

падной Сибири: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 1990. 16 с.

4. Мишуров В.П., Портнягина Н.В., Рубан Г.А. Интродукция серпухи венценосной на Севере // Интродукция растений на европейском Северо-Востоке. Сыктыв-

кар. 1995. С. 91-100. (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 140).

5. Фитоэктистероиды / Под ред. В.В. Володина. СПб.: Наука, 2003. 293 с.

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М. 1985. 351 с.

УДК 574:595.7-153.11:577.175.24

Консортивные связи эктистероидсодержащего растения *Serratula coronata* L. (Asteraceae)

© 2012. С. В. Пестов, к.б.н., н.с., К. Г. Уфимцев, к.б.н., н.с.,
В. В. Володин, д.б.н., зав. лабораторией,
С. О. Володина, к.б.н., с.н.с., А. Г. Донцов, к.х.н., с.н.с.,
Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
e-mail: ufimtsev@ib.komisc.ru

Описан консортивный комплекс эктистероидсодержащего растения *Serratula coronata* L. в условиях интродукции в Республике Коми. Установлено, что основным фитофагом этого вида растений является тля *Uroleucon jaceae* L. Соцветия серпухи поражаются личинками мухи-пестрокрылки. К опылителям серпухи венценосной в условиях интродукции относятся три группы: медоносные пчелы, шмели и мухи-журчалки. Специализированные хищники тлей представлены личинками и имаго божьих коровок, златоглазок, личинками мух-журчалок, неспециализированные – клопами Nabidae и мушками-зеленушками Dolichopodidae. К паразитам мух-журчалок относятся наездники Ichneumonidae и круглые черви Mermitidae. Исследованы степень поражения растений серпухи венценосной и изменение численности тли *Uroleucon jaceae* в течение вегетационного периода. Методом ВЭЖХ определено содержание эктистероидов и сахаров в пади тлей, питающихся соком растений серпухи венценосной. Впервые установлено наличие в пади основных эктистероидов серпухи венценосной – 20E и Ip, а также минорных компонентов эктистерона и макистерона А, идентичное содержанию их в нативных растениях и клеточном соке. Показано, что основными углеводными компонентами пади являются фруктоза, трегалоза и сахароза. Полученные данные позволяют в перспективе исследовать возможное участие фитоэктистероидов, как экорегуляторов, в ближних и дальних экологических связях в наземных экосистемах.

The consortium complex of *Serratula coronata* L. in conditions of introduction (middle taiga zone, Komi Republic, Russian Federation) is described. The herbivores of *Serratula* are aphids and gall flies. The flowers of *Serratula* are visited by 26 species of insects. The most abundant pollinators are bumblebee *Bombus pratorum* (L.) and honey bees *Apis mellifera* L. Number of predators and parasites insects of herbivores is revealed. Chemical composition of aphid's honey dew and way of migration of plant secondary metabolites in the trophic chains (plants *Serratula coronata* and aphid's *Uroleucon jaceae* L.).

Ключевые слова: *Serratula coronata*, консортивный комплекс,
Uroleucon jaceae, фитоэктистероиды

Keywords: *Serratula coronata*, consortium complex,
Uroleucon jaceae, phytoecdysteroids

Серпуха венценосная (*Serratula coronata* L.) – многолетнее растение из семейства астровых (Asteraceae) высотой 35–150 см, листья перистораздельные или перисторассечённые. Вид широко распространён в лесостепной и лесной зоне Евразии от Западной Европы до Дальнего Востока, является одним из наиболее перспективных продуцентов эктистероидов – растительных аналогов гормонов линьки и метаморфоза насекомых. Содержание 20-гидроксиэктистерона (20E) в надземной части растений колеблется от 0,7 до 3,0%

