

Обзоры, проблемы, итоги

УДК 633.88:58.01/.07

ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ В ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjijn И *Serratula coronata* L.

(обзор)

Н.П. ТИМОФЕЕВ

Обсуждается роль, значимость и область использования фитоэкдистероидов, рассмотрены их источники и состояние сырьевой базы, проблемы культивирования левзеи сафлоровидной и серпухи венценосной. Обоснована необходимость углубленных онтогенетических и биоморфологических исследований растений с целью создания крупномасштабных и экологически сбалансированных агропопуляций.

Ключевые слова: лекарственные растения, левзея сафлоровидная, серпуха венценосная, сырьевая база, агропопуляция, экдистероиды.

Рапонтикум сафлоровидный *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjijn (синоним: *Leuzea carthamoides* (Willd) DC. — левзея сафлоровидная) и серпуха венценосная *Serratula coronata* L. — важнейшие представители экдистероидсодержащих растений, используемые для получения фитоэкдистероидов в опытных и промышленных масштабах. У *R. carthamoides* идентифицировано более 50 экдистероидов (1-5), у *S. coronata* — около 20 (2, 6, 7), в том числе такие высокоактивные соединения, как экдистерон (20-гидроксиэкдизон), полиподин В, аюгастерон С, дакрихайнанстерон, рапистерон D, 24(28)-дегидромакистерон А, 22-бензоатэкдистерон, макистерон А и С, интегристерон, левзеястерон, картамоистерон, 5-дезоксикаладастерон, коронагастерон. Растения служат сырьем для производства ветеринарных и фармацевтических препаратов, пищевых и кормовых добавок (6, 8-11).

Выделяемые из этих растений экдистероиды являются объектами и инструментами современных исследований по клеточной и молекулярной биологии, молекулярной генетике (экдизон-индуцированные системы экспрессии генов), биомедицинской химии, по разработке экологически безопасных инсектицидов селективного действия (12-14). В медицине экдистероидсодержащие травяные сборы применяют при нарушениях работы и снижении функций сердечно-сосудистой, центральной нервной и репродуктивной системы, как тонизирующее и стимулирующее средство при умственном и физическом утомлении, для заживления ран, язв, лечения ожогов; профилактически — в качестве адаптогенных, анаболических, антидепрессивных, гемореологических, ноотропных и противоопухолевых средств (15-19). В спортивной и военной медицине для повышения работоспособности и адаптации при экстремальных физических и психических нагрузках, в чрезвычайных обстоятельствах используют препараты на основе *R. carthamoides*, причем в отличие от большинства классических адаптогенов они не имеют токсических и побочных эффектов, а их применение — возрастных или сезонных ограничений (8, 17, 20-22).

Экдистероидсодержащие виды растений. В последние годы проведен масштабный скрининг мировой флоры с целью выявления сверхпродуцентов экдистероидов. Установлено, что у 95 % видов присутствуют их следовые количества, у 4-6 % — тысячные и сотые доли процента в расчете на сухую биомассу, и только у единичных видов расте-

ний содержание экистероидов в некоторых элементах надземных органов в определенные фазы развития может достигать 1-3 % (23-26). Очевидно, что промышленный интерес представляют виды, характеризующиеся повышенным содержанием целевых веществ, высокой продуктивностью, устойчивостью и способностью к интродукции, а также к долговременному произрастанию в условиях агроценозов.

В качестве дикорастущих сырьевых ресурсов для получения экистероидов предлагается использовать корневища папоротникообразных из лесов Европы и Южной Америки (*Polypodium vulgare*, *P. lepidopters*); корни растений семейства амарантовых из тропических лесов Бразилии и бассейна Амазонки (*Pfaffia paniculata*, *P. glomerata*); хвою подкарповых и тисовых из высокогорных областей Китая и Японии (*Podocarpus nakaii*, *P. macrophyllus*, *P. reichei*; *Taxus canadensis*, *T. chinensis*, *T. cuspidata*); семена видов-эндемиков из рода *Ipomoea*, произрастающих на южных склонах Гималайских гор; надземную биомассу многолетних растений семейства коммелиновых, обитающих в Китае, Индии и на Тайване на переувлажненных горных почвах (*Cyanotis arachnoidea*, *C. vaga*); грибы из семейства свинушковых (*Tapinella panuoides*) и трутовиков (*Polyporus umbellatus*) (14, 27).

На территории России видовой потенциал экистероидсодержащих растений в основном представляют такие виды: разновидности *Silene* (смолевка) и *Lychnis* (зорька); *Coronaria flos-cuculi* (горицвет кукушкин); *Helleborus purpurascens* (морозник красноватый) и *H. caucasicus* (морозник кавказский); *Paris quadrifolia* (вороний глаз обыкновенный); *Ajuga reptans* (живучка ползучая); *Sagina procumbens* (мшанка лежачая); *Potamogeton natans* (рдест плавающий) и *P. perfoliatus* (рдест пронзеннолистный); *Pulmonaria officinalis* (медунца лекарственная); *Butomus umbellatus* (сусак зонтичный); *Androsace filiformis* (проломник нитевидный) и т.д. (25, 28, 29). Как правило, эти растения труднодоступны, встречаются рассеянно или одиночно, их интродукция не проводилась или серьезно затруднена. Часто это виды с мелкорослыми, ползучими или розеточными побегами, ядовитые или слаботоксичные растения, обитающие на припойменных лугах, лесных опушках и вырубках, заболоченных торфяниках, пустырях, обочинах дорог, в канавах, на берегах водоемов или подножиях скал на высокогорье.

В отличие от других *R. carthamoides* и *S. coronata* — крупнотравные виды с высоким потенциалом продуктивного долголетия и урожайности биомассы (30-32), в которой накапливаются сверхвысокие количества экистероидов: у *R. carthamoides* в подземных и надземных частях соответственно 0,05-0,15 и 0,3-1,5 %, у *S. coronata* — соответственно 0,1-0,2 и 0,7-2,3 % (2, 15, 23, 32, 33).

В настоящее время нигде в мире экистероидсодержащие растения не возделывают в масштабах, удовлетворяющих нужды фармацевтической промышленности. Многочисленные ботанико-морфологические и экологические исследования, предпринятые в регионах с разными климатическими условиями, в том числе на севере Европы и в Сибири, показали, что для требуемого расширения сырьевой базы наиболее перспективна интродукция двух сверхконцентраторов экистероидов — *R. carthamoides* и *S. coronata* (6, 34-36). *R. carthamoides* и препараты на его основе официально внесены в Государственную фармакопею СССР IX-XI изданий, Государственную фармакопею Российской Федерации (приказ Министерства здравоохранения 182 от 24.04.2003), а также в Государственный реестр лекарственных средств и Регистр лекарственных средств

России.

