

Тимофеев Н.П. Биологические основы введения в культуру *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin в подзоне средней тайги европейского Северо-Востока России: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Сыктывкар, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2000. 27 с.

На правах рукописи

РГБ ОД

ТИМОФЕЕВ НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ - 5 МАЯ 2000

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВВЕДЕНИЯ
В КУЛЬТУРУ *RHAPONTICUM CARTHAMOIDES*
(WILLD.) ILJIN В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ
ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ**

03.00.05 – ботаника

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

Сыктывкар – 2000

Работа выполнена в отделе Ботанический сад Института биологии Коми НЦ
УрО Российской Академии Наук

Научный руководитель: заслуженный деятель науки Республики Коми,
доктор биологических наук В.П.Мишуров

Научный консультант: доктор биологических наук В.В.Володин

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор С.С. Шаин

доктор биологических наук, профессор В.М. Тарбаева

Ведущая организация: Коми Государственный педагогический институт

Защита диссертации состоится *Барнаул* 2000 г. в *14⁰⁰* часов на заседании
диссертационного Совета Д 200.48.01 при Институте биологии Коми НЦ УрО
РАН; по адресу: 167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Коми научного центра
Уральского отделения Российской Академии Наук по адресу: 167982, г. Сык-
тывкар, ул. Коммунистическая, 24.

Автореферат разослан *24 февраля* 2000 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук



А.Г.Кудяшева

17 214.39.летел - 39.0
19(21 31,5)21.0

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ. В настоящее время в медицине, ветеринарии и животноводстве большое внимание уделяется использованию природных адаптогенов, одним из которых является растение рапонтикум сафлоровидный (большоголовник, левзея сафлоровидная, маралий корень) – *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Pjin. Препараты его занесены в Государственный реестр лекарственных средств (1995). Надземная масса растения по фармакологической активности не уступает корневищам и может использоваться для снижения смертности молодняка, увеличения среднесуточного прироста и улучшения воспроизводительной функции различных сельскохозяйственных животных и птиц (Постников, 1969; Кочанов и др., 1994; Попов и Иванов, 1997). В настоящее время на предприятиях по производству препаратов рапонтикума в качестве сырья используются только подземные органы растений из дикорастущих популяций, площадь которых катастрофически сокращается (Постников, 1995; Некратова, 1998). Вид отнесен к категории редких, уязвимых и исчезающих (Соболевская, 1991), поэтому для его сохранения необходимо создать промышленные плантации.

Первые интродукционные работы по рапонтикуму в бывшем СССР были начаты в конце 20-х годов и активно проводились в 50-60-е годы во многих его регионах (Моисеев и др., 1963; Положий и Некратова, 1986). Однако, до настоящего времени эти исследования велись только в условиях коллекционных питомников и экспериментальных делянок. К сожалению, существующие проблемы выживаемости в ценозе (Жушке и Алешкина, 1955; Трулевич, 1991; Постников, 1999), получения качественных семян (Черник, 1983; Тихонова и др., 1997) не позволяют создавать крупные промышленные плантации этого ценного растения. Кроме того, рекомендации по его возделыванию принципиально не отличаются от агротехники других крупнотравных видов, непосредственно используемых на корм, травяную муку и силос (Моисеев и др., 1979). Очевидно, что для производства растительного сырья с высоким содержанием экдистероидов необходимо знание динамики их накопления в отдельных органах в онтогенезе растений, структуры биомассы, оптимальных сроков заготовки и выхода действующего вещества 20-гидроксиэкдизона (20E), что чрезвычайно важно для оптимизации доз кормовых добавок и создания высокоактивных фармпрепаратов на основе рапонтикума.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучить особенности онтогенеза рапонтикума сафлоровидного в условиях европейской среднетаежной провинции России, разработать научные основы создания агропопуляций, оптимизировать его культивирование для получения экдистероидсодержащих кормовых добавок и фармпрепаратов.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ. 1. Исследовать длительность жизненного цикла и выявить факторы, влияющие на устойчивость рапонтикума в агроценозе:

- режимы хозяйственного использования;
- аллелопатические взаимоотношения с сорными видами.

2. Оценить биологическую продуктивность агропопуляции, установить структуру и качество надземной биомассы.

3. Исследовать динамику содержания экидистероидов в различных органах растений в течение вегетационного периода. Определить оптимальные сроки заготовки лекарственного сырья, теоретический выход 20Е с единицы массы и площади.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. Изучены особенности онтогенеза рапонтикума сафлоровидного на супесчаных почвах в условиях европейской среднетаежной провинции России. Впервые установлено, что жизненный цикл растений в агропопуляции может длиться свыше 10 лет по сравнению 5-6 годами, описанными в литературе. Выявлены причины, вызывающие сокращение продолжительности большого жизненного цикла: а) неблагоприятный водно-воздушный режим микросреды обитания корневой системы; б) раннее вступление в генеративный период, обильное плодоношение; в) антропогенные воздействия в первые годы жизни (отчуждение надземной биомассы, рыхление междурядий); г) аллелопатические отношения с пыреем ползучим. Обнаружено, что опад рапонтикума обладает ценозорегуляторной активностью. Регулируя его накопление в подстилке, можно как ингибировать, так и стимулировать рост и развитие сорных видов.

Установлено, что потенциал продуктивного долголетия растений закладывается в виргинильном периоде и обеспечивается многолетним циклическим развитием побеговой системы розеточных побегов. Наивысшие показатели продуктивности приходятся на VI-VII годы существования агропопуляции и составляют 8.5 т/га по воздушно-сухой массе. Максимальное содержание 20Е обнаружено в молодых неразвернутых и полуразвернутых листьях вегетативных и апикальных частях генеративных побегов, не зависящее от фазы развития растений в вегетационном периоде. Выявлено, что оптимальным сроком заготовки лекарственного сырья является начало интенсивных ростовых процессов, теоретический выход 20Е составляет 2.6 кг из 1 т сухого сырья (или 3.8 кг с 1 га).

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ. Разработаны научные основы создания агропопуляций рапонтикума сафлоровидного и оптимизирована технология возделывания с высокой продуктивностью фитомассы. Созданы эксплуатируемые плантации общей площадью 11 га в ОАО «Котласский ЦБК». Рекомендованы сроки заготовки растительного сырья с высоким содержанием 20Е, приходящиеся на вторую декаду мая – первую декаду июня и совпадающие с фазой начала бутонизации. Внедрено использование надземной части растения в качестве лечебно-кормовой добавки на свиномкомплексе подсобного сельского хозяйства ОАО «Котласский ЦБК», на птицефабрике «Сольвычегодская» Архангельской области.

Основные выводы и положения диссертационной работы могут быть использованы при чтении курса лекций по лекарственному растениеводству, положены в основу создания новых высокоактивных фармпрепаратов.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, рекомендаций производству, списка литературы и приложений. Работа изложена на 128 страницах, иллюстрирована 9 рисунками и 16 таблицами. Список цитируемой литературы включает 188 наименований, в т.ч. 15 иностранных источников. В приложения включены 26 фотоиллюстраций, 3 таблицы, 18 рисунков.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ И ПУБЛИКАЦИИ. Результаты исследований представлялись на VIII и IX Международном симпозиуме по новым кормовым растениям “Эколого-популяционный анализ кормовых растений естественной флоры, интродукция и использование” (Сыктывкар, 1993; 1999); на III и IV Международной научно-производственной конференции “Селекция, экология, технологии возделывания и переработки нетрадиционных растений” (Симферополь, 1994; 1995); на I, II и III Международном симпозиуме “Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования” (Пушино, 1995; 1997; 1999); на Международном совещании по фитозкдистероидам (Сыктывкар, 1996); на Международной научно-практической конференции “Растительные ресурсы и биотехнология в агропромышленном комплексе” (Владикавказ, 1998). По материалам диссертации опубликовано 24 печатных работ.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю д.б.н. В.П.Мишурову и научному консультанту к.х.н. В.В.Володину, искреннюю благодарность сотрудникам отдела ботанический сад, других лабораторий Института биологии Коми НЦ УрО РАН за практическую помощь, консультации и поддержку в процессе работы; особую признательность членам своей семьи за проявленное понимание и терпимость.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1.