[1]. В настоящее время ведутся работы по интродукции серпухи венценосной в качестве кормовой культуры и источника биологически активных веществ [2–4]. В природе любой организм взаимодействует со своим абиотическим и биотическим окружением. Помимо климатических и эдафических факторов, обычно учитываемых при интродукции, важным является выявление консортивных связей между видами. В практическом плане большой интерес представляет определение роли насекомых двух групп – фитофагов и опылите-

лей. Значение насекомых-фитофагов для растения неоднозначно. С одной стороны, можно говорить об отрицательном воздействии фитофагов на растения, поскольку они отчуждают часть фитомассы. С другой – биоповреждения могут приводить к индукции биосинтеза вторичных метаболитов, что имеет важное практическое значение. Например, поражение растений паслёна дольчатого *Solanum laciniatum* (Ait.) тлей приводит к увеличению содержания соласодина в листьях [5], а повреждение личинками комарика *Bradysia impatiens* Joh. корней шпината (*Spinacia oleracea* L.) вызывает многократное увеличение концентрации 20E в растениях [6].

На примере смолёвки татарской (*Silene tatarica* (L.) Pers.) показано, что для популяций растений характерен высокий уровень полиморфизма по содержанию 20E, что препятствует адаптации насекомых к постоянной концентрации экзогенных гормонов линьки в пище [4]. В эксперименте [7] из шести особей тли *Myzus persicae* Sulzer после нескольких партеногенетических генераций было получено шесть групп тлей (по 15 генетически идентичных особей) и изучена их реакция на экдистероидсодержащую диету. Высокая концентрация 20E приводила к значительному уменьшению числа полученных нимф у двух групп, в то время как низкие концентрации приводили как к уменьшению, так и к увеличению количества потомства. Представители двух групп практически отвергали пищу, содержащую 20E, в то время как особи другой группы предпочитали её. Таким образом, биохимическая изменчивость растений и разделение насекомых на устойчивых и чувствительных по отношению к 20E особей является стратегией выживания растений и насекомых на видовом и популяционном уровнях. В литературе имеются и другие данные о разнообразном влиянии экзогенных экдистероидов на рост и развитие насекомых-фитофагов [8 – 10].

Цель настоящего исследования заключается в описании консортивного комплекса *Serratula coronata* в условиях интродукции в подзону средней тайги Республики Коми и изучении путей миграции вторичных метаболитов в цепях питания на примере взаимоотношений между растениями серпухи венценосной и тлей, являющейся её основным фитофагом.

Материал и методы

Исследования проводились в июне-августе 2006–2010 гг. на опытном участке сер-

пухи венценосной Института биологии Коми НЦ УрО РАН в окрестностях г. Сыктывкара. Насекомых собирали кошением энтомологическим сачком по растениям, осмотром растений и ручным сбором. Учёт опылителей производился в течение 10-минутного интервала. Препараты тлей в 10% растворе формалина были переданы А.В. Стекольщикову (ЗИН РАН, Санкт-Петербург) и определены им как *Uroleucon jaceae* (L.). Определяли долю поражённых колониями тлей растений и подсчитывали число тлей на одном растении. Сбор пади производили с помощью предварительно взвешенных прозрачных пластиковых дисков диаметром 9 см, укрепленных на генеративных побегах ниже участков, поражённых тлями, с 15 растений ежедневно. Диски с падью взвешивали. Падь с дисков смывали дистиллированной водой, воду отгоняли в вакууме на роторном испарителе, массу пади определяли гравиметрическим методом. Качественный состав и количественное соотношение экдистероидов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на аналитической ВЭЖХ-системе Varian Pro Star (США) по ранее описанной методике [14]. Качественный состав и количественное соотношение сахаров определяли на аналитической ВЭЖХ-системе Knauer Smartline 2300 (Германия) по описанной ранее методике [15]. Для определения динамики численности тли ежедневно производили их подсчёт на каждом из 15 экспериментальных растений.

