



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

**НЕТРАДИЦИОННЫЕ
ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ,
ИННОВАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
И ПРОДУКТЫ**

14 **ВЫПУСК**

 **ИЗДАНИЕ**
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
2007

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

Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: Сборник научных трудов. Выпуск 14 – М.: РАЕН, 2007 – 304 с.

Под редакцией д.с.-х.н., акад. РАЕН Зеленкова В.Н.

ISBN 978-5-94515-047-8

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

Поиск и изучение природных сырьевых источников и методологические вопросы их стандартизации

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

Основные материалы статей представлены авторами –участниками 3-й и 4-й Российских научно-практических конференций «Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными природными ресурсами и создания функциональных продуктов» (6–7 июня 2005г, г. Москва и 4–5 июня 2007 г., г. Москва).

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

Спонсоры издания сборника:

ОАО Завод экологической техники и экопитания «ДИОД» (г. Москва)

ООО Концерн «Отечественные инновационные технологии»

(г. Жердевка Тамбовской обл.)

Информационный спонсор:

Центральная научная сельскохозяйственная библиотека РАСХН

(г. Москва)

ISBN 978-5-94515-047-8

© Отделение РАЕН «Физико-химическая биология и инновации», 2007

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАБАЗНИКА КАМЧАТСКОГО (<i>Fillipendula kamtschatica maxim.</i>) Амосов В.В., Зеленков В.Н., Лапин А.А., Марков М.В.....	156
ДИНАМИКА РОСТА, РАЗВИТИЯ И НАКОПЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЛАБАЗНИКЕ КАМЧАТСКОМ И ЛАБАЗНИКЕ ВЯЗОЛИСТНОМ Козаева Л.Т., Лапин А.А., Зеленков В.Н.....	160
ВЫЖИВАЕМОСТЬ ЛЕВЗЕИ САФЛОРОВИДНОЙ И СЕРПУЖИ ВЕНЦЕНОСНОЙ В ИСКУССТВЕННЫХ ПОСЕВАХ Тимофеев Н.П.	168
БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛОДОВ АКТИНИДИИ <i>ACTINIDIA LINDL</i> Колбасина З.И.	185
НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О СОДЕРЖАНИИ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПЛОДАХ БРУСНИЧНЫХ ЯГОДНИКОВ Смирнов И.Ю., Дебелова Д.Д.	199
ОЦЕНКА ВИДОВ ИРГИ ПО БИОХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ ПЛОДОВ Хромов Н.В.....	204
ОЦЕНКА ПЛОДОВ СОРТООБРАЗЦОВ ЖИМОЛОСТИ НА ПРИГОДНОСТЬ К ЗАМОРОЗКЕ Брыксин Д.М.	206
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ АНТИОКСИДАНТОВ В ОГУРЕЧНОМ СОКЕ Лапин А.А., Масловская Е.А., Мадамкин О.С., Борисов В.А., Зеленков В.Н.....	211
АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ТОМАТОВ Лапин А.А., Тенькова Н.Ф., Борисов В.А., Зеленков В.Н.....	220
АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ПЛОДОВ ТОМАТА ПОРАЖЕННЫХ РАСПРОСТРАНЕННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ Лапин А.А., Тенькова Н.Ф., Алимова О.И., Борисов В.А., Зеленков В.Н.	228
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ АНТИОКСИДАНТОВ В СВЕКОЛЬНОМ СОКЕ Лапин А.А., Быковский Ю.А., Давыдов Д.В., Зеленков В.Н.	235

ВЫЖИВАЕМОСТЬ ЛЕВЗЕИ САФЛОРОВИДНОЙ И СЕРПУХИ ВЕНЦЕНОСНОЙ В ИСКУССТВЕННЫХ ПОСЕВАХ

Тимофеев Н.П.

ЮХ БИО; г. Коряжма, Россия

Введение

Левзея сафлоровидная (синонимы: *Leuzea carthamoides*, рапунтикум, мараль корень, большеголовник альпийский) – *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin и серпуха венценосная – *Serratula coronata* L. являются важнейшими представителями экидистероид содержащих растений, используемых для получения химически изолированных фитоэкидистероидов в промышленных масштабах, в частности *ecdysterone* (*b-ecdysone*, *20-hydroxyecdysone*) и субстанций на их основе, а также различных фармпрепаратов и кормовых добавок из лекарственного сырья [1-3].

В практической медицине экидистероид содержащие составы используются для предупреждения болезней и поддержания иммунного статуса, адаптации и повышения работоспособности человека, в т.ч. в условиях лимитирующих факторов [4-6]. В современных наукоемких технологиях экидистероиды находят применение в качестве естественных и безопасных лигандов в молекулярных системах переключения генов (экидизон-индуцированные системы экспрессии генов), в разработке селективных и экологически чистых инсектицидов [7-9].

Дикорастущие популяции *R. carthamoides*, произрастающие в субальпийских лугах Алтае-Саянского горного комплекса, в результате нерегламентированных заготовок сильно истощены. Вид отнесен к категории редких, уязвимых и исчезающих, для его сохранения необходимо создать промышленные плантации [10–11]. Задача существенного расширения сырьевой базы экидистероидсодержащих растений не может быть решена без обновления ассортимента возделываемых культур. Интродукционными исследованиями выявлено, что среди них наиболее перспективна *S. coronata*, характеризующаяся высокой концентрацией фитоэкидистероидов в биомассе и значительной урожайностью [12–13].

Создание популяций экидистероидсодержащих растений, культивирование их сопряжено с проблемами, связанными с выживаемостью в ценозе [14–15]. До сих пор исследования этих культур на европейском Севере были ограничены условиями коллекционных питомников и экспериментальных полей [13, 16–18]. Поэтому выявление потенциала продуктивного долголетия и экологической устойчивости интродуцентов в условиях агропопуляций чрезвычайно важно для выработки научно обоснованных принципов их возделывания, адаптированных к воздействию среды и человека. Исходя из необходимости оптимизации культивирования *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjin и *Serratula coronata* L. на европейском Севере, в исследованиях ставилась задача:

1. Изучить особенности онтогенеза на основных почвах природной зоны.
2. Выявить факторы, влияющие на устойчивость видов в агропопуляциях.
3. Установить оптимальную плотность особей в ценозе.

