РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОДУКТЫ

Сборник научных трудов

Выпуск 11
часть 1

Москва 2004

УДК 664+641.56(082(470)
ББК 20.18+34.7+65.304.25

Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: Сборник научных трудов. Вып. 11. Ч. 1. — М.: РАЕН, 2004. — с. 208.

Под редакцией д.с.-х.н., академика РАЕН Зеленкова В.Н. (ответственный за выпуск).

ИЗДАНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ISBN 5-94515-013-4

11-й выпуск сборника научных трудов содержит авторские материалы статей, условно сгруппированные по тематическому направлению:

Инновации с растительными ресурсами (биоразнообразие, биология, селекция и агробиотехнологии).

Поиск и изучение природных сырьевых источников и методологические вопросы их стандартизации.

Инновации в кормопроизводстве.

Инновации в технологиях и пищевой промышленности

Основные материалы статей представлены авторами-участниками 2-й Российской научно-практической конференции ***«Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными природными ресурсами и создания функциональных продуктов»*** (2–3 июня 2003 г., г. Москва).

УДК 664+641.56(082(470)
ББК 20.18+34.7+65.304.25

Спонсоры издания сборника:

ОАО «ДИОД» (г. Москва)

ООО Концерн «Отечественные инновационные технологии» (г. Жердевка, Тамбовской обл.)

ООО Научно-производственное предприятие «ТРИНИТА» (г. Москва)

ООО Научно-технологическая фирма «АРИС» (г. Новосибирск)

Информационный спонсор:

Центральная научная сельскохозяйственная библиотека РАСХН (г. Москва)

ISBN 5-94515-013-4

© Отделение РАЕН «Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты», 2003.

СЕЛЕКЦИЯ ХЛОПЧАТНИКА GOSSYPIUM HIRSUTUM L. НА УСТОЙЧИВОСТЬ К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССАМ И КАЧЕСТВО ВОЛОКНА
Касьяненко В.А. 67

ЭКОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДИКОРАСТУЩИХ КЛЕВЕРОВ И ИХ ИНТРОДУКЦИЯ
Бекузарова С.А., Мсоева З.М. 78

ИНТРОДУКЦИЯ ACORUS CALAMUS L., КАК ИСТОЧНИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО ЭФИРОМАСЛИЧНОГО СЫРЬЯ
Рязанова С.Ю. 80

ИНТРОДУКЦИЯ ДАЙКОНА И ЛОБЫ В УСЛОВИЯХ ПОВОЛЖЬЯ
Барадачева В.М, Земскова Ю.К. 88

ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ БЕССМЕРТНИКА ПЕСЧАНОГО
Ешмағамбетова А. Б., Ахметжанова А. И·, Адекенов С· М 94

ИНТРОДУКЦИЯ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ ХЕНОПОДИУМА КВИНОА (CHENOPODIUM QUINOA) В НЕЧЕРНОЗЕМНУЮ ЗОНУ РОССИИ
Кононков П.Ф., Гинс В.К., Тришин М.Е., Конобеева А.Б. 105

ИНТРОДУКЦИЯ ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР (НА ПРИМЕРЕ ХРИЗАНТЕМЫ СЪЕДОБНОЙ – CHRYSANTHEMUM CORONARIUM L.) В НЕЧЕРНОЗЕМНУЮ ЗОНУ РОССИИ
Кононков П.Ф., Гинс В.К., Тришин М.Е., Конобеева А.Б. 121

АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЙ – ДОМИНАНТОВ ДЮН КУРШСКОЙ КОСЫ К УСЛОВИЯМ ПРОИЗРАСТАНИЯ
Головина Е.Ю., Чупахина Г.Н. 135

УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКДИСТЕРОИД ПРОДУЦИРУЮЩИХ РАСТЕНИЙ В АГРОПОПУЛЯЦИЯХ К ПОВРЕЖДЕНИЮ НАСЕКОМЫМИ-ФИТОФАГАМИ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)
Тимофеев Н.П. 146