R. carthamoides (Willd.) Iljin — вид из семейства *Compositae* (сложноцветные); естественный ареал — высокогорные области Сибири, Средней Азии и Китая (1200-2700 м над уровнем моря) (15). Растение крупнотравное, многолетнее с вегетативными розеточными и генеративными стеблевыми надземными побегами, образует куст диаметром 50-110 и высотой 90-150 (иногда 50-250) см (31). В научной литературе вид относят к трем родам — *Rhaponticum*, *Leuzea* и *Stemmacantha*: рапонтикум — обычно в ботанических описаниях (37), левзея — в медицине (38), от названия *Stemmacantha* в современной систематике предложено отказаться (39). В сельскохозяйственной практике общепринятое название — маралий корень (31). Популяции *R. carthamoides* на субальпийских лугах Алтае-Саянской горной страны истощены из-за нерегламентированных заготовок. Вид отнесен к числу редких, уязвимых и исчезающих, занесен в Красные книги России, Казахстана, Монголии и других стран; промышленные запасы охраняются государством (37, 40). Исследования по интродукции ведутся в России, Чехословакии, Польше, Болгарии, Венгрии, Швеции, Финляндии, Китае, Австрии, Германии, Белоруссии, Литве, Молдавии, Казахстане, Узбекистане, Украине. *R. carthamoides* — единственный экистероидсодержащий вид, на основе которого созданы селекционные сорта, рекомендованные для массового возделывания (41-43).

S. coronata L. также относится к семейству *Compositae* (*Asteraceae*). Многолетник, образует куст из прямостоячих или растущих под небольшим углом стеблей генеративных побегов высотой 140-190 см; встречается в предгорьях и на равнинах, распространен от Средней Европы до Монголии и Китая, в Сибири, Средней Азии, на Дальнем Востоке. Произрастает рассеянно или одиночно в кустарниковых зарослях горных склонов, на увлажненных берегах заливных лугов, по краям осоковых болот вблизи крупных рек. В течение последних 20 лет в России, Венгрии, Корею, Казахстане и на Украине проводятся интродукционные исследования по введению его в культуру в качестве лекарственного растения (6, 30, 32, 33, 44).

Интродукция и культивирование *R. carthamoides* и *S. coronata*. Этноботанически растения рода *Rhaponticum* связывают с древней восточной медициной, в которой их называли Lou lu и Lou saо (45). В России они также известны как большеголовник альпийский, рапонтик, а у коренных народов Сибири — как изюбрева трава, маралова трава, аранай-убюсу, сын-отт, нижний уйман (10, 31). Фармакологическое использование препаратов *R. carthamoides* не прерывалось со времен древней китайской, тибетской и монгольской медицины до наших дней. Известно, что в составе аптекарских садов интродукторов X века были растения рода *Rhaponticum* (46). Русские переселенцы на Алтае в XVI-XVII веке считали рапонтикум лекарством «от четырнадцати недугов», возвращающим молодость (17), жители Сибири и Монголии — «корнем-силачом», помогающим жить до ста лет, сохраняя физическую, репродуктивную и духовную силу (31).

В России первыми сообщениями о необходимости культивировать этот вид были публикации Русского географического общества за 1881-1883 годы (цит. по 31). Начало научных исследований связано с образованием в 1920 году Научно-исследовательского химико-фармацевтического института (НИХФИ), в котором были предприняты попытки введения в культуру и создания промышленно возделываемых плантаций *R. carthamoides* с использованием семян от дикорастущих популяций (работы

Л.А. Уткина в 1931 году).

С 1926 года (включая военный период) *R. carthamoides* последовательно высевали в Омской, Московской, Ленинградской и Новосибирской областях, в Томском ботаническом саду Западно-Сибирского филиала АН СССР, в Карельском стационаре Ботанического института АН СССР. С 1954 года были начаты исследования по широкой интродукции *R. carthamoides* ботаническими садами системы Академии наук СССР, опытными станциями Всесоюзного института лекарственных растений (ВИЛР, ныне ВИЛАР) и другими научными учреждениями. В начале 60-х годов такие работы проводились на европейском Северо-Востоке и Дальнем Востоке; с конца 70-х годов — в республиках Средней Азии, Прибалтики; к середине 80-х годов *R. carthamoides* был интродуцирован в ботанических садах и коллекционных питомниках Белоруссии, Украины, Молдавии, Карельской, Коми, Башкирской и Марийской АССР, в Московской, Ленинградской, Новосибирской, Тюменской, Саратовской, Смоленской и Тамбовской областях, а также в Польше, Болгарии, Венгрии, Чехословакии; в начале 90-х — в Архангельской, Вологодской и Пензенской областях, Финляндии и Швеции.

Проводилось исследование ареала, экологии и фитоценологии вида, а также сбор исходного материала с последующим изучением биологических особенностей (рост, развитие, способы размножения), зимы и морозостойкости, засухоустойчивости, степени поражения болезнями и вредителями (47). Разрабатывалось обоснование размещения интродуцируемого вида по географическим зонам, агроэкологические и физиолого-биохимические основы возделывания, оптимизировались агротехнические приемы по срокам и нормам посева семян, видам и дозам удобрений и регуляторов роста, по повышению продуктивности (48-50). Изучалась химическая структура и состав биологически активных веществ, в экспериментах на животных оценивалось токсикологическое, анаболическое и стимулирующее действие надземных и подземных частей растения. По итогам комплексного изучения *R. carthamoides* был признан универсальной культурой кормового и лекарственного назначения и рекомендован для широкого возделывания в коллективных хозяйствах и на приусадебных участках. Предполагалось создание промышленных плантаций *R. carthamoides* и комплексная переработка сырья, в том числе поставка на международный рынок конкурентоспособных фарм-, био- и ветпрепаратов.

В результате были выведены сорта Тюгурюкский (автор Б.А. Постников) и Саяны (получен Н.Т. Конон с соавторами) и разработаны агротехнические и агрохимические приемы возделывания культуры (работы Сибирского НИИ кормов, ВИЛАР, Института биологии Коми НЦ УрО РАН) (31, 34, 51), налажено комплексное использование надземных и подземных частей растений (10, 42, 52). В настоящее время из 172 экдистероидсодержащих препаратов различных форм, предлагаемых на мировом коммерческом рынке, около 36 % вырабатывают из *R. carthamoides* (10, 14). В Баку, Мантурово, Чимкенте и Ташкенте освоен выпуск фармацевтического препарата экдистен на основе высокоочищенных экдистероидов *R. carthamoides*; в Зональном НИИ сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого разработан жидкий ветпрепарат биоинфузин на основе экстракта из листьев *R. carthamoides*; действуют экстрактовыварабатывающие предприятия в Бийске, Томске и Красногорске (8, 9).

Аналогичные работы проводились с *S. coronata*. Разработаны биохимические технологии выделения и очистки действующих веществ из

фитомассы *S. coronata* для получения препарата экдистен-S, или Es (18), а также кормовых добавок метаверон и биоспон (6, 11). В Институте биологии Коми НЦ УрО РАН, Сибирском НИИ кормов СО РАСХН, Сибирском научно-исследовательском и проектно-технологическом институте животноводства СО РАСХН, Институте экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СО РАСХН ведутся разработки сухих премиксов и комбикормов для птицы, свиней и жвачных животных с использованием надземной биомассы растений *R. carthamoides* и *S. coronata* (11, 42, 53).