Объекты и методы исследований

Природно-климатические условия. Район исследований расположен на юго-востоке Архангельской области, на географической широте 61°20' (г. Коряжма и Котласский р-н), в подзоне средней тайги Европейской таежной провинции. Район характеризуется умеренно-прохладным летом и умеренно-прохладной зимой. Продолжительность вегетационного периода составляет 165–186 дней, безморозного – 105 дней (77–139). Среднегодовые суммы температур выше 15° С равны 911° С (54–57 дней); 10° С – 1577° С (107–110 дней); 5° С – 1936° С (153 дня).

Средняя температура самого теплого месяца +17,4° С (июль), а самого холодного -14,3° С (январь). Абсолютные перепады температуры достигают от +35° С (в тени) до -51° С. Устойчивый снежный покров появляется 11–16 ноября и лежит до 17–19 апреля. Высота его 52–58 см (местами до 98 см). Температура на глубине узла кущения многолетних трав держится в пределах -1,5...-2,2° С; в отдельные периоды она снижается до -3,5...-4,0° С. Снег с полей исчезает во второй декаде апреля. Дата 29 апреля (переход температуры воздуха через +5° С) является началом вегетации многолетних сельскохозяйствен-

ных культур. Однако часто возвраты холодов с заморозками на поверхности почвы с интенсивностью до $-5...-7^{\circ}\text{C}$ и повторное выпадение снега тормозят рост и развитие растений до начала второй декады мая. Заморозки полностью прекращаются со второй декады июня и возобновляются с начала сентября. Завершение вегетации холодостойких растений наблюдается в начале октября, что совпадает с осенним переходом температуры через $+5^{\circ}\text{C}$.

Зональный коэффициент увлажнения (отношение количества осадков к испарению) близок к 1,5. За год выпадает 495–538 мм осадков, в т.ч. за теплый период 367–387 мм. Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см под озимыми культурами за теплый период держатся в пределах 37–44 мм, а в слое 0–50 см – 55–70 мм, что достаточно для жизнедеятельности большинства многолетних культур. Среднедекадная относительная влажность воздуха в дневное время составляет 62–74%, где наиболее низкие показатели приходятся на полуденное время – 54–57%. В отдельные засушливые периоды влажность может опускаться до 25–35% и ниже. Летом со стороны Атлантики и Баренцева моря вторгаются циклоны, вызывая похолодания и морозящие, а нередко и ливневые дожди [19].

Почвы. Зональным почвообразовательным процессом является подзолообразование в условиях промывного водного режима. В пониженных элементах рельефа, в зависимости от продолжительности и характера переувлажнения, формируются почвы различной степени оглеения. По более глубоким понижениям на водораздельных пространствах залегают торфяные почвы. В исследованиях при закладке агропопуляций задействован следующий перечень почвенных разновидностей природной зоны (табл. 1):

- а) суглинистые дерново-слабоподзолистые осушенные;
- б) супесчаные дерново-среднеподзолистые, подстилаемые средними суглинками;
- в) песчаные дерново-среднеподзолистые на водно-ледниковых песчаных отложениях;
- г) торфянисто-подзолистые поверхностно-глееватые осушенные, на двучленных отложениях, с примесью песка в верхнем и тяжелого суглинка – в нижнем горизонте.

Для снижения уровня почвенно-грунтовых вод участки (кроме песчаных), осушены системой водосборных каналов через каждые 40–45 м. По механическому составу в пахотном слое песчаных почв преобладают фракции крупного, среднего и мелкого песка, содержание глинистых частиц незначительное (4,8%). Этим определяется их высокая воздухо- и водопроницаемость, низкие сорбционные и буферные свойства. В структуре механического состава суглинков преобладает физическая глина (50,5%), по сравнению с предыдущей разновидностью содержание ее на порядок выше. Материнской породой служат

Таблица 1. Характеристика почвенного покрова сельскохозяйственных угодий, использованных для закладки агропопуляций *R. carthamoides* и *S. coronata*

Краткое наименование	Почвенные разновидности	Механический состав	Почво-образующая порода	Залегание по рельефу
Суглинок	дерново-слабоподзолистые поверхностно-глееватые осушенные	глинистый	водно-ледниковые суглинистые отложения	понижение на водораздельном пространстве
Супесь	дерново-среднеподзолистые поверхностно-слабоглееватые	супесчаный (песок: 0-22 см; супесь: 22-70-85 см; ср. суглинок 70-95 см)	двуучленные отложения	слабоволнистое водораздельное пространство
Песок	дерново-среднеподзолистые	песчаный	водно-ледниковые песчаные отложения	слабоволнистое водораздельное пространство
Торфяник	торфянисто-подзолистые поверхностно-глееватые осушенные	песок-торф: 0-26 см; песок: 26-70 см; т. суглинок: 75-100 см	двуучленные отложения	понижение на водораздельном пространстве

водно-ледниковые суглинистые отложения. Для всего профиля этих почв характерно плотное сложение, что определяет низкую водопроницаемость, переувлажнение в ранневесенний период, развитие процессов оглеения. Структура зернисто-комковато-мелкоглыбистая.

Супесчаные почвы сформировались на двуучленных отложениях, представлены в верхнем горизонте (0–28 см) песчаными частицами, содержание которых вниз по профилю уменьшается, а илистых увеличивается. С глубины 70–85 см преобладает среднесуглинистая фракция. Для верхней песчаной толщи характерно большая воздухо- и водопроницаемость, чем для нижерасположенных отложений. Из-за меньшей влагопроницаемости суглинистой толщи возможно кратковременное переувлажнение верхнего песчаного слоя, приводящее оглеению слабой степени.