Анализ изученности предмета исследований

В главе приведен литературный обзор, касающийся морфологических особенностей, онтогенеза, сезонного ритма развития, способов размножения, экологии и фитоценологии, биологической продуктивности, структуры и качества фитомассы, биохимического состава рапонтикума сафлоровидного; приводятся сведения по интродукции, промышленному возделыванию и использованию; проведен анализ состояния проблем.

Глава 2.

Объект и методы исследований

Природно-климатические условия. Территория ОАО «Котласский ЦБК» расположена на юго-востоке Архангельской области (г. Корьяжма; географические координаты – 61° 20′ с.ш., 47° 00′ в.д.) и отнесена к среднетаежной зоне Европейской таежной провинции (Природно-сельскохозяйственное районирование, 1986). По почвенному районированию территория принадлежит к среднетаежной подзоне подзолистых почв Онего-Вычегодской почвенной провинции (Почвы Котласского ЦБК, 1994; Добровольский и др., 1998). Район характеризуется умеренно-прохладным летом и умеренно-прохладной зимой. Продолжительность вегетационного периода 165-186 дней, безморозного – 105 дней (77-139). Среднегодовые суммы температур выше 10 °С составляют 1577 °С. За год выпадает 495-538 мм осадков, в т. ч. за теплый период 367-387 мм. Отношение количества осадков к испарению близко к 1.5. Светлое время суток во время вегетации растений длится 16-20 часов (Природно-климатический очерк Котласского района, 1994).

Характеристика объекта. Для закладки агропопуляций использованы супесчаные дерново-среднеподзолистые высококультуренные почвы: реакция среды близка к нейтральной, гумуса 1.5 %, подвижного фосфора и калия содержится соответственно 25 и 10 мг на 100 г почвы. Посев подзимний с междурядьями 70 см, семенами, полученными из отдела Ботанический сад Института Биологии Коми НЦ УрО РАН. В исследованиях использовались растения рапонтикума сафлоровидного, выращиваемые на производственных плантациях площадью от 0.8 до 3.0 га. Участки представлены моноэдикаторными агроценозами с плотностью 24-27 тысяч особей на гектар. Изучение жизненного цикла длилось 10 лет (1989-1999 гг.). В экспериментах

моделировались факторы антропогенного воздействия: отчуждение надземной биомассы, междурядные обработки, а также подтопление участка талыми снеговыми водами. Органические удобрения вносили на 3,6 и 8 годы жизни растений (60-80 т/га); минеральные – ежегодно в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Методы исследований. Методика изучения соответствовала “Проекту общесоюзной программы исследований по интродукции лекарственных растений” (Сапрыгина и Рабинович, 1990). Описание возрастных состояний полного онтогенеза растений проводили на основе работ Работнова Т.А. (1983), Заугольной Л.Б. и др. (1988), Жуковой Л.А. (1995). При рассмотрении жизненного цикла побегов исходили из работ Смелова С.П. (1947), Серебряковой Т.И. (1971). Биоморфологические особенности корневищ приведены по Игнатьевой И.П. (1994). В структуре биомассы надземной части выделяли морфологически разнородные органы (Методические указания, 1985), в составе розеточных листьев различали разновозрастные фракции (Семенова-Тянь-Шанская, 1977). Содержание 20-гидроксизидизона определяли методом ВЭЖХ в лаборатории биоорганической химии Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Динамические показатели агропопуляции рассматривали, исходя из “Принципов и методов изучения ценологических популяций растений” (Злобин, 1989). Биометрические показатели подвергались статистической обработке (Плохинский, 1980; Доспехов, 1985).

Глава 3.

Особенности онтогенеза рапонтникума сафлоровидного в агропопуляции

До настоящего времени исследования по рапонтникуму на европейском Северо-Востоке велись на суглинистых (Моисеев и др., 1963, 1979; Головки и др., 1996) и осушенных торфяных почвах (Иевлев, 1983; Шуткин, 1993). Здесь он часто страдает от близости грунтовых вод и вымокания. При переувлажнении растения ослабевают и отстают в росте, наблюдается процесс загнивания корневой системы (Кушке и др., 1955; Аброськин, 1976). В природных ценокомплексах почвенные горизонты также суглинистые и с избыточной влажностью (Некратова, 1992; Постников, 1995), но сложены с обилием щебня и обломков горных пород, обеспечивающих высокую водопроницаемость, фильтрацию и аэрацию (Добровольский, 1998). На европейском Севере оптимальные условия аэрации корнеобитаемого слоя могли бы обеспечить супесчаные высококультурные почвы. До наших исследований интродукция вида на данном типе почвы не проводилась и особенности онтогенеза оставались неизвестными.

3.1. Латентный период. В оценке параметров семенной репродукции рапонтникума имеются многократные расхождения по урожайности и качеству

семян (Демина и Суслов, 1976; Монсеев и др., 1979; Черник, 1983; Иевлев, 1983; Постников, 1995; Тихонова и др., 1997). Нами выявлено, что разнокачественность семян объясняется фактами недоразвитости соцветий на генеративных побегах и вызвана: а) противоречием между вегетативным ростом и репродукцией на уровне особей; б) внутривидовыми взаимоотношениями с сорными растениями на уровне ценоза. Полная спелость семян достигается после трехнедельного срока развития завязей в соцветиях, когда отсутствуют признаки пожелтения и отмирания листьев в верхней трети стебля. Если соцветие засыхает раньше этого срока, то поступление питательных веществ к семенам прекращается и зародыши остаются недоразвитым на разных этапах формирования, налива и созревания.

Полностью созревшие семена фиолетово-коричневой окраски, 1000 шт имеют массу 16-17 г. Они характерны для соцветий диаметром 6-7 см. Доля выполненных семян в них составляет 96-97 %. Семена, прекратившие развитие в фазу молочно-восковой спелости, окрашены в буро-коричневый цвет, имеют среднюю массу 10-13 мг (доля выполненных 62-84 %). Они характерны для соцветий диаметром 4.5-5.5 см. Пустые и щуплые семена имеют серую и серо-бурую окраску, масса их равна 5-6 мг, выполненность 6-37 %. Они присутствуют в соцветиях диаметром 3.0-4.0 см.

3.2. Прегенеративный период длится три года: в I год жизни растения проходят возрастные состояния проростков и ювенильности, вступают в скрытый иматурный возраст. В зимнее время они находятся в вынужденном покое и продолжают развитие в иматурном возрасте непосредственно после схода снежного покрова, достигая взрослого вегетативного состояния к моменту завершения II вегетации, длящегося также и в течение III года жизни.

В процессе наблюдений за ростом и развитием особей рапонтикума выявлен ряд особенностей, ранее не описанных в интродукционных исследованиях. Для вида характерно постепенное проращивание семян из глубокого покоя в течение ряда лет: весной 1-го года появляются 85-88 % особей от общего их числа, на 2-й год 10-12 %, на 3-й год 2-3 %. Основная масса семян всходит в первой декаде мая, в течение двух недель. В состоянии *проростков* растения находятся 25-30 дней. Размеры семядольных листьев составляют: длина 15-17 мм, ширина 5-7 мм. Средняя масса листа в сухом виде равна 13.3 мг. Первый настоящий лист после появления из терминальной почки увеличивается в длину, находясь в неразвернутом состоянии, и при достижении 15-20 мм полностью разворачивается, приобретает темно-зеленую окраску. С появлением второго листа семядоли стареют, в сочленении их с семядольным узлом проявляется фиолетово-красная окраска. Главный корень темно-розовой окраски, длина его 4-5 см, диаметр 0.1 мм. Развитие первичной корневой сферы у проростков отстает от развития надземной, она образована ответвлениями главного корня диаметром в сотые доли миллиметра и расположена в верхнем слое почвы.