Очевидно, что создание эксплуатируемых промышленных плантаций лекарственных растений является завершающим этапом интродукции. Еще в начале 60-х годов прошлого века признали, что в каждом хозяйстве европейского Нечерноземья и Севера для создания высокоэффективной кормовой базы животноводства целесообразно выращивать три-четыре вида интродуцированных многолетних растений, в том числе *R. carthamoides* (48). В этой связи планировалось создать сеть семенных и маточных участков в специализированных опытно-производственных хозяйствах. В начале 80-х годов к выращиванию *R. carthamoides* приступили более 100 хозяйств в разных регионах СССР. Однако при опытно-производственном возделывании *R. carthamoides* для использования в кормовых и лекарственных целях продуктивность надземной биомассы оказалась в 3-5 раз меньше заявленной (54), из-за недостаточного ухода плантации зарастали сорняками и становились непригодными для эксплуатации (31).

В начале 80-х годов были заложены две промышленные плантации в специализированных хозяйствах — в Московской и Новосибирской областях (экспериментально-производственная база ВИЛАР и совхоз «Лекарственный»), где заготавливалось около 10 т воздушно-сухого корня в год (ежегодная потребность с учетом экспорта на тот период составляла более 100 т, то есть 90 % сырья заготавливалось в природных фитоценозах) (31). В 1990-2005 годы на территории России эксплуатируемые агропопуляции экдистероидсодержащих лекарственных растений имели четыре сельскохозяйственных предприятия — в Новосибирской, Архангельской, Белгородской и Московской областях (общая уборочная площадь приблизительно 12-15 га). Небольшие агроценозы (1-2 га) заложены в Польше, Австрии, Чехии, Швеции и Финляндии. Вследствие дефицита этого лекарственного сырья и в России, и за рубежом препараты на основе *R. carthamoides* и *S. coronata* в аптечную сеть в настоящее время поступают в недостаточных количествах.

Биологические и экологические проблемы промышленного возделывания *R. carthamoides* и *S. coronata*. Как оказалось, создание сырьевой базы экдистероидсодержащих растений сопряжено с немалыми трудностями их культивирования. Общепринятые для кормовых культур технологии здесь не подходят: получение продукции выборочно с отдельных растений возможно не раньше, чем на 2-й год жизни (52), массовое отчуждение в период интенсивного прироста биомассы — на 3-4-й год после закладки агропопуляции (49, 55). При выращивании в культуре снижается экологическая устойчивость растений в ценозе, ухудшается качество семян (56-58), в 10-15 раз сокращается длительность жизни относительно диких форм, происходит массовая гибель особей в популяции на разных этапах онтогенеза.

Изучение *S. coronata* было начато в 80-х годах прошлого века и в основном касалось вопросов агротехники и морфобиологических аспектов интродукции, проводилось на индивидуальных растениях или в условиях коллекционных питомников либо экспериментальных делянок, без учета

антропогенного влияния и экологического воздействия среды обитания (30, 36, 59-61).

В результате как в России, так и за рубежом лекарственные растения *R. carthamoides* и *S. coronata* в настоящее время на крупных производственных плантациях не выращиваются. Анализ показывает, что имеющиеся практические рекомендации не всегда эффективны при широкомасштабном лекарственном растениеводстве, поскольку агротехнику, разработанную и апробированную для искусственно поддерживаемых условий и на ограниченных площадях возделывания, не удается реализовывать в промышленных масштабах. В этой связи необходимо проводить углубленные исследования видовых и экологических особенностей жизнедеятельности растений в агроценозе.

Онтогенез. Известно, что в оптимальных условиях показатели продуктивности и продолжительности жизни растений должны иметь наименьшее отклонение от средних для вида величин. На субальпийских лугах онтогенез *R. carthamoides* длится 50-75 лет, генеративный период начинается на 5-9-й год и длится 25-40 лет, сенильные растения в популяции чаще всего отсутствуют, отмирание частей корневища происходит редко (37). В условиях культуры детальных исследований онтогенеза *R. carthamoides* и *S. coronata* не проводили и в большинстве случаев ограничивались морфологическим описанием растений 1-3-го, реже 4-6-го годов жизни (высота побегов, число листьев в розетке, размеры листовых пластинок и соцветий; масса семян, надземных или подземных органов, часто в расчете на сырую биомассу). Онтогенетические изменения рассматривали либо только по отдельным периодам жизненного цикла, либо для единичных растений в условиях коллекционных питомников и на экспериментальных делянках (62). Часто наблюдения проводили при рассадном и квадратно-гнездовом способах выращивания, которые требуют значительных затрат ручного труда и не имеют преимуществ перед общепринятым в производстве прямым широкорядным посевом в грунт с междурядьями 60-70 см (31).

В коллекционных питомниках длительность онтогенеза у *R. carthamoides* и *S. coronata* не превышает 5-6 лет, а в полевых производственных условиях — нескольких лет (прегенеративный период — 1-3, генеративный — 2-3 года) (34, 63, 64); при таком ускоренном развитии иногда оказываются пропущенными одно или несколько возрастных состояний (65). Только в отдельных случаях наблюдали цветение и плодоношение в возрасте 12-15 лет (31, 62). Это указывает на необходимость оценки влияния режимов хозяйственной эксплуатации на качественные и количественные характеристики онтогенеза.

Продуктивность фитомассы. Известно, что биомасса растений *R. carthamoides* и *S. coronata* различается в разных почвенно-экологических условиях. В частности, на суглинистых почвах Республики Коми у *R. carthamoides* во влажное лето она была в 1,5-2,0 раза ниже, чем в засушливое (66). Потенциал продуктивности *S. coronata* изучен мало: по данным Б.А. Постникова (35), масса надземных частей в природных условиях варьирует от 29-34 до 56-67 г на растение. Сухая масса корневища *R. carthamoides* в природе составляет 71-104 г (67). При интродукции максимальное накопление биомассы у растений *R. carthamoides* регистрировали на 3-4-й год культивирования: в условиях Республики Коми (на подзолистых почвах) масса надземной части достигала 89-126 г, подземной — 86-125 г (34); в Карелии масса надземной части на 3-й и 4-й год равнялась соответственно 200 и 86 г, подземной на

2-й и 3-й — соответственно 45 и 58 г (60). В условиях влажного климата Польши (оподзоленные почвы) на 3-й год для надземных и подземных частей показатель составил соответственно 70 и 60-90 г, на 4-й — 81 и 91 г (68). В условиях Кировской области при первичной густоте стояния растений свыше 200 тыс/га на 3-4-й год жизни надземные органы формировали 11-24 г биомассы (69).

На европейском Севере при оптимальных условиях роста и развития период высокопродуктивного долголетия у растений *R. carthamoides* может составить 10-16 лет и более, у *S. coronata* — 11-14 лет, причем с возрастом надземная биомасса увеличивается: на 6-8-й годы у *R. carthamoides* она достигала 354-525 г, у *S. coronata* — 215-270 г (70, 71). В производственной практике начальные сроки отчуждения приходится на 2-3-й годы жизни (31), вследствие чего продуктивный период у растений при интродукции, как правило, длится не более трех лет и онтогенетический потенциал формирования биомассы не реализуется.