ДЕЙСТВИЕ ПЕКТИНА ИЗ AMARANTHUS CRUENTUS И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СЕМЕНАХ И УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
Костин В.И., Исайчев В.А., Офицеров Е.Н., Андреев Н.Н., Мударисов Ф.А., Хованская Е.Л·, Романов А.В. 156

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕКТИНА ИЗ АМАРАНТА В КАЧЕСТВЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ
Костин В.И., Исайчев В.А., Офицеров Е.Н. 164

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО УДОБРЕНИЯ БИОГУМУСА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА
Белёвцев Д.Н., Макарова В.Ф., Тимошенко Н.Я. 176

Тимофеев Н.П. Устойчивость экдистероид продуцирующих растений в агропопуляциях к повреждению насекомыми-фитофагами (Архангельская область) / Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. Сб. науч. трудов. Вып. 11. Часть 1. Москва, РАЕН, 2004. С. 146-155.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКДИСТЕРОИД ПРОДУЦИРУЮЩИХ РАСТЕНИЙ В АГРОПОПУЛЯЦИЯХ К ПОВРЕЖДЕНИЮ НАСЕКОМЫМИ-ФИТОФАГАМИ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Тимофеев Н.П.
КХ «БИО», г. Коряжма, Россия

Введение

Известна существенная регулирующая роль экдистероидов (синонимы: экдизоны, гормоны линьки) для всех стадий развития насекомых (Ахрем и Ковганко, 1989). Они необходимы для инициации превращений, происходящих в ходе роста личинки через нескольких стадий до куколки, и затем до взрослого насекомого. Для нормального метаморфоза ювенильный гормон и гормоны линьки должны присутствовать в необходимом количестве и в нужный момент развития жизненного цикла. Ювенильный гормон способствует личиночному росту и препятствует метаморфозу. По мере роста личинок его концентрация падает. Периодические линьки вызваны волнами экдистероидов (рис. 1), синтезируемых в проторакальных железах под воздействием нейропептидов, вырабатываемых в мозге насекомых.

Идентичность фитоэкдистероидов, синтезируемых растениями, гормону линьки членистоногих позволяет предполагать, что одна из биологических функций повышенной концентрации экдистероидов в отдельных органах растений состоит в защите их от насекомых-вредителей. Активность наиболее важных экдистероидов – *ecdysterone*, *ponasterone* и *muristerone* (рис. 2) в биотестах с клетками насекомых, содержащих естественные изоформы экдистероидных рецепторов (EcR), лежит в пределах 10^{-9} (10^{-8}–10^{-10}) М (Harmata и Dinan, 1997).

К числу важнейших экдистероид содержащих растений, являющихся видами-сверхконцентраторами и служащими промышленными источниками получения экдистероидов, относятся *Rhaponticum carthamoides* и *Serratula coronata* (Ахрем и Ковганко, 1989). Содержание *ecdysterone* в наиболее важных для жизнедеятельности органах растений может достигать величин, намного превышающих требуемую для проявления биологической активности концентрацию в биотестах. Поэтому считается, что сверхконцентрация экдистероидов