Результаты и обсуждение

По нашим наблюдениям, растения серпухи венценосной в фазе цветения при интродукции в таёжной зоне Республики Коми сильно поражаются тлями. В этой фазе в листьях и апикальной части побегов содержится чрезвычайно высокая концентрация экдистероидов (до 3%) [8]. Замечено, что тли поражали именно те части побегов, в которых содержание экдистероидов было максимальным. На основании наших наблюдений можно предположить, что этот вид тлей является нечувствительным к высоким концентрациям фитоэкдистероидов благодаря особенностям пищеварительной и выделительной систем. Известно, что тли, питающиеся флоэмным соком растений, избавляются от избытка сахаров, выделяя их в неизменном виде в окружающую среду в составе пади [11]. Возможно, по этому же механизму могут выводиться и экзогенные экдистероиды – полигидроксилированные ци-

клические спирты, имеющие заметное структурное сходство с сахарами [12]. Следует подчеркнуть, что судьба экзогенных экистероидов, выделяемых совместно с сахарами в составе пади, является абсолютно не изученной в ближних и дальних пищевых цепях и представляет несомненный научный и практический интерес. В этих целях нами проведено описание консортивного комплекса серпухи венценосной. Установлено, что кроме основного фитофага *Uroleucon jaceae*, другими фитофагами серпухи венценосной являются долгоносики *Chlorophanus viridis* (L.) и *Phylobius* sp., щитоноска пижмовая *Cassida vibex* L. и личинки мух-пестрокрылок (Thephtitidae). Среди прочих листогрызущих насекомых найдены также личинки пилильщиков, которые делают на листьях дырчатые погрызы, и гусеницы чешуекрылых, которые вызывают краевые погрызы. Доля поражённых листогрызущими насекомыми растений серпухи венценосной составляла 2–3%. В агроценозе серпухи часто встречались клопы *Lygus* и *Carposcoris*. К опылителям серпухи венценосной в условиях интродукции относятся три группы насекомых: медоносные пчёлы (*Apis mellifera* L.), шмели (*Bombus*), мухи-журчалки (*Syrphidae*) [13]. Наиболее обильными видами – посетителями цветков серпухи являются шмель *Bombus pratorum* (L.) и медоносная пчела *Apis mellifera* L. Консорты второго порядка представлены хищниками и паразитами. Тлей *Uroleucon jaceae* питаются личинки и имаго божьих коровок *Adalia bipunctata* (L.), *A. septempunctata* L.,

Hippodamia tredecimpunctata (L.) и *Anisosticta novemdecimpunctata* (L.) (Coccinellidae) и златоглазок *Chrysopa perla* (L.) (Chrysopidae), личинки мух-журчалок родов *Sphaerophoria* и *Syrphus* (*Syrphidae*). Последние являются хозяевами наездников-ихневмонид (*Ichneumonidae*) и круглых червей *Mermitidae*. Кроме того, в сборах отмечены хищные клопы *Nabidae*, мушки-зеленушки *Dolichopodidae*, которые относятся к неспециализированным хищникам, и мухи-шаровки *Ogcodes gibbosus* (L.) (*Arcoceridae*) – паразиты пауков.

Изучение динамики повреждаемости растения серпухи венценосной и численности тли *Uroleucon jaceae* в течение вегетационного периода показало, что максимальная повреждаемость растений приходится на начало августа при переходе растения из фазы бутонизации в фазу цветения (рис. 1). Размер колоний и заселённость колониями растений неуклонно возрастали в течение всей фазы отрастания, хотя и были подвержены колебаниям, в зависимости от погодных условий. При переходе в фазу бутонизации все растения были заселены колониями тлей. Средняя численность колонии превышала 100 особей. Размер колонии достиг максимума при переходе из фазы бутонизации в фазу цветения и составил 627 особей на одно растение (рис. 2). Сбор пади осуществляли на разных фенологических фазах. Максимальное количество было получено во время цветения растений (рис. 3).