Верхний горизонт торфянистых почв представляет органогенную неоднородную массу с примесью минеральной части нижележащего горизонта. Сформированы на слабодренированных бессточных участках с двуучленными отложениями, в условиях временного избыточного переувлажнения. Отличаются

высокой влагоемкостью и фильтрацией, но низкой водоподъемной способностью, приближающейся к песчаным.

На дату закладки популяций песчаные и супесчаные почвы по комплексу агрохимических показателей можно отнести к высокоокультуренным минеральным почвам (табл. 2). Показатели торфянистых почв близки к уровню хорошо окультуренных мелиоративных почв. Реакция среды на песках и супеси близка к нейтральной, на торфянике слабокислая. Гумуса содержится соответственно 1,5, 3,6 и 3,1%. На всех трех почвенных разновидностях высокий уровень насыщенности основаниями. По элементам питания на песках и супеси высокая обеспеченность фосфором, по калию – средняя на супеси и низкая на песках. На торфянике средний уровень содержания фосфора и калия. Суглинистые почвы характеризуются средней обменной ($pH_{\text{кд}}$ 4,8) и высокой гидролитической кислотностью, степень насыщенности основаниями ниже оптимальной. Содержание гумуса среднее (1,9%), калия – среднее, фосфора – ниже среднего.

Характеристика агропопуляций. В исследованиях задействованы 10 агропопуляций, в том числе 7 – *R. carthamoides* и 3 – *S. coronata*, каждая площадью от 0,6 до 2,8 га (табл. 3). Первая плантация *R. carthamoides* была заложена осенью 1989 года семенами, полученными из Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН, последующие – в 1994–95 гг. семенами местной репродукции. Популяции *S. coronata* заложены в 1994–96 гг. семенами местной репродукции, происхождение исходного материала из Ботанического сада Томского ГУ.

Предшествующими культурами на участках в течение трех-четырех лет были картофель, зерновые и однолетние на зеленый корм, силос и травяную муку. Предпосевная обработка почвы включала вспашку на глубину 22–25 см, дискование и двукратную культивацию с одновременным боронованием. Перед высевом семян участки, кроме суглинков, прикатывались гладкими катками. Посев проводился четырехрядной овощной сеялкой СОН–2,8, с междурядьями 70 см. Сроки посева: в девяти вариантах посев подзимний, в середине октября. В одном варианте с *R. carthamoides* (№ 4 на песчаных почвах) испытывался сверхранний весенний посев (14 апреля).

Нормы высева семян *R. carthamoides* варьировали по вариантам от 1,6 до 10,5 кг/га, при массе 1000 штук 12–14 г; *S. coronata* от 0,5 до 0,6 кг/га, при массе 1000 штук 3,9–4,1 г. Глубина заделки семян зависела от культуры, типа почв и колебалась в пределах 1–4 см. Минеральные удобрения вносились только в первые три года, в дозах от $N_{60}P_{60}K_{60}$ до $N_{90}P_{90}K_{90}$ (в зависимости от плодородия участков), за исключением варианта № 3, заложенного в 1989 году, где удобрения использовались в течение первых девяти лет. Базовые варианты (№№ 2, 4, 5, 6, 9, 10) в первые три года возделывания не подвергались отчуждению надземной биомассы, варианты № 1 и 8 на суглинке – во все годы жизни. В варианте

Таблица 2. Характеристика почвенных горизонтов агропопуляций
(на дату их закладки)

Показатели	Единица измерения	Почвенные разновидности				
		сугли-нистая	супес-чаная		песчаная	торфя-нистая
Горизонт	см	0-22	0-28	85-95	0-27	0-35 (55)
Фракции механического состава:						
¼ 1–0,25 мм	%	10,6	52,1	13,6	58,8	13,2
¼ 0,25–0,05 мм	%	20,8	29,6	34,6	30,5	76,2
¼ 0,05–0,01 мм	%	18,1	9,5	13,8	5,9	2,5
¼ <0,01 мм (физическая глина)	%	50,5	8,8	38,0	4,8	8,1
pH солевая*		4,8 (4,1)	6,5 (6,4)	5,0	6,9 (6,9)	6,0 (5,4)
pH гидролитическая	мг-экв	8,8	0,7	1,8	0,4	0,4
Сумма поглощенных оснований	мг-экв	18,4	12,4	10,4	5,4	16,4
¼ степень насыщенности	%	67,6	93,5	85,2	93,1	97,6
Органическое вещество	%	4,5	3,1	...	2,8	8,8
Гумус	%	1,9	3,6	...	1,5	3,1
P ₂ O ₅ подвижный	мг/100 гр	6,8	31,2	...	54,7	12,6
K ₂ O подвижный	мг/100 гр	10,8	9,6	...	5,0	13,1
Ca	мг-экв	14,6	6,4	...	8,1	5,0
Mg	мг-экв	4,3	1,0	...	1,4	0,9

Примечание: *данные в скобках – на 2003 год

№ 3 на супеси отчуждение ежегодное, № 7 на торфянике – начиная со 2-го года жизни.

Методика исследований. Подробное обследование популяций проводили в первый год жизни (ювенильном возрасте), 1998, 2000 и 2003 году. Методика исследований соответствовала «Проекту общесоюзной программы исследований по интродукции лекарственных растений» [20]. Изучение онтогенеза и его периодизацию проводили на основе работ Т.А. Работнова [21] Л.Б. Заугольной с соавторами [22]. Динамику растительности в агропопуляциях, ответную реакцию ценоза на антропогенные и природные факторы воздействия учиты-

вали на основе метода феноменологического мониторинга [23]. Возрастные состояния выявляли на основе изучения репродуктивных параметров популяции, биоморфологических особенностей строения структуры корневищ особей и т.д. Популяционные параметры устанавливали методом подсчета генеральной совокупности и с использованием учетных площадок. Учетные площадки закладывали по диагонали участка, в 6–9 точках, размером 56–84 м², охватывающих 8–12 соседних рядков длиной 10 м.

