ± 1,15	73,68 ± 1,15
	Л ₃	5,47 ± 0,12	3,82 ± 0,12	1,35 ± 0,06	0,61 ± 0,08	46,53 ± 0,31	36,55 ± 0,81	78,55 ± 0,67
	Л ₄	9,61 ± 0,11	13,11 ± 0,15	5,24 ± 0,08	2,13 ± 0,12	40,65 ± 0,29	33,39 ± 1,16	82,16 ± 1,54
	Л ₅	18,05 ± 0,23	49,71 ± 0,25	19,88 ± 0,13	6,11 ± 0,21	31,14 ± 0,21	27,92 ± 0,92	89,67 ± 1,43

Таблица Б.3 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-209 1%

Кормовое растение	Возраст гусениц	Период активного питания, сут.	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
			сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Дуб	Л ₁	5,12 ± 0,15	0,05 ± 0,04	0,020 ± 0,002	0,015 ± 0,004	70,15 ± 0,24	46,59 ± 1,95	66,42 ± 1,98
	Л ₂	5,45 ± 0,17	0,37 ± 0,15	0,15 ± 0,08	0,095 ± 0,009	64,81 ± 0,45	45,71 ± 1,25	70,53 ± 1,67
	Л ₃	6,18 ± 0,19	1,95 ± 0,12	0,78 ± 0,06	0,35 ± 0,06	41,03 ± 0,32	28,13 ± 0,36	68,57 ± 1,45
	Л ₄	10,28 ± 0,21	12,87 ± 0,18	5,15 ± 0,09	1,62 ± 0,08	51,48 ± 0,28	21,45 ± 0,21	68,14 ± 1,78
	Л ₅	19,61 ± 0,25	43,17 ± 0,25	17,27 ± 0,14	4,05 ± 0,18	21,93 ± 0,21	17,05 ± 0,25	77,53 ± 1,62
Контроль	Л ₁	4,21 ± 0,11	0,09 ± 0,02	0,036 ± 0,001	0,031 ± 0,005	86,11 ± 0,35	66,68 ± 2,13	77,41 ± 1,92
	Л ₂	4,25 ± 0,13	0,46 ± 0,13	0,184 ± 0,007	0,147 ± 0,008	79,89 ± 0,41	60,07 ± 1,24	75,19 ± 1,55
	Л ₃	5,56 ± 0,16	3,19 ± 0,09	1,08 ± 0,03	0,53 ± 0,08	49,62 ± 0,28	35,31 ± 0,18	71,16 ± 1,32
	Л ₄	9,18 ± 0,18	9,89 ± 0,15	3,96 ± 0,08	1,72 ± 0,09	44,26 ± 0,25	35,87 ± 0,15	81,05 ± 1,63
	Л ₅	17,24 ± 0,21	37,15 ± 0,28	14,86 ± 0,14	4,78 ± 0,15	32,16 ± 0,18	27,71 ± 0,09	86,19 ± 1,54
Береза	Л ₁	8,83 ± 0,17	0,055 ± 0,04	0,022 ± 0,002	0,012 ± 0,005	54,55 ± 0,62	28,43 ± 1,52	52,12 ± 0,95
	Л ₂	7,43 ± 0,19	0,27 ± 0,19	0,108 ± 0,008	0,06 ± 0,04	54,31 ± 0,53	34,94 ± 1,19	64,35 ± 1,17
	Л ₃	7,72 ± 0,23	1,61 ± 0,17	0,64 ± 0,08	0,25 ± 0,09	39,06 ± 0,45	25,49 ± 0,93	65,28 ± 0,75
	Л ₄	10,45 ± 0,26	8,12 ± 0,16	3,25 ± 0,09	0,66 ± 0,15	20,31 ± 0,34	12,82 ± 1,24	63,17 ± 1,73
	Л ₅	18,61 ± 0,29	45,26 ± 0,28	18,10 ± 0,15	3,05 ± 0,19	16,25 ± 0,24	11,78 ± 0,97	72,51 ± 1,55
Контроль	Л ₁	6,11 ± 0,14	0,12 ± 0,04	0,041 ± 0,002	0,033 ± 0,004	82,51 ± 0,54	55,99 ± 1,76	67,86 ± 0,83
	Л ₂	6,42 ± 0,17	0,65 ± 0,16	0,233 ± 0,009	0,152 ± 0,008	66,15 ± 0,42	48,86 ± 1,15	73,68 ± 1,15
	Л ₃	5,47 ± 0,12	3,82 ± 0,12	1,35 ± 0,06	0,61 ± 0,08	46,53 ± 0,31	36,55 ± 0,81	78,55 ± 0,67
	Л ₄	9,61 ± 0,11	13,11 ± 0,15	5,24 ± 0,08	2,13 ± 0,12	40,65 ± 0,29	33,39 ± 1,16	82,16 ± 1,54
	Л ₅	18,05 ± 0,23	49,71 ± 0,25	19,88 ± 0,13	6,11 ± 0,21	31,14 ± 0,21	27,92 ± 0,92	89,67 ± 1,43

Таблица Б.4 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-210 0,01%

Кормовое растение	Возраст гусениц	Период активного питания, сут	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
			сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Дуб	Л ₁	4,41 ± 0,13	0,085 ± 0,012	0,034 ± 0,004	0,029 ± 0,007	85,29 ± 0,23	65,55 ± 1,50	76,86 ± 1,62
	Л ₂	4,25 ± 0,09	0,43 ± 0,07	0,172 ± 0,005	0,144 ± 0,009	80,72 ± 0,30	61,32 ± 1,23	75,97 ± 1,40
	Л ₃	5,55 ± 0,16	3,08 ± 0,06	1,23 ± 0,03	0,65 ± 0,06	50,85 ± 0,21	35,55 ± 0,54	69,92 ± 1,33
	Л ₄	9,19 ± 0,11	9,79 ± 0,13	3,92 ± 0,07	1,68 ± 0,11	42,85 ± 0,23	33,58 ± 0,31	78,38 ± 1,52
	Л ₅	17,51 ± 0,19	37,05 ± 0,25	14,82 ± 0,12	4,70 ± 0,16	31,71 ± 0,19	26,84 ± 0,24	84,65 ± 1,64
Контроль	Л ₁	4,21 ± 0,11	0,09 ± 0,02	0,036 ± 0,001	0,031 ± 0,005	86,11 ± 0,35	66,68 ± 2,13	77,41 ± 1,92
	Л ₂	4,25 ± 0,13	0,46 ± 0,13	0,184 ± 0,007	0,147 ± 0,008	79,89 ± 0,41	60,07 ± 1,24	75,19 ± 1,55
	Л ₃	5,56 ± 0,16	3,19 ± 0,09	1,08 ± 0,03	0,53 ± 0,08	49,62 ± 0,28	35,31 ± 0,18	71,16 ± 1,32
	Л ₄	9,18 ± 0,18	9,89 ± 0,15	3,96 ± 0,08	1,72 ± 0,09	44,26 ± 0,25	35,87 ± 0,15	81,05 ± 1,63
	Л ₅	17,24 ± 0,21	37,15 ± 0,28	14,86 ± 0,14	4,78 ± 0,15	32,16 ± 0,18	27,71 ± 0,09	86,19 ± 1,54
Береза	Л ₁	6,23 ± 0,14	0,115 ± 0,007	0,040 ± 0,003	0,032 ± 0,008	80,15 ± 0,33	54,09 ± 1,45	66,25 ± 0,82
	Л ₂	6,41 ± 0,16	0,61 ± 0,12	0,24 ± 0,06	0,148 ± 0,007	64,65 ± 0,35	45,37 ± 1,21	70,18 ± 0,93
	Л ₃	5,49 ± 0,18	3,76 ± 0,17	1,50 ± 0,08	0,71 ± 0,04	47,33 ± 0,22	36,73 ± 0,93	77,61 ± 0,81
	Л ₄	9,75 ± 0,13	12,95 ± 0,12	5,18 ± 0,06	1,98 ± 0,10	38,22 ± 0,23	32,30 ± 1,14	81,92 ± 1,44
	Л ₅	18,28 ± 0,23	49,35 ± 0,23	19,74 ± 0,12	5,91 ± 0,17	29,94 ± 0,19	26,83 ± 0,91	89,62 ± 1,65
Контроль	Л ₁	6,11 ± 0,14	0,12 ± 0,04	0,041 ± 0,002	0,033 ± 0,004	82,51 ± 0,54	55,99 ± 1,76	67,86 ± 0,83
	Л ₂	6,42 ± 0,17	0,65 ± 0,16	0,233 ± 0,009	0,152 ± 0,008	66,15 ± 0,42	48,86 ± 1,15	73,68 ± 1,15
	Л ₃	5,47 ± 0,12	3,82 ± 0,12	1,35 ± 0,06	0,61 ± 0,08	46,53 ± 0,31	36,55 ± 0,81	78,55 ± 0,67
	Л ₄	9,61 ± 0,11	13,11 ± 0,15	5,24 ± 0,08	2,13 ± 0,12	40,65 ± 0,29	33,39 ± 1,16	82,16 ± 1,54
	Л ₅	18,05 ± 0,23	49,71 ± 0,25	19,88 ± 0,13	6,11 ± 0,21	31,14 ± 0,21	27,92 ± 0,92	89,67 ± 1,43

Таблица Б.5 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-210 0,1%

Кормовое растение	Возраст гусениц	Период активного питания, сут.	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
			сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Дуб	Л ₁	4,45 ± 0,10	0,08 ± 0,05	0,032 ± 0,002	0,026 ± 0,007	81,25 ± 0,23	52,87 ± 1,91	65,08 ± 1,71
	Л ₂	4,61 ± 0,13	0,40 ± 0,14	0,16 ± 0,07	0,12 ± 0,06	75,12 ± 0,32	49,95 ± 1,33	66,50 ± 1,43
	Л ₃	5,83 ± 0,11	3,48 ± 0,09	1,39 ± 0,06	0,55 ± 0,08	45,57 ± 0,28	30,91 ± 0,37	67,82 ± 1,32
	Л ₄	9,31 ± 0,14	11,21 ± 0,17	4,48 ± 0,08	1,61 ± 0,10	42,93 ± 0,21	30,35 ± 0,14	70,70 ± 1,64
	Л ₅	17,48 ± 0,17	39,54 ± 0,22	15,82 ± 0,12	4,45 ± 0,11	28,13 ± 0,18	22,65 ± 0,11	80,55 ± 1,65
Контроль	Л ₁	4,21 ± 0,11	0,09 ± 0,02	0,036 ± 0,001	0,031 ± 0,005	86,11 ± 0,35	66,68 ± 2,13	77,41 ± 1,92
	Л ₂	4,25 ± 0,13	0,46 ± 0,13	0,184 ± 0,007	0,147 ± 0,008	79,89 ± 0,41	60,07 ± 1,24	75,19 ± 1,55
	Л ₃	5,56 ± 0,16	3,19 ± 0,09	1,08 ± 0,03	0,53 ± 0,08	49,62 ± 0,28	35,31 ± 0,18	71,16 ± 1,32
	Л ₄	9,18 ± 0,18	9,89 ± 0,15	3,96 ± 0,08	1,72 ± 0,09	44,26 ± 0,25	35,87 ± 0,15	81,05 ± 1,63
	Л ₅	17,24 ± 0,21	37,15 ± 0,28	14,86 ± 0,14	4,78 ± 0,15	32,16 ± 0,18	27,71 ± 0,09	86,19 ± 1,54
Береза	Л ₁	5,91 ± 0,15	0,09 ± 0,07	0,036 ± 0,004	0,027 ± 0,007	75,34 ± 0,41	50,23 ± 1,61	66,67 ± 0,76
	Л ₂	6,83 ± 0,12	0,58 ± 0,16	0,23 ± 0,008	0,145 ± 0,005	64,95 ± 0,33	42,91 ± 1,23	66,07 ± 0,93
	Л ₃	8,12 ± 0,16	4,35 ± 0,19	1,74 ± 0,09	0,68 ± 0,04	39,08 ± 0,22	26,43 ± 0,92	67,64 ± 0,72
	Л ₄	9,84 ± 0,13	13,27 ± 0,15	5,31 ± 0,08	1,87 ± 0,13	35,21 ± 0,26	24,40 ± 1,11	69,30 ± 1,43
	Л ₅	18,23 ± 0,21	50,63 ± 0,25	20,25 ± 0,12	5,54 ± 0,15	27,35 ± 0,21	20,99 ± 0,83	76,78 ± 1,55
Контроль	Л ₁	6,11 ± 0,14	0,12 ± 0,04	0,041 ± 0,002	0,033 ± 0,004	82,51 ± 0,54	55,99 ± 1,76	67,86 ± 0,83
	Л ₂	6,42 ± 0,17	0,65 ± 0,16	0,233 ± 0,009	0,152 ± 0,008	66,15 ± 0,42	48,86 ± 1,15	73,68 ± 1,15
	Л ₃	5,47 ± 0,12	3,82 ± 0,12	1,35 ± 0,06	0,61 ± 0,08	46,53 ± 0,31	36,55 ± 0,81	78,55 ± 0,67
	Л ₄	9,61 ± 0,11	13,11 ± 0,15	5,24 ± 0,08	2,13 ± 0,12	40,65 ± 0,29	33,39 ± 1,16	82,16 ± 1,54
	Л ₅	18,05 ± 0,23	49,71 ± 0,25	19,88 ± 0,13	6,11 ± 0,21	31,14 ± 0,21	27,92 ± 0,92	89,67 ± 1,43