Ювенильные растения в своем развитии проходят две фазы. В начальной фазе в течение 30-40 дней формируется розеточный побег из 5-7 листьев, а затем в зоне гипокотыля формируются придаточные корни и почки. Возникает качественно новый подземный орган – стеблекорень, придаточные корни которого развиваются опережающими темпами по сравнению с системой главного корня. Критическим периодом в жизнедеятельности особей являются первые два месяца (с момента прорастания семян до формирования придаточных корней). Первичная корневая система в это время слаборазвита и образована боковыми ответвлениями главного корня диаметром 0.03-0.05 мм, расположенных в поверхностном слое почвы. Возможна массовая гибель молодых растений из-за неоптимального водно-воздушного режима микросреды обитания: как вследствие переувлажнения, так и пересыхания почвы. В наших исследованиях численность особей за 58 дней вегетации сократилась в 3.3 раза.

Вступление в скрытый *имматурный* возраст (в конце августа) характеризуется прекращением прироста надземного побега в длину и отмиранием апикальной части главного корня. Доля корневой системы в составе фитомассы возрастает с 19 до 43 %, что приводит к повышению устойчивости растений к летней засухе. Одновременно наблюдается активный рост пазушных почек, но развития их в боковые побеги на первом году жизни не происходит из-за короткого вегетационного периода. Фаза кушения начинается ранней весной следующего года и длится до конца вегетации.

Каждый розеточный лист вегетативного побега в своем развитии проходит пять фаз: а) выдвижение из почки за счет интеркалярного роста черешков с белесо опушенной, свернутой в трубочку листовой пластинкой; б) разворачивание листовой пластинки, приобретение светло-зеленой окраски, интенсивный рост; в) достижение зрелости с прекращением роста и приобретением темно-зеленой окраски; г) старение листовой пластинки с приобретением желто-зеленого оттенка, засыхание верхушечной части; д) побурение и отмирание листа с засыханием, скручиванием листовой пластинки к средней жилке и основанию черешков.

Ранней весной второго года зимующая терминальная почка укороченного побега трогается в рост и формирует вторичную розетку. Вслед за ней, через 7-10 дней, начинается разворачивание боковых побегов первого порядка, продолжающееся до конца вегетационного периода. Длительность жизни первых листьев на розеточных побегах кратковременна. К концу первого месяца вегетации третья часть от их общего числа отмирает, оставаясь в составе фитомассы в виде ветоши. С начала сентября отрастание новых листьев замедляется, а с приходом постоянных заморозков надземные побеги отмирают и все растительные остатки переходят в опад. Разновременное формирование листовых зачатков во взрослые органы от разных побегов приводит к накоплению в надземной фитомассе фракций молодых, старых и отмерших листьев, соотношение между которыми меняется с весны до осени.

За время второй вегетации растений образуется корневище. При этом базальная часть боковых побегов, которая осенью прошлого года в состоянии пазушных почек была втянута в почву, удлиняется до 0.5-1.0 см, одревесневает; по его периметру формируются придаточные корни. Перед уходом в зиму выявилось, что верхушечные почки на розеточных побегах у 40 % особей отмерли, т.е. явились дициклическими, а у 17 % особей заложилась репродуктивные органы.

Взрослые вегетативные растения в начале третьего года жизни характеризуются наличием 3-х порядковой системы побегов. На фоне онтогенеза особи идет индивидуальное развитие побегов разных поколений. В среднем на растениях 5.1 вегетативных побега, из которых 0.4 первого зародышевого; 2.7 второго и 2.0 третьего порядка ветвления. В зоне сближенных узлов каждого розеточного побега насчитывается 2-5 пазушных, а в зоне корневища 0-4 придаточных почек возобновления. Побег первого порядка (у 43 % особей) третий раз формируют вегетативную розетку. Цикл моноподиального нарастания осей может повторяться и на 4-5 сезон вегетации, пока побег не достигнет генеративного состояния, т.е. они являются полициклическими.

У 17 % особей сформированы зачаточные соцветия, однако дальнейшее развитие их в побег сильно подавлено. Основная часть генеративных побегов отмирает в начале отрастания, некоторые проходят фазу бутонизации и зацветают, но семян не завязывают. Лишь менее 0.1 % особей из агропопуляции способны продуцировать семена пониженного качества. Соцветия у них 3.5-4.0 см в диаметре, масса 1000 шт семян равна 10.1 г. Выход семян с 1 га составил 0.17 кг.

После отмирания генеративного побега остается его подземная базальная часть, включающая осевые побеги II порядка с пазушными почками. Один из наиболее развитых побегов (а при их отсутствии почка возобновления) становится побегом замещения, формируя составную ось – происходит симподиальное перевершинивание ветви корневища. Перевершиниванию не обязательно предшествует образование репродуктивных органов, а тем более цветение; репродуктивная фаза в цикле развития побега довольно часто (до 30 % случаев) может быть пропущена. В половине случаев отмечено отмирание боковых вегетативных побегов, сочетающееся с отмиранием генеративных.

Корневище размером 4,5 x 2,9 см в диаметре, горизонтальное по форме. Главный корень развит слабо, длина его 7-14 см. В зоне корневища залегают 1.8 (0-4) придаточных почек и 1.2 подземных побега удлиненно-шилообразной формы. Рост гипогейного побега продолжается 4-7 лет, после выхода его на поверхность почвы формируется надземный вегетативный побег, а базальная подземная часть становится ветвью корневища.

3.3. Генеративный период самый продолжительный в жизнедеятельности растений. В природных условиях длительность пребывания в нем составляет 25-40 лет (Положий и Некратова, 1986), а в культуре обычно длится 2-3 года (Флора, 1990; Головки и др., 1996). По обилию и мощности цветущих особей, качеству

семян, соотношению живых и отмерших органов в агропопуляции выделяются: молодой (IV-V годы жизни), зрелый (VI-VII годы) и старый (IX-X годы) генеративный возраст.

Молодые генеративные растения. Через 5-7 дней после начала весеннего отрастания (25-30 апреля) начинается видимый рост генеративных побегов. Развитие их до фазы цветения занимает 52-60 дней и приходится на двадцатые числа июня. Новые побеги в июле-сентябре не появляются. Встречаются особи, у которых генеративный побег на высоте 80-100 см разветвляется на 2-3 части; на каждой формируются, цветут и плодоносят соцветия уменьшенных размеров. Кроме того, наблюдаются случаи удлинения нижних междоузлий вегетативного побега, с образованием розетки на высоте 50-70 см. Соцветие в последних случаях отсутствует и нет признаков его закладки. Частота встречаемости таких мутантных особей составляет примерно 1:20000.

На 4-й год жизни 80 % особей имеют по одному генеративному побегу. Однако лишь каждый седьмой из них проходит полный цикл развития с плодоношением (рис. 1). У остальных побегов ингибируется рост междоузлий, происходящий на самых разных этапах развития, начиная с момента весеннего отрастания и кончая фазой бутонизации-цветения. Противоречие между вегетативным ростом и репродукцией проявляется тем сильнее, чем меньше на особи генеративных побегов.

