

УДК 595.78

Влияние агониста экдистероида R-209 на развитие чешуекрылых различной трофической специализации

С.И. Денисова

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

В данной статье рассматриваются актуальные вопросы воздействия биологически активных веществ на развитие чешуекрылых различной трофической специализации, что имеет практическое и теоретическое значение.

Цель работы – изучение реакции организмов олигофага – дубового и полифага – непарного шелкопряда на обработку корма раствором агониста экдистероидов R-209, что может служить методологической основой для разработки новых методов борьбы с насекомыми-вредителями.

Материал и методы. Исследования по теме проводились на базе биологического стационара «Щитовка» ВГУ имени П.М. Машерова в период с 2006 по 2014 год. В качестве объектов использовались китайский дубовый шелкопряд (*Antheraea pernyi* G.-M.), непарный шелкопряд (*Lymantria dispar* L.). Кормовые растения: дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Показатели питания определяли «гравиметрическим» балансовым методом.

Результаты и их обсуждение. Биологическая активность агониста R-209 зависит от трофической специализации насекомых-фитофагов. Она снижается при воздействии на организм непарного шелкопряда по сравнению с дубовым шелкопрядом. Об этом свидетельствует то, что гусеницы непарного шелкопряда сохраняют жизнеспособность, а 30,0% гусениц дубового шелкопряда гибнет, относительная скорость роста гусениц непарного шелкопряда под воздействием агониста снижается – на 24,0%, а гусениц дубового шелкопряда – на 40,0%, что приводит к падению плодовитости дубового шелкопряда на 20,0% по сравнению с непарным шелкопрядом.

Заключение. Установлено, что 0,1% раствор агониста R-209 обладает сильным инсектицидным действием, что выражается в возрастании смертности гусениц дубового шелкопряда в среднем (дуб, береза) до 40,0% против 7,0% на контроле, снижении массы гусениц в среднем на 30,0%, массы кокона – на 35,0% и плодовитости – на 35,0% по сравнению с контролем. Смертность опытных гусениц непарного шелкопряда при воздействии агониста не отличалась от контрольных. Масса гусениц снизилась на дубе и березе примерно на 24,0%, плодовитость уменьшилась на 20,0% по сравнению с контролем.

Ключевые слова: олигофаг, полифаг, кормовое растение, индексы питания, насекомые-фитофаги, агонист экдистероидов.

Impact of Ecdysteroid R-209 Agonist on the Development of Lepidoptera of Different Trophic Specialization

S.I. Denisova

Educational establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

Topical issues of the impact of biologically active substances on the development of Lepidoptera of different trophic specialization are considered in the article, which is of both practical and theoretical significance.

The article aims at the study of the reaction of organisms of oligophagous – oak silkworm and polyphagous – Gypsy moth on treatment of fodder with the solution of ecdysteroid R-209 agonist, which can be the methodological basis for the development of new methods of fighting insect pests.

Material and methods. The study was based on the biological station and VSU «Shchitovka» from 2006 to 2014. As objects Chinese oak silkworm (*Antheraea pernyi* G.-M.), Gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) were used. Fodder plants were *Quercus robur* L., *Betula pendula* Roth. Nutrition parameters were identified by gravimetric balance method.

Findings and their discussion. Biological action of R-209 agonist depends on the trophic specialization of phitophagan insects. Biological action of agonist reduces under the impact of Gypsy moth compared to oak silkworm. This is proved by the fact that Gypsy moth caterpillars retain life ability while 30,0% of oak silkworm caterpillars die, relative rate of Gypsy moth caterpillar growth under the impact of the agonist reduces by 24,0%, while that of oak silkworm caterpillars by 40,0%, which results in decrease in oak silkworm fertility by 20,0% compared to Gypsy moth.

Conclusion. It was found out that 0,1% R-209 agonist solution has strong insecticide action, which is expressed in death increase of oak silkworm caterpillar up to 40,0% against 7,0% of the control group, decrease of caterpillar mass on average by 30,0%, cocoon mass by 35,0% and fertility by 35,0% compared to the control group. Death of the experimental Gypsy moth caterpillars under the impact of agonist did not differ from the control ones. Caterpillar mass on the birch and oak reduced approximately by 24,0%, fertility reduced by 20,0% compared to the control ones.