ВЭЖХ-анализ пади на содержание экистероидов показал, что её качественный со-

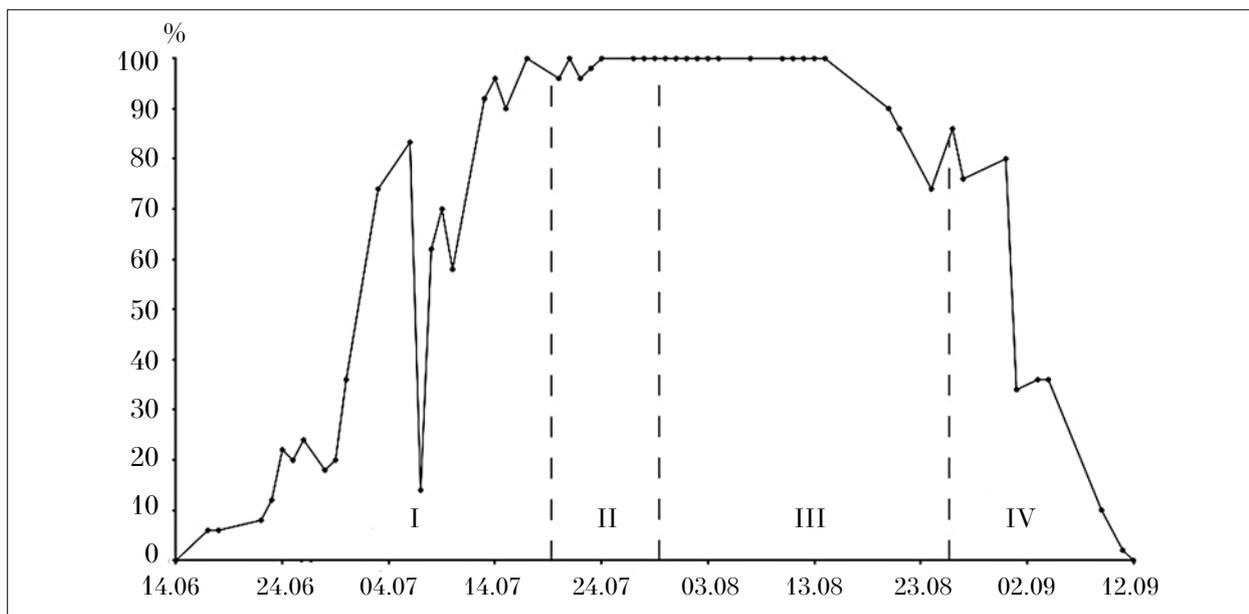


Рис. 1. Доля (%) поражённых тлей *Uroleucon jaceae* растений *Serratula coronata* в фазы отрастания (I), бутонизации (II), цветения (III) и плодоношения (IV)

Примечание: По горизонталли: здесь и далее – дата учёта.