Биопродуктивность популяций. В природных условиях (Алтай, 1963-1965 годы) урожайность надземной массы дикорастущих зарослей *R. carthamoides* составляла 2200-4000 кг/га (31). Максимальная биопродуктивность отдельных участков однородной плотной популяции, по исследованиям Н.А. Некратовой (72), достигает 6500-7000 кг/га. Биопродуктивность подземной части *R. carthamoides* в условиях Алтае-Саянской горной страны — 80-1500 кг/га (73), на большей части субальпийских лугов в ценозах масса корневищ — около 330 кг/га (67). У *S. coronata* в типичных местобитаниях при плотности растений 2,1-5,1 тыс/га величина надземной биомассы варьирует от 71 до 343 кг/га (35).

Согласно оценкам, агроклиматические ресурсы Нечерноземной зоны позволяют формировать от 2000-3000 до 7000-10000 кг/га надземной массы *R. carthamoides* (соответственно при дефиците и оптимальной влаго- и теплообеспеченности) (74). Следует признать, что практические результаты далеки от прогнозируемых. В Кировской области на опытных делянках урожайность надземной массы у 3-4-летних растений *R. carthamoides* составляла: на супесчаных почвах — 2000-2400 кг/га (в пересчете с 49 м²) (75); на рекультивируемых торфяниках — 1300-1770-2800 кг/га (54); на суглинках — 5400-6000 кг/га (69). В Сибири, на полях экспериментальных и опытно-производственных хозяйств Центрального сибирского ботанического сада СО РАН, Сибирского отделения РАН и РАСХН урожайность 4-5-летних посевов достигала 3600 кг/га, 7-летних — 3300 кг/га (31), в Ленинградской области у 7-8-летних растений снижалась до 700-800 кг/га (76).

В литературе нет сведений о производственной продуктивности посевов *S. coronata*. Для природно-климатических условий Республики Коми приводится урожайность 0,77-1,24 кг/м² (36), для Сибири — от 0,7 до 1,1 кг/м² (35). Н.С. Савиновская (70) сообщает о повышении урожайности в онтогенезе при интродукции — с 1,53-1,40 кг/м² на 3-4-й до 1,93-1,92 кг/м² на 6-й и 11-й годы жизни.

Представляется, что приведенные оценки урожайности посевов методом сплошного скашивания опытной делянки без учета структуры фитомассы и при пересчете числа растений с 1 м² на 1 га не отражают реального формирования валовой продукции интродуцентом: во-первых, структура урожая модельных вариантов *R. carthamoides* на 40-55 и даже на 90-97 % может быть представлена сорными видами (57); во-вторых, на узких вытянутых опытных делянках площадь под высокорослыми (1,6-1,9 м) генеративными побегами *S. coronata*, формирующими раскидистый куст, может в 2-3 раза превышать площадь питания, принимае-

мую за исходную в статистических расчетах; в-третьих, на результат существенно влияет фактор изреживания посевов (в опубликованной литературе мы не обнаружили данных о динамике изреживания у культивируемых растений). Очевидно, что реальную биопродуктивность агропопуляций можно установить только на основе изучения фактической плотности каждого вида по годам жизни и возрастным периодам, исходя из чего определить степень устойчивости продуцирования биомассы в онтогенезе.

Структура и качество биомассы. В лекарственном растениеводстве максимальная урожайность биомассы должна сочетаться с высоким содержанием действующих веществ в сырье (77). На мировом рынке коммерческая стоимость высококачественного сырья и сырья от массовых заготовок различается в десятки раз. При производстве лекарственного сырья из *R. carthamoides* и *S. coronata* проблема качества особенно актуальна, поскольку после синтеза в кончиках корней или взрослых листьях фитостероиды концентрируются в интенсивно растущих тканях и органах (24, 26, 78). Перераспределение экистероидов между стареющими и развивающимися органами может зависеть от биоморфологических особенностей вида и различий онтогенеза. Поэтому при производстве лекарственного сырья наряду с общей облиственностью важной характеристикой является доля элементов с высоким содержанием фитостероидов в структуре биомассы. Сезонная динамика соотношения вегетативных (розеточных) и генеративных побегов в онтогенезе обуславливает одновременное накопление в биомассе молодых, взрослых и отмерших элементов. Кроме того, в условиях агроценозов на структуру биомассы влияет наличие в популяции растений одинакового абсолютного возраста, которые при этом находятся на разных этапах онтогенеза. Иными словами, для определения оптимальных сроков заготовки лекарственного сырья необходимо изучить структуру биомассы и оценить долю ее целевых элементов в лекарственном сырье как по возрастным состояниям жизненного цикла растений, так и в течение различных сроков вегетации.

Накопление экистероидов в растениях. Известно, что содержание экистероидов в растительном сырье различается в 15-40 раз, причем причины этого не установлены. По разным данным, у *R. carthamoides* количество мажорного экистероида 20-гидроксиэкидизона в подземных органах (корни и корневища) варьирует от 0,05-0,08 до 0,51-0,81 и даже 1,16 % (79-83), в надземной биомассе (листьях вегетативных побегов) — от 0,03-0,08; 0,16-0,26-0,43; 0,7-0,9 до 1,2 % (66, 78, 82, 84). Сообщения о сверхвысоких количествах 20-гидроксиэкидизона могут быть следствием использования несовершенных методов анализа (цветные реакции и некоторые хроматографические методики в ранних публикациях). Например, сравнение результатов анализа образцов *Silene* (*S. italica* L., *S. disticha* W., *S. cretica* L.) и других видов из семейства *Caryophyllaceae*, выполненного хроматографией на стеклянных пластинках в сочетании со спектрофотометрией (ХСФ) и высокоэффективной жидкостной хроматографией (ВЭЖХ), показывает, что при первом методе показатели завышаются в 2-4 раза (85, 86). В свою очередь, сверхнизкие показатели могут быть обусловлены неоптимизированными технологиями возделывания (нарушение ростовых процессов под действием стрессовых факторов, почвенно-климатических условий, приемов культивирования и антропогенного воздействия на агроценоз). К примеру, чешские авторы при исследовании 22 индивидуальных растений *R. carthamoides* методом ВЭЖХ сообщают о ко-

лебаниях содержания 20-гидроксиэкдизона в подземных органах в пределах 0,087-0,35 % (87).

Система агротехнических приемов возделывания, основанная на учете биологических особенностей растений и почвенно-климатических условий выращивания, должна обеспечивать высокое содержание действующего вещества в лекарственном сырье. С экономической точки зрения для долгосрочного прогнозирования промышленного производства необходима оценка потенциального выхода целевых веществ (экдистероидов) как с единицы массы сырья, так и с возделываемой площади (88). Повышение количества экдистероидов в расчете на единицу площади посева является свидетельством оптимальных условий возделывания (при этом содержание экдистероидов в растениях возрастает до определенной генетически обусловленной величины, а прогноз продуктивности фитомассы остается стабильным); отрицательная динамика указывает на нарушение водно-воздушного режима почвы, неадекватности возраста растений срокам и частоте отчуждения биомассы и т.д.

