

СТРУКТУРА ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ *RHAPONTICUM CARTHAMOIDES* (WILLD.) ILJIN И *SERRATULA CORONATA* L.

Н.П. Тимофеев

КХ БИО; Коряжма

В лекарственном растениеводстве максимальный уровень урожайности должен сочетаться с высоким содержанием действующих веществ в сырье, обуславливающих его качество и биологическую активность (Шаин, 1991). Экономическая целесообразность заготовки высококачественного материала стимулируется повышением его коммерческой стоимости, которая на мировом рынке до 30 раз дороже сырья массового производства (Hamilton, 1997). При производстве лекарственного сырья из *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin (левзея, рапontiкум сафлоровидный) и *Serratula coronata* L. (серпуха венценосная) актуальность соблюдения качественных показателей значительно возрастает, исходя из биоморфологических особенностей синтеза и перераспределения действующих веществ – фитостероидов, по разновозрастным элементам надземных органов (Тимофеев и др., 1998; Чадин и др., 2003).

Известно, что в растениях градиент концентрации экистероидов крайне неравномерен. После синтеза, который происходит в кончиках корней или взрослых листьях, они концентрируются в развивающихся органах и семенах (Adler и Grebenok, 1995; Dипан и др., 2001), изменяя тем самым долевое участие наиболее значимых элементов в структуре надземной сферы. В связи с этим возникает необходимость исследования строения структуры биомассы как по отдельным возрастным периодам жизненного цикла растений, так и в течение сроков вегетации. Исходя из необходимости оптимизации культивирования *R. carthamoides* (Willd.) Iljin и *S. coronata* L. для получения эки-

стероид содержащих препаратов, пищевых и кормовых добавок (Тимофеев, 2004), в проекте ставилась задача:

1. Исследовать структуру биомассы агропопуляций, произрастающих в различных почвенно-экологических условиях.
2. Установить вклад различных типов побегов в общую структуру по годам онтогенеза.
3. Выявить значимость возрастных элементов по фазам развития.
4. Выработать практические рекомендации по оптимизации культивирования.

Объекты исследований

Природно-климатические условия. Исследования проводили на юго-востоке Архангельской области, входящей в подзону средней тайги. 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 составляют 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). 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.

Переход температуры воздуха через +5 °С и начало вегетации многолетних культур приходится на конец апреля-начало мая. Заморозки на поверхности почвы до -5...-7 °С и возврат холодов с повторным выпадением снега тормозят рост и развитие растений до начала второй-третьей декады мая. Весенние заморозки полностью прекращаются в конце второй декады июня, осенние начинаются в конце августа-начале сентября. Завершение вегетации холодостойких растений наблюдается в начале октября, с осенним переходом температуры через +5 °С.

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, 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 %, в т.ч. полуденные часы – 54-57 %. В отдельные засушливые периоды влажность опускается до 25-35 % и ниже.

Характеристика агропопуляций. Объектом исследований служили 8 разновозрастных агропопуляций *R. carthamoides* и *S. coronata* в возрасте от 1 до 15 лет, возделываемые на производственных площадях и произрастающих в различных почвенно-экологических условиях. В проекте использованы основные почвенные разновидности природной зоны: а) суглинистые дерново-слабоподзолистые; б) супесчаные дерново-среднеподзолистые, подстилаемые средними суглинками; в) песчаные на водно-ледниковых песчаных отложениях; г) тофянисто-подзолистые поверхностно-глееватые осушенные, на двучленных отложениях, с примесью песка в верхнем и тяжелого суглинка – в нижнем горизонте.

По комплексу агрохимических показателей песчаные и супесчаные почвы относятся к высококультурным минеральным почвам. Показатели торфянистых почв близки к уровню хорошо окультуренных мелиоративных почв. Гумуса содержится соответственно 1.5, 3.6, 3.1 и 1.9 %. Культуры возделывались с междурядьями 70 см. Минеральные удобрения вносили в дозах от N₆₀P₆₀K₆₀ до N₉₀P₉₀K₉₀. Выборочная заготовка растительного сырья осуществлялась в течение всего вегетационного периода, во время основных фаз развития. Режим массового отчуждения посевов одноразовый, сроки укоса – фаза плодоношения.