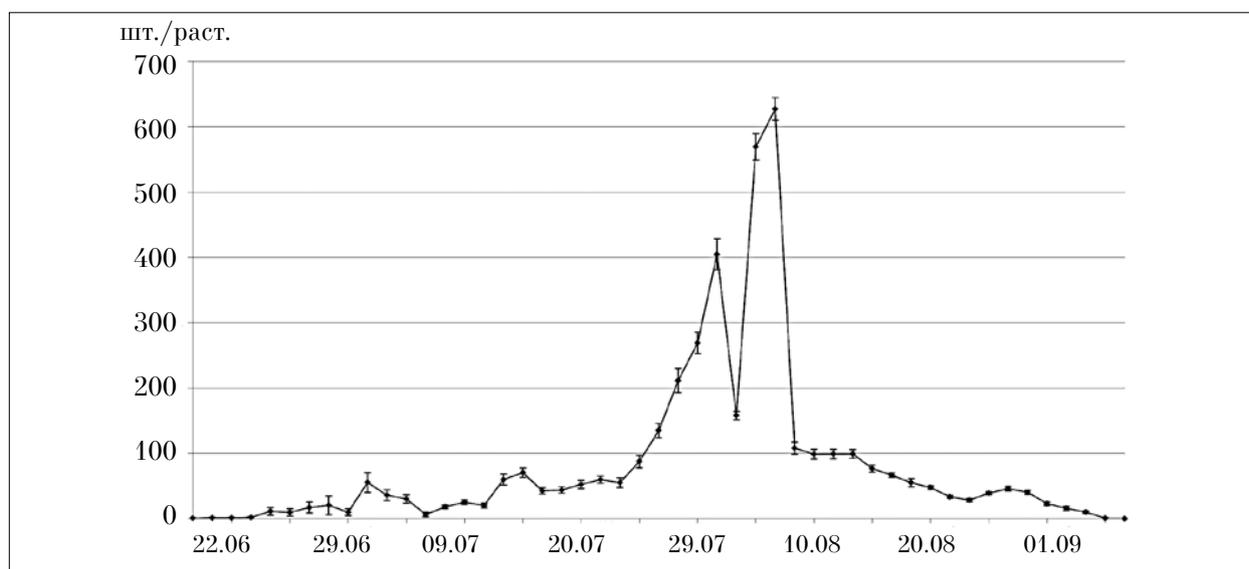


Рис. 2. Динамика численности тлей на растении *Serratula coronata*

став идентичен таковому в клеточном соке растений серпухи венценосной. На ВЭЖХ-хроматограммах образца пади тлей обнаружены пики характерных для растений основных экидистероидов 20E и инокостерона (In), а также минорных компонентов – экидизона и макистерона А. Обнаружение экидистероидов в составе пади представляет интерес, с одной стороны, для понимания биохимических механизмов устойчивости тлей к экзогенным гормонам линьки, с другой – позволяет поставить вопрос о возможном участии фитоэкидистероидов в трофических цепях. Содержание основных экидистероидов 20E и In в пади тли было минимальным в фазе бутонизации и достигло своего максимума в период плодоношения растений (рис. 4 А). Анализ участков поражённых тлей цветоносов показал, что макси-

мальное содержание 20E и In наблюдается во время фазы бутонизации и значительно снижается к фазе плодоношения (рис. 4 Б).

Содержание суммы сахаров в пади составляет 30 %. Основными компонентами являются глюкоза, фруктоза и сахароза (рис. 5 А), в меньших количествах присутствуют мальтоза и раффиноза. Максимальная концентрация основных сахаров (рис. 5 Б) отмечена во время бутонизации растений.

Заключение

Впервые описан консортивный комплекс экидистероидсодержащего растения *Serratula coronata* L. в условиях интродукции (средняя тайга Республики Коми). Установлено, что основным фитофагом этого вида растений является тля *Uroleucon jaceae* L. Соцветия серпухи поражаются личинками мухи-пестрокрылки. К опылителям серпухи венценосной в условиях интродукции относятся три группы: медоносные пчёлы, шмели и мухи-журчалки. Специализированные хищники тлей представлены личинками и имаго божьих коровок, златоглазок, личинками мух-журчалок, неспециализированные – клопами *Nabidae* и мушками-зеленушками *Dolichopodidae*. К паразитам мух-журчалок относятся наездники *Ichneumonidae* и круглые черви – *Mermitidae*. Исследована степень поражения растений серпухи венценосной и изменение численности тли *Uroleucon jaceae* в течение вегетационного периода.