Соцветие при этом остается недоразвитым, буреет и засыхает. В зависимости от степени его развитости находятся количественные и качественные показатели плодоношения, рассмотренные ранее в гл. 3.1. Нормально разви-

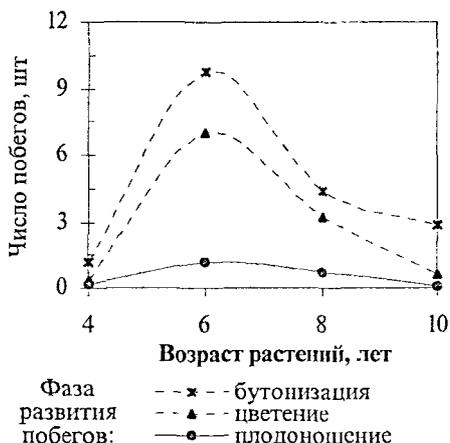


Рис. 1. Ингибирование развития генеративных побегов *Rh. carthamoides* в онтогенезе

тое соцветие имеет диаметр 4.5-5.5 см, плоды в нем формируются только в периферийной части.

На 5-й год жизни в пять раз возрастает число побегов, достигших фазы плодоношения, в среднем на одну особь их приходится 0.84. Выход семян уве- личивается с 8.0 до 30.3 кг/га.

В вегетативной сфере преобладают моноподиально нарастающие полициклические розеточные побеги, разветвленные на 2-3 порядка. Максимальное число листьев в них достигает 20-25 шт по сравнению с 9-12 у дициклических. В зоне укороченных междоузлий вегетативных побегов постоянно закладываются пазушные почки, из которых в последующий год развиваются розеточные побеги. В результате число почек и побегов на особи ежегодно удваивается. Сильноразвитая вегетативная сфера обуславливает высокие темпы годичного прироста ветвей корневища, достигающих 2.5 см против 0.6 см у виргинильных растений. Перемещаясь центробежно в пространстве от первоначального центра возникновения, необособленные ветви корневища рас- селяются в новые области обитания.

Зрелые генеративные растения характеризуются наибольшей развитостью побеговой и корневой системы, максимальными показателями семенной продуктивности, наилучшими параметрами качества семян (табл.1). Ритмы

Таблица 1

Морфометрические показатели возрастных состояний *Rh. carthamoides*

Показатели	Ед. изм.	Годы жизни									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Побеги, всего	шт	<i>im</i> *	<i>im</i>	<i>v</i>	<i>g</i> ₁		<i>g</i> ₂			<i>g</i> ₃	
Почки возобновления	шт	1.0	4.2	5.7	17.2	35.4	60.4	60.8	52.0	52.1	41.6
Вегетативный побег: <i>высота</i>	см	4.1	12.0	9.8	22.0	46.2	80.5	104.7	117.3	123.5	108.5
Генеративный побег: <i>высота</i>	см	21.1	64.0	58.3	75.0	89.8	98.7	119.1	116.0	100.5	91.0
Масса семян в соцветии:	г	-	-3	-42	90.3	114.0	127.4	143.1	142.8	132.1	120.7
Качество семян:				0.9	1.9	1.5	4.0	4.0	2.8	2.2	2.6
<i>масса 1000 шт.</i>	г	-	-	10.1	12.3	10.5	15.8	16.9	12.8	10.4	13.7
<i>выполненность</i>	%	-	-	82.0	93.9	77.9	94.2	97.6	90.1	72.5	90.5
Урожайность семян	кг/га	-	-	0.17	8.00	30.3	108.3	77.9	50.2	25.7	5.5
Диаметр корневища	см	(0.7)	2.3	3.2	7.4	12.5	18.2	23.0	25.1	26.2	32.7

**Возрастные состояния: im*- имматурное; *v*- виргинильное; *g*₁- молодое генеративное; *g*₂- зрелое генеративное; *g*₃- старое генеративное.

развития трех различных сфер разнесены во времени: опережающий рост вегетативных побегов происходит в начале отрастания, затем преимущество в развитии получают генеративные побеги, а в августе-ноябре интенсивно накапливается сухое вещество в подземных органах.

Состояние корневой системы в конце сезона вегетации зависит от степени развитости репродукционного процесса на предыдущих этапах. При отмирании генеративных побегов на ранних фазах развития на их месте остается небольшой рубец, а боковые побеги и почки сохраняются. Если же побег проходит полный цикл развития с плодоношением, вместе с ним отмирают и почки возобновления на прошлогодней части годового прироста, а иногда и боковые вегетативные побеги. На продольном срезе ветви корневища наблюдается отмирание внутренних тканей. В случае, когда на особи несколько плодоносящих побегов, а репродукция ежегодная, то растение сильно ослабляется вследствие ежегодной гибели большого количества почек возобновления; на нем нет мощных полициклических побегов, присутствуют только менее развитые дициклические. Корневище из-за отмирания его ветвей разрушается, а зона некротизации внутренних тканей распространяется и на главный корень.

В свете вышеизложенного становится понятной вторая из причин вырождения посевов рапунтикума в 4-5-летнем возрасте, ранее зафиксированного у большинства исследователей – когда ранняя закладка генеративных побегов (начиная со второго года жизни) сопровождается обильным ежегодным плодоношением. Доля биомассы, приходящаяся на репродукцию, достигает в этих случаях 46-58 % (Головки и др., 1996) против оптимальных 15-25 % (Harper, 1977). Чрезмерное противоречие между вегетативным ростом и репродукцией приводит к тому, что плодоношение превращается в альтернативу вегетативного роста, вызывая ускоренное завершение жизненного цикла особей.

Старые генеративные растения характеризуются началом дезинтеграционных процессов материнской особи на 9-10-й год жизни. Перемычка, соединяющая зоны молодых годовых приростов с первичным центром, еще не ликвидировалась, поэтому и партикуляция неполная. Главный корень и первичный центр корневища описываемым процессом мало затронуты, в основном это касается ветвей корневища, вступивших в фазу репродукции в молодом генеративном возрасте. Омертвление придаточных корней негативно сказывается на функционировании побеговой системы, приводя к недостаточному ее обеспечению элементами питания. Возрастает дифференциация особей по числу побегов. Общее число генеративных побегов у отдельных растений колеблется от 1 до 11, в т. ч. плодоносящих – от 0 до 8. На 9-й год полный цикл развития с плодоношением проходит 1 из 15 генеративных побегов, на 10-й год 1 из 33. Частота встречаемости особей с перерывом в плодоношении составляет около половины от генеральной совокупности.

3.4. Сенильный период. Растения природных ценозов вступают в него не ранее 30 лет жизнедеятельности (Положий и Некратова, 1986). В коллекционных питомниках наблюдается ускоренное прохождение онтогенеза и в сениль-

ный период особи переходят на 4-5-й год жизни (Постников, 1995). В наших опытах сенильный период у рапонтикума за 10 лет существования агропопуляции не наступил. Но было установлено, что особи в этот период могут вступить значительно раньше в результате антропогенных воздействий и аллелопатических взаимоотношений с сорными растениями (гл. 4).

Биологические особенности растений в этом возрасте заключаются в следующем:

1. В процессе отмирания симподиальные оси на ветвях корневищ полностью разрушаются. Остаются моноподиально нарастающие периферийные части с вегетативными побегами, не вступившими в репродуктивный период, а также немногочисленные подземные побеги.

2. На месте материнской особи возникают 3-7 дочерних, образующих клон. Новые особи продолжают онтогенез в соответствии с тем периодом развития, которого они достигли до момента распада материнской, и могут иметь в своем составе как одиночные побеги, так и систему побегов из не обособившихся партикул.

3. В большинстве случаев они весьма мало мощны и в последующие 3-4 года генеративные побеги у них не закладываются. Развитие генеративных, если они имеются, тормозится на начальных фазах развития.