Таблица Б.6 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-210 1%

Кормовое растение	Возраст гусениц	Период активного питания, сут.	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
			сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Дуб	Л ₁	5,34 ± 0,16	0,082 ± 0,005	0,033 ± 0,002	0,026 ± 0,005	78,65 ± 0,28	50,51 ± 0,95	64,23 ± 1,68
	Л ₂	5,42 ± 0,18	0,40 ± 0,14	0,16 ± 0,07	0,115 ± 0,010	71,87 ± 0,42	47,78 ± 1,15	69,48 ± 1,37
	Л ₃	6,12 ± 0,14	2,99 ± 0,13	1,20 ± 0,06	0,56 ± 0,05	46,65 ± 0,40	32,68 ± 0,42	70,07 ± 1,15
	Л ₄	10,17 ± 0,25	10,20 ± 0,19	4,08 ± 0,09	1,50 ± 0,06	56,76 ± 0,31	26,22 ± 0,31	71,13 ± 1,08
	Л ₅	17,28 ± 0,28	40,54 ± 0,23	16,22 ± 0,11	4,16 ± 0,15	25,71 ± 0,25	19,65 ± 0,26	76,46 ± 1,12
Контроль	Л ₁	4,21 ± 0,11	0,09 ± 0,02	0,036 ± 0,001	0,031 ± 0,005	86,11 ± 0,35	66,68 ± 2,13	77,41 ± 1,92
	Л ₂	4,25 ± 0,13	0,46 ± 0,13	0,184 ± 0,007	0,147 ± 0,008	79,89 ± 0,41	60,07 ± 1,24	75,19 ± 1,55
	Л ₃	5,56 ± 0,16	3,19 ± 0,09	1,08 ± 0,03	0,53 ± 0,08	49,62 ± 0,28	35,31 ± 0,18	71,16 ± 1,32
	Л ₄	9,18 ± 0,18	9,89 ± 0,15	3,96 ± 0,08	1,72 ± 0,09	44,26 ± 0,25	35,87 ± 0,15	81,05 ± 1,63
	Л ₅	17,24 ± 0,21	37,15 ± 0,28	14,86 ± 0,14	4,78 ± 0,15	32,16 ± 0,18	27,71 ± 0,09	86,19 ± 1,54
Береза	Л ₁	7,15 ± 0,15	0,09 ± 0,05	0,036 ± 0,003	0,026 ± 0,006	72,25 ± 0,5 2	44,30 ± 1,42	61,31 ± 0,75
	Л ₂	6,94 ± 0,17	0,43 ± 0,18	0,17 ± 0,008	0,113 ± 0,006	66,47 ± 0,43	43,09 ± 1,29	64,83 ± 1,07
	Л ₃	7,83 ± 0,19	2,87 ± 0,16	1,15 ± 0,08	0,50 ± 0,08	43,48 ± 0,35	29,65 ± 0,83	68,21 ± 0,55
	Л ₄	10,26 ± 0,22	12,45 ± 0,14	4,98 ± 0,06	1,45 ± 0,17	29,12 ± 0,24	21,11 ± 1,14	72,48 ± 1,43
	Л ₅	18,21 ± 0,24	51,63 ± 0,23	20,65 ± 0,12	4,55 ± 0,16	22,03 ± 0,14	16,56 ± 0,87	75,16 ± 1,15
Контроль	Л ₁	6,11 ± 0,14	0,12 ± 0,04	0,041 ± 0,002	0,033 ± 0,004	82,51 ± 0,54	55,99 ± 1,76	67,86 ± 0,83
	Л ₂	6,42 ± 0,17	0,65 ± 0,16	0,233 ± 0,009	0,152 ± 0,008	66,15 ± 0,42	48,86 ± 1,15	73,68 ± 1,15
	Л ₃	5,47 ± 0,12	3,82 ± 0,12	1,35 ± 0,06	0,61 ± 0,08	46,53 ± 0,31	36,55 ± 0,81	78,55 ± 0,67
	Л ₄	9,61 ± 0,11	13,11 ± 0,15	5,24 ± 0,08	2,13 ± 0,12	40,65 ± 0,29	33,39 ± 1,16	82,16 ± 1,54
	Л ₅	18,05 ± 0,23	49,71 ± 0,25	19,88 ± 0,13	6,11 ± 0,21	31,14 ± 0,21	27,92 ± 0,92	89,67 ± 1,43

Таблица Б.7 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-211 0,01%

Кормовое растение	Возраст гусениц	Период активного питания, сут.	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
			сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Дуб	Л ₁	4,18 ± 0,13	0,076 ± 0,006	0,033 ± 0,003	0,028 ± 0,006	84,67 ± 0,29	60,48 ± 1,55	71,43 ± 1,25
	Л ₂	4,22 ± 0,15	0,43 ± 0,16	0,162 ± 0,008	0,135 ± 0,007	78,48 ± 0,36	54,66 ± 1,13	69,65 ± 1,34
	Л ₃	5,45 ± 0,18	3,27 ± 0,11	1,31 ± 0,05	0,64 ± 0,07	48,85 ± 0,24	36,42 ± 0,35	75,19 ± 1,14
	Л ₄	9,23 ± 0,20	10,15 ± 0,16	4,06 ± 0,07	1,63 ± 0,09	40,15 ± 0,20	33,12 ± 0,21	82,21 ± 0,94
	Л ₅	17,42 ± 0,24	38,51 ± 0,24	15,41 ± 0,11	5,12 ± 0,12	33,22 ± 0,17	27,07 ± 0,15	81,49 ± 0,74
Контроль	Л ₁	4,21 ± 0,11	0,09 ± 0,02	0,036 ± 0,001	0,031 ± 0,005	86,11 ± 0,35	66,68 ± 2,13	77,41 ± 1,92
	Л ₂	4,25 ± 0,13	0,46 ± 0,13	0,184 ± 0,007	0,147 ± 0,008	79,89 ± 0,41	60,07 ± 1,24	75,19 ± 1,55
	Л ₃	5,56 ± 0,16	3,19 ± 0,09	1,08 ± 0,03	0,53 ± 0,08	49,62 ± 0,28	35,31 ± 0,18	71,16 ± 1,32
	Л ₄	9,18 ± 0,18	9,89 ± 0,15	3,96 ± 0,08	1,72 ± 0,09	44,26 ± 0,25	35,87 ± 0,15	81,05 ± 1,63
	Л ₅	17,24 ± 0,21	37,15 ± 0,28	14,86 ± 0,14	4,78 ± 0,15	32,16 ± 0,18	27,71 ± 0,09	86,19 ± 1,54
Береза	Л ₁	6,21 ± 0,16	0,10 ± 0,03	0,04 ± 0,02	0,029 ± 0,003	80,12 ± 0,46	49,78 ± 1,18	62,13 ± 1,08
	Л ₂	6,34 ± 0,15	0,59 ± 0,14	0,24 ± 0,07	0,15 ± 0,02	66,76 ± 0,38	48,96 ± 1,02	73,33 ± 0,86
	Л ₃	5,54 ± 0,17	3,65 ± 0,11	1,46 ± 0,05	0,61 ± 0,05	46,58 ± 0,27	32,88 ± 0,94	70,58 ± 0,79
	Л ₄	9,73 ± 0,22	13,25 ± 0,18	5,31 ± 0,08	1,95 ± 0,13	41,05 ± 0,25	34,47 ± 0,77	81,54 ± 0,55
	Л ₅	18,27 ± 0,26	48,17 ± 0,23	19,27 ± 0,12	5,43 ± 0,18	29,23 ± 0,17	24,71 ± 0,54	84,53 ± 0,34
Контроль	Л ₁	6,11 ± 0,14	0,12 ± 0,04	0,041 ± 0,002	0,033 ± 0,004	82,51 ± 0,54	55,99 ± 1,76	67,86 ± 0,83
	Л ₂	6,42 ± 0,17	0,65 ± 0,16	0,233 ± 0,009	0,152 ± 0,008	66,15 ± 0,42	48,86 ± 1,15	73,68 ± 1,15
	Л ₃	5,47 ± 0,12	3,82 ± 0,12	1,35 ± 0,06	0,61 ± 0,08	46,53 ± 0,31	36,55 ± 0,81	78,55 ± 0,67
	Л ₄	9,61 ± 0,11	13,11 ± 0,15	5,24 ± 0,08	2,13 ± 0,12	40,65 ± 0,29	33,39 ± 1,16	82,16 ± 1,54
	Л ₅	18,05 ± 0,23	49,71 ± 0,25	19,88 ± 0,13	6,11 ± 0,21	31,14 ± 0,21	27,92 ± 0,92	89,67 ± 1,43

Таблица Б.8 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-211 0,1 %

Кормовое растение	Возраст гусениц	Период активного питания, сут.	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
			сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Дуб	Л ₁	4,17 ± 0,12	0,07 ± 0,04	0,028 ± 0,002	0,022 ± 0,006	78,57 ± 0,43	50,08 ± 1,97	63,75 ± 1,84
	Л ₂	5,21 ± 0,14	0,38 ± 0,11	0,152 ± 0,006	0,11 ± 0,008	72,37 ± 0,37	46,06 ± 1,56	63,64 ± 1,64
	Л ₃	5,11 ± 0,19	3,42 ± 0,10	1,34 ± 0,04	0,49 ± 0,07	44,03 ± 0,25	28,36 ± 0,35	64,41 ± 1,25
	Л ₄	10,18 ± 0,11	11,54 ± 0,17	4,62 ± 0,06	1,54 ± 0,10	41,99 ± 0,22	28,92 ± 0,24	68,83 ± 1,62
	Л ₅	18,04 ± 0,17	40,21 ± 0,19	16,08 ± 0,08	4,37 ± 0,13	27,18 ± 0,13	21,64 ± 0,15	79,63 ± 1,52
Контроль	Л ₁	4,21 ± 0,11	0,09 ± 0,02	0,036 ± 0,001	0,031 ± 0,005	86,11 ± 0,35	66,68 ± 2,13	77,41 ± 1,92
	Л ₂	4,25 ± 0,13	0,46 ± 0,13	0,184 ± 0,007	0,147 ± 0,008	79,89 ± 0,41	60,07 ± 1,24	75,19 ± 1,55
	Л ₃	5,56 ± 0,16	3,19 ± 0,09	1,08 ± 0,03	0,53 ± 0,08	49,62 ± 0,28	35,31 ± 0,18	71,16 ± 1,32
	Л ₄	9,18 ± 0,18	9,89 ± 0,15	3,96 ± 0,08	1,72 ± 0,09	44,26 ± 0,25	35,87 ± 0,15	81,05 ± 1,63
	Л ₅	17,24 ± 0,21	37,15 ± 0,28	14,86 ± 0,14	4,78 ± 0,15	32,16 ± 0,18	27,71 ± 0,09	86,19 ± 1,54
Береза	Л ₁	6,75 ± 0,14	0,073 ± 0,004	0,029 ± 0,023	0,02 ± 0,006	68,97 ± 0,49	44,91 ± 1,87	65,12 ± 0,74
	Л ₂	7,43 ± 0,12	0,51 ± 0,02	0,204 ± 0,062	0,134 ± 0,009	65,69 ± 0,47	43,14 ± 1,35	65,67 ± 1,16
	Л ₃	7,62 ± 0,15	4,12 ± 0,04	1,65 ± 0,09	0,52 ± 0,07	37,58 ± 0,36	24,85 ± 0,94	66,13 ± 0,78
	Л ₄	9,71 ± 0,10	13,84 ± 0,06	5,54 ± 0,10	1,75 ± 0,11	35,19 ± 0,24	24,03 ± 1,17	68,21 ± 1,46
	Л ₅	19,06 ± 0,18	52,19 ± 0,07	20,87 ± 0,14	5,28 ± 0,18	25,29 ± 0,25	18,92 ± 0,81	74,81 ± 1,57
Контроль	Л ₁	6,11 ± 0,14	0,12 ± 0,04	0,041 ± 0,002	0,033 ± 0,004	82,51 ± 0,54	55,99 ± 1,76	67,86 ± 0,83
	Л ₂	6,42 ± 0,17	0,65 ± 0,16	0,233 ± 0,009	0,152 ± 0,008	66,15 ± 0,42	48,86 ± 1,15	73,68 ± 1,15
	Л ₃	5,47 ± 0,12	3,82 ± 0,12	1,35 ± 0,06	0,61 ± 0,08	46,53 ± 0,31	36,55 ± 0,81	78,55 ± 0,67
	Л ₄	9,61 ± 0,11	13,11 ± 0,15	5,24 ± 0,08	2,13 ± 0,12	40,65 ± 0,29	33,39 ± 1,16	82,16 ± 1,54
	Л ₅	18,05 ± 0,23	49,71 ± 0,25	19,88 ± 0,13	6,11 ± 0,21	31,14 ± 0,21	27,92 ± 0,92	89,67 ± 1,43