Методом ВЭЖХ определено содержание экидистероидов и сахаров в пади тлей, пита-

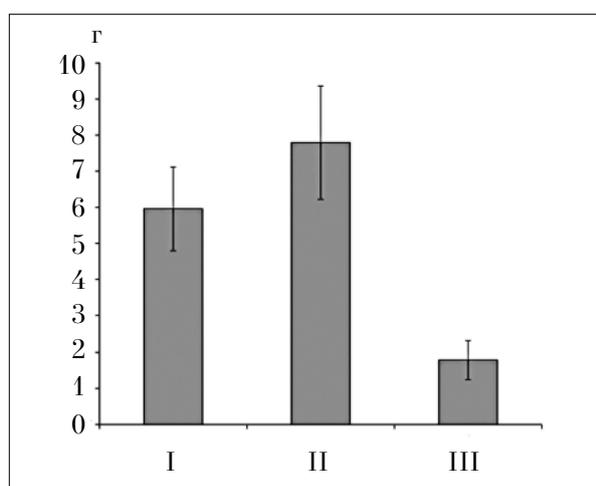


Рис. 3. Масса (г) пади тли *Uroleucon jaceae* на различных фазах развития растений *Serratula coronata*

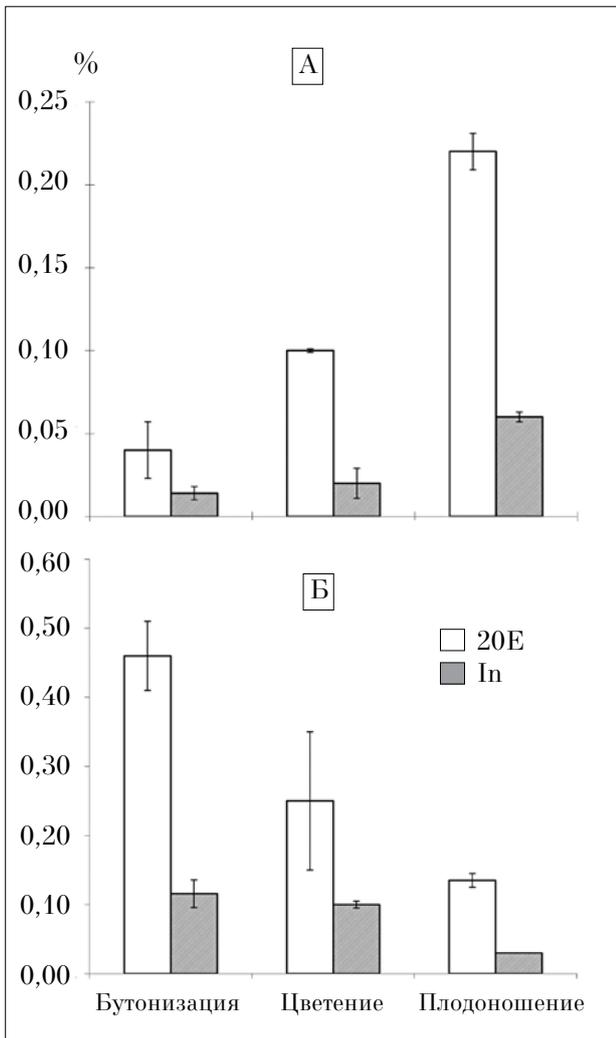


Рис. 4. Массовая доля (%) 20E и In в пади тлей (А) и участках цветоносов (Б) *Serratula coronata*, поражённых тлей