Key words: oligophagan, polyphagan, fodder plants, nutrition indexes, phitophagan insects, ecdysteroid agonist.

Согласно данным, приведенным в обзоре [1], установлена гормональная активность агонистов экидистероидов 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. Так, ряд авторов [2–3] указывают на овоцидную и ларвицидную активность агонистов экидистероидов из ряда диацилгидразинов. Они сильно снижают плодовитость чешуекрылых и вызывают накопление вителлогенина в гемолимфе. Установлено отрицательное воздействие агониста тебуфенозида на активность клеток эпителия средней кишки листовёртки *Choristoneura fumiferana* [4].

Целью настоящей работы является изучение реакции организмов олигофага – дубового и полифага – непарного шелкопряда на обработку корма раствором агониста экидистероидов R-209, что может служить методологической основой для разработки новых методов борьбы с насекомыми-вредителями.

Материал и методы. Исследования по воздействию агониста экидистероидов на дендрофильных чешуекрылых проводились на базе стационара «Щитовка» биологического факультета Витебского государственного университета имени П.М. Машерова в летний период 2006–2014 гг.

В качестве объекта исследований использовали гусениц китайского дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-M.) и непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.). Кормовыми растениями служили дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) и береза повислая (*Betula pendula* Roth.).

В качестве модельных ксенобиотиков был взят агонист экидистероидов группы гидразинов 1,2-бис-(3-метоксибензоил)-1-трет-бутилгидразина (R-209), полученный в лаборатории химии экидистероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси под руководством доктора химических наук Н.В. Ковганко.

Для опыта брали гусениц одного дня выхода из яиц. Опыт проводили в трех повторностях каждый (по 30 гусениц повторности): корм одинаковой массы для гусениц первого возраста обрабатывали однократно водным раствором R-209 0,01% и 0,1%-ной концентрации объемом 2 мл один раз и скармливали в начале развития. Наблюдали за гусеницами в течение всего периода их развития. Обработку корма проводили методом опрыскивания листьев. Для приготовления рабочих растворов навеску 1 мг (0,01%) и 10 мг (0,1%) соединения 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). Контроль – дистиллированная вода с добавлением этанола (0,5 мл/10 мл воды) и ПАВ ОП-10 (1 капля/1 л воды). Опытные и контрольные гусеницы содержались в одинаковых емкостях объемом 3000 см³ при температуре 20–22°C, относительной влажности воздуха 70–80% и одинаковых условиях освещенности. Гусеницы первого возраста в опыте питались обработанным кормом в течение трех суток. Через трое суток обработанные листья дуба и березы заменяли на свежие необработанные и дальше кормили только свежим необработанным кормом.

Гусеницы взвешивались на аналитических весах ВЛК-500. Фактическая плодовитость бабочек определялась числом яиц в кладках. Смертность гусениц определялась числом погибших особей за весь период развития и выражалась в процентах к первоначальному числу гусениц.

Показатели питания определяли «гравиметрическим» балансовым методом [5].

У каждой группы гусениц ежедневно учитывали количество потребленного корма (С) и выделенных экскрементов (F), а также определяли величину прироста биомассы насекомого (Р).

Взвешивание проводили на торсионных и аналитических весах. Все величины выражали в абсолютно сухой массе. Сухую массу тела гусениц определяли на контрольной группе особей, воспитывавшихся в режиме опыта. Полученные данные применяли для расчета эколого-физиологических показателей питания и роста: КУ, ЭИП, ЭИУ, ОСП, ОСР:

– коэффициент утилизации корма:

$$КУ = A \cdot C^{-1} \cdot 100\%;$$

– эффективность использования потребленного корма:

$$ЭИП = P \cdot C^{-1} \cdot 100\%;$$

– эффективность использования усвоенного корма:

$$ЭИУ = P \cdot A^{-1} \cdot 100\%;$$

– 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.

Результаты и их обсуждение. Существует точка зрения, согласно которой присутствие эк-

дистероидов в растениях обусловлено их защитной функцией против поедания растительными насекомыми [6].