Учет динамики плотности, смертности изучаемых видов в онтогенезе вели в пересчете количества особей семенного происхождения на 1 га площади. Возрастное состояние особей в таблицах указано для доминирующей группы в структуре возрастного спектра, характеризующей биологический возраст агропопуляции. При ежегодных фенологических наблюдениях отмечали основные фазы развития растений: в цикле вегетативных фаз – отрастание и отмирание вегетативных побегов; в цикле репродуктивных – начало отрастания, бутонизации, цветения, плодоношения (для *S. coronata* дополнительно отмечали фазу стеблевания).

Влажность пахотного слоя и ее динамику определяли в течение 4 вегетационных периодов (2000–2003 гг.). Описание почвенных разновидностей и их горизонтов выполнено почвенно-геоботанической экспедицией сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (г. Москва), агрохимические характеристики исследовали в ФГУ ГЦАС «Кировский» (г. Киров). Математическую обработку экспериментальных данных проводили стандартными методами вариационной статистики.

Результаты и их обсуждение

Особенности развития в вегетационном периоде. В условиях европейского Северо-Востока прогревание почвы до 2° С на глубине узла кущения многолетних трав наступает примерно за месяц до полного стаивания снежного покрова (Научно-прикладной справочник, 1992). В ходе полевых обследований выявлено, что к началу момента вегетации почки возобновления *R. carthamoides* увеличиваются в размерах 1,5–2,0 раза, еще находясь под снежным покровом. Начало массового отрастания, в зависимости от климатических особенностей сезона, наблюдается в сроки между 17 апреля и 8 мая. У *S. coronata* вегетация начинается поздно – 10–23 мая, вслед за большинством многолетних трав (табл. 4). В целом начало отрастания и зацветания *S. coronata* происходит на две-три недели позже *R. carthamoides*, а завершение вегетации на 1,0–1,5 месяца раньше, после первых осенних заморозков.

У *R. carthamoides* в разные годы и на разных почвах до 85% генеративных побегов в календарные сроки 18–25 июня находятся в фазе цветения. В конце июня зацветают менее 1% побегов. Начало цветения *S. coronata* совпадает с завершением этой фазы у *R. carthamoides* (в середине июля), а длится она в два-

Таблица 3. Исходные параметры агропопуляций *R. carthamoides* и *S. coronata*

Характеристика участков			Технология посева семян				
варианты опыта	площадь, га	год заложения	всхожесть полевая, %	норма высева, кг/га	глубина заделки, см	схема размещения, см	сроки
<i>R. carthamoides</i>:							
1. Суглинок ¹	2,8	1995	55	3,0	1–2	70 x 6	подзимний
2. Супесь	0,6	1989	58	2,7	2–3	70 x 7	подзимний
3. Супесь ²	1,0	1995	66	2,2	2–3	70 x 10	подзимний
4. Песок ³	1,6	1995	48	10,5	3–4	70 x 2	весенний
5. Песок	1,1	1994	39	1,6	2–3	70 x 10	подзимний
6. Торфяник	2,0	1994	39	1,6	2–3	70 x 10	подзимний
7. Торфяник ⁴	0,7	1994	39	1,6	2–3	70 x 10	подзимний
<i>S. coronata</i>:							
8. Суглинок ¹	2,5	1995	70	0,5	1	70 x 10	подзимний
9. Песок	2,0	1996	74	0,6	2	70 x 10	подзимний
10. Торфяник	1,0	1994	63	0,6	2	70 x 10	подзимний

Примечания: базовый вариант – без отчуждения биомассы в первые 3 года возделывания;

¹ – без отчуждения во все годы возделывания;

² – отчуждение ежегодное;

³ – весенний посев (14.04);

⁴ – отчуждение со 2-го года возделывания.

три раза дольше – из-за ветвления и формирования боковых побегов, которые постепенно переходят из фазы бутонизации в фазу цветения. В холодное лето сроки зацветания *S. coronata* значительно отстают от средних многолетних дат, сдвигаясь со второй декады июля на начало августа.

Онтогенез. В природе жизненный цикл *R. carthamoides* продолжается 50 и более лет, средний относительный возраст особей равен 25–35 годам. В генеративном периоде отмечены растения в возрасте от 6–9 до 30–48 лет [11, 25]. При интродукции онтогенез сильно сокращен – в генеративный период особи вступают на 2–3-й, сенильный – на 4–5-й год жизни, завершение жизненного цикла у большинства особей наблюдается на 6–7-й год возделывания.

В отдельных случаях единичные особи могут цвести и плодоносить в возрасте 12–15 лет [11, 18, 26]. Онтогенез *S. coronata* является малоизученным, по данным Б.А. Постникова [27], в условиях Сибири возделывание растений в возрасте 5–7 лет не всегда целесообразно. По другим данным, в условиях Коми Республики 11-летние растения мало отличались по развитию от 4–6-летних [28].

В наших исследованиях по состоянию на 2003 год популяции экдистероид содержащих растений находились на 8–14-м году жизни (табл. 5). Ни одна из популяций не вступила в завершающую фазу развития жизненного цикла, лишь *R. carthamoides*, заложенный 14 лет назад, находился в субсенильном возрасте, сохраняя при этом способность к продуцированию полноценных семян с коэффициентом размножения, равным 5.1. Дополнительным обследованием популяции, не приведенной в настоящей работе, установлено, что онтогенез *S. coronata* не завершается и через 12 лет жизни, особи в этом возрасте мало отличались по развитию от 9-летних.