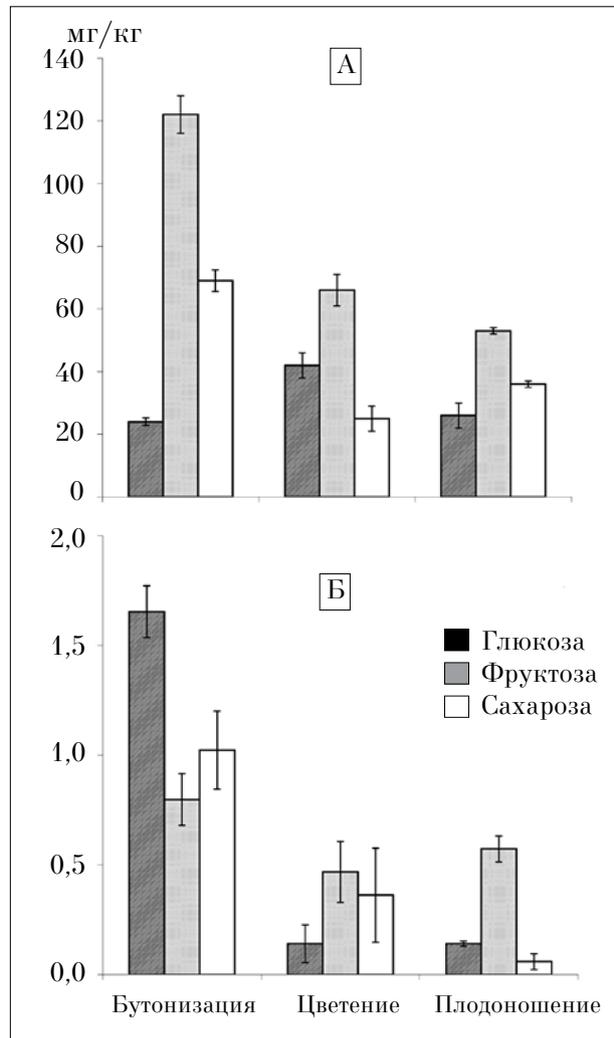


Рис. 5. Содержание (мг/кг) углеводов в пади тлей (А) и участках цветоносов (Б) *Serratula coronata*, поражённых тлей

ющихся соком растений серпухи венценосной. Впервые установлено наличие в пади основных экдистероидов серпухи венценосной – 20E и In, а также минорных компонентов – экдизона и макистерона А, идентичное содержанию их в нативных растениях и клеточном соке. Показано, что основными углеводными компонентами пади являются фруктоза, трегалоза и сахароза. Полученные данные позволяют в перспективе исследовать возможное участие фитоэкдистероидов, как экорегуляторов, в ближних и дальних экологических связях в наземных экосистемах.

Авторы благодарят к.б.н., с.н.с. А.В. Стекольщикова (ЗИН РАН, Санкт-Петербург) за определение вида тли.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы интеграционных проектов (проект № 12-И-4-2072: «Ресурсный и био-

технологический потенциал растений Урала и сопредельной территории европейского северо-востока России – подцентов важнейших групп биологически активных веществ»).

Литература

1. Володин В.В., Володина С.О., Чадин И.Ф., Мартыненко В.А. Экдистероидсодержащие растения: ресурсы и биотехнологическое использование. Екатеринбург. 2007. 125 с.
2. Харина Т.Г. Эколого-биологические особенности серпухи венценосной в связи с интродукцией в Западной Сибири: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. 1990. 16 с.
3. Саад М.Л. Серпуха венценосная (*Serratula coronata* L.) как перспективный источник фитоэкдистероидов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев. 1993. 25 с.
4. Мишуров В.П., Портнягина Н.В., Рубан Г.А. Интродукция серпухи венценосной на Севере // Интродукция растений на европейском Северо-Востоке. Сыктывкар. 1995. С. 94–100. (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 140).