4. Дальнейшее развитие дочерних особей идет аналогично жизненному циклу материнской, вегетативное размножение поддерживает численность популяции на достаточном для самосохранения уровне. Закладка генеративных побегов и образование семян требуют значительных энергетических затрат, что тормозит вегетативное размножение растения.

Глава 4.

Устойчивость рапонтикума сафлоровидного в агроценозе

Факторы ценогической устойчивости. Реальный оптимум организма определяется в ценозе (Работнов, 1983), при этом отзывчивость на факторы, дестабилизирующие режим среды, видоспецифична (Жученко, 1995). Критическим моментом в развитии особей рапонтикума являются первые годы жизни, вследствие восприимчивости их к засоренности. Многократные между-рядные обработки, ручные прополки не в состоянии предупредить выпадение особей из ценоза, так что вопрос поиска эффективных способов борьбы с сорными растениями весьма актуален (Кушке и др., 1955; Мишуров и др., 1990; Постников, 1999).

В ходе наших многолетних наблюдений установлено, что различные сорные растения имеют различную конкурентную способность с рапонтикумом сафлоровидным. В первый год возделывания в посевах появились однолетние, на второй-третий год многолетние виды. К четвертому-пятому году все они элиминировали, кроме пырея ползучего. Уже со второго года возделыва-

ния отмечено активное внедрение его в посевы и вытеснение основной культуры. На третий год в краевых участках ценоза пырей доминирует среди сорных видов с долей участия в биомассе 64.3 %, и в течение последующих лет завоевывает территориальные ниши агропопуляции в направлении от периферии к центру. На заселенных площадях он преимущественно размножается вегетативным путем, к шестому году становясь абсолютным доминантом. Рапонтикум в первые четыре года роста и развития не может конкурировать по накоплению надземной массы с пыреем. Наиболее критичны первые годы развития. Только с пятого года жизни показатели уравниваются, и в зрелом генеративном возрасте оба взаимодействующих вида находятся в относительном равновесии по величине продуктивности.

Ранее при исследовании онтогенеза нами было выявлено, что естественная норма обитания вида характеризуется непрерывным накоплением отмерших органов в составе надземной фитомассы, которые к началу следующей вегетации переходят в приземный слой подстилки. Известно также, что необрунные остатки растений в процессе разложения высвобождают фитоксичные вещества, сдерживающие рост и развитие других видов (Гродзинский, 1965; Rice, 1984). Средообразующая активность лекарственных растений высокая, и вызывается она вторичными метаболитами, обуславливающих их биологическую активность (Юрчак, 1989; Телитченко, 1990).

Чтобы выяснить значение средообразующего фактора в формировании защитных механизмов устойчивости рапонтикума, нами в первые пять лет жизни растений проведен модельный опыт по следующим вариантам:

1. Создание условий для ускоренного накопления растительного опада в подстилку в течение 1-2-го года возделывания. В эти сроки отчуждения продукции не проводили, зеленую массу убирали на 3-5-й год.

2. Искусственное разрушение накопленной отмершей фитомассы в начале 3-го года возделывания, в ходе весенних междурядных обработок. Других факторов воздействия, отличных от варианта 1, не применяли.

3. Надземную продукцию отчуждали, начиная со 2-го года жизни растений. На 4-5-й год растительная биомасса была оставлена нетронутой.

4. Подтопление пониженного края участка внешними водами на 3-5 дней во время снеготаяния (толщина слоя воды 15-20 см).

Результаты опыта показывают (табл. 2), что для проявления ингибирующего средообразующего воздействия важно создать условия для накопления и сезонной сохранности растительного опада рапонтикума, учесть влияние природных (осадки, затопления) и антропогенных факторов (разрушение растительной подстилки, степень отчуждения биомассы).

Наибольшая устойчивость рапонтикума выявлена в варианте 1, где в течение первых двух лет отсутствовали антропогенные воздействия (отчуждение надземной биомассы и междурядные обработки). Численность особей оставалась стабильной (27540 шт/га), и соответствовала физиологическому оптимуму плотности. Рассматриваемая ячейка фитоценоза практически свободна от пырея (7.1 %). Если же, при всех других равных условиях, в начале

Сопряженность агропопуляции *Rh. carthamoides* с пыреем ползучим в зависимости от факторов, дестабилизирующих режим фитосреды

Показатели	Наличие (+) и отсутствие (-) фактора по вариантам модельного опыта							
	1		2		3		4	
Факторы воздействия:								
Антропогенное воздействие	О*	Р	О	Р	О	Р	О	Р
... 1-й год	-	-	-	-	-	-	-	-
... 2-й год	-	-	-	-	+	-	+	-
... 3-й год	+	-	+	+	+	-	+	-
... 4-й год	+	-	+	-	-	-	-	-
... 5-й год	+	-	+	-	-	-	-	-
Подтопление участка	-		-		-		+	
Ценощические параметры:								
- плотность рапontiкума, %	100		70.5		25.6		0	
- заселенность пыреем, %	7.1		25.4		100		100	

Примечание: О – отчуждение продукции; Р – разрушение опада.

третьего года возделывания проводили однократное рыхление междурядий (вариант 2), то заселенность пыреем увеличивалась в 3.6 раза. Плотность рапontiкума падала до 70.5 %. Высокая степень неустойчивости вида к вторжению и закреплению пырея обнаружилась в варианте 3. Тут наблюдался сплошной захват территории обитания со стороны сорного вида и 4-х кратное снижение численности основной культуры. Единственное различие по сравнению с вариантом 1 здесь заключено в перенесении начала отчуждения урожая зеленой массы с третьего года жизни на второй. Хотя в дальнейшем фитомасса и не отчуждалась, это не могло остановить процесс закрепления пырея. В варианте 4 возделываемая культура исчезла из посевов, когда к антропогенному воздействию, испытываемому в предыдущем варианте, присоединился фактор непродолжительного подтопления.

Особенности межвидового взаимодействия с пыреем ползучим. Воздействие рапontiкума на пырей. Выявленная нами ценозрегуляторная активность растительного опада рапontiкума предполагает существование физиологического эффекта биологически активных веществ через посредство почвы (по другому, аллелопатического фактора). Непосредственная ценозная реакция пырея в агропопуляции носит либо положительный, либо отрицательный характер (рис. 2).

В “окнах” рапontiкума, представляющих свободные от возделываемой культуры ячейки площадью 3-5 м² в центральных частях популяции, и где отсутствует прямая конкуренция за свет, воду и элементы питания, зафиксиро-



Рис. 2. Динамика роста годичных побегов пырея среди посевов *Rh. carthamoides*.

ровано торможение роста и развития пырея. На краевых участках, в зоне стыка произрастания двух видов, наблюдается достоверное стимулирование роста побегов пырея. Эффекты ингибирования и стимулирования достоверны на уровнях значимости 5 %, 1 % и 0.1 %. По результатам дисперсионного анализа аллелопатический фактор является определяющим в межвидовых взаимоотношениях двух видов, степень влияния его колеблется от 70.4 до 95.3 % в зависимости от сроков вегетации.

Воздействие пырея на рапунтикум. Присутствие пырея отрицательно сказывается на росте и развитии побегов рапунтикума (рис. 3) – ингибирование достоверно на всех трех уровнях значимости (5 %, 1 % и 0,1 %). Уменьша-

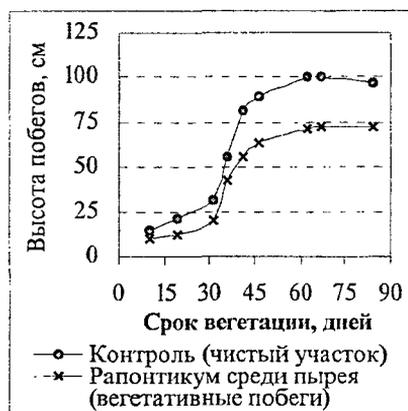


Рис. 3. Рост побегов *Rh. carthamoides* на участках, засоренных пыреем.