Отмечено, что особи семенного происхождения, имеющие одинаковый календарный возраст, характеризуются прежде всего высокой изменчивостью морфологических признаков и меньшим разбросом возрастных характеристик. Это отличает их от растений природных ценопопуляций, возрастной спектр которых сложен преимущественно особями вегетативного происхождения разного качества [25].

На темпы прохождения особями онтогенеза влияют гранулометрический состав почвы и сроки отчуждения фитомассы. На песчаных почвах происходит за-

Таблица 4. Прохождение фенофаз популяциями *R. carthamoides* и *S. coronata* (диапазон многолетних данных)

Культуры	Сроки вегетации растений, дней								
	3	16	34	48–56	72–77	87–96	116–142	159	192
Календарные даты	17,4–10,5	10–23,5	25,5–14,6	18–26,6	12–17,7	03–12,8	25,8–20,9	12–20,09	09,11
Фазы развития:									
<i>R. carthamoides</i>	отрас- тающие	бутони- зация	бутони- зация	цвете- ние	плодо- ношение	вегета- ция	вегета- ция	вегета- ция	отмира- ние
<i>S. coro- nata</i>	покой	отрас- тающие	стебле- вание	бутони- зация	цвете- ние	цвете- ние	плодо- ношение	отмира- ние	покой

медленное развитие растений – на 4-м году возделывания особи *R. carthamoides* (варианты 4,5) оставались в прегенеративном возрасте. Аналогичная закономерность присуща и популяции *S. coronata* (9). Выявленная тенденция развития сохраняется и в 9-летнем возрасте, при этом популяция *R. carthamoides* с весенним сроком посева (4) отстает в онтогенетическом развитии от подзимних сроков посева (5).

Более сильное тормозящее действие оказывает ежегодное отчуждение надземной биомассы – даже на 8-м году жизни абсолютное число особей на супеси (3) не вступило в генеративную фазу развития. При сдвиге начала отчуждения биомассы на 4-й год особи через пять лет находились в старом генеративном возрасте (2). На торфянистых почвах сроки прохождения онтогенеза были близки популяциям на песчаных почвах – на 4-м году особи вступили в молодой генеративный возраст, который к 9-м году жизни сменился на зрелый генеративный для *R. carthamoides* (6, 7) и старый генеративный для *S. coronata* (10). На суглинках (1, 8) наблюдается ускоренное развитие – вступление популяции в старое генеративное состояние наступает на два-три года раньше.

Динамика плотности. Специфичность реагирования вида к условиям произрастания можно оценить динамикой плотности, а также смертностью особей, отражающейся на плотности. Плотность особей в популяциях *R. carthamoides* в начале ювенильного возраста отражает норму высева и полевую всхожесть. В вариантах 1–3 (суглинистые и супесчаные почвы) она соответствовала оптимальным (70–100 тыс. шт/га по Б.А. Постникову) [11], и находилась в пределах 96–121 тыс. шт/га. В варианте с весенним сроком посева на песках (4) плотность была повышенной (410 тыс. шт), а в вариантах 5–7 (песчаные и торфянистые почвы) – пониженной (52–56 тыс. шт). Плотность *S. coronata* во всех вариантах (суглинистые, песчаные и торфянистые почвы) соответствовала оптимальной (92–108 тыс. шт).

По результатам 2-го обследования, проведенного 1998–2000 годах, наивысшая плотность *R. carthamoides* обнаружена на песчаных почвах (5), у растений 4-го года жизни (25,29 тыс. шт). На супесчаных почвах (2) плотность на 3-й год возделывания (1992 год) составляла 27,54 тыс. шт, снизившись к 9-му году до 23,89 тыс. шт. Близкие сопоставимые показатели (23–27 тыс. шт/га), полученные в разные годы и на разных почвах, характеризуют оптимальную величину плотности вида. Сниженные величины плотности зафиксированы на торфянистых (19,14 тыс. шт) и суглинистых почвах (2,79 тыс. шт). При весеннем сроке посева и ранних сроках отчуждения плотность оказалась в 2 раза меньше оптимальных. Для *S. coronata* наивысшая плотность характерна для торфянистых и супесчаных почв (30,50 и 22,86 тыс. шт). На суглинках и песках она оказалась соответственно в 3 и 4 раза ниже.

Подробное 3-е обследование агропопуляций выполнено в 2003 году. Отмечено дальнейшее развитие ранее выявленных тенденций. Наибольшая плот-

Таблица 5. Популяционная динамика плотности особей *R. carthamoides* и *S. coronata* в онтогенезе, тыс. шт/га

Варианты опыта	1-е обследование		2-е обследование			3-е обследование			Выживаемость, %	
	возраст	плотность	годы жизни	возраст	плотность	годы жизни	возраст	плотность	2-е обследование	3-е обследование
<i>R. carthamoides</i>:										
Календарный год	I год жизни		1998			2003			1998	2003
1. Суглинок ¹	j	121,0	III	g ₁	2,79	VIII	g ₂	0,92	2,3	0,8
2. Супесь	j	114,3	IX	g ₂	23,89	XIV	ss	14,81	20,9	13,0
3. Супесь ²	j	96,0	III	v	...	VIII	v	8,43	...	8,8
4. Песок ³	j	410,0	IV	v	12,31	IX	g ₁	5,79	3,0	1,4
5. Песок	j	52,0	IV	v	25,29	IX	g ₂	14,93	45,2	26,7
6. Торфяник	j	56,0	IV	g ₁	19,14	IX	g ₂	4,08	34,2	7,3
7. Торфяник ⁴	j	56,0	IV	g ₁	9,35	IX	g ₂	2,75	16,7	4,9
<i>S. coronata</i>:										
Календарный год	I год жизни		2000			2003			2000	2003
8. Суглинок ¹	j	95,0	V	g ₂	10,29	VIII	g ₂	7,68	10,8	8,1
9. Песок	j	108,3	IV	v	7,14	VII	g ₁	3,07	6,6	2,8
10. Торфяник	j	92,2	VI	g ₂	30,50	IX	g ₂	25,03	33,1	27,1

Примечание. Возрастное состояние: j – ювенильное возрастное состояние, v – виргинильное, g₁ – молодое генеративное, g₂ – взрослое генеративное, g₃ – старое генеративное, ss – субсенильное.