Таблица Б.9 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-211 1%

Кормовое растение	Возраст гусениц	Период активного питания, сут.	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
			сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Дуб	Л ₁	5,27 ± 0,17	0,06 ± 0,005	0,024 ± 0,002	0,017 ± 0,005	70,83 ± 0,27	44,16 ± 0,75	62,35 ± 1,78
	Л ₂	5,38 ± 0,19	0,37 ± 0,14	0,15 ± 0,07	0,099 ± 0,010	67,56 ± 0,34	42,38 ± 1,05	62,73 ± 1,27
	Л ₃	6,42 ± 0,15	2,94 ± 0,13	1,18 ± 0,06	0,51 ± 0,05	43,22 ± 0,45	27,60 ± 0,32	63,86 ± 1,25
	Л ₄	10,12 ± 0,22	10,15 ± 0,19	4,06 ± 0,09	1,44 ± 0,06	35,47 ± 0,25	23,65 ± 0,21	66,69 ± 1,18
	Л ₅	19,31 ± 0,26	41,64 ± 0,23	16,65 ± 0,11	3,98 ± 0,15	23,90 ± 0,19	17,65 ± 0,16	73,89 ± 1,14
Контроль	Л ₁	4,21 ± 0,11	0,09 ± 0,02	0,036 ± 0,001	0,031 ± 0,005	86,11 ± 0,35	66,68 ± 2,13	77,41 ± 1,92
	Л ₂	4,25 ± 0,13	0,46 ± 0,13	0,184 ± 0,007	0,147 ± 0,008	79,89 ± 0,41	60,07 ± 1,24	75,19 ± 1,55
	Л ₃	5,56 ± 0,16	3,19 ± 0,09	1,08 ± 0,03	0,53 ± 0,08	49,62 ± 0,28	35,31 ± 0,18	71,16 ± 1,32
	Л ₄	9,18 ± 0,18	9,89 ± 0,15	3,96 ± 0,08	1,72 ± 0,09	44,26 ± 0,25	35,87 ± 0,15	81,05 ± 1,63
	Л ₅	17,24 ± 0,21	37,15 ± 0,28	14,86 ± 0,14	4,78 ± 0,15	32,16 ± 0,18	27,71 ± 0,09	86,19 ± 1,54
Береза	Л ₁	7,69 ± 0,13	0,06 ± 0,05	0,024 ± 0,003	0,015 ± 0,006	62,52 ± 0,52	35,83 ± 1,22	57,31 ± 0,55
	Л ₂	7,15 ± 0,15	0,38 ± 0,18	0,152 ± 0,008	0,095 ± 0,006	62,16 ± 0,33	39,92 ± 1,19	64,23 ± 1,17
	Л ₃	7,35 ± 0,16	2,86 ± 0,16	1,14 ± 0,08	0,45 ± 0,08	39,47 ± 0,25	25,98 ± 0,63	65,84 ± 0,85
	Л ₄	10,71 ± 0,18	12,37 ± 0,14	4,95 ± 0,06	1,21 ± 0,17	24,44 ± 0,14	16,47 ± 1,04	67,42 ± 1,53
	Л ₅	17,91 ± 0,21	50,51 ± 0,23	20,21 ± 0,12	4,22 ± 0,16	20,88 ± 0,16	15,27 ± 0,67	73,15 ± 1,05
Контроль	Л ₁	6,11 ± 0,14	0,12 ± 0,04	0,041 ± 0,002	0,033 ± 0,004	82,51 ± 0,54	55,99 ± 1,76	67,86 ± 0,83
	Л ₂	6,42 ± 0,17	0,65 ± 0,16	0,233 ± 0,009	0,152 ± 0,008	66,15 ± 0,42	48,86 ± 1,15	73,68 ± 1,15
	Л ₃	5,47 ± 0,12	3,82 ± 0,12	1,35 ± 0,06	0,61 ± 0,08	46,53 ± 0,31	36,55 ± 0,81	78,55 ± 0,67
	Л ₄	9,61 ± 0,11	13,11 ± 0,15	5,24 ± 0,08	2,13 ± 0,12	40,65 ± 0,29	33,39 ± 1,16	82,16 ± 1,54
	Л ₅	18,05 ± 0,23	49,71 ± 0,25	19,88 ± 0,13	6,11 ± 0,21	31,14 ± 0,21	27,92 ± 0,92	89,67 ± 1,43

Таблица Б.10 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на грену агониста экдистероидов R-209

Кормовое растение	Концентрация, %	Возраст гусениц	Период активного питания, сут.	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
				сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Береза	0,01	Л ₁	6,19 ± 0,13	0,14 ± 0,08	0,055 ± 0,003	0,043 ± 0,003	87,55 ± 0,41	50,58 ± 0,55	57,42 ± 0,21
		Л ₂	6,47 ± 0,09	0,69 ± 0,06	0,274 ± 0,004	0,151 ± 0,002	64,66 ± 0,52	37,26 ± 0,45	56,34 ± 0,23
		Л ₃	5,53 ± 0,12	3,77 ± 0,15	1,55 ± 0,06	0,71 ± 0,06	49,47 ± 0,32	30,17 ± 0,36	60,23 ± 0,31
		Л ₄	8,19 ± 0,06	13,25 ± 0,19	5,31 ± 0,08	2,12 ± 0,08	39,42 ± 0,21	29,15 ± 0,33	72,75 ± 0,46
		Л ₅	17,34 ± 0,28	48,79 ± 0,29	19,53 ± 0,18	6,02 ± 0,09	29,69 ± 0,25	23,56 ± 0,25	76,21 ± 0,42
	0,1	Л ₁	7,15 ± 0,18	0,10 ± 0,03	0,042 ± 0,002	0,036 ± 0,002	85,71 ± 0,43	46,95 ± 0,32	54,78 ± 0,42
		Л ₂	5,62 ± 0,11	0,52 ± 0,08	0,21 ± 0,03	0,143 ± 0,003	68,09 ± 0,36	38,09 ± 0,25	55,94 ± 0,37
		Л ₃	5,09 ± 0,07	3,24 ± 0,10	1,29 ± 0,05	0,58 ± 0,03	44,96 ± 0,28	22,63 ± 0,17	60,34 ± 0,46
		Л ₄	8,91 ± 0,12	12,87 ± 0,18	5,15 ± 0,07	1,96 ± 0,05	38,06 ± 0,22	26,79 ± 0,28	70,41 ± 0,32
		Л ₅	19,18 ± 0,28	51,48 ± 0,26	20,59 ± 0,12	5,29 ± 0,04	25,69 ± 0,19	19,71 ± 0,12	76,75 ± 0,51
	1	Л ₁	8,15 ± 0,13	0,09 ± 0,01	0,036 ± 0,002	0,030 ± 0,001	83,33 ± 0,41	44,53 ± 0,22	53,45 ± 0,35
		Л ₂	10,83 ± 0,18	0,49 ± 0,03	0,198 ± 0,01	0,128 ± 0,005	64,65 ± 0,39	36,87 ± 0,34	57,03 ± 0,31
		Л ₃	7,91 ± 0,09	3,84 ± 0,07	1,54 ± 0,04	0,60 ± 0,02	38,96 ± 0,25	21,47 ± 0,17	55,12 ± 0,41
		Л ₄	8,09 ± 0,14	12,32 ± 0,15	4,93 ± 0,07	1,98 ± 0,04	39,76 ± 0,23	27,44 ± 0,29	71,52 ± 0,51
		Л ₅	19,12 ± 0,25	44,25 ± 0,29	17,70 ± 0,11	5,23 ± 0,007	27,54 ± 0,16	20,68 ± 0,13	73,42 ± 0,57
Контроль		Л ₁	6,12 ± 0,11	0,13 ± 0,07	0,052 ± 0,004	0,048 ± 0,003	88,53 ± 0,51	51,98 ± 0,45	58,72 ± 0,25
		Л ₂	6,44 ± 0,08	0,68 ± 0,05	0,272 ± 0,003	0,154 ± 0,002	66,61 ± 0,42	38,06 ± 0,35	57,14 ± 0,28
		Л ₃	5,54 ± 0,10	3,75 ± 0,13	1,50 ± 0,07	0,75 ± 0,04	50,67 ± 0,36	31,07 ± 0,31	61,33 ± 0,34
		Л ₄	8,15 ± 0,09	13,21 ± 0,17	5,28 ± 0,09	2,15 ± 0,05	40,72 ± 0,27	30,11 ± 0,23	73,95 ± 0,41
		Л ₅	17,24 ± 0,26	48,73 ± 0,32	19,49 ± 0,14	6,04 ± 0,07	30,99 ± 0,19	23,96 ± 0,15	77,31 ± 0,48

Таблица Б.11 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на грену агониста экдистероидов R-210