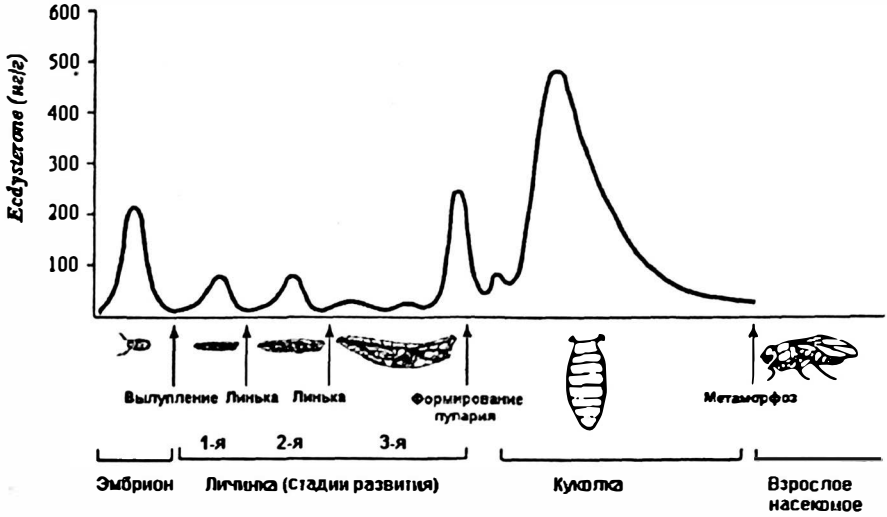

Рис. 1. Экдистероидный титр в развитии Drozophila melanogaster по (Kozlova и Thummel, 2000) с изменениями

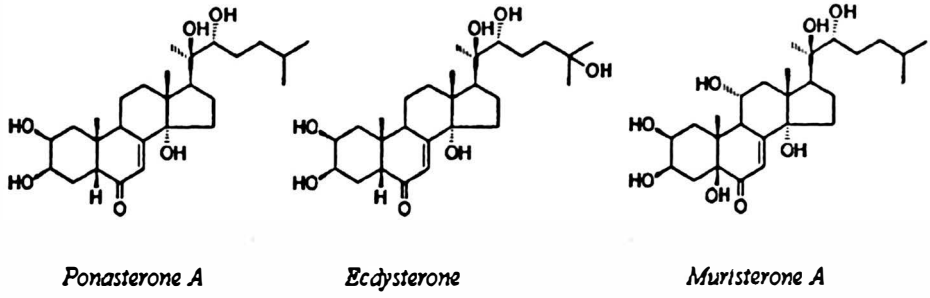

Рис. 2. Экдистероиды высокой биологической активности

способно отпугивать и предохранять такие виды от повреждения насекомыми-вредителями.

Задачей настоящего исследования являлось оценка способности новых для европейского Севера растений-интродуцентов лекарственного назначения *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin и *Serratula coronata* L. противостоять к атакам насекомых-фитофагов в условиях агропопуляций; оценить ущерб, наносимый вредителями; выявить факторы, способствующие или наоборот, защищающие от поражения.

Материал и методика

Климат. Район исследований расположен на юго-востоке Архангельской области, относящейся к подзоне средней тайги Европейской таежной провинции и характеризуется умеренно-прохладным летом и умеренно-прохладной зимой. Продолжительность вегетационного периода составляет 165–186 дней, в т. ч. безморозного – около 105 дней. Средняя температура июля равна +17,4 °С. Суммы тепла выше 10° составляют 1577 °С; 15° – 911° С. За год выпадает 495–538 мм осадков, в т.ч. за теплый период 367–387 мм. Отношение количества осадков к испарению близко к 1,5. Относительная влажность воздуха составляет 57–74%. Средняя скорость ветра 4,2 м/сек; ветры до 15 м/сек и более бывают редко.

Для района исследований характерна частая смена воздушных масс. В мае месяце проникающие на территорию воздушные арктические массы вызывают заморозки в воздухе и почве. Со стороны Атлантики и Баренцева моря нередко вторгаются циклоны, вызывая летом похолодания и моросящие, иногда и ливневые дожди. Продолжительность светлого времени суток во время вегетации растений равна 17–20 часам. Значительная доля солнечной радиации из-за повышенной облачности представлена рассеянной, она обогащена красноволновыми составляющими и обеднена в ультрафиолетовой части спектра.

Материал. Объектом исследований служили агропопуляции экдистероид содержащих растений *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin (рапонтикум сафлоровидный) и *Serratula coronata* L. (серпуха венценосная), возделываемые на производственных площадях. Всего 9 разновозрастных объектов, каждая площадью 0,5–3,0 га, произрастающих в различных экологических нишах (торфянистые, суглинис-

тые и супесчаные почвы). Закладка плантаций производилась семенами, полученными из отдела Ботанический сад Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Плотность растений в исследуемом возрасте составляла 22–29 тысяч особей на гектар.