ность и выживаемость особей *R. carthamoides* была присуща агропопуляции на песчаных почвах (5) – 14,93 тыс. шт особей на 1 га (при 28,7% выживаемости). Близкая численность у растений на супеси (2) – 14,81 тыс. шт/га; выживаемость здесь на 9-й год возделывания составила 20,9%, а на 14-й год – 13,0%. На торфянике произошло сильное изреживание, плотность за пять лет снизилась примерно в 5 раз, пропорционально на участках как без укоса (6), так и с укосом (7), составив 4,08 и 2,75 тыс. шт (выживаемость 7,3 и 4,9%). Наименьшая выживаемость обнаружена на суглинистых почвах (1) – 0,8% в целом по популяции; при этом абсолютное число особей, расположенных далее чем на расстоянии 7–11 м от осушительных каналов, погибло.

Факторы экологической устойчивости. Устойчивость характеризуется стабильным постоянством членов сообщества в пределах определенного ценоза. Реальная среда обитания в почвенном пространстве неоднородна и интегральная реакция ценоза на воздействия разной природы проявляется в виде отклонений от средних для экологической ниши величин. Как следствие, в пределах горизонтальной структуры агропопуляции формируются микрогруппировки особей, представляющие собой элементы субпопуляций, или по другому, локусы с повышенной и низкой плотностью [22].

Рекомендованные нормы высева *R. carthamoides* составляют от 6–8 до 12 кг/га, *S. coronata* – 6 кг/га [11, 29], что предполагает гибель 80–90% особей. Исходя из наших наблюдений, факторы, вызывающие гибель особей, в пределах отклонения плотности по отдельным ячейкам ценозов изучаемых популяций можно группировать в следующие блоки (убывающем порядке): *R. carthamoides* – избыток влаги, сроки укоса, сроки посева, засоренность, дефицит влаги, возраст; *S. coronata* – дефицит влаги, избыток влаги (табл. 6).

Популяция *R. carthamoides* (5), основанная на песчаных почвах, обладает наилучшими средними величинами плотности по локусам (от 6,1 до 26,1 тыс. шт/га), наименьшим средним коэффициентом вариации (50,9%) и сопровождается при этом максимальной численностью в отдельных ячейках ценоза (37,1 тыс. шт/га). Отличительной характеристикой данной почвенной разновидности является высокая порозность и водопроницаемость. Влажность почвы в отдельные летние периоды снижается до 2,5–3,1%, приближаясь к влажности разрыва капилляров пахотного слоя (табл. 7). Тем не менее, особи *R. carthamoides* высокоустойчивы к дефициту влаги в корнеобитаемом слое.

Негативное действие засушливых условий проявляется лишь на растениях первого года жизни при весеннем сроке посева (4). Возможно, это является следствием меньшей продолжительности этапа стратификации в сравнении с подзимними сроками посева, ведущей к задержке общего развития и формирования корневой системы в частности. Для популяции *S. coronata* песчаные почвы (9) оказались наименее оптимальным вариантом даже при подзимнем посеве. Здесь плотность по локусам меняется от 0 до 10,7 тыс. шт/га, средняя изменчивость равна 98,4%.

Параметры популяция *R. carthamoides* на супеси (2) близки к показателям популяции на песках, несмотря на более старый возраст (14 лет). Фактором изреживания служит завершение жизненного цикла отдельных особей, проявляющийся в виде отмирания и некротизации ветвей корневищ, несущих на себе терминальные и боковые почки возобновления. Отмечено, что при ежегодном укосе (3) сильная изменчивость по локусам (от 42,2 до 303,0%) сопровождается массовым внедрением сорных растений в ценоз. Режим возделывания без от-

чуждения биомассы в первые годы (вариант 1) тормозит внедрение и закрепление сорных видов.

Популяции на суглинистых и торфянистых почвах страдают от избытка влаги в ранневесенний и позднеосенний период. На торфяниках высокая влажность обусловлена влагоудерживающей способностью повышенных количеств органического вещества (табл. 2). Однако легкий гранулометрический состав почвенной толщи позволяет постепенно отводить ее избыток за счет фильтрации. Первоначальная почвенная влажность в течение одного календарного месяца (с середины апреля до середины второй декады мая) снижается с 23,9–31,5 до 8,4–11,9%. Тем не менее, для такой раноотрастающей культуры, как *R. carthamoides*, присутствие избытка влаги в корнеобитаемом слое в начале фазы отрастания является негативным. И если при этом нижележащие горизонты почвы на микропонижениях участка не успевают пропускать избыток влаги от тающих снегов, то растения погибают из-за перенасыщения корнеобитаемого слоя влагой. В результате популяция изреживается, плотность ее по локусам на 9-й год жизни колеблется в пределах от 1 до 9 тыс. шт/га (максимальная равна 10 тыс. шт/га).

На суглинках длительное воздействие избытка влажности на популяцию *R. carthamoides* (1), составляющей во время отрастания и активной вегетации растений 24,3–28,1%, носит летальный характер. Локусы с уцелевшими особями занимают 1/8 часть от общей площади и расположены вдоль осушительных сетей на микровозвышенностях. Плотность среди выживших особей (0,8%) варьирует от 0,5 до 13,1 тыс. шт/га, максимальная численность достигает 32,9 тыс. шт/га.