Кормовое растение	Концентрация, %	Возраст гусениц	Период активного питания, сут.	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
				сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Береза	0,01	Л ₁	6,22 ± 0,13	0,12 ± 0,08	0,050 ± 0,004	0,047 ± 0,004	87,63 ± 0,71	51,18 ± 0,55	57,12 ± 0,35
		Л ₂	6,34 ± 0,09	0,55 ± 0,06	0,270 ± 0,002	0,151 ± 0,003	64,71 ± 0,52	37,26 ± 0,45	55,54 ± 0,38
		Л ₃	5,44 ± 0,12	3,67 ± 0,17	1,48 ± 0,05	0,73 ± 0,06	49,61 ± 0,46	30,67 ± 0,41	60,13 ± 0,44
		Л ₄	8,25 ± 0,11	13,26 ± 0,15	5,25 ± 0,07	2,12 ± 0,07	40,51 ± 0,37	28,91 ± 0,33	72,45 ± 0,51
		Л ₅	17,34 ± 0,36	48,62 ± 0,22	19,41 ± 0,18	6,18 ± 0,09	30,14 ± 0,29	22,56 ± 0,25	76,91 ± 0,58
	0,1	Л ₁	5,92 ± 0,09	0,12 ± 0,10	0,049 ± 0,005	0,044 ± 0,005	89,79 ± 0,48	49,51 ± 0,37	55,15 ± 0,23
		Л ₂	6,81 ± 0,11	0,63 ± 0,08	0,252 ± 0,003	0,141 ± 0,003	55,95 ± 0,35	31,34 ± 0,31	56,03 ± 0,33
		Л ₃	6,78 ± 0,07	4,25 ± 0,15	1,70 ± 0,08	0,68 ± 0,04	40,15 ± 0,31	25,98 ± 0,25	64,71 ± 0,38
		Л ₄	8,58 ± 0,12	13,64 ± 0,21	5,46 ± 0,10	2,11 ± 0,06	38,64 ± 0,25	28,19 ± 0,29	72,98 ± 0,41
		Л ₅	14,92 ± 0,21	44,79 ± 0,26	17,91 ± 0,13	5,53 ± 0,08	30,87 ± 0,14	23,61 ± 0,18	76,49 ± 0,39
	1	Л ₁	8,35 ± 0,10	0,14 ± 0,07	0,056 ± 0,003	0,047 ± 0,002	83,93 ± 0,42	53,56 ± 0,42	63,82 ± 0,29
		Л ₂	5,81 ± 0,06	0,81 ± 0,09	0,324 ± 0,05	0,189 ± 0,005	58,33 ± 0,30	21,61 ± 0,12	37,04 ± 0,17
		Л ₃	7,95 ± 0,09	4,83 ± 0,12	1,93 ± 0,07	0,77 ± 0,06	39,89 ± 0,24	16,57 ± 0,09	41,55 ± 0,23
		Л ₄	8,81 ± 0,15	13,58 ± 0,19	5,43 ± 0,09	2,21 ± 0,09	40,69 ± 0,21	28,91 ± 0,23	71,04 ± 0,54
		Л ₅	13,75 ± 0,21	49,57 ± 0,29	19,83 ± 0,13	5,25 ± 0,11	27,08 ± 0,13	17,69 ± 0,19	65,33 ± 0,47
Контроль	Л ₁	6,12 ± 0,11	0,13 ± 0,07	0,052 ± 0,004	0,048 ± 0,003	88,53 ± 0,51	51,98 ± 0,45	58,72 ± 0,25	
	Л ₂	6,44 ± 0,08	0,68 ± 0,05	0,272 ± 0,003	0,154 ± 0,002	66,61 ± 0,42	38,06 ± 0,35	57,14 ± 0,28	
	Л ₃	5,54 ± 0,10	3,75 ± 0,13	1,50 ± 0,07	0,75 ± 0,04	50,67 ± 0,36	31,07 ± 0,31	61,33 ± 0,34	
	Л ₄	8,15 ± 0,09	13,21 ± 0,17	5,28 ± 0,09	2,15 ± 0,05	40,72 ± 0,27	30,11 ± 0,23	73,95 ± 0,41	
	Л ₅	17,24 ± 0,26	48,73 ± 0,32	19,49 ± 0,14	6,04 ± 0,07	30,99 ± 0,19	23,96 ± 0,15	77,31 ± 0,48	

Таблица Б.12 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на грену агониста экдистероидов R-211

Кормовое растение	Концентрация, %	Возраст гусениц	Период активного питания, сут.	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
				сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Береза	0,01	Л ₁	6,28 ± 0,11	0,12 ± 0,04	0,051 ± 0,004	0,046 ± 0,004	87,93 ± 0,51	50,58 ± 0,35	57,62 ± 0,25
		Л ₂	6,37 ± 0,09	0,51 ± 0,05	0,271 ± 0,002	0,150 ± 0,003	65,47 ± 0,32	37,66 ± 0,25	56,14 ± 0,28
		Л ₃	5,54 ± 0,10	3,62 ± 0,13	1,42 ± 0,06	0,71 ± 0,05	49,11 ± 0,26	30,17 ± 0,21	60,23 ± 0,24
		Л ₄	8,15 ± 0,14	13,16 ± 0,12	5,21 ± 0,08	2,11 ± 0,06	39,21 ± 0,17	29,41 ± 0,13	72,15 ± 0,31
		Л ₅	17,44 ± 0,22	48,52 ± 0,19	19,45 ± 0,19	6,21 ± 0,08	30,54 ± 0,19	22,26 ± 0,15	76,31 ± 0,38
	0,1	Л ₁	9,18 ± 0,15	0,15 ± 0,09	0,060 ± 0,004	0,052 ± 0,003	86,67 ± 0,46	51,66 ± 0,43	57,15 ± 0,29
		Л ₂	4,95 ± 0,05	0,57 ± 0,07	0,23 ± 0,04	0,145 ± 0,001	63,59 ± 0,37	36,84 ± 0,38	57,93 ± 0,35
		Л ₃	7,81 ± 0,11	4,81 ± 0,12	1,72 ± 0,07	0,80 ± 0,05	46,35 ± 0,22	26,16 ± 0,21	56,25 ± 0,31
		Л ₄	7,93 ± 0,13	13,42 ± 0,15	5,37 ± 0,09	2,21 ± 0,08	41,15 ± 0,27	29,41 ± 0,27	71,49 ± 0,46
		Л ₅	13,79 ± 0,17	44,51 ± 0,27	17,80 ± 0,14	5,68 ± 0,11	31,91 ± 0,16	25,44 ± 0,15	79,75 ± 0,52
	1	Л ₁	7,23 ± 0,12	0,11 ± 0,05	0,044 ± 0,03	0,039 ± 0,002	88,63 ± 0,53	45,33 ± 0,39	54,19 ± 0,29
		Л ₂	5,12 ± 0,09	0,55 ± 0,03	0,220 ± 0,002	0,141 ± 0,005	64,09 ± 0,47	32,26 ± 0,24	50,35 ± 0,24
		Л ₃	7,32 ± 0,14	4,38 ± 0,11	1,75 ± 0,06	0,78 ± 0,07	44,57 ± 0,34	25,90 ± 0,19	58,12 ± 0,32
		Л ₄	8,11 ± 0,17	14,25 ± 0,14	5,70 ± 0,07	2,19 ± 0,05	38,42 ± 0,26	25,43 ± 0,27	66,21 ± 0,24
		Л ₅	16,72 ± 0,21	48,54 ± 0,23	19,41 ± 0,12	5,87 ± 0,13	30,24 ± 0,21	22,09 ± 0,16	73,08 ± 0,43
Контроль	Л ₁	6,12 ± 0,11	0,13 ± 0,07	0,052 ± 0,004	0,048 ± 0,003	88,53 ± 0,51	51,98 ± 0,45	58,72 ± 0,25	
	Л ₂	6,44 ± 0,08	0,68 ± 0,05	0,272 ± 0,003	0,154 ± 0,002	66,61 ± 0,42	38,06 ± 0,35	57,14 ± 0,28	
	Л ₃	5,54 ± 0,10	3,75 ± 0,13	1,50 ± 0,07	0,75 ± 0,04	50,67 ± 0,36	31,07 ± 0,31	61,33 ± 0,34	
	Л ₄	8,15 ± 0,09	13,21 ± 0,17	5,28 ± 0,09	2,15 ± 0,05	40,72 ± 0,27	30,11 ± 0,23	73,95 ± 0,41	
	Л ₅	17,24 ± 0,26	48,73 ± 0,32	19,49 ± 0,14	6,04 ± 0,07	30,99 ± 0,19	23,96 ± 0,15	77,31 ± 0,48	

Таблица Б.13 – Изменение индексов питания китайского дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-210

Кормовое растение	Концентрация, %	Возраст гусениц	Период активного питания, сут.	Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
				сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Береза	0,01	Л ₁	6,25 ± 0,16	0,12 ± 0,03	0,05 ± 0,02	0,039 ± 0,003	87,12 ± 0,46	49,78 ± 1,18	57,13 ± 1,08
		Л ₂	6,38 ± 0,15	0,63 ± 0,14	0,25 ± 0,07	0,15 ± 0,02	66,76 ± 0,38	38,96 ± 1,02	56,33 ± 0,86
		Л ₃	5,58 ± 0,17	3,69 ± 0,11	1,48 ± 0,05	0,67 ± 0,05	49,58 ± 0,27	30,88 ± 0,94	60,58 ± 0,79
		Л ₄	9,75 ± 0,22	13,25 ± 0,18	5,31 ± 0,08	2,16 ± 0,13	40,05 ± 0,25	29,47 ± 0,77	73,54 ± 0,55
		Л ₅	18,32 ± 0,26	48,37 ± 0,23	19,37 ± 0,12	5,73 ± 0,18	29,23 ± 0,17	22,71 ± 0,54	77,53 ± 0,34
	0,1	Л ₁	4,67 ± 0,11	0,12 ± 0,02	0,048 ± 0,001	0,021 ± 0,003	52,05 ± 0,41	23,66 ± 0,12	45,45 ± 0,11
		Л ₂	6,45 ± 0,15	0,70 ± 0,05	0,282 ± 0,005	0,169 ± 0,001	60,03 ± 0,37	28,42 ± 0,15	47,34 ± 0,18
		Л ₃	6,72 ± 0,21	2,93 ± 0,09	1,181 ± 0,002	0,731 ± 0,004	61,77 ± 0,25	30,17 ± 0,17	48,84 ± 0,21
		Л ₄	9,41 ± 0,10	9,58 ± 0,13	3,86 ± 0,03	1,584 ± 0,003	41,02 ± 0,29	32,45 ± 0,21	79,11 ± 0,19
		Л ₅	18,71 ± 0,34	41,45 ± 0,25	16,71 ± 0,12	4,543 ± 0,011	27,17 ± 0,13	23,94 ± 0,11	88,11 ± 0,27
	1	Л ₁	9,19 ± 0,04	0,11 ± 0,01	0,044 ± 0,002	0,022 ± 0,001	45,45 ± 0,43	13,65 ± 0,11	30,03 ± 0,15
		Л ₂	7,54 ± 0,09	0,58 ± 0,11	0,234 ± 0,004	0,101 ± 0,003	43,10 ± 0,31	18,32 ± 0,16	42,50 ± 0,12
		Л ₃	6,62 ± 0,13	3,15 ± 0,09	1,271 ± 0,042	0,453 ± 0,003	35,56 ± 0,53	16,08 ± 0,12	45,22 ± 0,21
		Л ₄	10,41 ± 0,23	13,35 ± 0,26	5,38 ± 0,07	1,925 ± 0,007	35,75 ± 0,45	21,61 ± 0,11	60,42 ± 0,23
		Л ₅	21,38 ± 0,17	52,51 ± 0,35	21,17 ± 0,09	5,58 ± 0,08	26,37 ± 0,24	17,76 ± 0,13	67,35 ± 0,27
Контроль	Л ₁	6,12 ± 0,11	0,13 ± 0,07	0,052 ± 0,004	0,048 ± 0,003	88,53 ± 0,51	51,98 ± 0,45	58,72 ± 0,25	
	Л ₂	6,44 ± 0,08	0,68 ± 0,05	0,272 ± 0,003	0,154 ± 0,002	66,61 ± 0,42	38,06 ± 0,35	57,14 ± 0,28	
	Л ₃	5,54 ± 0,10	3,75 ± 0,13	1,50 ± 0,07	0,75 ± 0,04	50,67 ± 0,36	31,07 ± 0,31	61,33 ± 0,34	
	Л ₄	8,15 ± 0,09	13,21 ± 0,17	5,28 ± 0,09	2,15 ± 0,05	40,72 ± 0,27	30,11 ± 0,23	73,95 ± 0,41	
	Л ₅	17,24 ± 0,26	48,73 ± 0,32	19,49 ± 0,14	6,04 ± 0,07	30,99 ± 0,19	23,96 ± 0,15	77,31 ± 0,48	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Относительные показатели потребления корма и роста китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-209 ($\text{мг}\cdot\text{мг}^{-1}\cdot\text{сутки}^{-1}$)

Кормовое растение	Относительная скорость	Возраст гусениц	Концентрация, %			Контроль
			0,01	0,1	1	
Дуб	потребления (ОСП)	Л ₁	0,45	0,40	0,33	0,47
		Л ₂	0,47	0,43	0,34	0,48
		Л ₃	0,49	0,42	0,38	0,43
		Л ₄	0,28	0,45	0,44	0,28
		Л ₅	0,17	0,21	0,20	0,17
	роста (ОСР)	Л ₁	0,27	0,22	0,19	0,31
		Л ₂	0,25	0,23	0,18	0,29
		Л ₃	0,19	0,15	0,10	0,15
		Л ₄	0,09	0,10	0,08	0,10
		Л ₅	0,04	0,04	0,04	0,05
Береза	потребления (ОСП)	Л ₁	0,40	0,34	0,32	0,37
		Л ₂	0,43	0,36	0,32	0,40
		Л ₃	0,55	0,45	0,35	0,53
		Л ₄	0,32	0,61	0,30	0,32
		Л ₅	0,19	0,29	0,17	0,19
	роста (ОСР)	Л ₁	0,22	0,12	0,11	0,21
		Л ₂	0,20	0,15	0,13	0,20
		Л ₃	0,19	0,15	0,10	0,18
		Л ₄	0,10	0,09	0,08	0,11
		Л ₅	0,05	0,04	0,04	0,05