После потребления в пищу корма, обработанного агонистом экдистероидов R-209 в концентрации 0,01%, показатели продолжительности развития, смертности, массы гусениц перед завивкой и массы коконов не отличаются от таковых на контроле на двух кормовых растениях (табл. 1). При питании листом дуба, обработанного 0,1% раствором R-209, наблюдалась задержка развития гусениц на 9 суток по сравнению с контролем. За весь период развития погибло 30,0% особей. Масса гусениц перед завивкой в опыте на 12,0% меньше по сравнению с контролем, а масса коконов – на 30,0%.

В опыте на березе при воздействии R-209 (0,1%) на гусениц отмечено замедление развития на 5 суток по сравнению с контролем. За весь период развития погибло 48,0% гусениц.

Потребление в пищу обработанного листа березы привело к снижению темпов накопления массы. Так, в опыте масса гусениц перед завивкой на 30,0% ниже, чем в контроле, а масса коконов – на 45,0%. Следует отметить, что в опыте на дубе продолжительность развития гусениц на 2 суток меньше, чем на березе. На дубе погибло опытных гусениц на 18,0% меньше, чем на березе, масса гусениц дубового шелкопряда на дубе в конце развития не отличается от таковой на березе.

Исходя из данных табл. 1 следует, что плодовитость бабочек под воздействием 0,1% раствора агониста R-209 в среднем (дуб, береза) снижается на 30,0–35,0%, а под воздействием 0,1% раствора R-211 плодовитость снижается примерно на 10,0% на дубе и березе. Итак, 0,1% раствор

агониста R-209 обладает сильным инсектицидным действием, что выражается в возрастании смертности гусениц дубового шелкопряда в среднем (дуб, береза) до 40,0% против 7,0% на контроле, снижении массы гусениц в среднем на 30,0%, массы кокона – на 35,0% и плодовитости – на 35,0% по сравнению с контролем. Установлено, что кормовое растение оказывает влияние на степень инсектицидной активности R-209. На березе смертность гусениц дубового шелкопряда на 18,0% выше, чем на дубе, при воздействии R-209.

У гусениц непарного шелкопряда при питании листом, обработанным 0,1% раствором R-209, как и у гусениц дубового шелкопряда, отмечено увеличение продолжительности развития на дубе – на 4 суток, на березе – на 5 суток по сравнению с контролем (табл. 2).

По данным табл. 2 смертность опытных гусениц непарного шелкопряда при воздействии агониста не отличалась от контрольных. Масса гусениц снизилась на дубе и березе примерно на 24,0%, плодовитость уменьшилась на 20,0% по сравнению с контролем. Комплексным показателем успешного развития растительноядных насекомых является относительная скорость роста (ОСР). Он отражает эколого-физиологические последствия процесса пищевой адаптации насекомого-фитофага к новому пищевому режиму. В нашем опыте обработка корма раствором агониста R-209 создала для гусениц непарного и дубового шелкопрядов такой новый пищевой режим. О его неблагоприятности для развития гусениц свидетельствуют данные относительной скорости роста опытных гусениц как дубового, так и непарного шелкопрядов на березе и дубе (табл. 3).

Таблица 1

**Влияние агониста экдистероида на процессы жизнедеятельности
китайского дубового шелкопряда***

Кормовое растение	Концентрация растворов, %	Продолжительность развития гусениц, сут.	Смертность гусениц, %	Масса гусениц перед окуклив., г	Масса куколки, г	Фактическая плодовитость, шт.
R-209						
Дуб черешчатый	0,01	57,83±0,95	6,61	10,95±0,52	5,15±0,09	189,9±13,8
	0,1	66,43±1,15	30,05	10,05±0,75	3,71±0,15	147,1±9,5
	контроль	57,04±1,05	3,30	11,41±0,85	5,31±0,17	191,7±12,1
Береза повислая	0,01	63,78±0,89	10,09	13,15±0,34	5,93±0,11	208,1±13,2
	0,1	68,39±1,02	48,02	9,70±0,45	3,58±0,10	153,4±10,4
	контроль	63,55±1,12	10,05	13,69±0,47	6,7±0,05	217,2±11,2

Примечание: * – воздействие R-209 производили однократно путем обработки корма и скармливали его только что отродившимся гусеницам в начале I возраста.