Методика. Устойчивость растений к вредителям выявляли в ходе наблюдений за ростом и развитием растений, методом феноменологического мониторинга в течение вегетационного периода. Идентификацию насекомых проводили на основе «Определителей...» (Плавильщиков, 1994; Горностаев, 1998). Ущерб, наносимый фитогафагами генеративным органам, определяли после ручного сбора и обмолота урожая семян. Возраст растений устанавливался по методу полного онтогенеза (Работнов, 1983). Содержание экдистероидов *(ecdysterone)* в различных органах растений определяли в пересчете на воздушно-сухое вещество, методом ВЭЖХ-анализа (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН).

Результаты

Как показывает мониторинг естественных взаимоотношений между экдистероид содержащими растениями и насекомыми, результаты которого приведены ниже, сами по себе экдистероиды не способны создать эффективную защиту от фитофагов. В ценозе повреждались части растений, в которых наиболее высока концентрация, и наоборот, были не уязвимы органы со значительно низким содержанием экдистероидов:

1. Агропопуляции *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin (120 тыс. особей) в генеративном и начале сенильного возраста (4–13-й годы жизни) подвергались нападению жесткокрылых *(Coleoptera)* и полужесткокрылых *(Heteroptera)*. Поражались только соцветия генеративных побегов (рис. 3) в фазе бутонизации или их отдельные части в фазе цветения. Содержание *ecdysterone* в них составляло 0,28–0,57 и 0,60–0,84% соответственно. Сопутствующим фактором служила низкая влажность воздуха. Вегетативные побеги, представленные листьями и черешками, а также почки возобновления не повреждались (0,14–0,51%). Не выявлено повреждений и на подземных органах (корни и корневища с содержанием *ecdysterone* 0,07–0,18%).

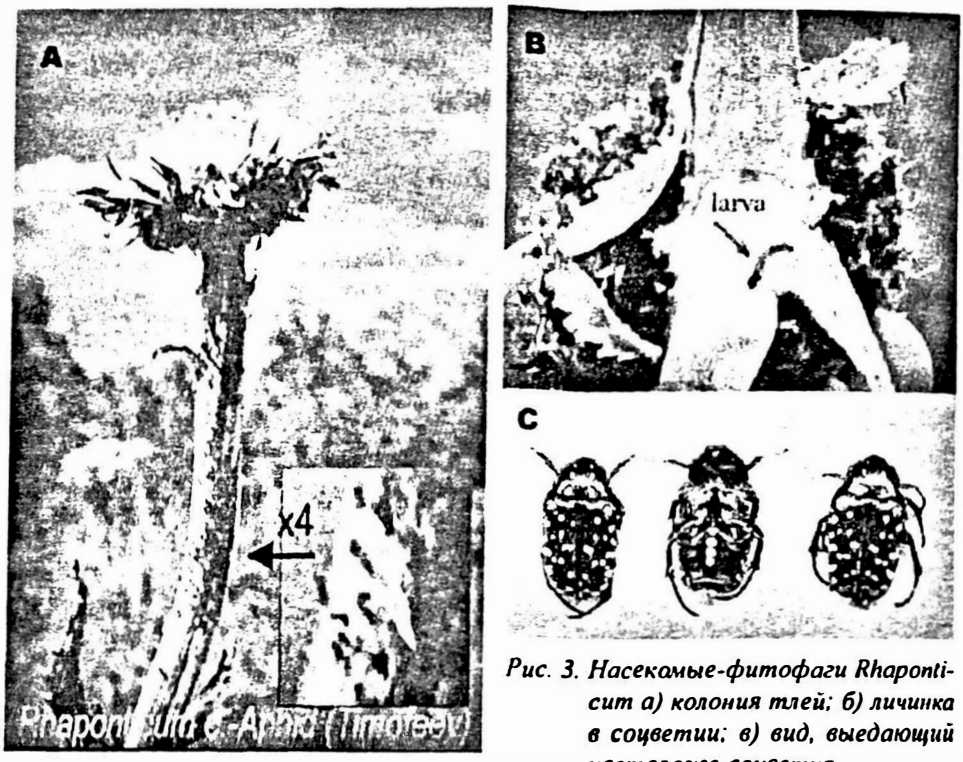

Рис. 3. Насекомые-фитофаги Rhaponticum а) колония тлей; б) личинка в соцветии; в) вид, выедающий цветоложе соцветия