Таблица В.2 – Относительные показатели потребления корма и роста китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-210 ($\text{мг} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{сутки}^{-1}$)

Кормовое растение	Относительная скорость	Возраст гусениц	Концентрация, %			Контроль
			0,01	0,1	1	
Дуб	потребления (ОСП)	Л ₁	0,46	0,45	0,34	0,47
		Л ₂	0,47	0,43	0,34	0,48
		Л ₃	0,42	0,41	0,36	0,43
		Л ₄	0,28	0,36	0,34	0,28
		Л ₅	0,17	0,21	0,20	0,17
	роста (ОСР)	Л ₁	0,30	0,26	0,22	0,31
		Л ₂	0,28	0,24	0,21	0,29
		Л ₃	0,15	0,15	0,14	0,15
		Л ₄	0,09	0,10	0,09	0,10
		Л ₅	0,05	0,04	0,04	0,05
Береза	потребления (ОСП)	Л ₁	0,36	0,34	0,34	0,37
		Л ₂	0,40	0,38	0,33	0,40
		Л ₃	0,53	0,39	0,37	0,53
		Л ₄	0,32	0,37	0,43	0,32
		Л ₅	0,19	0,27	0,24	0,19
	роста (ОСР)	Л ₁	0,20	0,18	0,15	0,21
		Л ₂	0,20	0,17	0,15	0,20
		Л ₃	0,17	0,15	0,12	0,18
		Л ₄	0,10	0,09	0,09	0,11
		Л ₅	0,05	0,04	0,04	0,05

Таблица В.3 – Относительные показатели потребления корма и роста китайского дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия на гусениц агониста экидистероидов R-211 ($\text{мг} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{сутки}^{-1}$)

Кормовое растение	Относительная скорость	Возраст гусениц	Концентрация, %			Контроль
			0,01	0,1	1	
Дуб	потребления (ОСП)	L ₁	0,43	0,44	0,33	0,47
		L ₂	0,44	0,42	0,33	0,48
		L ₃	0,47	0,39	0,37	0,43
		L ₄	0,29	0,35	0,34	0,28
		L ₅	0,18	0,21	0,20	0,17
	роста (ОСР)	L ₁	0,27	0,22	0,19	0,31
		L ₂	0,24	0,19	0,20	0,29
		L ₃	0,22	0,11	0,13	0,15
		L ₄	0,10	0,10	0,09	0,10
		L ₅	0,05	0,04	0,04	0,05
Береза	потребления (ОСП)	L ₁	0,37	0,36	0,32	0,37
		L ₂	0,44	0,43	0,32	0,40
		L ₃	0,51	0,40	0,36	0,53
		L ₄	0,33	0,37	0,42	0,32
		L ₅	0,19	0,27	0,24	0,19
	роста (ОСР)	L ₁	0,18	0,16	0,13	0,21
		L ₂	0,22	0,18	0,14	0,20
		L ₃	0,20	0,10	0,11	0,18
		L ₄	0,11	0,08	0,09	0,11
		L ₅	0,04	0,04	0,04	0,05

Таблица В.4 – Относительные показатели потребления корма и роста китайского дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на grenу агонистов экдистероидов R-209, R-210, R-211 ($\text{мг}\cdot\text{мг}^{-1}\cdot\text{сутки}^{-1}$)

Кормовое растение	Относительная скорость	Возраст гусениц	Концентрация, %			Контроль
			0,01	0,1	1	
R-209						
Береза	потребления (ОСП)	Л ₁	0,23	0,19	0,16	0,24
		Л ₂	0,45	0,48	0,45	0,46
		Л ₃	0,56	0,70	0,58	0,58
		Л ₄	0,34	0,35	0,36	0,36
		Л ₅	0,20	0,21	0,27	0,20
	роста (ОСР)	Л ₁	0,12	0,08	0,07	0,12
		Л ₂	0,17	0,18	0,17	0,18
		Л ₃	0,18	0,16	0,12	0,18
		Л ₄	0,09	0,09	0,09	0,10
		Л ₅	0,05	0,04	0,05	0,05
R-210						
Береза	потребления (ОСП)	Л ₁	0,23	0,26	0,23	0,24
		Л ₂	0,46	0,45	0,40	0,46
		Л ₃	0,57	0,58	0,43	0,58
		Л ₄	0,35	0,36	0,34	0,36
		Л ₅	0,20	0,23	0,21	0,20
	роста (ОСР)	Л ₁	0,12	0,12	0,12	0,12
		Л ₂	0,17	0,17	0,09	0,18
		Л ₃	0,17	0,15	0,07	0,18
		Л ₄	0,10	0,10	0,09	0,10
		Л ₅	0,05	0,05	0,04	0,05
R-211						
Береза	потребления (ОСП)	Л ₁	0,23	0,21	0,11	0,24
		Л ₂	0,45	0,49	0,18	0,46
		Л ₃	0,56	0,48	0,12	0,58
		Л ₄	0,35	0,37	0,10	0,36
		Л ₅	0,19	0,23	0,05	0,20
	роста (ОСР)	Л ₁	0,12	0,19	0,09	0,12
		Л ₂	0,17	0,50	0,16	0,18
		Л ₃	0,18	0,54	0,13	0,18
		Л ₄	0,10	0,39	0,09	0,10
		Л ₅	0,05	0,22	0,048	0,05

Таблица В.5 – Относительные показатели потребления корма и роста китайского дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-210 ($\text{мг} \cdot \text{мг}^{-1} \cdot \text{сутки}^{-1}$)

Кормовое растение	Относительная скорость	Возраст гусениц	Концентрация, %			Контроль
			0,01	0,1	1	
Береза	потребления (ОСП)	Л ₁	0,26	0,25	0,23	0,27
		Л ₂	0,42	0,40	0,37	0,43
		Л ₃	0,52	0,47	0,44	0,53
		Л ₄	0,32	0,30	0,33	0,32
		Л ₅	0,19	0,16	0,21	0,19
	роста (ОСР)	Л ₁	0,14	0,10	0,08	0,15
		Л ₂	0,18	0,10	0,11	0,19
		Л ₃	0,18	0,12	0,10	0,18
		Л ₄	0,11	0,09	0,08	0,11
		Л ₅	0,05	0,04	0,04	0,05

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 – Калорийность пищи, экскрементов и гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агонистов экдистероидов на дубе и березе (кДж/г сухой массы)

Вид образца	Возраст гусениц	R-209			R-210			R-211			Контроль
		0,01	0,1	1	0,01	0,1	1	0,01	0,1	1	
Дуб черешчатый											
Корм	Л ₁	17,47	17,47	17,47	17,47	17,47	17,47	17,47	17,47	17,47	17,47
	Л ₂	18,52	18,52	18,52	18,52	18,52	18,52	18,52	18,52	18,52	18,52
	Л ₃	17,30	17,30	17,30	17,30	17,30	17,30	17,30	17,30	17,30	17,30
	Л ₄	16,51	16,51	16,51	16,51	16,51	16,51	16,51	16,51	16,51	16,51
	Л ₅	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96
Экскременты	Л ₁	15,00	16,22	16,55	15,00	15,16	15,63	15,00	15,67	16,08	15,00
	Л ₂	14,37	15,13	15,63	14,37	14,20	14,58	14,37	14,75	15,13	14,37
	Л ₃	12,40	13,62	14,16	12,40	12,48	13,20	12,40	13,03	13,49	12,40
	Л ₄	11,14	11,77	12,44	11,14	11,35	11,56	11,14	11,48	11,89	11,14
	Л ₅	12,16	13,32	13,87	12,16	12,53	13,03	12,16	13,03	13,62	12,16
Гусеницы	Л ₁	11,77	11,31	10,98	11,77	11,69	11,35	11,77	11,56	11,23	11,77
	Л ₂	13,41	13,07	12,77	13,41	13,37	13,11	13,41	13,32	12,95	13,41
	Л ₃	13,83	13,53	13,03	13,83	13,74	13,41	13,83	13,65	13,28	13,83
	Л ₄	13,41	13,03	12,65	13,41	13,32	13,11	13,41	13,20	13,03	13,41
	Л ₅	14,71	14,20	13,58	14,71	14,53	14,12	14,71	14,37	13,91	14,71
Береза бородавчатая											
Корм	Л ₁	22,67	22,67	22,67	22,67	22,67	22,67	22,67	22,67	22,67	22,67
	Л ₂	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89
	Л ₃	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82
	Л ₄	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18
	Л ₅	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12
Экскременты	Л ₁	16,72	17,89	18,23	16,72	16,69	17,51	16,72	17,03	17,84	16,72
	Л ₂	15,71	17,13	17,56	15,71	16,08	16,63	15,71	16,38	17,13	15,71
	Л ₃	15,50	16,76	17,72	15,50	15,71	16,13	15,50	16,22	17,26	15,50
	Л ₄	10,81	12,27	13,07	10,81	11,23	11,69	10,81	11,69	12,36	10,81
	Л ₅	9,01	11,06	11,44	9,01	9,68	10,81	9,01	10,56	11,19	9,01
Гусеницы	Л ₁	15,50	10,89	10,68	15,50	11,35	11,06	15,50	11,15	10,85	15,50
	Л ₂	16,55	12,73	12,49	16,55	12,85	12,82	16,55	12,95	12,69	16,55
	Л ₃	18,86	12,94	12,61	18,86	13,53	13,32	18,86	13,19	12,82	18,86
	Л ₄	19,39	12,40	12,15	19,39	13,03	12,78	19,39	12,74	12,44	19,39
	Л ₅	19,90	13,65	13,41	19,90	14,25	14,04	19,90	13,99	13,65	19,90

Таблица Г.2 – Калорийность пищи, экскрементов и гусениц дубового шелкопряда после экзогенного воздействия агонистов эки-стероидов на березе (кДж/г сухой массы)

Вид образца	Возраст гусениц	R-209			R-210			R-211			Контроль	
		0,01	0,1	1	0,01	0,1	1	0,01	0,1	1		
Экзогенное воздействие на грену												
Корм	Л ₁	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	
	Л ₂	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	
	Л ₃	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	
	Л ₄	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	
	Л ₅	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	
Экскременты	Л ₁	16,71	17,72	17,47	16,71	16,96	17,30	16,71	17,09	17,38	16,71	
	Л ₂	15,71	16,13	16,63	15,71	15,92	16,22	15,71	16,01	16,38	15,71	
	Л ₃	15,50	15,96	16,51	15,50	15,80	15,92	15,50	15,88	16,13	15,50	
	Л ₄	10,81	11,31	11,85	10,81	11,02	11,56	10,81	11,19	11,69	10,81	
	Л ₅	9,01	10,14	10,72	9,01	9,51	10,01	9,01	9,85	10,22	9,01	
Гусеницы	Л ₁	15,50	13,99	13,70	15,50	14,28	13,91	15,50	14,16	13,78	15,50	
	Л ₂	16,51	14,96	14,71	16,51	15,75	15,42	16,51	15,29	15,00	16,51	
	Л ₃	18,86	17,81	17,30	18,86	18,44	18,23	18,86	18,18	17,84	18,86	
	Л ₄	19,40	18,35	17,64	19,40	18,81	18,48	19,40	18,47	18,31	19,40	
	Л ₅	19,90	18,81	18,31	19,90	19,15	18,86	19,90	18,98	18,65	19,90	
Экзогенное воздействие на гусениц												
Корм	Л ₁	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	22,66	
	Л ₂	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	
	Л ₃	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	26,82	
	Л ₄	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	24,18	
	Л ₅	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	
Экскременты	Л ₁	16,71	Гибель гусениц			16,71	18,31	18,68	16,71	Гибель гусениц		16,71
	Л ₂	15,71				15,71	17,56	17,81	15,71			15,71
	Л ₃	15,50				15,50	17,22	17,51	15,50			15,50
	Л ₄	10,81				10,81	12,36	12,57	10,81			10,81
	Л ₅	9,01				9,01	11,98	11,48	9,01			9,01
Гусеницы	Л ₁	15,50	Гибель гусениц			15,50	13,37	12,99	15,50	Гибель гусениц		15,50
	Л ₂	16,51				16,51	14,32	14,08	16,51			16,51
	Л ₃	18,86				18,86	16,47	15,96	18,86			18,86
	Л ₄	19,40				19,40	17,64	17,26	19,40			19,40
	Л ₅	19,90				19,90	17,93	17,51	19,90			19,90