Таблица 2

Влияние агониста экдистероида на процессы жизнедеятельности непарного шелкопряда

Кормовое растение	Концентрация растворов, %	Продолжительность развития гусениц, сут.	Смертность гусениц, %	Масса гусениц перед окуклив., г	Масса куколки, г	Фактическая плодовитость, шт.
R-209						
Дуб черешчатый	0,01	46,1±1,1	8,1±0,1	1,15±0,01	0,81±0,01	210,5±7,3
	0,1	49,3±0,4	8,8±0,2	0,89±0,04	0,52±0,01	176,6±8,3
	контроль	45,2±0,6	8,9±0,1	1,21±0,10	0,83±0,01	215,2±12,1
Береза бородавчатая	0,01	50,2±0,8	11,5±0,2	1,04±0,05	0,71±0,02	180,1±10,2
	0,1	54,1±0,8	12,8±0,2	0,83±0,11	0,43±0,02	165,7±5,4
	контроль	49,5±0,9	12,6±0,2	1,16±0,07	0,71±0,01	189,8±9,4

Таблица 3

Изменение относительной скорости роста гусениц дубового и непарного шелкопрядов под воздействием агониста экдистероида на разных кормовых растениях (мг·агм⁻¹·сутки⁻¹)

Кормовое растение	R-209		
	0,01%	0,1%	контроль
Дубовый шелкопряд			
Дуб	0,048	0,031	0,052
Береза	0,047	0,028	0,048
Непарный шелкопряд			
Дуб	0,033	0,028	0,037
Береза	0,032	0,027	0,036

При воздействии 0,1% раствора R-209 относительная скорость роста гусениц дубового шелкопряда снижается как на дубе, так и на березе примерно на 40,0%, а относительная скорость роста гусениц непарного шелкопряда примерно на 24,0% по сравнению с контролем. Относительная скорость роста (ОСР) полифага – непарного шелкопряда определено ниже скорости роста олигофага – дубового шелкопряда как в опыте, так и в контроле. Но непарный шелкопряд в меньшей степени снижает темп накопления зоомассы, чем дубовый шелкопряд при воздействии агониста, что является важной пищевой адаптацией непарного шелкопряда, обусловленной более совершенной детоксикационной системой его как полифага, приспособленной к обезвреживанию токсикантов многих видов растений и поэтому более эффективно нейтрализующей отрицательное воздействие на организм раствора агониста. Исходя из полученных нами данных (табл. 3) об относительной скорости роста гусениц дубового и непарного шелкопрядов при воздействии на них агониста можно сделать вывод о том, что агонист R-209 обладает сильной инсектицидной активностью.

В немногочисленной литературе по изучению влияния агониста экдистероидов из группы диа-

цилгидрозинов на развитие насекомых отмечена токсичность галофенозида, метоксифенозина и RH-5992 для личинок колорадского жука, божьей коровки, гусениц тутового шелкопряда, которая выражалась в гибели части личинок, прекращении питания и преждевременной линьке [7–8]. Отмечено отрицательное влияние тебуфенозида на секреторную функцию средней кишки листовертки *Choristoneura fumiferana* [4]. Н.В. Ковганко и С.К. Ананич [1] 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. Антифидантное действие агонистов отмечается лишь при кишечном воздействии тебуфенозида, галофенозида, метоксифенозида против гусениц совок. Нет сравнительного анализа воздействия агонистов экдистероидов на чешуекрылых различной трофической специализации. Работ по изучению влияния агонистов на процессы потребления и усвоения пищи насекомыми в доступной литературе не обнаружено.

Проведенный нами ранее анализ действия агониста экдистероидов R-209 на организм шелкопрядов позволил сделать вывод, что биологическая активность исследуемого вещества зависит от трофической специализации насекомых-фитофагов. Биологическая активность агониста снижается при воздействии на организм непарного шелкопряда по сравнению с дубовым шелкопрядом. Об этом свидетельствует то, что гусеницы непарного шелкопряда сохраняют жизнеспособность, а 1/3 гусениц дубового шелкопряда гибнет, относительная скорость роста гусениц непарного шелкопряда под воздействием агониста снижается на 24,0%, а гусениц дубового шелкопряда – на 40,0%, что приводит к падению плодовитости дубового шелкопряда на 20,0% по сравнению с непарным шелкопрядом. Кормовое растение оказывает коррелирующее влияние при воздействии агониста на процессы жизнедеятельности олигофага – дубового шелкопряда. Питание листом дуба ослабляет отрицательное воздействие агониста, питание листом березы его несколько усиливает (табл. 4).