Зафиксированы единичные случаи заселения тлей *(Aphididae)* на апикальных частях генеративных побегов *Rhaponticum*, совпадающие с фазой начала плодоношения (рис. 3а). Представители семейства долгоносиков (клеверный стеблевой долгоносик – *Apin seniculus* Krby.) и щитников (щитник светло-зеленый – *Palomena prasina* L.) группировались в пределах молодых листьев обертки соцветий. В обоих случаях присутствие насекомых не сказывалось негативно на формировании и качестве семян. В сенильном возрасте популяции (13-й год) повреждения были обусловлены неидентифицированным крупным видом из семейства клопов-щитников (рис. 3с), особи которых вгрызались в соцветия и выедали цветоложе.

2. *Serratula coronata* L. (40 тыс. особей) в условиях повышенной атмосферной влажности очень сильно (до 100% растений) поражается тлями *(Aphididae)*. Колонии этих насекомых заселяют верхушечные части стеблей (рис. 4) генеративных побегов (содержание

Рис.4. Колония тлей на Serratula coronata

ecdysterone 1,2–1,6%). Не было отмечено ни одного случая массовой или единичной гибели тлей, хотя поверхность их тела находилась в прямом контакте с выделяющимся и растекающимся по стеблю растения соком.

Во второй половине лета в соцветиях появляются личинки неидентифицированного вида из отряда чешуекрылых *(Lepidoptera)*, развивающиеся в цветоложе и питающиеся семенами (рис. 5), начиная с фазы молочно-восковой спелости (при 0,9–1,2% *ecdysterone*). Потери урожая семян достигают до 70–100%. Сопутствующим фактором поражения служит отчуждение биомассы. В течение 11 лет наблюдений не зафиксировано повреждений стеблевых листьев и вегетативных побегов (при содержании *ecdysterone* 0,3–1,1%).

Обсуждение результатов

В лабораторных условиях добавка фитоэкдистероидов в искусственную питательную среду насекомых приводит к необратимым изменениям в развитии: гибели отродившихся гусениц, нарушениям

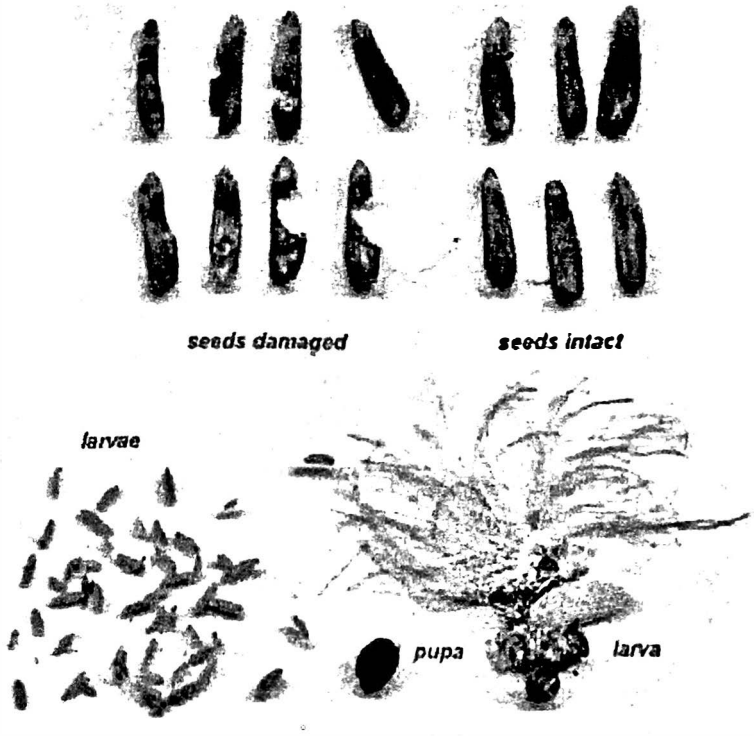

Рис. 5. Повреждения насекомыми-фитофагами репродуктивных органов Serratula coronata