ется число побегов и листьев на рапонтикуме, они мельчают в размерах. Различие особей по величине фитомассы достигает 17 раз (табл.3). Наиболее силь-

Таблица 3

Характеристика особей *Rh. carthamoides* при совместном произрастании с пыреем ползучим (VI-VII годы жизни, в % относительно контроля)

Показатель	Доля участия пырея в надземной биомассе	
	средняя (40-55%)	доминирующая (90-97%)
Надземная фитомасса	20.5 – 73.2	5.8 – 17.6
Число побегов:		
- вегетативных	40.7 – 68.5	21.0 – 27.2
- генеративных	4.1 – 36.1	0 – 3.8
Число листьев на 1 побег:		
- розеточных	92.8 – 93.1	34.9 – 45.7
- стеблевых	104.8	77.9
Масса сухая 1 листа:		
- розеточного	76.5 – 90.0	56.7 – 63.6
- стеблевого	97.3	66.4

но присутствие пырея сказывается на развитии репродуктивных органов – плодоносящие соцветия насчитываются в единичных экземплярах, характерно формирование недоразвитых семян с массой 1000 шт 8-9 г. Плодоношение не обеспечивает простого оборота поколений – коэффициент размножения составляет 0.2-0.3 на средне- и 0.005 на сильно запыренных площадях.

У ослабленных растений рапонтикума теряется способность и к вегетативному размножению, наблюдается пропуск ряда возрастных состояний. Сенильный период наступает после виргинильного или молодого генеративного состояния. Число особей на единице площади ежегодно уменьшается в результате гибели от истощения и отравления выделениями пырея. Агропуляция в течение нескольких лет может прекратить свое существование.

Таким образом, достижение ценотической устойчивости рапонтикума сафлоровидного зависит от режимов хозяйственной деятельности человека. Перед закладкой плантации требуется тщательно изучить историю земельного участка, исключив возможность его подтопления и засорения пыреем ползучим. Растительная ветошь и опад рапонтикума обладают ценозорегуляторной активностью. Для ингибирования развития пырея необходим 2-3-х годичный срок накопления надземной продукции в подстилке. Антропогенное разрушение накопленной отмершей фитомассы в ходе агротехнических приемов обработки почвы приводит к снижению ингибирующего эффекта, обусловленного разлагающимися растительными остатками рапонтикума.

Глава 5.

Биологическая продуктивность рапонтикума сафлоровидного и распределение 20-гидроксикэдиона в структуре надземной биомассы

Для производства растительного сырья как источника экистероидов необходимо знание динамики их содержания в отдельных органах растений в онтогенезе, установление структуры и массовой доли отдельных элементов надземной биомассы, определение оптимальных сроков заготовки лекарственного сырья. С экономической точки зрения для долгосрочного прогнозирования промышленного производства необходима оценка потенциального выхода 20Е как с единицы массы сырья, так и с единицы возделываемой площади (Сацыперова и Рабинович, 1990).

5.1. Биологическая продуктивность. *Величина фитомассы в онтогенезе.*

В лекарственном растениеводстве максимальный уровень урожайности должен сочетаться с высоким содержанием биологически активных веществ в сырье (Шаин, 1991). По нашим данным, продуктивность особей в первые три года развития незначительна и не может представлять производственного интереса с целью отчуждения биомассы. Она нежелательна также и по той причине, что неотчужденная биомасса переходит в подстилку и создает в почве фитосреду, тормозящую вторжение сорных видов в агроценоз.

В агропопуляции продуктивность на единицу площади зависит от плотности и средней массы одной особи. Изначально, после всходов, плотность в ценозе составляла 114290 особей/га. К середине ювенильного возраста она снизилась до 34500, а к началу третьей вегетации – до 27540. С четвертого года жизни произошла стабилизация численности и на девятый год плотность оказалась равной 23890. Навысший годичный прирост фитомассы происходит в начале генеративного возраста: 3500-4000 кг/га в надземной (2300-3100 кг/га в подземной) сфере (рис. 4).

В зрелом генеративном возрасте прироста уже нет, а в старом генеративном он принимает отрицательную величину, равной 1600-1800 кг/га. Таким образом, максимальные величины продуктивности надземной биомассы рапонтикума приходится на VI-VII годы жизни и составляют около 8.5 т/га. Максимальный уровень органического вещества в корневищах накапливается к VII-VIII году жизни и также близок к цифре 8.5 т/га.

Накопление биомассы в течение вегетационного периода. Как было показано в главе 3 по онтогенезу, формирование вегетативных побегов характеризуется процессами разветвления, взросления и отмирания листовых органов. Кривая, характеризующая накопление относительной массовой доли молодых и взрослых листьев, противоположна динамике накопления всей надземной биомассы.

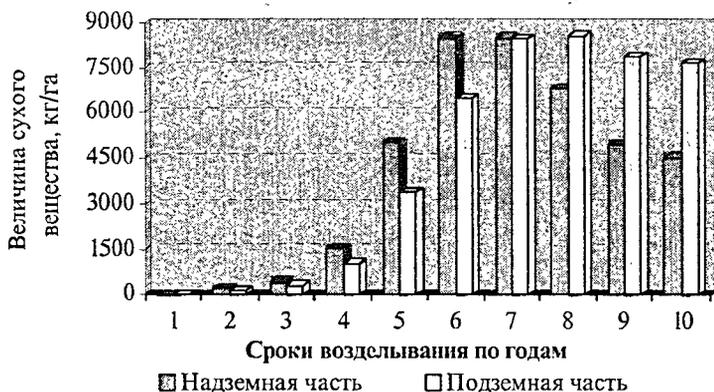


Рис. 4. Продуктивность агропопуляции *Rh. carthamoides* в онтогенезе.

Прирост сухого вещества в поздние фазы развития обусловлен фракцией ветоши, состоящей из старых и отмерших розеточных листьев (на 72-й день массовая доля их равна 66.3 %). Наибольшие величины накопления сухого вещества в надземной массе совпадают с достижением максимальной высоты побегов и приходятся на 57-72 дни вегетации. Поэтому для определения оптимальных сроков заготовки сырья большое значение имеет изучение динамики роста побегов в ранние фазы вегетации.

В изучаемых условиях рапантикум ведет себя как быстрорастущая культура (рис. 5). Лишь в первые дни вегетации темпы роста побегов замедлен-

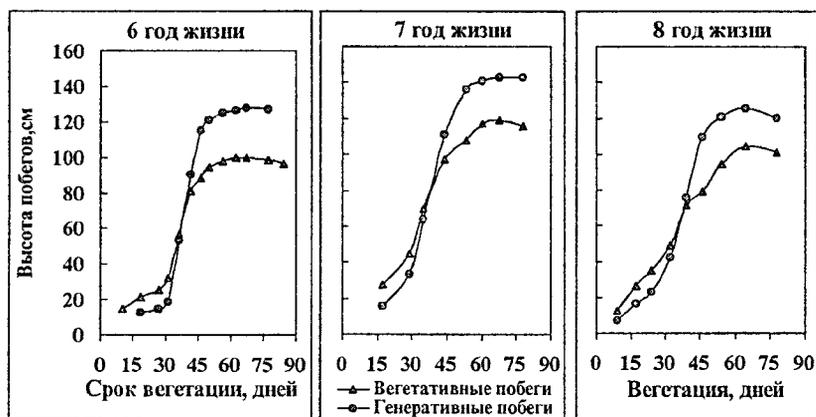


Рис. 5. Динамика роста побегов *Rh. carthamoides* в зрелом генеративном возрасте.