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д.1 – Содержание энергии в приросте массы гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агонистов экдистероидов на дубе и березе

Показатели	Возраст гусениц	R-209			R-210			R-211			Контроль
		0,01	0,1	1	0,01	0,1	1	0,01	0,1	1	
Дуб черешчатый											
Прирост, г сух. массы/особь	Л ₁	0,022	0,013	0,010	0,022	0,019	0,018	0,020	0,013	0,014	0,024
	Л ₂	0,090	0,11	0,067	0,095	0,093	0,073	0,097	0,11	0,072	0,11
	Л ₃	0,47	0,31	0,24	0,37	0,34	0,37	0,48	0,31	0,29	0,39
	Л ₄	1,27	1,17	1,12	1,30	1,09	1,16	1,34	1,17	1,09	1,39
	Л ₅	3,92	3,67	3,14	3,65	3,54	2,64	4,07	3,67	3,18	4,12
Энергетическая цена прироста, кДж/особь	Л ₁	0,259	0,147	0,109	0,259	0,220	0,201	0,235	0,172	0,155	0,281
	Л ₂	1,21	1,437	0,85	1,37	1,22	0,96	1,298	1,332	0,93	1,475
	Л ₃	6,49	4,19	3,14	5,11	4,69	4,94	5,23	4,53	3,85	5,41
	Л ₄	17,01	15,21	14,16	18,43	14,54	15,21	17,98	17,56	14,20	18,65
	Л ₅	57,65	52,12	42,61	59,67	51,45	59,16	59,88	50,03	44,25	60,59
Береза бородавчатая											
Прирост, г сух. массы/особь	Л ₁	0,023	0,009	0,008	0,018	0,018	0,011	0,018	0,009	0,011	0,023
	Л ₂	0,109	0,065	0,06	0,095	0,090	0,071	0,11	0,065	0,072	0,11
	Л ₃	0,48	0,28	0,29	0,48	0,46	0,35	0,48	0,28	0,30	0,48
	Л ₄	1,71	1,09	0,95	1,82	1,67	1,08	1,59	1,09	1,08	1,75
	Л ₅	4,86	3,71	3,21	5,06	3,70	3,42	4,58	3,71	3,12	5,47
Энергетическая цена прироста, кДж/особь	Л ₁	0,425	0,096	0,084	0,431	0,20	0,122	0,433	0,180	0,117	0,436
	Л ₂	3,121	0,830	0,75	3,156	1,04	0,91	3,162	1,324	0,91	3,167
	Л ₃	15,34	3,60	3,65	15,21	6,24	4,65	15,55	7,08	3,85	15,67
	Л ₄	58,81	13,53	11,52	58,64	21,75	13,78	58,74	18,60	13,45	59,12
	Л ₅	200,74	50,65	43,03	205,93	52,71	48,02	203,71	68,26	42,61	206,85

Таблица Д.2 – Содержание энергии в приросте массы гусениц дубового шелкопряда после экзогенного воздействия агонистов экдистероидов на березе

Показатели	Возраст гусениц	R-209			R-210			R-211			Контроль	
		0,01	0,1	1	0,01	0,1	1	0,01	0,1	1		
Экзогенное воздействие на грену												
Прирост, г сух. массы/особь	Л ₁	0,036	0,028	0,025	0,037	0,033	0,030	0,036	0,037	0,034	0,038	
	Л ₂	0,085	0,08	0,073	0,086	0,079	0,07	0,087	0,084	0,071	0,088	
	Л ₃	0,43	0,35	0,33	0,44	0,44	0,32	0,43	0,45	0,46	0,46	
	Л ₄	1,57	1,38	1,53	1,58	1,54	1,57	1,56	1,58	1,45	1,59	
	Л ₅	4,64	4,06	3,84	4,66	4,23	3,43	4,65	4,53	4,29	4,67	
Энергетическая цена прироста, кДж/особь	Л ₁	0,589	0,394	0,344	0,590	0,473	0,415	0,588	0,524	0,469	0,591	
	Л ₂	1,451	1,198	1,073	1,455	1,244	1,081	1,453	1,286	1,064	1,458	
	Л ₃	8,62	6,24	5,69	8,65	8,13	5,82	8,64	8,17	8,21	8,67	
	Л ₄	31,91	25,31	26,98	31,94	28,95	28,99	31,93	20,20	26,56	31,97	
	Л ₅	92,90	76,38	70,31	92,92	80,99	54,69	92,91	85,97	79,98	92,93	
Экзогенное воздействие на гусениц												
Прирост, г сух. массы/особь	Л ₁	0,033			0,034	0,011	0,006	0,033			0,035	
	Л ₂	0,078			0,080	0,083	0,076	0,079			0,081	
	Л ₃	0,38	Гибель гусениц			0,40	0,38	0,36	0,39	Гибель гусениц		0,41
	Л ₄	1,579			1,590	1,47	1,22	1,585			1,593	
	Л ₅	4,57			4,58	4,45	3,41	4,58			4,60	
Энергетическая цена прироста, кДж/особь	Л ₁	0,585			0,587	0,147	0,079	0,586			0,588	
	Л ₂	1,441			1,443	1,189	1,068	1,442			1,446	
	Л ₃	8,58	Гибель гусениц			8,60	6,24	5,74	8,59	Гибель гусениц		8,61
	Л ₄	31,82			31,84	25,94	21,08	31,83			31,85	
	Л ₅	92,77			92,79	79,82	59,71	92,78			92,82	

Таблица Д.3 – Масса и содержание энергии в потребляемой пище гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агонистов экидистероидов на дубе и березе

Показатели	Возраст гусениц	R-209			R-210			R-211			Контроль
		0,01	0,1	1	0,01	0,1	1	0,01	0,1	1	
Дуб черешчатый											
Потребленный корм, г сух. массы/особь	Л ₁	0,034	0,024	0,020	0,034	0,032	0,033	0,033	0,024	0,024	0,036
	Л ₂	0,164	0,168	0,15	0,172	0,16	0,16	0,162	0,168	0,148	0,184
	Л ₃	1,25	0,87	0,78	1,23	1,39	1,20	1,31	0,87	1,18	1,08
	Л ₄	3,86	5,14	5,15	3,92	4,48	4,08	4,06	5,14	4,06	3,96
	Л ₅	14,89	18,12	17,27	14,82	15,82	16,22	15,41	18,12	16,65	14,86
Энергетическая цена потребленного корма, кДж/экз.	Л ₁	0,587	0,419	0,347	0,59	0,557	0,574	0,578	0,490	0,419	0,629
	Л ₂	3,017	3,108	2,76	3,18	2,97	2,97	3,00	2,816	2,72	3,394
	Л ₃	21,62	15,04	13,49	21,28	24,05	20,78	18,67	23,17	20,41	18,69
	Л ₄	63,73	84,85	85,01	64,69	69,18	67,38	66,99	76,26	66,99	65,36
	Л ₅	237,69	289,28	275,66	236,57	252,53	258,90	235,99	266,68	265,77	237,24
Береза бородавчатая											
Потребленный корм, г сух. массы/особь	Л ₁	0,044	0,026	0,022	0,040	0,036	0,036	0,04	0,026	0,024	0,041
	Л ₂	0,248	0,148	0,108	0,24	0,23	0,17	0,24	0,148	0,152	0,233
	Л ₃	1,51	0,85	0,64	1,50	1,74	1,15	1,46	0,85	1,14	1,35
	Л ₄	5,27	3,17	3,25	5,18	5,31	4,98	5,31	3,17	4,95	5,24
	Л ₅	19,81	22,93	18,10	19,74	20,25	20,65	19,27	22,93	20,21	19,88
Энергетическая цена потребленного корма, кДж/экз.	Л ₁	0,964	0,591	0,489	0,905	0,817	0,817	0,905	0,653	0,545	0,926
	Л ₂	6,662	3,981	2,89	6,45	6,20	4,57	6,457	5,48	4,11	6,264
	Л ₃	40,48	22,79	17,14	40,22	46,67	30,84	38,85	44,25	30,55	36,20
	Л ₄	127,42	76,64	78,56	125,24	128,38	120,38	128,38	133,95	119,66	126,66
	Л ₅	438,23	507,28	400,39	436,72	447,99	456,83	436,33	461,69	447,11	439,78

Таблица Д.4 – Масса и содержание энергии в потребляемой пище гусениц дубового шелкопряда после экзогенного воздействия агонистов экдистероидов на березе

Показатели	Возраст гусениц	R-209			R-210			R-211			Контроль	
		0,01	0,1	1	0,01	0,1	1	0,01	0,1	1		
Экзогенное воздействие на грену												
Потребленный корм, г сух. массы/особь	Л ₁	0,048	0,042	0,036	0,050	0,049	0,056	0,049	0,060	0,044	0,052	
	Л ₂	0,269	0,21	0,198	0,271	0,252	0,324	0,270	0,23	0,220	0,272	
	Л ₃	1,48	1,29	1,54	1,49	1,70	1,93	1,48	1,72	1,75	1,50	
	Л ₄	5,25	5,15	4,93	5,26	5,46	5,43	5,25	5,37	5,70	5,28	
	Л ₅	19,44	20,	17,70	19,49	17,91	19,83	19,46	17,80	19,41	19,49	
Энергетическая цена потребленного корма, кДж/экз.	Л ₁	1,170	0,951	0,817	1,174	1,110	1,269	1,175	1,362	0,997	1,177	
	Л ₂	7,327	5,657	5,325	7,331	6,787	8,715	7,330	6,189	5,916	7,332	
	Л ₃	40,18	34,61	41,31	40,21	45,59	51,75	40,19	46,13	46,93	40,22	
	Л ₄	127,58	124,53	119,21	127,62	131,98	131,27	127,60	129,81	137,81	127,63	
	Л ₅	431,15	455,54	391,21	431,17	396,21	438,69	431,16	393,78	429,39	431,19	
Экзогенное воздействие на гусениц												
Потребленный корм, г сух. массы/особь	Л ₁	0,050			0,051	0,048	1,085	0,050			0,052	
	Л ₂	0,269			0,270	0,282	7,584	0,268			0,272	
	Л ₃	1,48	Гибель гусениц			1,49	1,181	31,68	1,47	Гибель гусениц		1,50
	Л ₄	5,26	Гибель гусениц			5,27	3,86	93,31	5,26	Гибель гусениц		5,28
	Л ₅	19,45	Гибель гусениц			19,47	16,71	369,68	19,46	Гибель гусениц		19,49
Энергетическая цена потребленного корма, кДж/экз.	Л ₁	1,172			1,174	0,044	0,997	1,173			1,177	
	Л ₂	7,330			7,331	0,234	6,293	7,330			7,332	
	Л ₃	40,20	Гибель гусениц			40,21	1,271	34,06	40,22	Гибель гусениц		40,22
	Л ₄	127,61	Гибель гусениц			127,61	5,38	130,06	127,62	Гибель гусениц		127,63
	Л ₅	431,16	Гибель гусениц			431,17	21,17	468,35	431,15	Гибель гусениц		431,19

Таблица Д.5 – Масса и содержание энергии в экскрементах гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агонистов экидистероидов на дубе и березе

Показатели	Возраст гусениц	R-209			R-210			R-211			Контроль
		0,01	0,1	1	0,01	0,1	1	0,01	0,1	1	
Дуб черешчатый											
Экскременты, г сух. массы/особь	Л ₁	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	0,005	0,006	0,007	0,005
	Л ₂	0,035	0,043	0,055	0,028	0,04	0,045	0,027	0,042	0,049	0,037
	Л ₃	0,34	0,41	0,43	0,58	0,84	0,64	0,67	0,85	0,67	0,55
	Л ₄	2,32	3,48	3,53	2,24	2,87	2,58	2,43	3,08	2,62	2,24
	Л ₅	10,18	13,67	13,22	10,12	11,37	12,06	10,29	11,71	12,67	10,08
Энергетическая цена экскрементов, кДж/экз.	Л ₁	0,075	0,079	0,084	0,075	0,092	0,108	0,075	0,092	0,113	0,075
	Л ₂	0,503	0,649	0,86	0,402	0,57	0,65	0,389	0,620	0,74	0,532
	Л ₃	7,92	5,57	6,08	7,21	10,48	8,46	8,29	11,06	9,05	6,83
	Л ₄	25,85	40,98	43,91	24,97	32,59	29,83	27,08	35,36	31,17	24,97
	Л ₅	124,99	182,14	183,31	124,23	142,38	157,17	126,33	152,59	172,50	123,73
Береза бородавчатая											
Экскременты, г сух. массы/особь	Л ₁	0,009	0,009	0,010	0,008	0,009	0,016	0,01	0,009	0,009	0,008
	Л ₂	0,091	0,051	0,048	0,092	0,085	0,057	0,09	0,07	0,057	0,081
	Л ₃	0,88	0,44	0,39	0,79	1,06	0,65	0,85	1,13	0,69	0,74
	Л ₄	3,15	1,64	2,59	3,20	3,44	3,53	3,36	3,79	3,74	3,11
	Л ₅	14,10	18,32	15,05	13,83	14,71	16,10	13,84	15,59	15,99	13,77
Энергетическая цена экскрементов, кДж/экз.	Л ₁	0,147	0,159	0,18	0,134	0,151	0,276	0,184	0,155	0,159	0,134
	Л ₂	1,429	0,876	0,84	1,45	1,38	0,947	1,416	1,148	0,96	1,274
	Л ₃	13,66	7,37	6,87	12,23	16,68	10,48	13,19	18,31	11,89	11,48
	Л ₄	34,06	20,15	33,86	34,61	38,63	41,27	36,33	44,29	46,22	33,60
	Л ₅	127,04	202,63	172,17	124,57	142,38	174,05	124,69	164,63	178,87	124,07