Методика исследований. Периодизацию онтогенеза проводили на основе работ Работнова Т.А. (1983), Заугольной Л.Б. и др. (1988), Жуковой Л.А. (1995). Возрастные состояния и их динамику выявляли на основе изучения качественных признаков особей, соотношения генеративных и вегетативных побегов в структуре биомассы, репродуктивных параметров, уровня и качества плодоношения, биоморфологических особенностей строения корневищ (Игнатьева, 1994). Отличительные особенности молодых, средневозрастных и старых генеративных растений устанавливали путем ежегодного учета общего числа репродуктивных побегов (*R. carthamoides*), соотношения вегетативных, генеративных и недоразвитых побегов (*S. coronata*); учета реальной семенной продуктивности, качества продуцируемых семян и т.д.

Отбор модельных особей из агропопуляций производили в 5-6-кратной повторности. В структуре биомассы надземной части выделяли морфологически разнородные органы (Методические указания, 1985); в составе розеточных листьев различали разновозрастные фракции (Семенова-Тян-Шанская, 1977). Долевое участие отдельных органов и возрастных элементов в структуре биомассы определяли по сухому веществу. Математическую обработку экспериментальных данных проводили стандартными методами вариационной статистики.

Результаты и их обсуждение. Характерной особенностью фитозкдистероидов является высокая их мобильность, способность к перераспределению и концентрированию после биосинтеза в пределах возрастных элементов. Донорными органами являются взрослые листья, акцептирующими – интенсивно растущие ткани молодых листьев, а также развивающиеся семена (Adler и Grebenok, 1995; Dinan, 2001). Перераспределение между стареющими и временно развивающимися органами через структурные элементы зависит от биоморфологических особенностей вида, различий в прохождении онтогенеза. В опубликованной литературе не рассматривается возрастная структура биомассы, а лишь указывается общая облиственность растений.

В целом для *R. carthamoides* в сравнении с *S. coronata* характерна более высокая доля листовых органов, которая в условиях Коми Республики составляла от 68-80 % до 82-87 % (Моисеев и др., 1979; Иевлев, 1983; Головкин и др., 1996); Кировской области – 58 % (Тихвинский и Тючкалов, 1989). Структура биомассы природных растений состоит на 45-53 % из розеточных и на 17-22 % стеблевых листьев (Постников, 1995). Для *S. coronata* в условиях Коми Республики облиственность указывается в пределах 50-55 % (Мишуров и др., 1999). В онтогенезе она составляла: в начале вегетации 2-го года жизни – 63 %, в фазе бутонизации – 31 %; на 3-й год – 59-49 %; в возрасте 4, 6, 11 лет облиственность менялась от 43 до 55 % (Савиновская, 2003).

Соотношение типов побегов. В условиях агроценозов структура лекарственного сырья является отражением возрастного спектра индивидуальных особей, имеющих одинаковый абсолютный возраст, но при этом находящихся в различном возрастном состоянии. Оба изучаемых вида в онтогенезе формируют два типа побегов: вегетативные (розеточные) и генеративные. Переход *R. carthamoides* в генеративное состояние на суглинках отмечен с 3-го, на супеси и торфянике – с 4-го, на песках – с 6-го года жизни. Поэтому структура биомассы в прегенеративном возрасте (имматурном и начале виргинильного) представлена только розеточными листьями вегетативных побегов (табл. 1).