ные. Наиболее значимые сроки, когда зафиксировано начало интенсивного роста побегов в длину, совпадает с началом фазы бутонизации и приходится на 30-й день вегетации. В это время среднесуточный прирост вегетативных побегов 6-го года жизни резко возрастает с 0.5-1.7 до 4.9 см. На 37-41-й день вегетации прирост достигает 5.1 см/сутки. С началом фазы цветения темпы роста уменьшаются и к 70-му дню приостанавливаются. Такая же тенденция роста характерна и для генеративных побегов.

Следует отметить, что в начале отрастания наблюдается опережающий рост вегетативных побегов по сравнению с генеративными. Скорости роста побегов уравниваются примерно с 35-го по 38-й день вегетации. В дальнейшем, на фоне замедления прироста розеточных листьев, происходит стремительное удлинение цветоносов. Во второй половине вегетации замедление роста более выражено у вегетативных побегов, чем у генеративных, что связано, по всей видимости, с перераспределением ассимилятов между побегами обоих типов. Полученные закономерности позволили нам исследовать структуру сырья и содержание 20Е в отдельных его элементах в наиболее значимые сроки вегетации растений – в начале интенсивных ростовых процессов и их замедления, совпадающих с началом фаз бутонизации и плодоношения.

5.2. Структура, элементы и качество надземной биомассы. Структура надземной части растений в первые два года жизни представлена только розеточными листьями вегетативных побегов. Массовая доля генеративных побегов для 6-летних растений составляет 36 % на 30-й день вегетации. Так как часть из них в процессе развития отмирает, то ко времени массового цветения доля снижается до 24 %. В старом генеративном возрасте она insignificantly отличается от предыдущих лет (27 % на 9-й год).

Таблица 5

Соотношение масс вегетативных и генеративных органов *Rh. carthamoides* в условиях агроценоза (%)

Тип побега	Год культивирования (период вегетации, суток)					
	I-II (60)	III (60)	IV (30)	VI (30)	VII (77)	IX (65)
Генеративный	0	5	16	36	24	27
Вегетативный	100	95	84	64	76	73

Распределение 20-гидроксиквизона в надземной биомассе. Генеративные побеги. Наибольшее количество 20Е содержится в бутонах и цветочных корзинках – 0.40 % и остается постоянным, независимо от срока заготовки растительного сырья (табл. 6). Достаточно высокое содержание 20Е наблюдается в стеблевых листьях в период интенсивного роста (0.28 %), однако к фазе плодоношения оно резко падает (0.02 %). Аналогичная тенденция харак-

Структура и качество генеративных побегов *Rh. carthamoides*
на VI год жизни, в расчете на 1 т сырья

Составляющие структуры сырья	Срок вегетации растений					
	30 дней			77 дней		
	массовая доля, % с.в.	20Е, %	выход 20Е, г	массовая доля, % с.в.	20Е, %	выход 20Е, г
Цветочос:	29.5	0.21	227	79.6	0.048	92
... стебель	78.0	0.16	133	90.0	0.009	15
... соцветие	22.0	0.40	94	10.0	0.400	77
- в т.ч. семена	-	-	-	6.0	0.570	52
Листья стеблевые:	70.5	0.28	709	20.4	0.023	11
... верхние молодые	53.0	0.28	376	-	-	-
... средние взрослые	13.0	0.28	92	8.0	0.030	1
... нижние старые	34.0	0.28	241	92.0	0.022	10
Всего	100.0	0.26	936	100.0	0.043	103

терна и для содержания 20Е в стеблях. Самое высокое содержание 20Е оказалось в семенах - 0.57 %.

Вегетативные побеги. Появление очередных молодых листьев, развитие их происходит в течение всего срока вегетации и не приурочено к определенным фенофазам. В неразвернутых листьях обнаружена наибольшая концентрация 20Е, не зависящая от фазы развития растений в вегетационном периоде; соответственно 0.43 и 0.38 % на 30-й и 77-й дни вегетации (табл. 7). У полуразвернутых листьев содержание 20Е снижается незначительно, хотя при этом масса листьев данного возраста увеличивается соответственно в 3.5 и 8.0 раз в сравнении с неразвернутыми. Во взрослых листьях содержание 20Е намного меньше, чем у молодых (0.28 и 0.19 %). В старых листьях содержание 20Е еще ниже, а в отмерших незначительно.

5.3. Теоретический выход 20-гидроксиэкдизона из надземной биомассы.

Выход с единицы воздушно-сухого сырья. Зная массовую долю различных частей растений в структуре сырья в разные сроки вегетации, мы смогли определить, какие элементы являются перспективными по содержанию в них экдистероидов.

Генеративные побеги. Из 1 т лекарственного сырья, собираемого в период начала интенсивного роста, теоретически можно получить 936 г 20Е из

Таблица 7

Структура и качество вегетативных побегов *Rh. carthamoides*
на VI год жизни, в расчете на 1 т сырья

Возрастной состав листьев	Параметры					
	Размеры листьев, см		Масса 1 листа, г	Массовая доля, %	20Е, %	Выход 20Е, г
	длина	ширина				
Молодые неразвернутые	<u>3 – 23*</u>	<u>0.3 – 1.0</u>	<u>0.10</u>	<u>9.1</u>	<u>0.43</u>	<u>250</u>
	3 – 26	0.3 – 1.0	0.07	0.9	0.38	26
Молодые полуразвернутые	<u>14 – 28</u>	<u>1 – 2</u>	<u>0.35</u>	<u>13.5</u>	<u>0.35</u>	<u>302</u>
	18 – 68	1.5 – 8.0	0.57	11.1	0.31	261
Взрослые	<u>20 – 37</u>	<u>3 – 12</u>	<u>0.37</u>	<u>51.2</u>	<u>0.28</u>	<u>917</u>
	58 – 98	10 – 26	2.51	23.2	0.19	335
Старые	<u>13 – 23</u>	<u>3 – 5</u>	<u>0.20</u>	<u>14.2</u>	<u>0.15</u>	<u>136</u>
	77 – 102	13 – 24	3.53	29.6	0.11	248
Отмершие	<u>3 – 26</u>	<u>0.5 – 5.0</u>	<u>0.05</u>	<u>12.0</u>	<u>0.10</u>	<u>77</u>
	5 – 91	2 – 22	0.58	35.2	0.03	80
Всего	-	-	-	-	-	1683/950

* В числителе - данные на 30-й день вегетации; в знаменателе - на 77-й день.

генеративных побегов общей массой 360 кг, причем основная часть его будет извлечена из стеблевых листьев (709 г). Использование этих побегов в более поздний срок вегетации делает их практически непригодными для извлечения экидстеронидов (ожидаемый выход около 100 г).

Следует также отметить, что, несмотря на относительно высокое содержание 20Е в соцветиях, выход его будет невелик (92 и 77 г), независимо от фенофазы развития растений. Это связано с относительно небольшой массовой долей соцветий в структуре лекарственного сырья. По этой же причине из семян можно получить только 52 г. Таким образом, генеративные побеги рапонтникума как источник для получения 20Е имеют значение лишь в ранние сроки сбора сырья.

Вегетативные побеги. На 30-й день вегетации масса вегетативных побегов в 1 т сырья составляет 640 кг. Ожидаемый выход 20Е – 1683 г, причем из общей массы молодых листьев возможно получить 552 г экидстеронидов. Несмотря на относительно более низкое содержание 20Е во взрослых листьях по сравнению с молодыми, наибольший его выход (917 г) можно ожидать именно из данного элемента сырья – за счет его большей массовой доли в структуре биомассы. Вклад старых и отмерших листьев в общий выход 20Е незначителен.