Это выражается в возрастании смертности гусениц дубового шелкопряда при питании листом березы по сравнению с питанием листом дуба. Влияния кормового растения при воздействии агониста на процессы жизнедеятельности непарного шелкопряда не обнаружено. Исходя из приведенных выше результатов исследования воздействия агониста на ход развития шелкопрядов и корреляции этого воздействия в зависимости от трофической специализации шелкопрядов рассмотрим данные о процессах потребления и усвоения пищи, обработанной раствором агониста 0,01% и 0,1% концентраций, гусеницами дубового шелкопряда (табл.4).

Согласно данным табл. 4 гусеницы дубового шелкопряда за V возраст съели листа дуба, обработанного 0,1% раствором агониста R-209, на 7,0% больше, чем в контроле, но усвоили его несколько хуже, КУ уменьшилось на 3,5%, а на прирост массы гусеницы затратили ЭИП на 4,0% меньше и ЭИУ на 3,0% меньше, чем в контроле. На березе эффект влияния R-209 на индексы питания проявился сильнее, чем на дубе. Так, кормовой рацион гусениц увеличился на 9,0%, КУ снизился на 5,0%, а ЭИП уменьшился на 5,0%, ЭИУ – на 8,0% по сравнению с контролем при воздействии 0,1% концентрации R-209. 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. Данные об относительной скорости потребления гусеницами листа дуба и березы, обработанных растворами агониста R-209 (табл. 5), уточняют и дополняют сведения о величине кормового рациона (табл. 4).

Так, согласно данным табл. 5 лишь на березе потребление листа достоверно возрастает при 0,1% концентрации агониста R-209 по сравнению с контролем. Следовательно, агонист экдистероидов R-209 при попадании в кишечник гусениц вместе с листом березы практически не влияет на скорость потребления листа дуба и несколько увеличивает скорость потребления листа березы, но в том и другом случае приводит к снижению процессов усвоения и использования съеденной пищи на прирост массы гусениц дубового шелкопряда.

Снижение пищевой активности гусениц дубового шелкопряда под воздействием агониста в большей степени проявляется при питании листом березы, чем дуба, что подтверждается падением значений ЭИП и ЭИУ на березе, соответственно на 2,0% и 8,0% по сравнению с дубом.

Рассмотрим, как влияет агонист экдистероидов при введении его в организм вместе с пищей на питание полифага – непарного шелкопряда. Согласно данным, приведенным в табл. 6, агонист R-209 обнаруживает свое влияние лишь при концентрации раствора 0,1%. Оно выражается ухудшением усвоения листа дуба (КУ) на 6,5%, листа березы на 5% по сравнению с контролем. ЭИП в равной степени снижается как на дубе, так и на березе по сравнению с контролем, ЭИУ не отличается от контроля. Относительная скорость потребления (ОСП) опытных гусениц не отличается от ОСП контрольных (табл. 7).

Таким образом, агонист R-209 не влияет на количество съеденной гусеницами непарного шелкопряда пищи на обоих предложенных кормовых растениях и несколько ухудшает усвоение и использование пищи на создание зоомассы в равной степени на дубе и березе. Следовательно, вид кормового растения не усиливает и не ослабляет воздействия агониста R-209 на питание гусениц непарного шелкопряда в отличие от гусениц дубового.

Следует отметить, что агонист R-209 в меньшей степени угнетает процессы переваривания пищи у полифага – непарного шелкопряда, чем у олигофага – дубового шелкопряда. У дубового шелкопряда R-209 увеличивает потребление листа неоптимального кормового растения – березы и в большей степени снижает коэффициенты усвоения и использования пищи на рост и развитие гусениц, чем у непарного шелкопряда. Антифидагентное воздействие R-209 усиливается при питании гусениц дубового шелкопряда листом березы, тогда как гусеницам непарного шелкопряда все равно, каким листом питаться – березовым или дубовым, обработанным одним и тем же ксенобиотиком.