Действие экдистероидов на развитие насекомых-фитофагов. Успешное введение в культуру экдистероидсодержащих видов в немалой мере зависит от их устойчивости к насекомым-фитофагам. Известно, что у членистоногих периодические линьки и метаморфозы приходятся на пики синтеза зооэкдистероидов (экдизонов) в проторакальных железах, контролируемого мозговыми нейропептидами. Идентичность фитоэкдистероидов гормону линьки членистоногих позволяет предполагать, что одна из биологических функций повышения содержания фитоэкдистероидов в отдельных органах растений (на 4-5 порядков относительно гемолимфы насекомых) состоит в защите от вредителей (26, 89).

При изучении гормонального и токсического действия фитоэкдистероидов на рост и развитие насекомых в лабораторных условиях получены неоднозначные результаты, а постановка экспериментов вызывает вопросы. Тестировали представителей небольшого числа видов, главным образом из отряда чешуекрылых (*Lepidoptera*); насекомым не предлагались альтернативные источники пищи, которые имеются у личинок в природной среде обитания; не использовались одновременно разные органы растений с различным содержанием экдистероидов; приемы воздействия (пропитка корма химически очищенными экдистероидами, погружение насекомых в водные и спиртовые экстракты, инъекции) не соответствовали естественному способу поступления фитоэкдистероидов в организм насекомых (89, 90). Кроме того, измельченные листья экдистероидсодержащих растений, соответствующие препараты и экстракты при повышенной влажности, в присутствии микрофлоры и под воздействием УФ-облучения неустойчивы и быстро инактивируются (91, 92). Этим может объясняться репеллентное (отпугивающее) действие фитоэкдистероидов *S. coronata* при очень высоких концентрациях (0,3-0,7 %) и биостимулирующее, или адаптогенное, влияние — при низких (улучшение роста и развития личинок, повышение выживаемости) (6, 89, 93).

Таким образом, описанные лабораторные тесты с насекомыми-вредителями не дают четких доказательств защитной роли экдистероидов в естественных условиях. В связи с этим необходимо определить резистентность агропопуляций к фитофагам в зависимости от возраста растений и содержания в них фитоэкдистероидов; установить связь между распределением экдистероидов в элементах растения и экологическими взаимоотношениями с фитофагами; выявить факторы, которые способствуют повышению устойчивости видов к вредителям или, наоборот, усиливают

поражаемость растений; оценить причиняемый ущерб.

Экологическая устойчивость эрдистероидсодержащих растений в ценозе. Известно, что реальный оптимум внешних условий для организма определяется в ценозе, причем отзывчивость на факторы, дестабилизирующие режим среды, видоспецифична (94). Более чем 20-летние наблюдения за *R. carthamoides* в разных ботанических садах АН СССР выявили низкую устойчивость растений: их жизненное состояние ослаблено, тип онтогенеза обычно ускоренный, реже замедленный, годичный цикл развития побеги проходят нерегулярно (56). Примерно 30-летний опыт интродукции *R. carthamoides* в Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН показал, что создание многолетней плантации затруднено (95). Критическими для развития растений являются первые годы жизни. Молодые растения неконкурентоспособны в межвидовых взаимоотношениях, гербицидов, разрешенных к применению на этих видах, нет, а многократные междурядные обработки и ручные прополки недостаточны для предупреждения изреживания посевов, в связи с чем вопрос поиска эффективных способов борьбы с сорными растениями очень актуален (55, 95).

Немалую роль в формировании устойчивости растений играют аллелопатические взаимодействия в ценозе. Показано, что неубранные растительные остатки в процессе разложения высвобождают фитотоксичные вещества, сдерживающие рост и развитие других видов (96, 97). Здесь уместно подчеркнуть, что средообразующая активность лекарственных растений, обусловленная выделением вторичных метаболитов, высока (98). Поэтому требуется дополнительно оценить физиологическую активность экстрактов и опада эрдистероидсодержащих растений в отношении других видов, а также определить допустимый уровень антропогенных воздействий, не приводящий к увеличению засоренности посевов и снижению продуктивного долголетия культивируемого вида в ценозе. Для этого, в свою очередь, необходимо знать жизненную стратегию и оптимум существования эрдистероидсодержащего вида в природе, а также способа его выживания в зависимости от экологических взаимоотношений с другими членами растительного сообщества.

Заключение

Вследствие возрастающей потребности в лекарственном сырье необходимы новые комплексные исследования по познанию процессов, лежащих в основе стабильного существования агроценозов *R. carthamoides* и *S. coronata*, их устойчивости и адаптации к воздействию среды и антропогенных нагрузок в условиях крупномасштабного производства, и, как следствие, оптимизация соответствующих технологий возделывания. Выполнение поставленной задачи возможно на основании фундаментального изучения, сохранения и использования генофонда этих уникальных растений.

Подводя итоги, определим содержание главных направлений в исследовании эрдистероидсодержащих растений в связи с их введением в культуру.

Онтогенез и продуктивное долголетие: изучение длительности и особенностей полного онтогенеза в условиях различных природных зон и почв; оценка факторов, влияющих на потенциал долголетия видов в агропопуляциях (сроки посева, водно-воздушный режим в корнеобитаемой зоне, сроки и частота отчуждения, засоренность, возраст); определение оптимальной плотности (густоты стояния) растений в ценозе.

Рост и развитие: изучение ростовых процессов, влияющих на развитие моно-, ди- и полициклических вегетативных побегов и формирование на их основе репродуктивных органов; исследование зависимости роста побегов от внешних условий (тип почвы, освещенность, температура и влажность).

Продуктивность: изучение видовых и биологических особенностей накопления биомассы в онтогенезе; исследование почвенно-экологических факторов, влияющих на величину фитомассы надземных и подземных органов; установление потенциала и реальной биопродуктивности агропопуляций в разных почвенных условиях.

Структура и качество биомассы: оценка вклада побегов разного типа в структуру биомассы; изучение динамики накопления и изменчивости состава экидстероидов в различных органах растений; выявление изменчивости у элементов с высоким содержанием экидстероидов по возрастным состояниям онтогенеза и сезонным фазам развития, а также установление их значимости как лекарственного сырья; определение оптимальных сроков заготовок и выхода разных элементов структуры биомассы в расчете на общую фитомассу и площадь агроценоза.

Экологическая устойчивость: оценка резистентности видов к повреждению насекомыми-фитофагами; выявление факторов повышения и снижения резистентности; исследование межвидовых аллелопатических взаимоотношений с сорными растениями; определение режимов хозяйственного использования, не снижающих экологическую устойчивость, целостность и замкнутость монокультурных эдификаторных агросистем, а также продуктивное долголетие культивируемых видов в онтогенезе.

Практическая реализация: теоретическое обоснование и разработка комплекса практических рекомендаций по созданию и промышленной эксплуатации видов лекарственных растений в различных природно-климатических условиях; создание эффективных эксплуатируемых агропопуляций в разных почвенно-климатических зонах России.