Таблица Д.6 – Масса и содержание энергии в экскрементах гусениц дубового шелкопряда после экзогенного воздействия агонистов экдистероидов на березе

Показатели	Возраст гусениц	R-209			R-210			R-211			Контроль	
		0,01	0,1	1	0,01	0,1	1	0,01	0,1	1		
Экзогенное воздействие на грену												
Экскременты, г сух. массы/особь	L ₁	0,0035	0,006	0,006	0,0037	0,005	0,009	0,0038	0,008	0,005	0,004	
	L ₂	0,117	0,067	0,07	0,117	0,111	0,135	0,116	0,085	0,079	0,118	
	L ₃	0,72	0,71	0,94	0,74	1,02	1,16	0,73	0,92	0,97	0,75	
	L ₄	3,11	3,19	2,95	3,12	3,35	3,22	3,11	3,16	3,51	3,13	
	L ₅	13,42	15,30	12,47	13,44	12,38	14,58	13,43	12,12	13,54	13,45	
Энергетическая цена экскрементов, кДж/экз.	L ₁	0,060	0,105	0,104	0,062	0,084	0,155	0,062	0,138	0,088	0,063	
	L ₂	1,931	1,081	1,165	1,933	1,764	2,187	1,934	1,362	1,295	1,935	
	L ₃	11,62	11,35	15,50	11,63	16,13	18,48	11,64	14,62	15,63	11,65	
	L ₄	33,81	36,08	34,98	33,83	36,91	37,25	33,81	35,36	41,02	33,86	
	L ₅	121,12	155,16	133,74	121,15	177,74	146,02	121,15	119,33	138,44	121,16	
Экзогенное воздействие на гусениц												
Экскременты, г сух. массы/особь	L ₁	0,0036			0,0038	0,027	0,022	0,0037			0,004	
	L ₂	0,116			0,117	0,113	0,133	0,114			0,118	
	L ₃	0,73	Гибель гусениц			0,74	0,45	0,82	0,72	Гибель гусениц		0,75
	L ₄	3,12			3,12	2,28	3,46	3,11			3,13	
	L ₅	13,41			13,43	12,17	15,59	13,42			13,45	
Энергетическая цена экскрементов, кДж/экз.	L ₁	0,060			0,062	0,494	0,411	0,061			0,063	
	L ₂	1,932			1,933	1,982	2,367	1,932			1,935	
	L ₃	11,63	Гибель гусениц			11,64	7,75	14,37	11,62	Гибель гусениц		11,65
	L ₄	33,82			33,82	28,19	43,49	33,81			33,86	
	L ₅	121,11			121,14	136,68	178,99	121,12			121,16	

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица Е.1 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агониста экдистероидов R-209 0,01%, кДж/экз.⁻¹

Кормовое растение	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
				кДж	кДж	кДж
Дуб черешчатый	Л ₁	0,587	0,075	0,512	0,253	0,259
	Л ₂	3,017	0,503	2,51	1,304	1,21
	Л ₃	21,62	7,92	13,70	7,21	6,49
	Л ₄	63,73	25,85	37,88	20,87	17,01
	Л ₅	237,69	124,99	112,70	55,05	57,65
Контроль	Л ₁	0,629	0,075	0,554	0,273	0,281
	Л ₂	3,394	0,532	2,862	1,387	1,475
	Л ₃	18,69	6,83	11,86	6,45	5,41
	Л ₄	65,36	24,97	40,39	21,74	18,65
	Л ₅	237,24	123,73	113,51	52,92	60,59
Береза бородавчатая	Л ₁	0,964	0,147	0,817	0,392	0,425
	Л ₂	6,662	1,429	5,23	2,109	3,121
	Л ₃	40,48	13,66	26,82	11,48	15,34
	Л ₄	127,42	34,06	93,34	34,55	58,81
	Л ₅	438,23	127,04	311,19	110,45	200,74
Контроль	Л ₁	0,926	0,134	0,729	0,356	0,436
	Л ₂	6,264	1,274	4,99	1,823	3,167
	Л ₃	36,20	11,48	24,72	9,05	15,67
	Л ₄	126,66	33,60	93,06	33,94	59,12
	Л ₅	439,78	124,07	315,71	108,86	206,85

Таблица Е.2 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агониста экдистероидов R-209 0,1%, кДж/экз.⁻¹

Кормовое растение	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
				кДж	кДж	кДж
Дуб черешчатый	Л ₁	0,419	0,079	0,34	0,193	0,147
	Л ₂	3,108	0,649	2,46	1,02	1,437
	Л ₃	15,04	5,57	9,47	5,28	4,19
	Л ₄	84,85	40,98	43,87	28,66	15,21
	Л ₅	289,28	182,14	107,14	55,02	52,12
Контроль	Л ₁	0,629	0,075	0,554	0,273	0,281
	Л ₂	3,394	0,532	2,862	1,387	1,475
	Л ₃	18,69	6,83	11,86	6,45	5,41
	Л ₄	65,36	24,97	40,39	21,74	18,65
	Л ₅	237,24	123,73	113,51	52,92	60,59
Береза бородавчатая	Л ₁	0,591	0,159	0,43	0,334	0,096
	Л ₂	3,981	0,876	3,11	2,28	0,830
	Л ₃	22,79	7,37	15,42	11,82	3,60
	Л ₄	76,64	20,15	56,49	42,96	13,53
	Л ₅	507,28	202,63	304,65	254,00	50,65
Контроль	Л ₁	0,926	0,134	0,729	0,356	0,436
	Л ₂	6,264	1,274	4,99	1,823	3,167
	Л ₃	36,20	11,48	24,72	9,05	15,67
	Л ₄	126,66	33,60	93,06	33,94	59,12
	Л ₅	439,78	124,07	315,71	108,86	206,85

Таблица Е.3 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агониста экдистероидов R-209 1%, кДж/экз.⁻¹

Кормовое растение	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
				кДж	кДж	кДж
Дуб черешчатый	Л ₁	0,347	0,084	0,26	0,15	0,109
	Л ₂	2,76	0,86	1,90	1,05	0,85
	Л ₃	13,49	6,08	7,41	4,27	3,14
	Л ₄	85,01	43,91	41,10	26,94	14,16
	Л ₅	275,66	183,31	92,35	49,74	42,61
Контроль	Л ₁	0,629	0,075	0,554	0,273	0,281
	Л ₂	3,394	0,532	2,862	1,387	1,475
	Л ₃	18,69	6,83	11,86	6,45	5,41
	Л ₄	65,36	24,97	40,39	21,74	18,65
	Л ₅	237,24	123,73	113,51	52,92	60,59
Береза бородавчатая	Л ₁	0,489	0,18	0,31	0,23	0,084
	Л ₂	2,89	0,84	2,05	1,30	0,75
	Л ₃	17,14	6,87	10,27	6,62	3,65
	Л ₄	78,56	33,86	44,70	33,18	11,52
	Л ₅	400,39	172,17	228,22	185,19	43,03
Контроль	Л ₁	0,926	0,134	0,729	0,356	0,436
	Л ₂	6,264	1,274	4,99	1,823	3,167
	Л ₃	36,20	11,48	24,72	9,05	15,67
	Л ₄	126,66	33,60	93,06	33,94	59,12
	Л ₅	439,78	124,07	315,71	108,86	206,85

Таблица Е.4 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агониста экдистероидов R-210 0,01%, кДж/экз.⁻¹

Кормовое растение	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
				кДж	кДж	кДж
Дуб черешчатый	Л ₁	0,59	0,075	0,52	0,26	0,259
	Л ₂	3,18	0,402	2,78	1,41	1,37
	Л ₃	21,28	7,21	14,07	8,96	5,11
	Л ₄	64,69	24,97	39,72	21,29	18,43
	Л ₅	236,57	124,23	112,34	52,67	59,67
Контроль	Л ₁	0,629	0,075	0,554	0,273	0,281
	Л ₂	3,394	0,532	2,862	1,387	1,475
	Л ₃	18,69	6,83	11,86	6,45	5,41
	Л ₄	65,36	24,97	40,39	21,74	18,65
	Л ₅	237,24	123,73	113,51	52,92	60,59
Береза бородавчатая	Л ₁	0,905	0,134	0,771	0,34	0,431
	Л ₂	6,45	1,45	5,00	1,84	3,156
	Л ₃	40,22	12,23	27,99	12,78	15,21
	Л ₄	125,24	34,61	90,63	31,99	58,64
	Л ₅	436,72	124,57	312,15	106,22	205,93
Контроль	Л ₁	0,926	0,134	0,729	0,356	0,436
	Л ₂	6,264	1,274	4,99	1,823	3,167
	Л ₃	36,20	11,48	24,72	9,05	15,67
	Л ₄	126,66	33,60	93,06	33,94	59,12
	Л ₅	439,78	124,07	315,71	108,86	206,85

Таблица Е.5 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агониста экидистероидов R-210 0,1%, кДж/экз.⁻¹

Кормовое растение	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
				кДж	кДж	кДж
Дуб черешчатый	Л ₁	0,557	0,092	0,47	0,25	0,220
	Л ₂	2,97	0,57	2,40	1,18	1,22
	Л ₃	24,05	10,48	13,57	8,88	4,69
	Л ₄	69,18	32,59	36,59	22,05	14,54
	Л ₅	252,53	142,38	110,15	58,70	51,45
Контроль	Л ₁	0,629	0,075	0,554	0,273	0,281
	Л ₂	3,394	0,532	2,862	1,387	1,475
	Л ₃	18,69	6,83	11,86	6,45	5,41
	Л ₄	65,36	24,97	40,39	21,74	18,65
	Л ₅	237,24	123,73	113,51	52,92	60,59
Береза бородавчатая	Л ₁	0,817	0,151	0,666	0,47	0,20
	Л ₂	6,20	1,38	4,82	3,78	1,04
	Л ₃	46,67	16,68	29,99	23,75	6,24
	Л ₄	128,38	38,63	89,75	68,00	21,75
	Л ₅	447,99	142,38	305,61	252,90	52,71
Контроль	Л ₁	0,926	0,134	0,729	0,356	0,436
	Л ₂	6,264	1,274	4,99	1,823	3,167
	Л ₃	36,20	11,48	24,72	9,05	15,67
	Л ₄	126,66	33,60	93,06	33,94	59,12
	Л ₅	439,78	124,07	315,71	108,86	206,85

Таблица Е.6 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агониста экдистероидов R-210 1%, кДж/экз.⁻¹