Для поздноотрастающей культуры *S. coronata* высокая влажность почвы на торфяниках (10) в начале весны (до 31,5–36,2%) не сказывается отрицательно на выживаемости. Здесь наиболее высокие средние значения плотности по локусам – от 8,0 до 32,0 тыс. шт/га, максимальные значения достигают 64,3 тыс. шт. Сокращение численности вызвано дефицитом влаги в почвенном слое части ячеек сообщества. На суглинках популяция *S. coronata* является изреженной (численность 0,5–13,2 тыс. шт/га). Выпады характерны для микропонижений рельефа, но массовой гибели особей, как в случае с *R. carthamoides*, не наблюдалось.

Предполагаемые механизмы экологической устойчивости популяций. Исходя из полученных экспериментальных данных, можно предполагать, что существенную роль в развитии и разрушении процессов экологической устойчивости играет органическое вещество изучаемых видов. Режим возделывания без отчуждения, при котором происходит накопление растительного опада в почвенном пространстве, по всей видимости, может создать концентрацию аллелохемиков, тормозящее внедрение и закрепление чуждых видов и способствующее удлинению жизненного цикла особей культивируемых

Таблица 6. Экологическая устойчивость популяций *R. carthamoides* и *S. coronata*

Участки	Годы жизни	Возраст*	Численность по локусам, тыс. шт/га		Коэффициент вариации, С, %		Факторы смертности особей
			средние	пределы	средний	пределы	
R. carthamoides:							
1. Суглинок ¹	VIII	g ₃	0,3–18,4	0–32,9	81,9	46,0–133,8	избыток влажности
2. Супесь	XIV	ss	6,1–25,5	0–32,7	51,5	26,8–88,8	возраст
3. Супесь ²	VIII	v	2,6–19,1	0–30,0	118,5	42,2–303,0	засоренность, укос
4. Песок ³	IX	g ₁	0,2–14,7	0–21,4	98,0	68,8–157,5	сроки посева, засуха
5. Песок	IX	g ₂	6,1–26,1	1,4–37,1	50,9	22,8–86,6	засушливые условия
6. Торфяник	IX	g ₂	1,0–9,0	0–10,0	67,9	17,4–109,5	избыток влажности
7. Торфяник ⁴	IX	g ₂	0,3–9,1	0–12,9	134,3	73,0–182,1	сроки укоса, влажность
S. coronata:							
8. Суглинок ¹	VIII	g ₃	0,5–13,2	0,0–20,0	58,3	16,9–73,0	избыток влажности
9. Песок	VII	g ₁	0,0–10,7	0,0–15,7	98,4	73,9–119,5	засушливые условия
10. Торфяник	IX	g ₃	8,9–32,0	4,3–64,3	48,5	20,0–81,0	дефицит влажности

Примечание: *Возрастные состояния приведены аналогично табл. 5.

видов в ценозе. Функционирование таежных экосистем при переувлажнении связано с процессами глее- и подзолообразования, при активном участии анаэробной микрофлоры, трансформирующих инертные формы металлов и органического вещества растительного опада в химически активные формы токсикантов, нарушающих жизнедеятельность высших растений [30–31].

Индикаторами таких процессов служат увеличение обменной кислотности и узкое соотношение Са:Мg. На участке с суглинистой почвой, характеризующейся повышенной влажностью, за 8 лет значение кислотности изменилось с 4,8 до 4,1 (табл. 2). На торфянистых почвах, где высокая влажность в ранне-весеений и позднеосенний периоды, также наблюдается относительные уве-

личение кислотности (с 6,0 до 5,4), хотя абсолютные показатели не достигают критических значений. На песчаных и супесчаных почвах, характеризующихся оптимальным водно-воздушным режимом, кислотность осталась на прежнем уровне (6,9 и 6,4 соответственно). Значение соотношения Ca:Mg на суглинках значительно сужено и составляет 3,4, против 5,8–6,4 на супеси и 5,5 на торфяниках.

Таким образом, запускающим элементом детабилизационных процессов на участках с повышенной влажностью является снижение вертикальной фильтрации, усиление бокового и поверхностного стока, приводящее к аккумуляции влаги в микропонижениях. Для активизации почвенной микрофлоры важны биологически активные вещества органического вещества ценоза, и можно предполагать участие в них вторичных метаболитов растений рода *Rhaponticum* и *Serratula* – экистероидов.

Выводы

Многолетние исследования экистероид содержащих растений *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin и *Serratula coronata* L. в условиях агропопуляций европейского Севера позволяют делать выводы, что долголетие в онтогенезе и экологическая устойчивость видов в ценозе определяются следующими факторами:

1. В оптимальных условиях произрастания онтогенез *R. carthamoides* длится не менее 15 лет, а *S. coronata* – свыше 12 лет. Гранулометрический состав почвы, сроки посева и отчуждения надземной биомассы влияют на темпы прохождения онтогенеза, на популяционные параметры плотности и выживаемости особей. На песчаных почвах происходит замедленное развитие растений, на суглинистых – ускоренное. Отчуждение биомассы, начиная с первых лет жизни, приводит к задержке общего развития в онтогенезе, снижению экологической устойчивости.

2. Оптимальная величина плотности в ценозе, начиная с 3–4-го года жизни, составляет 23–27 тысяч особей на 1 га для *R. carthamoides* и 22–30 тысяч для *S. coronata*. Наилучшими являются подзимние сроки посева, с четырех-пятикратным запасом всхожих семян на единицу площади – 2–3 кг/га для *R. carthamoides* и 0,5–0,7 кг/га для *S. coronata*. При более высоких нормах высева в последующие годы происходит стабилизация численности.

3. Диапазон активной жизнедеятельности *R. carthamoides* ограничен температурой 2–3° С, *S. coronata* – 7–8° С. Факторы среды, вызывающие снижение численности особей в ценозе, по значимости можно группировать в следующие блоки (убывающем порядке): *R. carthamoides* – избыток влаги в корнеобитаемом слое почвы, сроки укоса, сроки посева, засоренность, дефицит влаги, возраст; *S. coronata* – дефицит влаги, избыток влаги.