Мелкоделяночные опыты с *R. carthamoides* и *S. coronata* на коллекционных участках были одним из первых этапов интродукционных работ. В настоящее время возникла необходимость обеспечения устойчивости и стабильности агропопуляций экидстероидсодержащих растений, используемых в качестве ежегодно возобновляемых источников лекарственного сырья. Решение поставленных задач должно основываться на комплексном эколого-биохимическом подходе к оценке агросистемы как единой ценопопуляции, вступающей в межвидовые взаимодействия и аллелопатические взаимоотношения.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. P i s J., B u d e s i n s k y M., V o k a c K. e.a. Ecdysteroids from the roots of *Leuzea carthamoides*. *Phytochemistry*, 1994, 37(3): 707-713.
2. В о л о д и н В.В. Экидстероиды в интактных растениях и клеточных культурах. Автореф. докт. дис. М., 1999.
3. Б а л т а е в У.А. Фитоэкидстероиды — структура, источники и пути биосинтеза в растениях. *Биоорганическая химия*, 2000, 26(12): 892-925.
4. V o k a c K., B u d e s i n s k y M., H a r m a t h a J. Minor ecdysteroid components of *Leuzea carthamoides*. *Collect. Czech. Chem. Commun.*, 2002, 67(1): 124-139.
5. H a r m a t h a J., B u d e s i n s k y M., V o k a c K. Photochemical transformation of 20-hydroxyecdysone: production of monomeric and dimeric ecdysteroid analogues. *Steroids*, 2002, 67: 127-135.
6. К h o l o d o v a Yu.D. Phytoecdysteroids: biological effects, application in agriculture and complementary medicine. *Ukrainskii Biokhimicheskii Zhurnal*, 2001, 73: 21-29.

7. O d i n o k o v V.N, G a l y a u t d i n o v I.V., N e d o p e k i n D.V. e.a. Phytoecdysteroids from the juice of *Serratula coronata* L. (*Asteraceae*). *Insect Biochem. and Mol. Biol.*, 2002, 32(2): 161-165.
8. М а ш к о в с к и й М.Д. Лекарственные средства. М., 1993, т. 1.
9. И в а н о в с к и й А.А. Влияние Биоинфузина на некоторые показатели иммунитета. *Ветеринария*, 2000, 9: 43-46.
10. Т и м о ф е е в Н.П. Левзея сафлоровидная: Проблемы интродукции и перспективы использования в качестве биологически активных добавок. В сб. научн. тр.: Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. М., 2001, 5: 108-134.
11. З а й н у л л и н В.Г., М и ш у р о в В.П., П у н е г о в В.В. и др. Биологическая эффективность двух кормовых добавок, содержащих экидистероиды *Serratula coronata* L. *Растительные ресурсы*, 2003, 39(2): 95-103.
12. S a e z E., N e l s o n M.C., E s h e l m a n B. e.a. Identification of ligands and coligands for the ecdysone-regulated gene switch. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 2000, 97: 14512-14517.
13. W a n g S., A y e r S., S e g r a v e s W.A. e.a. Molecular determinants of differential ligand sensitivities of insect ecdysteroid receptors. *Mol. Cell. Biol.*, 2000, 20: 3870-3879.
14. L a f o n t R., D i n a n L. Practical uses for ecdysteroids in mammals including humans: an update. *J. of Insect Sci.*, 2003, 3(7): 1-30.
15. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Сем. *Asteraceae*. СПб, 1993, 7: 161-163.
16. Д а р м о г р а й В.Н., П е т р о в В.К., У х о в Ю.И. Теоретическое и клиническое обоснование концептуальной модели механизма действия фитоэкидстероидов. В Межрег. сб. науч. тр.: Биохимия на рубеже XXI века. Рязань, 2000: 489-492.
17. Ш а и н С.С., Т е р е х и н А.А. Растения против стрессов. М., 2002.
18. П ч е л е н к о Л.Д., М е т е л к и н а Л.Г., В о л о д и н а С.О. Адаптогенный эффект экидстероид содержащей фракции *Serratula coronata* L. *Химия растительного сырья*, 2002, 1: 69-80.
19. П л о т н и к о в М.Б., А л и е в О.И., В а с и л ь е в А.С. и др. Влияние экстракта левзеи сафлоровидной на реологические свойства крови у крыс с артериальной гипертензией. *Эксперимент. и клин. фармакол.*, 2001, 64(6): 45-47.
20. Я к о в л е в Г.М., Н о в и к о в В.С., Х а в и н с о н В.Х. Резистентность, стресс, регуляция. Л., 1990.
21. С е й ф у л л а Р.Д. Спортивная фармакология. М., 1999.
22. A l e x a n d e r G., P a n o s s i a n Ph.D. Adaptogens: Tonic herbs for fatigue and stress. *Alternative & Complementary Therap.*, 2003, 9(6): 327-331.
23. Л а ф о н Р. Фитоэкидстероиды и мировая флора: разнообразие, распространение, биосинтез и эволюция. *Физиол. раст.*, 1998, 3: 326-346.
24. D i n a n L., S a v c h e n k o T., W h i t i n g P. On the distribution of phytoecdysteroids in plants. *Cell. and Mol. Life Sci.*, 2001, 58(8): 1121-1132.
25. V o l o d i n V., C h a d i n I., W h i t i n g P. e.a. Screening plants of European North-East Russia for ecdysteroids. *Biochem. Systematics and Ecol.*, 2002, 30(6): 525-578.
26. Ч а д и н И.Ф., К о л е г о в а Н.А., В о л о д и н В.В. Распределение 20-гидроксиэкидзона в генеративных растениях *Serratula coronata* L. *Сиб. экол. журн.*, 2003, 1: 49-53.
27. Т и м о ф е е в Н.П. Исследования по экидстероидам: использование в медицине, Интернет-ресурсы, источники и биологическая активность. *Биомедицинская химия*, 2004, 50 (прил. 1): 133-152.
28. Ч а д и н И.Ф. Экидстероидсодержащие растения европейского Северо-Востока России. Автореф. канд. дис. Сыктывкар, 2001.
29. Z i b a r e v a L., V o l o d i n V., S a a t o v Z. e.a. Distribution of phytoecdysteroids in the *Caryophyllaceae*. *Phytochem.*, 2004, 64(2): 499-517.
30. Х а р и н а Т.Г. Эколого-биологические особенности серпухи венценосной в связи с интродукцией в Западной Сибири. Автореф. канд. дис. Новосибирск, 1990.
31. П о с т н и к о в Б.А. Маралий корень и основы введения его в культуру. Новосибирск, 1995.
32. Введение в культуру и сохранение на Севере коллекций полезных растений /Отв. ред. В.П. Мишуоров. Екатеринбург, 2001.
33. V a t h o r i M., K a l a s z H., C s i k k e l n e S.A. e.a. Components of *Serratula* species; screening for ecdysteroid and inorganic constituents of some *Serratula* plants. *Acta Pharm. Hung.*, 1999, 69(2): 72-76.
34. М о и с е е в К.А., С о к о л о в В.С., М и ш у р о в В.П. и др. Малораспространенные силосные растения. Л., 1979.
35. П о с т н и к о в Б.А. Видовой состав и ресурсные запасы стеринсодержащего сырья Сибири — нового компонента кормовых добавок, премиксов и лечебных препаратов. В сб. науч. тр.: Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и про-