процессов линьки и аномалиям, снижающих жизнеспособность особей – индуцированию сверхнормального количества личиночных линек, преждевременному окукливанию, появлению гусениц с несколькими головными капсулами (Arnault и Slama, 1986; Gu и др., 1988). Отмечена высокая токсичность экдистероидов против тлей – опрыскивание 0,05% раствором *ecdysterone* вызывает гибель 85,4% особей (Ахрем и Ковганко, 1989).

Исходя из потенциальной гормональной активности фитоэкдизонов, в Японии еще в начале 70-х годов был предложен метод для увеличения урожая и качества коконов тутового шелкопряда *(Bombyx mori)* через изменение гормонального фактора (Okauchi и др., 1976). Управление развитием личинок шелкопряда заключалось в использовании диеты на основе экдистероидов, который должен был побуждать гу-

сеницы заключительной возрастной стадии единовременно трансформироваться в куколки. Аналогично, в 80-е годы в СССР (Среднеазиатском НИИ шелководства) на основе *Rhaponticum carthamoides* был разработан препарат экдурон, с 30% содержанием *ecdysterone* (Хаханов и др., 1986). Кроме шелководства, препарат рекомендовался также для обработки скоплений личинок комаров, против саранчи и тлей в виде концентрата эмульсии – в дозе 20–40 г/га *ecdysterone*.

Но экдистероиды в изолированном виде не могут быть использованы в производственных масштабах, так как чрезвычайно неустойчивы в окружающей среде – они высоколабильны к температуре, кислороду, ультрафиолетовому облучению, микрофлоре. При действии УФ-облучения через три часа они полностью инактивируются (Ferrari и др., 1977). Поэтому длительное хранение их осуществляется в лиофилизированном виде, при низких температурах (от –20° до –60° С). В последние годы предложено встраивать гены с видоизмененными рецепторами экдистероидов в трансгенные растения, чтобы через кратковременное внешнее воздействие химического лиганда, агониста фитоэкдизонов, управлять устойчивостью культурных растений против агрессии насекомых-вредителей (Crossland и др., 2002).

Как показывают вышеуказанные факты, механизмы взаимодействия экдистероид продуцирующих растений с насекомыми намного сложнее, чем простое воздействие экдистероидов на членистоногие при поступлении через пищу или через кожные покровы. Во всех вышерассмотренных случаях сверхвысокие концентрации экдистероидов ($2–5\times10^{-5}$ М) не вызывали необратимых изменений в развитии у насекомых-вредителей. Ссылки на адаптированность их к сверхконцентрациям не объясняют, почему поражаются соцветия с более высокими, и не повреждались листовые органы со значительно низкими уровнями экдистероидов.

Ключевую роль следует искать в различии химического состава листьев и репродуктивных органов по другим метаболитам, обуславливающих комплексную биологическую активность. Листовые органы синтезируют 2,0–3,9% флавоноидов; 1,4–1,9% водорастворимых производных фенольных кислот; 0,3% каротиноидов; а также содержат до 34% белковых веществ (Головко и др., 1996; Skiba, 1999, Тимо-

феев, 2002). Цветоложе соцветий и семена не содержат фенольных веществ, у них иной аминокислотный и витаминоподобный состав.

По всей видимости, активация экдистероидных рецепторов с их лигандами происходит через последовательную цепь событий, где важную роль играют комплексы экдистероидов с вышеназванными и другими классами физиологически активных веществ. Известно, что растения являются источником множества других средств, которые могли бы взаимодействовать с экдистероидным комплексом рецептора как агонисты или антагонисты. Например, было показано, что флавоны были способны значительно замедлять EcR-зависимую транскрипцию гена (Oberdqrster и др.; 2001). Также вероятно, что фенольные и белковые вещества в листьях растений выступают в качестве эффективных активаторов гетеродимеризации экдистеродного рецептора со вторым партнером (EcR/USP) на первом этапе взаимодействия, а на втором этапе являются кофактором, необходимым для запуска механизмов генной транскрипции.