К концу виргинильного возраста долевое участие генеративных побегов в структуре биомассы составляет 5-10 %. С переходом в генеративный возраст массовая их доля увеличивается на 4-й год до 16 %, на 6-й год жизни – до 36 % в начале фазы бутон-

низации. Часть побегов в процессе развития отмирает, поэтому долевое участие в фазе цветения снижается до 9 и 24 %. В более старом возрасте доля генеративных побегов незначительно отличается от предыдущих лет (27 % на 9-й год, 16 % на 13-й год). В целом структура сырья у *R. carthamoides* в отчуждаемом периоде на 84-91 (70-95) % представлена вегетативными побегами.

1. Соотношение массовых долей вегетативных и генеративных побегов *R. carthamoides* и *S. coronata* по годам и возрастным состояниям жизненного цикла, %

Тип побегов	Супесь							Суглинок					Торфяник					Песок		
	2	3	4	5	6	9	13	2	3	5	6	8-9	2	4	6	9	10	5	9	13
Вегетативные:	<i>v</i> *	<i>v</i>	<i>g1</i>		<i>g2</i>	<i>g3</i>	<i>ss</i>	<i>v</i>	<i>g1</i>		<i>g2</i>	<i>g3</i>	<i>v</i>	<i>g1</i>		<i>g2</i>		<i>v</i>	<i>g2</i>	
<i>R. carthamoides</i>	100	95	91 ¹	85	76 ²	73	84	90	...	88	84	67	100	93	89	89	...	91	88	...
<i>S. coronata</i>	100	...	15	3	3	7	4	...	46	9	...	6	77	12	3	7	4	...	3	23
Генеративные:	<i>v</i>	<i>g1</i>			<i>g2</i>		<i>ss</i>	<i>g1</i>		<i>g2</i>		<i>g3</i>	<i>g1</i>		<i>g2</i>	<i>g3</i>		<i>g1</i>	<i>g2</i>	
<i>R. carthamoides</i>	0	5	9 ¹	15	24 ²	27	16	10	...	12	16	33	0	7	10	11	...	9	12	...
<i>S. coronata</i>	0	...	85	97	97	93	96	...	54	91	...	94	23	88	97	93	96	...	97	77

Примечание. В начале фазы бутонизации соотношение равно (%): ¹... 84/16; ²... 70/30

*... возрастные состояния: *v* – виргинильное;

g1, g2, g3 – молодое, зрелое и старое генеративное; *ss* – субсенильное.

Отличительной особенностью онтогенеза *Serratula coronata* является ранний переход в генеративный возраст – со 2-го года. В структуре биомассы преобладают генеративные побеги, долевое участие вегетативных побегов незначительное 3-12 (15 %). Сумма листовых органов от двух типов побегов равна 37-55 %. Исключением являются кратковременные периоды в онтогенезе (начало генеративного и сенильный возраст), когда долевое участие вегетативных побегов в структуре является повышенным до 46 и 23 %. Главным образом, потенциал синтеза и накопления экидистероидов у *Serratula coronata* зависит от показателя облиственности стеблей, составляющей в среднем 32-42 %. Это примерно в два-три раза ниже, чем долевое участие розеточных листьев у *Rhaponticum carthamoides*.

Динамика возрастных элементов. При культивировании *R. carthamoides* и *S. coronata* для производства лекарственного сырья важными, кроме знания показателя общей облиственности, являются сведения по наиболее значимым элементам биомассы с высоким содержанием фитоэкидистероидов. Концентрация экидистероидов в молодых листьях вегетативных побегов на порядок выше, чем в отмерших (Тимофеев и др., 1998). Генеративные побеги включают в себя стебель, стеблевые листья (молодые, взрослые и старые), соцветия с семенами. Стебли выполняют опорную и транспортную функцию, в качестве источника экидистероидов они малозначимы, как и нижние стеблевые листья.

Сезонная динамика вегетационного периода характеризуется определенным сочетанием накопления в биомассе разновозрастных фракций молодых, взрослых и отмерших листовых органов. Кривая, характеризующая долевое участие молодых и взрослых листьев *R. carthamoides*, противоположна динамике накопления всей надземной биомассы (табл. 2). В начале фазы бутонизации массовая доля молодых и взрослых листьев довольно высока (73.8 %). В фазе цветения, когда наблюдается максимальное накопление биомассы, доля значимых для отчуждения элементов снижается до 33.7 %.