- дукты. М., 2003, 9: 87-103.
36. Мишуров В.П., Волкова Г.А., Портнягина Н.В. Интродукция полезных растений в подзоне средней тайги Республики Коми (итоги работы Ботанического сада за 50 лет). СПб, 1999, 1.
 37. Положий А.В., Некратова Н.А. Рапонтник сафлоровидный — *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjin. В сб.: Биологические особенности растений, нуждающихся в охране. Новосибирск, 1986: 198-226.
 38. Opletal L., Sovova M., Dittlich M. e.a. Phytotherapeutic aspects of diseases of the circulatory system. 6. *Leuzea carthamoides* (Willd.) DC: The status of research and possible use of the taxon (Review). Ceska a Slovenska Farmacie, 1997, 46 (6): 247-255.
 39. Greuter W. The Euro+Med treatment of *Cynareae* (*Compositae*) — generic concepts and required new names (Notulae ad floram euro-mediterraneam pertinentes). Willdenowia, 2003, 33(3): 49-61.
 40. Белоусова Л.С., Денисова Л.В., Никитина С.В. Редкие растения СССР. М., 1979.
 41. Сорты кормовых культур селекции СибНИИ кормов и Ужурской СХОС (Кормовые травы, зерновые, зернобобовые культуры, рапс, левзея): каталог. Новосибирск, 1999.
 42. Постников Б.А. Итоги полувекового изучения и практического использования маральего корня в России и в сопредельных государствах. Аграрная Россия, 2001, 6: 5-20.
 43. Конон Н.Т., Кирцова М.В. Селекция левзеи сафлоровидной в Московской области. Мат. V Междунар. симп. «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». М., 2003, 3: 372-374.
 44. Gu S.Y.-G., Han Y.-Y., Woo J.-H. e.a. Effect of pinching and shaded treatments on flowering and growth in *Serratula coronata* var. *insularis*. RDA J. Hort. Sci., 1997, 39(2): 80-85.
 45. Guo D., Lou Z. Textual study of Chinese drug lou-lu. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi, 1992, 17(10): 579-581.
 46. Ганиев Ш.Г. Экдизонсодержащие растения родов *Serratula* L., *Rhaponticum* Ludw. Узбекистана и прилегающих районов. Автореф. канд. дис. Ташкент, 1980.
 47. Рапонтник сафлоровидный: перспективы изучения и хозяйственного использования. Научно-исследовательская программа. Сыктывкар, 1992.
 48. Вавилов П.П., Моисеев К.А. Новые силосные растения и их значение в создании кормовой базы животноводства. Мат. III Всесоюз. симпозиума «Новые силосные растения». Сыктывкар, 1966: 15-26.
 49. Мишуров В.П., Тимофеев Н.П. Актуальные задачи по созданию, культивированию и использованию сырьевой базы экдистероид содержащих растений. В сб.: Мат. IX Междунар. симп. по новым кормовым растениям. Сыктывкар, 1999: 121-123.
 50. Головки Т.К., Фролов Ю.М., Володин В.В. Эколого-биологические принципы изучения растений — продуцентов биологически активных веществ. В сб.: Мат. Междунар. совещания по фитоэкдистероидам. Сыктывкар, 1996: 65-67.
 51. Федоренко И.П., Иванова Р.Л. Левзея сафлоровидная: вопросы агротехники возделывания лекарственных культур. М., 1978, 2: 51-54.
 52. Мишуров В.П., Рубан Г.А., Скупченко Л.А. Результаты интродукции рапонтника сафлоровидного в подзону средней тайги Республики Коми. Экол. вест. Чувашской Республики, 2001, 23: 42-46.
 53. Подъяблонский С.М., Постников Б.А., Ломовский О.И. Влияние стероидсодержащих растений в рационах свиней на их продуктивность: скармливание препаратов левзеи и серпухи. Сиб. вест. с.-х. науки, 2004, 3: 53-55.
 54. Шуткин А.Т. Перспективные кормовые культуры на рекультивированных торфяниках. В сб.: Науч. тр. Кировской лугоболотной опытной станции. Киров, 1993: 86-92.
 55. Постников Б.А. Биотехнологические аспекты создания промышленных плантаций маральего корня. В сб.: Эколого-популяционный анализ кормовых растений естественной флоры, интродукция и использование. Сыктывкар, 1999: 156-157.
 56. Трулевич Н.В. Эколого-фитоценотические основы интродукции растений. М., 1991.
 57. Черник В.Ф. Биологические особенности развития семян травянистых интродуцентов. Автореф. канд. дис. М., 1983.
 58. Тимофеев Н.П. Устойчивость *Rhaponticum carthamoides* в агроценозе. Интродукция растений на Европейском Северо-Востоке (Тр. Коми науч. центра УрО Российской АН; № 150). Сыктывкар, 1997: 103-109.
 59. Редкие и исчезающие виды природной флоры СССР, культивируемые в ботанических садах и других интродукционных центрах страны. М., 1983.
 60. Холопцева Н.П., Михкиев А.И. Введение в культуру маральего корня в Ка-