Заключение

Результаты многолетних исследований агропопуляций *Rhaponticum carthamoides* и *Serratula coronata* показывают, что репродуктивные органы растений в генеративном и сенильном возрасте могут подвергаться нападению насекомых-фитофагов, приводя к частичному или полному уничтожению урожая семян. Сверхвысокое содержание фитоэкдистероидов в апикальных частях генеративных побегов, соцветиях и семенах (0,6–0,8% для *Rhaponticum* и 0,9–1,2% для *Serratula*) не служит препятствием от поражения. Не зафиксировано повреждений вегетативных побегов, стеблевых листьев, почек возобновления, а также корней с корневищами вредителями, при значительно меньшей концентрации *ecdysterone.*

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта администрации Архангельской области и РФФИ (№ 03-04-96147).
Интернет-версия статьи размещена по адресу:

http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/4723.html

Литература

1. Arnault C., Slama K. Dietary effects of phytoecdysones in the leek-moth, *Acrolepiopsis assectella* Zell. (Lepidoptera: Acrolepiidae) // J. chem. Ecol, 1986. – V. 12; № 10. – P. 1979–1986.

2. Crossland L. D., Goff S. Juvenile hormone or one of its agonists as a chemical ligand to control gene expression in plants by receptor mediated transactivation. – US Patent 6,362,394. March 26, 2002.

3. Harmata J., Dinan L. Biologocal activity of natural and synthetic ecdysteroids in the B_{II} bioassy // Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 1997; V. 35. – P. 219–225.

4. Ferrari G., Canonica L., Danieli B. Method for the photostabilization of polyhydroxylated sterols and stabilized biological insecticidal product obtained thereby. – US Patent 4,045,555. August 30, 1977.

5. Gu S.H.; Iwashita Y.; Kawasaki H. Changes in the moulting character of «Sanminsho» of the silkworm and its endocrine events // J. sericult. Sc. Japan, 1988. – V. 57; N. 4. – P. 328–334.

6. Oberdorster E., Clay M.A., Cottam D.M., Wilmot F.A., McLachlan J.A., Milner M.J. Common phytochemicals are ecdysteroid agonists and antagonists: a possible evolutionary link between vertebrate and invertebrate steroid hormones // J Steroid Biochem Mol Biol, 2001. – V. 7; N. 4–5. – P. 229–238.

7. Okauchi T., Takamuku S., Tamura S., Chou S. Method for increasing yield of silkworm cocoons employing juvenile and moulting hormones. – US Patent 3,941,879. March 2, 1976.

8. Skiba A., Weglard Z. Accumulation of the biomass and some polyphenolic compounds in *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin // Horticulture, Landscape Architecture, 1999; N. 20. – P. 19–25.

9. Ахрем А.А., Ковганко В.В. Экдистероиды: Химия и биологическая активность. – Минск: Наука и техника, 1989. – 327 с.

10. Головко Т.К., Гармаш Е.В., Куренкова С.В., Табаленкова Г.Н., Фролов Ю.М. Рапонтик сафлоровидный в культуре на Европейском Северо-Востоке (эколого-физиологические исследования) // Коми научный центр УрО РАН. – Сыктывкар, 1996. – 140 с.

11. Тимофеев Н.П. Протеиновая ценность новых культур в условиях Севера (Теоретическое обоснование и практическая реализация) // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. Сб. нучн. тр. Вып. 6. – М., РАЕН, 2002. – С. 115–139.

12. Хаханов А.И., Хафизова Т., Зеленина О.Н., Садыкова М. Влияние препарата экдурон на скорость и синхронизацию окукливания тутового шелкопряда // Тр. САНИИШ – Среднеаз. НИИ шелководства, 1986; Т. 20. – С. 87–89.