Таблица 4

Изучение индексов питания гусениц V возраста дубового шелкопряда под влиянием агониста R-209

Кормовое растение	Концентрация, %	Период активного питания, сут.	Прирост массы, г/экз.		Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.	Коэффициент утилизации (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
			сырая масса	сухая масса	сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
Дуб	0,01	17,87±0,43	7,94±0,21	4,18±0,09	38,69±0,32	15,48±0,02	4,95±0,01	31,97±0,27	26,98±0,41	84,44±0,56
	0,1	20,55±0,53	7,42±0,25	3,91±0,11	42,18±0,21	16,87±0,01	4,89±0,02	28,97±0,32	23,16±0,53	79,96±0,61
	контроль	18,24±0,06	8,11±0,22	4,27±0,10	39,41±0,25	15,76±0,01	5,13±0,03	32,55±0,45	27,09±0,57	83,24±0,92
Береза	0,01	18,38±0,34	10,07±0,41	5,31±0,11	50,39±0,51	20,16±0,03	5,97±0,02	29,61±0,21	26,28±0,45	88,77±0,84
	0,1	21,15±0,45	8,31±1,09	4,37±0,23	55,48±0,65	22,19±0,07	5,36±0,05	24,16±0,26	19,69±0,34	81,52±1,21
	контроль	18,75±0,37	10,29±0,11	5,42±0,06	51,24±0,06	20,49±0,04	6,07±0,04	29,62±0,60	26,44±0,49	89,29±0,81

Таблица 5

Относительная скорость потребления корма гусеницами V возраста дубового шелкопряда под влиянием агониста R-209 (мг·мг⁻¹·сутки⁻¹)

Кормовое растение	Концентрация, % (R-209)		Относительная скорость потребления (ОСП)
	0,01	0,1	
Дуб	0,01	0,17	0,17
	0,1	0,17	0,17
	контроль	0,17	0,18
Береза	0,01	0,19	0,19
	0,1	0,19	0,18
	контроль	0,18	0,18

Таблица 6

Изменение индексов питания гусениц V возраста непарного шелкопряда под влиянием агониста R-209

Кормовое растение	Концентрация, %	Период активного питания, сут.	Прирост сухой массы, г/экз.	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	0,01	14,5	0,60	11,4	6,4	1,6	25,0	9,3	37,5
	0,1	15,1	0,50	11,3	6,3	1,1	17,5	7,9	45,4
	контроль	14,4	0,62	11,5	6,5	1,5	23,1	9,5	41,3
Береза	0,01	15,8	0,56	15,0	8,7	1,9	21,8	6,4	29,5
	0,1	16,3	0,45	14,9	8,5	1,6	18,8	5,3	28,1
	контроль	15,6	0,55	15,2	8,9	2,0	22,6	6,2	27,5

Таблица 7

Относительная скорость потребления корма гусеницами V возраста непарного шелкопряда под влиянием агониста R-209 (мг·мг⁻¹·сутки⁻¹)

Кормовое растение	Концентрация, % (R-209)		Относительная скорость потребления (ОСП)
	0,01	0,1	
Дуб	0,01	0,1	0,74
	контроль	0,01	0,79
	контроль	0,1	0,73
Береза	0,01	0,1	0,98
	контроль	0,01	1,06
	контроль	0,1	1,03

Заключение. Установлено, что 0,1% раствор агониста R-209 обладает сильным инсектицидным действием и зависит от трофической специализации насекомых, что выражается в возрастании смертности гусениц дубового шелкопряда в среднем (дуб, береза) до 40,0% против 7,0% на контроле, снижении массы гусениц в среднем на 30,0%, массы кокона – на 35,0% и плодовитости – на 35,0% по сравнению с контролем. Смертность опытных гусениц непарного шелкопряда при воздействии агониста не отличается от контрольных. Масса гусениц снижается на дубе и березе примерно на 24,0%, плодовитость уменьшается на 20,0% по сравнению с контролем.

Кормовое растение оказывает коррелирующее влияние при воздействии агониста на процессы жизнедеятельности олигофага – дубового шелкопряда. Питание листом дуба ослабляет отрицательное воздействие агониста, питание листом березы его несколько усиливает. Это выражается в возрастании смертности гусениц дубового шелкопряда при питании листом березы по сравнению с питанием листом дуба. Влияния кормового растения при воздействии агониста на процессы жизнедеятельности непарного шелкопряда не обнаружено.