- релии. Петрозаводск, 1993.
61. Мишуров В.П., Портнягина Н.В., Рубан Г.А. Интродукция серпухи венценосной на Севере. Интродукция растений на европейском Северо-Востоке (Тр. Коми НЦ УрО РАН, № 140). Сыктывкар, 1995: 91-100.
 62. Анищенко Е.А. Морфогенез *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjlin. Растительные ресурсы, 1977, 13(3): 485-491.
 63. Тихвинский С.Ф., Тютчалов Л.В. Перспективные кормовые культуры. Киров, 1989.
 64. Флоря В.Н. Биологические основы интродукции растений в ССР Молдова. Автореф. докт. дис. Кишинев, 1990.
 65. Головки Т.К., Гармаш Е.В., Куренкова С.В. и др. Рапонтик сафлоровидный в культуре на европейском Севере-Востоке (эколого-физиологические исследования). Сыктывкар, 1996.
 66. Куренкова С.В., Табаленкова Г.Н. Продуктивность и химический состав *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjlin, выращиваемого в Республике Коми. Растительные ресурсы, 2000, 36(2): 14-23.
 67. Синицина В.Г. Продуктивность рапонтикума сафлоровидного в некоторых фитоценозах хребта Алатау. В сб.: Актуальные вопросы ботаники в СССР. Алма-Ата, 1988: 301-302.
 68. Skiba A., Weigard Z. Accumulation of the biomass and some polyphenolic compounds in *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjlin. Horticulture Landscape Architecture, 1999, 20: 19-25.
 69. Игитова Н.С. Влияние сроков и норм посева на урожайность абсолютно сухой массы марального корня. В сб.: Приемы интенсификации кормопроизводства в Нечерноземье Урала. Пермь, 1989: 35-39.
 70. Савиновская Н.С. Биологические особенности развития и продуктивность серпухи венценосной и серпухи неколючей при интродукции. В сб. науч. тр.: Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. М., 2003, 7: 154-161.
 71. Тимофеев Н.П. Продуктивность промышленных плантаций лекарственных растений *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjlin и *Serratula coronata* L. на европейском Севере России. В сб. науч. тр.: Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. М., 2005, 12: 188-211.
 72. Некратова Н.А. Изучение ценокомплексов дикорастущих сырьевых растений как одна из задач ботанического ресурсоведения (на примере *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjlin). Растительные ресурсы, 1992, 28(2): 1-13.
 73. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР: маралий корень (левзея сафлоровидная, рапонтикум сафлоровидный, большеголовник сафлоровидный) — *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjlin/*Leuzea carthamoides* DC. М., 1986.
 74. Ларин Л.Г. Агрометеорологическое обоснование возделывания рапонтика сафлоровидного в Нечерноземной зоне РСФСР. Автореф. канд. дис. М., 1982.
 75. Платунов А.А., Килеева Т.Ф. Продуктивность интенсивных кормовых культур на легких почвах в зависимости от способов их обработки и заделки органических удобрений. В сб.: Совершенствование агротехники зерновых и кормовых культур. Пермь, 1988: 10-14.
 76. Ефименко Н.А., Давыдова Е., Казачек Н. Влияние сроков укоса на урожайность марального корня. В сб.: Интенсификация кормопроизводства на Северо-Западе РСФСР. Л., 1986: 46-49.
 77. Шаин С.С. Регуляция биопроductивности в онтогенезе культивируемых лекарственных растений. Автореф. докт. дис. М., 1991.
 78. Тимофеев Н.П., Володин В.В., Фролов Ю.М. Распределение 20-гидроксиэкдизона в структуре биомассы надземной части *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjlin. Растительные ресурсы, 1998, 34(3): 63-69.
 79. Маматханов А.У., Шамсутдинов М.-Р., Шакиров Т.Т. Выделение экдистерона из корней *Rhaponticum carthamoide*. Химия природных соединений, 1980, 5: 528-529.
 80. Орлова И.В., Носов А.М., Лукша В.Г. и др. Синтез экдистероидов в растениях, культурах клеток *Rhaponticum carthamoides* Willd. (Pjlin). Физиол. раст., 1994, 41(6): 907-912.
 81. Зарембо Е.В., Соколова Л.И., Горовой П.Г. Содержание экдистерона в дальневосточных видах родов *Stemmacantha* и *Serratula* (Asteraceae). Растительные ресурсы, 2001, 37(3): 59-64.
 82. Вересковский В.В., Чекалинская И.И., Пашина Г.В. Динамика содержания экдистерона у видов рода *Rhaponticum* Ludw. Растительные ресурсы, 1983, 19(1): 60-65.
 83. Нигматуллин А.Р., Нуриев И.Ф., Баширова Р.М. и др. Фитохимиче-

- ская оценка *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Ijii в горно-лесной зоне Южного Урала. Итоги биол. исслед. (ежегодник). Уфа, 2001, 6: 51-54.
84. Б о р е й ш а М.С., С е м е н о в Б.Я., Ч е к а л и н с к а я Н.И. Маралий корень (рапонтникум сафлоровидный). Минск, 1985.
 85. M e n g Y., W h i t i n g P., Z i b a g e v a L. e.a. Identification and quantitative analysis of the phytoecdysteroids in *Silene* species (*Caryophyllaceae*) by high-performance liquid chromatography. Novel ecdysteroids from *S. pseudotites*. J. Chromatogr. A, 2001, 935(1-2): 309-319.
 86. З и б а р е в а Л.Н. Фитоэктистероиды растений семейства *Caryophyllaceae*. Автореф. докт. дис. Новосибирск, 2003.
 87. Р е р с а к М., Ю г с а к С., О с л а с к а J. The content of 20-hydroxyecdysone in cultivated population of *Leuzea carthamoides*. Zahradnictvi, 1994, 21(1): 45-48.
 88. С а ц ы п е р о в а И.Ф., Р а б и н о в и ч А.М. Проект общесоюзной программы исследований по интродукции лекарственных растений. Растительные ресурсы, 1990, 26(4): 587-597.
 89. У ф и м ц е в К.Г., Ш и р ш о в а Т.И., Я к и м ч у к А.П. и др. Гормональное, токсическое и адаптогенное влияние эктистероидов *Serratula coronata* L. на личинок *Ephesia kuhniella* Zell. Растительные ресурсы, 2002, 38(2): 29-39.
 90. А х р е м А.А., К о в г а н к о В.В. Эктистероиды: химия и биологическая активность. Минск, 1989.
 91. Т и м о ф е е в Н.П., В о л о д и н В.В., Ф р о л о в Ю.М. Некоторые аспекты производства эктистероидсодержащего сырья из надземной части *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Ijii. В сб.: Мат. Междунар. совещания по фитоэктистероидам. Сыктывкар, 1996: 90.
 92. П у н е г о в В.В., М и ш у р о в В.П., Н и к и т и н а Е.Н. Способ получения эктистероидов растения рода *Serratula* α -эктизона, β -эктизона и инокостерона. Патент № 2138509, Россия, МКИЗ 6С07 J75/00, F61/78, 31/575. Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 97121539/14; заявл. 22.12.97; опубл. 27.09.99. Бюл. № 27.
 93. У ф и м ц е в К.Г., Ш и р ш о в а Т.И., В о л о д и н В.В. Действие эктистероидов *Serratula coronata* L. на развитие гусениц хлопковой совки. Растительные ресурсы, 2003, 39(4): 134-142.
 94. Ж у ч е н к о А.А. Экологическая генетика культурных растений: теория и практика. С.-х. биол., 1995, 3: 4-31.
 95. М и ш у р о в В.П., С к у п ч е н к о Л.А., Р у б а н Г.А. Новые крупнотравные кормовые растения в условиях Севера. В сб.: Эколого-популяционный анализ кормовых растений естественной флоры, интродукция и использование. Сыктывкар, 1990: 128-129.
 96. R i c e E.L. Allelopathy. N.Y.-L., 1984.
 97. М а т в е е в Н.М. Основные направления и достижения в развитии аллелопатии в СНГ после выхода в свет монографий Г. Грюммера и С.И. Чернобривенко. Усп. совр. биол., 1996, 116(1): 37-47.
 98. Ю р ч а к Л.Д., П о б и р ч е н к о Г.А. Методологические подходы исследования эфиромасличных и лекарственных растений. В сб.: Методологические проблемы аллелопатии. Киев, 1989: 37-45.

Научно-производственное предприятие КХ БИО,
165650 Архангельская обл., г. Корьяма, ул. Ленина, 47А-55,
e-mail: timfbio@atnet.ru

Поступила в редакцию
21 марта 2006 года

ACHIEVEMENTS AND PROBLEMS IN INVESTIGATION OF
BIOLOGY IN MEDICINAL HERBS OF *Rhaponticum carthamoides* (Willd.)
Ijii AND *Serratula coronata* L.
(review)

N.P. Timofeev

S u m m a r y

The author discusses the role, meaning and sphere of usage of phytoecdysteroids, considers their sources and the state of basic material, problems of cultivation of *Leuzea carthamoides* and *Serratula coronata*. The sum on previous stages of introduction was considered. The analysis of cultivation problems in connection with ecological stability of plants in cenosis was presented. The necessity of in-depth ontogenetic and biomorphological investigations by means of creation of large-scale and balanced ecologically of agropopulations.