Как уже отмечалось, содержание 20E сохраняется на высоком уровне в неразвернутых молодых листьях независимо от фазы развития, однако на 77-й день вегетации ожидаемый выход 20E из них незначителен (всего 26 г) по причине относительно низкой массовой доли. Наибольший вклад в выход 20E вносят также взрослые развернутые листья, хотя ожидаемое количество в три раза меньше, чем при заготовке в ранние сроки.

Общий теоретический выход из 1 т растительного сырья рапontiкума в начале фазы бутонизации можно ожидать в пределах 2.6 кг по 20-гидроксизакдизону. К началу плодоношения выход снижается в 2.5 раза (табл. 8).

Таблица 8

Продуктивность *Rh. carthamoides* в агроценозе по выходу 20-гидроксизакдизона, кг

Тип побега	Возраст и срок вегетации растений в агроценозе							
	IV год (30 дней)		VI год					
	фито-масса	20E	30 дней		77 дней		Разница выхода, %	
фито-масса			20E	фито-масса	20E	фито-масса	20E	
<u>1 тонна:</u>	1000	2.62	1000	2.62	1000	1.05	-	-248
Генеративный	160	0.42	360	0.94	240	0.10	-150	-908
Вегетативный	840	2.20	640	1.68	760	0.95	+119	-177
<u>1 гектар:</u>	810	1.44	1440	3.77	8478	7.02	+588	+186
Генеративный	130	0.30	518	1.35	1992	0.86	+385	-157
Вегетативный	680	1.14	922	2.42	6486	6.16	+703	+254

Выход с единицы площади. В ранние фазы вегетации (до начала бутонизации) выход 20E увеличивается пропорционально нарастанию сухого вещества с единицы площади (3.77 кг на 6-й год). Для поздних сроков вегетации интенсивное нарастание растительной биомассы не сопровождается прямой зависимостью - если сухое вещество увеличивается на 588 %, то выход 20E возрастает лишь на 186 % и составляет 7.02 кг. Выход 20E из семян на 6-7 годы жизни ожидается в пределах 0.74 кг/га.

Таким образом, с учетом оптимальных сроков заготовки максимально возможный выход сухой надземной биомассы рапontiкума в качестве лекарственного сырья составляет 1440 кг с 1 га площади и приходится на VI-VII годы жизни растений, где содержится 3.8 кг 20-гидроксизакдизона. Семена могут служить в качестве дополнительного сырьевого источника 20E.

ВЫВОДЫ

1. В результате многолетних исследований агропопуляции рапontiкума сафлоровидного в условиях Европейской среднетаежной провинции установлено, что в оптимальных условиях произрастания, на супесчаных почвах, длительность хозяйственного использования ценоза составляет свыше 10 лет.

2. Потенциал продуктивного долголетия растений закладывается в пре-генеративном периоде и обеспечивается многолетним циклическим развитием системы розеточных побегов. Раннее вступление в генеративный период, обильное плодоношение приводят к гибели боковых вегетативных побегов с почками возобновления и служат причиной ускоренного прохождения онтогенеза у особей.

3. Опад надземных органов рапontiкума обладает ценозорегуляторной активностью, которая может принимать как тормозящее, так и стимулирующее рост и развитие сорных видов значение. Для ингибирования пырея ползучего, вызывающего гибель особей рапontiкума в посевах, необходим двухгодичный срок накопления и сохранности отмерших растительных остатков в подстилке.

4. Наивысшие показатели продуктивности приходятся на зрелый генеративный возраст (VI-VII годы жизни) и составляют 8,5 т/га по воздушно-сухой массе. В структуре урожая основную долю составляют розеточные листья вегетативных побегов. Процессы их отрастания, развития и отмирания происходят в течение всей вегетации и не приурочены к определенным фенофазам.

5. Максимальным содержанием 20-гидроксизекдизона характеризуются молодые органы растений и семена. Оптимальным сроком заготовки лекарственного сырья является начало фазы бутонизации растений. Расчетный выход 20-гидроксизекдизона с учетом оптимальных сроков составляет 2,6 кг с 1 т сырья.

Рекомендации производству

1. Для возделывания рапontiкума сафлоровидного нужно выделять почвы легкого механического состава, с высоким уровнем плодородия, нейтральной средой. При выборе участка требуется исключить возможность его подтопления и засорения пыреем ползучим в ходе будущей эксплуатации

2. Агротехнические приемы возделывания необходимо ориентировать на достижение режимов замкнутости и фитocenотической устойчивости против внедрения сорных видов, что достигается накоплением растительных остатков возделываемой культуры в почвенной подстилке. В первые два-три года возделывания посевы не должны скашиваться, а междурядные обработки исключаются.

3. Сроки заготовки лекарственного сырья рекомендуются с IV года жизни в фазе начала бутонизации растений. Объектом сбора сырья являются молодые листья вегетативных побегов и верхушечная часть цветonoса.

4. Основные выводы и положения диссертационной работы могут быть использованы при чтении курса лекций по лекарственному растениеводству, положены в основу создания новых высокоактивных фармпрепаратов.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Тимофеев Н.П. Рапонтик сафлоровидный: Прикладные аспекты биохимической экологии возделывания // Тез. докл. междунар. конф. «Селекция, экология, технология возделывания и переработки нетрадиционных растений». – Симферополь, Таврия, 1996. – С. 211-213.

2. Тимофеев Н.П. Влияние условий произрастания и возраста на качество семян *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin // Международное совещание по фитостероидам. – Сыктывкар, 1996. – С. 109.

3. Тимофеев Н.П. Технология и экономика возделывания *Rhaponticum carthamoides* в качестве сырьевого источника 20-гидроксиэкдизона // Второй Международный симпозиум “Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования”. – Пущино, 1997. Т. 5. – С. 880-882.

4. Тимофеев Н.П. Устойчивость *Rhaponticum carthamoides* в агроценозе // Интродукция растений на Европейском Северо-Востоке. – Сыктывкар, 1997. – С. 103-109. (Тр. Коми науч. центра УрО Российской АН; № 150).

5. Тимофеев Н.П., Володин В.В., Ю.М. Фролов. Распределение 20-гидроксиэкдизона в структуре биомассы надземной части *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin. – СПб.: Раст. ресурсы, 1998. – Т. 38. Вып. 3. – С. 63-69.

6. Тимофеев Н.П. Факторы устойчивости рапонтика сафлоровидного в агроценозе // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Растительные ресурсы и биотехнология в агропромышленном комплексе». – Владикавказ, Эра, 1998. – С. 138-139.

7. Тимофеев Н.П. Биологические основы введения в культуру *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin в европейской среднетаежной провинции России // Материалы IX Международного симпозиума по новым кормовым растениям – Сыктывкар, 1999. – С. 199-201.

8. Тимофеев Н.П. Онтогенез *Rhaponticum carthamoides* в условиях агропопуляции // Материалы IX Международного симпозиума по новым кормовым растениям – Сыктывкар, 1999. – С. 195-198.

9. Тимофеев Н.П. Качество семян рапонтика сафлоровидного // Третий Международный симпозиум “Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования”. Т. 2. – Пущино, 1999. – С. 431.

10. Тимофеев Н.П. Межвидовое воздействие рапонтика на пырей ползучий // Третий Международный симпозиум “Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования”. Т. 3. – Пушино, 1999. – С. 303-304.

11. Тимофеев Н.П. Особенности биологии рапонтика сафлоровидного при долгосрочном произрастании в агроценозе // Третий Международный симпозиум “Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования”. Т. 3. – Пушино, 1999. – С. 308-310.

12. Мишуров В.П., Тимофеев Н.П. Актуальные задачи по созданию, культивированию и использованию сырьевой базы экдистероидсодержащих растений // Материалы IX Международного симпозиума по новым кормовым растениям – Сыктывкар, 1999. – С. 121-123.