5. Шаин С.С. Биорегуляция продуктивности растений. М. 2005. 248 с.
6. Schmelz E.A., Grebenok R.J., Ohnmeiss T.E., Browers W.S. Interaction between *Spinacia oleraceae* and *Bradysia impatiens*: a role for phytoecdysteroids // Arch. Insect Biochem. Physiol. 2002. V. 51. P. 204–221.
7. Malausa T., Salles M., Marquet V. et al. Within-species variability of the response to 20-hydroxyecdysone in peach-potato aphid (*Myzus persicae* Sulzer) // J. Insect Physiol. 2006. V. 52. № 5. P. 480–486.
8. Фитоэктистероиды / Под ред. В.В. Володина. СПб.: Наука, 2003. 293 с.
9. Уфимцев К.Г., Ширшова Т.И., Володин В.В. Фитоэктистероиды – детерренты насекомых-фитофагов. Екатеринбург. 2009. 89 с.
10. Уфимцев К.Г., Ширшова Т.И., Володин В.В. Фитоэктистероиды как детерренты насекомых-фитофагов: действие растения серпухи венценосной *Serratula coronata* L. – продуцента эктистероидов – на египетскую хлопковую совку *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) // Усп. совр. биол. 2009. Т. 129. № 3. С. 1–15.
11. Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растении. М.: Наука, 1976. 646 с.
12. Slama K. Ecdysteroids: insect hormones, plant defensive factors, or human medicine // Phytoparasitica. 1993. V. 21. № 1. P. 3–8.
13. Пестов С.В., Володин В.В. Насекомые консортивного комплекса *Serratula coronata* L. в условиях интродукции (средняя тайга Республики Коми) // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров. 2007. Вып V. Ч. 2. С. 261–264.
14. Чадин И.Ф., Колегова Н.А., Володин В.В. Распределение 20-гидроксиэктидизона в генеративных растениях *Serratula coronata* L. // Сиб. экол. журн. 2003. № 1. С. 49.
15. Тарабукин Д.В., Торлопов М.А., Володин В.В., Донцов А.Г. Получение порошковой целлюлозы и глюкозы ферментативным гидролизом целлюлозы в смеси с крахмалом // Биотехнология. 2009. № 4. С. 57–63.

УДК 581.4 + 581.6

Онтогенез растений *Rhaponticum integrifolium* C. Winkl. в условиях Кашкадаринской области Узбекистана

© 2012. Н. К. Алиева¹, ст. преподаватель, А. М. Нигматуллаев², к.б.н., зав. лабораторией,
Н. Ш. Рамазанов², д.х.н., с.н.с., И. Д. Бобаев², к.х.н., с.н.с.,

¹ Кокандский государственный педагогический институт,

² Институт химии растительных веществ им. акад. С. Ю. Юнусова

Академии наук Республики Узбекистан,

e-mail: ramazonovn@list.ru

Изучен большой жизненный цикл эктистероидсодержащего растения *Rhaponticum integrifolium* в природных популяциях (Кашкадаринская область Республики Узбекистан). Установлено, что длительность прегенеративного, генеративного и сенильного периодов растений изученного вида составляет 4–5, 20–25 и 4–5 лет соответственно. Начало фенофаз зависит от высоты местности над уровнем моря: поднятие местности от 400 до 1500 м приводит к запаздыванию наступления фенофаз на две-три недели. Выявлены возрастные состояния растений в различных экологических и фитоценотических условиях. Представленные данные свидетельствуют о перспективности выращивания данного вида растений в культуре в качестве сырья для получения эктистероидов.

Whole lifecycle of ecdysteroid containing plant *Rhaponticum integrifolium* in natural populations (Kashkadarinskaya region of Uzbekistan) is studied. It is established that pregenerative period lasts 4–5 years, generative – 20–25 years, senile – 4–5 years. The beginning of the phenophases of *Rhaponticum integrifolium* depends on the above sea level altitude: lifting of the terrain from 400 to 1500 m above sea level leads to a delay of the phenophases for 2–3 weeks. The age state of plants in different ecological and phytocenotic conditions is revealed. Data obtained testify to perspectives of cultivation of this plant species as ecdysteroid containing raw material.

Ключевые слова: *Rhaponticum integrifolium*, онтогенез, эктистероиды

Keywords: *Rhaponticum integrifolium*, ontogeny, ecdysteroids

Фитоэктистероиды, являющиеся структурными аналогами гормонов линьки насекомых, привлекают всё большее внимание для использования в восстановительной медицине, поскольку препараты на их основе способствуют адаптации и повышению работоспособности.