Кормовое растение	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
				кДж	кДж	кДж
Дуб черешчатый	Л ₁	0,574	0,108	0,46	0,30	0,201
	Л ₂	2,97	0,65	2,32	1,86	0,961
	Л ₃	20,78	8,46	12,32	7,38	4,94
	Л ₄	67,38	29,83	37,55	23,34	15,21
	Л ₅	258,90	157,17	101,73	59,57	59,16
Контроль	Л ₁	0,629	0,075	0,554	0,273	0,281
	Л ₂	3,394	0,532	2,862	1,387	1,475
	Л ₃	18,69	6,83	11,86	6,45	5,41
	Л ₄	65,36	24,97	40,39	21,74	18,65
	Л ₅	237,24	123,73	113,51	52,92	60,59
Береза бородавчатая	Л ₁	0,817	0,276	0,541	0,42	0,122
	Л ₂	4,57	0,947	3,62	2,71	0,91
	Л ₃	30,84	10,48	20,36	15,71	4,65
	Л ₄	120,38	41,27	79,11	65,33	13,78
	Л ₅	456,83	174,05	282,78	234,76	48,02
Контроль	Л ₁	0,926	0,134	0,729	0,356	0,436
	Л ₂	6,264	1,274	4,99	1,823	3,167
	Л ₃	36,20	11,48	24,72	9,05	15,67
	Л ₄	126,66	33,60	93,06	33,94	59,12
	Л ₅	439,78	124,07	315,71	108,86	206,85

Таблица Е.7 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агониста экдистероидов R-211 0,01%, кДж/экз.⁻¹

Кормовое растение	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
				кДж	кДж	кДж
Дуб черешчатый	Л ₁	0,578	0,075	0,503	0,268	0,235
	Л ₂	3,00	0,389	2,61	1,31	1,298
	Л ₃	18,67	6,29	12,38	7,15	5,23
	Л ₄	66,99	24,08	42,91	24,93	17,98
	Л ₅	235,99	126,33	109,66	49,78	59,88
Контроль	Л ₁	0,629	0,075	0,554	0,273	0,281
	Л ₂	3,394	0,532	2,862	1,387	1,475
	Л ₃	18,69	6,83	11,86	6,45	5,41
	Л ₄	65,36	24,97	40,39	21,74	18,65
	Л ₅	237,24	123,73	113,51	52,92	60,59
Береза бородавчатая	Л ₁	0,905	0,184	0,721	0,288	0,433
	Л ₂	6,457	1,416	5,04	1,86	3,162
	Л ₃	38,85	13,19	25,66	10,11	15,55
	Л ₄	128,38	36,33	92,05	33,31	58,74
	Л ₅	436,33	124,69	311,64	107,93	203,71
Контроль	Л ₁	0,926	0,134	0,729	0,356	0,436
	Л ₂	6,264	1,274	4,99	1,823	3,167
	Л ₃	36,20	11,48	24,72	9,05	15,67
	Л ₄	126,66	33,60	93,06	33,94	59,12
	Л ₅	439,78	124,07	315,71	108,86	206,85

Таблица Е.8 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агониста экдистероидов R-211 0,1%, кДж/экз.⁻¹

Кормовое растение	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
				кДж	кДж	кДж
Дуб черешчатый	Л ₁	0,490	0,092	0,398	0,226	0,172
	Л ₂	2,816	0,620	2,196	0,864	1,332
	Л ₃	23,17	11,06	12,11	7,58	4,53
	Л ₄	76,26	35,36	40,90	23,34	17,56
	Л ₅	266,68	152,59	114,09	64,06	50,03
Контроль	Л ₁	0,629	0,075	0,554	0,273	0,281
	Л ₂	3,394	0,532	2,862	1,387	1,475
	Л ₃	18,69	6,83	11,86	6,45	5,41
	Л ₄	65,36	24,97	40,39	21,74	18,65
	Л ₅	237,24	123,73	113,51	52,92	60,59
Береза бородавчатая	Л ₁	0,653	0,155	0,498	0,318	0,180
	Л ₂	5,48	1,148	4,332	3,008	1,324
	Л ₃	44,25	18,31	25,94	18,90	7,08
	Л ₄	133,95	44,29	89,66	71,06	18,60
	Л ₅	461,69	164,63	297,06	228,80	68,26
Контроль	Л ₁	0,926	0,134	0,729	0,356	0,436
	Л ₂	6,264	1,274	4,99	1,823	3,167
	Л ₃	36,20	11,48	24,72	9,05	15,67
	Л ₄	126,66	33,60	93,06	33,94	59,12
	Л ₅	439,78	124,07	315,71	108,86	206,85

Таблица Е.9 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после контактно-кишечного воздействия агониста экдистероидов R-211 1%, кДж/экз.⁻¹

Кормовое растение	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
				кДж	кДж	кДж
Дуб черешчатый	Л ₁	0,419	0,113	0,31	0,16	0,155
	Л ₂	2,72	0,74	1,98	1,05	0,93
	Л ₃	20,41	9,05	11,36	7,51	3,85
	Л ₄	66,99	31,17	35,82	21,62	14,20
	Л ₅	265,77	172,50	93,27	49,02	44,25
Контроль	Л ₁	0,629	0,075	0,554	0,273	0,281
	Л ₂	3,394	0,532	2,862	1,387	1,475
	Л ₃	18,69	6,83	11,86	6,45	5,41
	Л ₄	65,36	24,97	40,39	21,74	18,65
	Л ₅	237,24	123,73	113,51	52,92	60,59
Береза бородавчатая	Л ₁	0,545	0,159	0,386	0,269	0,117
	Л ₂	4,11	0,96	3,15	2,24	0,91
	Л ₃	30,55	11,89	18,66	14,81	3,85
	Л ₄	119,66	46,22	73,44	59,99	13,45
	Л ₅	447,11	178,87	268,24	225,63	42,61
Контроль	Л ₁	0,926	0,134	0,729	0,356	0,436
	Л ₂	6,264	1,274	4,99	1,823	3,167
	Л ₃	36,20	11,48	24,72	9,05	15,67
	Л ₄	126,66	33,60	93,06	33,94	59,12
	Л ₅	439,78	124,07	315,71	108,86	206,85

Таблица Е.10 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на грену агониста экдистероидов R-209, кДж/экз⁻¹

Кормовое растение	Концентрация, %	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
					кДж	кДж	кДж
Береза бородавчатая	0,01	Л ₁	1,170	0,060	1,12	0,63	0,489
		Л ₂	7,327	1,931	5,39	1,94	3,451
		Л ₃	40,18	11,62	28,56	13,94	14,62
		Л ₄	127,58	33,81	93,77	34,86	58,91
		Л ₅	431,15	121,12	310,03	109,13	200,90
	0,1	Л ₁	0,951	0,105	0,846	0,452	0,394
		Л ₂	5,657	1,081	4,576	3,378	1,198
		Л ₃	34,61	11,35	23,26	17,02	6,24
		Л ₄	124,53	36,08	88,45	63,14	25,31
		Л ₅	455,54	155,16	300,38	224,00	76,38
	1,0	Л ₁	0,817	0,104	0,713	0,369	0,344
		Л ₂	5,325	1,165	4,16	3,087	1,073
		Л ₃	41,31	15,50	25,81	20,12	5,69
		Л ₄	119,21	34,98	84,23	57,34	26,98
		Л ₅	391,21	133,74	257,85	187,54	70,31
	Контроль	Л ₁	1,177	0,063	1,114	0,623	0,491
		Л ₂	7,332	1,935	5,379	1,921	3,458
		Л ₃	40,22	11,65	28,57	12,90	15,67
		Л ₄	127,63	33,86	93,77	33,80	59,97
		Л ₅	431,19	121,16	310,03	107,10	202,93

Таблица Е.11 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на грену агониста экистероидов R-210, кДж/экз.⁻¹

Кормовое растение	Концентрация, %	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
					кДж	кДж	кДж
Береза бородавчатая	0,01	Л ₁	1,174	0,062	1,11	0,69	0,490
		Л ₂	7,331	1,933	5,40	1,95	3,455
		Л ₃	40,21	11,63	28,58	13,93	14,65
		Л ₄	127,62	33,83	93,79	34,85	58,94
		Л ₅	431,17	121,15	310,02	109,10	200,92
	0,1	Л ₁	1,110	0,084	1,026	0,553	0,473
		Л ₂	6,787	1,764	3,023	3,779	1,244
		Л ₃	45,59	16,13	29,46	21,33	8,13
		Л ₄	131,98	36,91	95,07	66,12	28,95
		Л ₅	396,21	177,74	218,47	137,48	80,99
	1,0	Л ₁	1,269	0,155	1,114	0,699	0,415
		Л ₂	8,715	2,187	6,528	3,447	1,081
		Л ₃	51,75	18,48	33,27	27,45	5,82
		Л ₄	131,27	37,25	94,02	65,03	28,99
		Л ₅	438,69	146,02	292,67	227,98	54,69
	Контроль	Л ₁	1,177	0,063	1,114	0,623	0,491
		Л ₂	7,332	1,935	5,379	1,921	3,458
		Л ₃	40,22	11,65	28,57	12,90	15,67
		Л ₄	127,63	33,86	93,77	33,80	59,97
		Л ₅	431,19	121,16	310,03	107,10	202,93

Таблица Е.12 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на грену агониста экдистероидов R-211, кДж/экз.⁻¹

Кормовое растение	Концентрация, % 0,01	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
					кДж	кДж	кДж
Береза бородавчатая		L ₁	1,175	0,062	1,108	0,684	0,4 24
		L ₂	7,330	1,934	5,40	2,12	3,286
		L ₃	40,19	11,64	28,55	13,38	15,17
		L ₄	127,60	33,81	93,79	35,59	58,20
		L ₅	431,16	121,15	310,01	109,04	200,97
	0,1	L ₁	1,362	0,138	1,224	0,70	0,524
		L ₂	6,189	1,362	4,827	3,54	1,286
		L ₃	46,13	14,62	31,51	23,34	8,17
		L ₄	129,81	35,36	93,45	64,25	20,20
		L ₅	393,78	119,33	274,45	188,48	85,97
	1,0	L ₁	0,997	0,088	0,90	0,440	0,469
		L ₂	5,916	1,295	4,621	3,557	1,064
		L ₃	46,93	15,63	31,30	23,09	8,21
		L ₄	137,81	41,02	96,79	70,23	26,56
		L ₅	429,39	138,44	280,95	200,97	79,98
	Контроль	L ₁	1,177	0,063	1,114	0,623	0,491
		L ₂	7,332	1,935	5,379	1,921	3,458
		L ₃	40,22	11,65	28,57	12,90	15,67
		L ₄	127,63	33,86	93,77	33,80	59,97
		L ₅	431,19	121,16	310,03	107,10	202,93

Таблица Е.13 – Динамика энергетического баланса гусениц дубового шелкопряда после экзогенного воздействия на гусениц агониста экдистероидов R-210, кДж/экз.¹

Кормовое растение	Концентрация, %	Возраст гусениц	Потребленная пища, С	Экскременты, F	Усвоенная пища, А	Траты на обмен веществ, R	Траты на прирост массы, P
					кДж	кДж	кДж
Береза бородавчатая	0,01	Л ₁	1,174	0,062	1,11	0,62	0,487
		Л ₂	7,331	1,933	5,40	1,96	3,443
		Л ₃	40,21	11,64	28,57	13,97	14,60
		Л ₄	127,61	33,82	93,79	34,95	58,84
		Л ₅	431,17	121,14	310,03	109,24	202,79
	0,1	Л ₁	1,085	0,494	0,591	0,50	0,091
		Л ₂	7,584	1,982	5,602	4,41	1,189
		Л ₃	31,68	7,75	23,93	20,69	3,24
		Л ₄	93,31	28,19	65,12	45,18	19,94
		Л ₅	369,68	136,68	233,00	183,18	49,82
	1,0	Л ₁	0,997	0,411	0,586	0,507	0,079
		Л ₂	6,293	2,367	3,926	2,858	1,068
		Л ₃	34,06	14,37	19,69	13,95	5,74
		Л ₄	130,06	43,49	86,57	65,49	21,08
		Л ₅	468,35	178,99	289,36	229,65	59,71
	Контроль	Л ₁	1,177	0,063	1,114	0,623	0,491
		Л ₂	7,332	1,935	5,379	1,921	3,458
		Л ₃	40,22	11,65	28,57	12,90	15,67
		Л ₄	127,63	33,86	93,77	33,80	59,97
		Л ₅	431,19	121,16	310,03	107,10	202,93

Научное издание

Седловская Светлана Михайловна

**ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ
КИТАЙСКОГО ДУБОВОГО ШЕЛКОПРЯДА (*Antheraea pernyi* G.-M.)
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Монография

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Корректор

Л.В. Моложавая

Компьютерный дизайн

Т.Е. Сафранкова

Подписано в печать 17.02.2012. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 11,04. Уч.-изд. л. 9,61. Тираж 50 экз. Заказ 10

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования

«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

ЛИ № 02330 / 0494385 от 16.03.2009.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.