Гусеницы дубового шелкопряда за V возраст съели листа дуба, обработанного 0,1% раствором агониста R-209, на 7,0% больше, чем в контроле, но усвоили его несколько хуже, КУ уменьшилось на 3,5%, а на прирост массы гусеницы затратили ЭИП на 4,0% меньше и ЭИУ на 3,0% меньше, чем в контроле. На березе эффект влияния R-209 на индексы питания проявился сильнее, чем на дубе. Так, кормовой рацион гусениц увеличился на 9,0%, КУ снизился на 5,0%, а ЭИП уменьшился на 5,0%, ЭИУ на 8,0% по сравнению с контролем.

На гусениц непарного шелкопряда агонист R-209 воздействует лишь при концентрации раствора 0,1%, что выражается ухудшением усвоения листа дуба (КУ) на 6,5%, листа березы на 5% по сравнению с контролем. ЭИП в равной степени снижается как на дубе, так и на березе по сравнению с контролем, ЭИУ не отличается от контроля. Относительная скорость потребления (ОСП) опытных гусениц не отличается от ОСП контрольных. Агонист R-209 не влияет на количество съеденной гусеницами непарного шелкопряда пищи на обоих предложенных кормовых растениях и несколько ухудшает усвоение и использование пищи на создание зоомассы в рав-

ной степени на дубе и березе. Следовательно, вид кормового растения не усиливает и не ослабляет воздействия агониста R-209 на питание гусениц непарного шелкопряда в отличие от гусениц дубового.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковганко, Н.В. Агонисты эcdистероидов группы 1,2-диацил-1-алкилгидразинов / Н.В. Ковганко, С.К. Ананич // Биоорганическая химия. – 2004. – Т. 30, № 6. – С. 563–581.
2. 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. – С. 829–840.
3. 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, A. Gourmelon, A.L. Fabre, D. Pasquier // J. Appl. Entomol. – 2001. – № 3. – С. 147–153.
4. 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, Cook Barbara J., Ampasala Dinakara R., Zheng Sichun, Caputo Guido, Krell Peter J., Retnakaran Arthur, Arif Basil M., Feng Qili // Arch. Insect Biochem. and Physiol. – 2004. – № 2. – С. 68–78.
5. Waldbauer, G.P. The consumption and utilization of food by insects / G.P. Waldbauer // Adv. Insect Physiol. – 1968. – Vol. 5. – P. 229–288.
6. Ковганко, Н.В. Стероиды: Экологические функции / Н.В. Ковганко, А.А. Ахрем // Наука и техника. – Минск, 1990. – 224 с.
7. 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.
8. Carton, B. Toxicity of two ecdysone agonists, halofenozide and methoxyfenozide, against the multicoloured Asian lady beetle *Harmonia axyridis* (Col., Coccinellidae) / B. Carton, G. Smaghe, L. Tirry // J. Appl. Entomol. – 2003. – Vol. 127, № 4. – P. 240–242.

REFERENCES

1. Kovganko N.V., Ananich S.K. Bioorganic Chemistry, 2004, 30(6), pp. 563–581.
2. 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.
3. 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, A. Gourmelon, A.L. Fabre, D. Pasquier // J. Appl. Entomol. – 2001. – № 3. – P. 147–153.
4. 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, Cook Barbara J., Ampasala Dinakara R., Zheng Sichun, Caputo Guido, Krell Peter J., Retnakaran Arthur, Arif Basil M., Feng Qili // Arch. Insect Biochem. and Physiol. – 2004. – № 2. – P. 68–78.
5. Waldbauer, G.P. The consumption and utilization of food by insects / G.P. Waldbauer // Adv. Insect Physiol. – 1968. – Vol. 5. – P. 229–288.
6. Kovganko N.V., Akhrem A.A. *Steroidi: Ekologicheskiye funktsii* [Steroids: Ecological Functions], Nauka i tekhnika, Minsk, 1990, 224 p.
7. 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.
8. Carton, B. Toxicity of two ecdysone agonists, halofenozide and methoxyfenozide, against the multicoloured Asian lady beetle *Harmonia axyridis* (Col., Coccinellidae) / B. Carton, G. Smaghe, L. Tirry // J. Appl. Entomol. – 2003. – Vol. 127, № 4. – P. 240–242.

Поступила в редакцию 24.11.2014

Адрес для корреспонденции: e.mail: kzoolog@vsu.by – Денисова С.И.