4. Правильный выбор участка для закладки агропопуляции предопределяет дальнейшую ее судьбу. Для *R. carthamoides* необходимо выделять влагопроницаемые и хорошо аэрируемые в осенне-весенний период супесчаные, песчаные или осушенные торфяные почвы. На суглинках она выживает только на склонах, при крупнозернистом механическом составе нижних горизонтов или нарезке осушительных каналов через каждые 10–12 м. Нижняя граница влагообеспеченности, при которой возможна жизнедеятельность вида, близка к показателям наименьшей влагоемкости и разрыву капилляров пахотного слоя, составляя около 2,5–3,0% на песках и супеси от сухой массы почвы. При влажности до 24–27% важнейшим условием является отвод избытка влаги из корнеобитаемого слоя до начала вегетации растений. *S. coronata* предпочитает почвы с более высокой влажностью (от 17 до 36%), базирующиеся на мелком гранулометрическом составе отложений (торфянистые, суглинистые), но погибает на участках с застойным водным режимом.

6. Предполагается, что важную роль в развитии и разрушении процессов экологической устойчивости играет органическое вещество изучаемых видов, содержащих экдистероиды. Режим возделывания без отчуждения биомассы в первые годы тормозит вторжение сорных видов. При ежегодном укосе сильная изменчивость плотности по локусам сопровождается внедрением сорных растений в ценоз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машковский М.Д., Лекарственные средства (Часть 1), М., Медицина, 1993, 164–165.
2. Зайнуллин В.Г., Мишуров В.П., Пунегов В.В., Старобор Н.А., Башлыкова Л.А., Бабкина Н.Ю. Растительные ресурсы, 2003, 39: 2, 95–103.
3. Тимофеев Н.П., Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты (Сб. науч. трудов), М., РАЕН, 2003, 9, 64–86.
4. Сейфулла Р.Д., Спортивная фармакология, М., Спорт-Фарма Пресс, 1999, 120 с.
5. Пчеленко Л.Д., Метелкина Л.Г., Володина С.О., Химия растительного сырья, 2002, 1, 69–80.
6. R. Lafont, L. Dinan, Journal of Insect Science, 2003, 3: 7, 1–30.
7. E. Saez, M. C. Nelson, B. Eshelman, E. Banayo, A. Koder, G.. J. Cho, R. M. Evans, Proc. Natl. Acad. Sci. USA., 2000, 97, 14512–14517.
8. S. F. Wang, S. Ayer, W. A. Segraves, D. R. Williams, A. S. Raikhel, Mol. Cell. Biol., 2000, 20, 3870–3879.
9. I. Jepson, A. Martinez, A. J. Greenland, US Patent 6379945, 2002, April 30.
10. К. А. Соболевская, Интродукция растений в Сибири, Новосибирск, Наука, 1991, 184 с.

11. Постников Б.А., Маралий корень и основы введения его в культуру, Новосибирск, СО РАСХН, 1995, 276 с.
12. Ануфриева Э.Н., Володин В.В., Носов А.М., Гарсиа М., Р. Лафон, Физиология растений, 1998, 3, 382–389.
13. 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, Т. 1), СПб., Наука, 1999, 216 с.
14. Трулевич Н.В., Эколого-фитоценологические основы интродукции растений, М., Наука, 1991, 216 с.
15. Мишуров В.П., Тимофеев Н.П., Мат-лы IX Междунар. симп. по новым кормовым растениям, Сыктывкар, 1999, 121–123.
16. Моисеев К.А., Соколов В.С., Мишуров В.П., Александрова М.И., Коломийцева В.Ф., Малораспространенные силосные растения, Л., Колос, 1979, 328 с.
17. Холопцева Н.П., Михкиев А.И., Введение в культуру маральего корня в Карелии, Петрозаводск, Карельский НЦ РАН, 1993, 23 с.
18. Головки Т.К., Гармаш Е.В., Куренкова С.В., Табаленкова Г.Н., Фролов Ю.М., Рапонтик сафлоровидный в культуре на Европейском Севере-Востоке (эколого-физиологические исследования), Коми научный центр УрО РАН, Сыктывкар, 1996, 140 с.
19. Зайдельман Ф.Р., Естественное и антропогенное переувлажнение почв, СПб., Гидрометеиздат, 1992, 287 с.
20. Природно-климатический очерк Котласского района Архангельской области, М., ТСХА, 1994, 41 с.
21. Сащперова И.Ф., Рабинович А.М., Растительные ресурсы, 1990, 26: 4, 587–597.
22. Работнов Т.А., Фитоценология, М., МГУ, 1983, 296 с.
23. Заугольнова Л.Б., Жукова А.А., Комаров А.С., Смирнова О.В., Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии), М., Наука, 1988, 184 с.
24. Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В., Комаров А.С., Ханина П.Г., Успехи современной биологии, 1993, 4, 402–404.
25. Научно-прикладной справочник по агроклиматическим ресурсам СССР (Ежегодные данные, Архангельская область), Архангельск, Сев. тер. упр. по гидромет. и монит. окр. среды, 1992, 237 с.
26. Положий А.В., Некратова Н.А., Биологические особенности растений, нуждающихся в охране, Новосибирск, 1986, 198–226.
27. Анищенко Е.А., Растительные ресурсы, 1977, 23: 3, 485–491.
28. Постников Б.А., Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты (Сб. науч. трудов), М., РАЕН, 2003, 9, 87–103.
29. Савиновская Н.С., Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты (Сб. науч. трудов), М., РАЕН, 2003, 7, 154–161.

30. Мишуров В.П., Рубан Г.А., Скупченко Л.А., Мат-лы II Междунар. симп. по новым и нетрадиц. растениям и персп. их исп-я, Пущино, РАСХН, 1997, 5, 761–762.
31. Яшин И.М., Кауричев И.С., Известия ТСХА, 1996, 1, 79–98. Таблица 1. Содержание антиоксидантов в листьях амаранта разных сортов.