**2. Динамика структуры вегетативных побегов *R. carthamoides*
(взрослые генеративные растения), %**

Показатели	Сроки вегетации, дни						
	4	31	57	72	84	114	179
Фаза развития	отрас- тание	начало бутони- зации	начало цвете- ния	цвете- ние	плодо- ноше- ние	вегста- ция	отмира- ние н/массы
Накопление биомассы в листовых органах во время вегетационного периода	1,5	14,1	86,9	100,0	66,8	51,2	45,7
Долевое участие в структуре биомассы молодых и взрослых листьев	83,6	73,8	52,1	33,7	21,8	5,6	2,1

Аналогичная зависимость существует и для *S. coronata*. Ко времени начала цветения, характеризующейся наибольшей концентрацией экидистероидов в младших боковых побегах (Чадин и др., 2003), листья розеточных побегов и нижних метамеров стеблевых побегов являются отмершими. Долевое участие стеблевых листьев снижается с 58.0 до 33.8 % (табл. 3), среди которых молодые листья, сосредоточенные в боковых побегах, занимают 1.8-6.4 %. Массовая доля семян из соцветий в структуре надземной части обоих видов незначительна и в среднем составляет около 2-3 %.

**3. Динамика структуры генеративных побегов *S. coronata*
(взрослые генеративные растения), %**

Показатели	Сроки вегетации, дни						
	16	30	42	53	75	125	150
Фаза развития	отраста- ние	начало стебле- вания	стебле- вание	начало бутони- зации	цвете- ние	плодо- ноше- ние	отмира- ние н/массы
Накопление биомассы в листовых органах во время вегетационного периода	58,0	52,9	47,1	50,3	33,8	31,0	34,0

Заключение. Многолетними исследованиями экидстероид содержащих растений *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin и *Serratula coronata* L. установлено, что структура биомассы *R. carthamoides* на европейском Севере в основном представлена розеточными листьями вегетативных побегов: в имматурном возрасте – на 100 %, виргинильном – на 90-95 %, в генеративном – на 84-91 (70-95) %. Отличительной особенностью *S. coronata* является ранний переход в репродуктивный возраст и преобладание генеративных побегов в структуре, долевое участие вегетативных побегов незначительное 3-12 (15 %). Главным образом, потенциал синтеза и накопления экидстероидов у *S. coronata* зависит от показателя облиственности стеблей (32-42 %), что в два-три раза ниже, чем долевое участие розеточных листьев у *R. carthamoides*.

Наиболее значимыми по содержанию экидстероидов являются интенсивно растущие листья, а также семена. Концентрация экидстероидов в молодых листьях на порядок выше, чем в отмерших, и в 2-3 раза – чем во взрослых. Сезонная динамика, характеризующая участие молодых и взрослых листьев в структуре, противоположна динамике накопления всей надземной биомассы. Ко времени фазы цветения доля значимых для отчуждения элементов у *R. carthamoides* снижается с 83.6 до 33.7 %. Анало-

гичная зависимость существует и для *S. coronata* – к фазе цветения доля стеблевых листьев снижается с 58.0 до 33.8 %, среди которых молодые листья, сосредоточенные в боковых побегах, занимают 1.8-6.4 %. Массовая доля семян у обоих видов в генеративном возрасте составляет около 2-3 %.

Стратегия культивирования должна заключаться в создании условий для опережающего роста вегетативных побегов перед генеративными. Оптимальным сроком заготовки растительного сырья на лекарственные цели является период от фазы стеблевания до фазы бутонизации. Объектом сбора являются молодые и взрослые листья вегетативных побегов у *R. carthamoides*; стеблевые листья верхних, боковых и средних метамеров у *S. coronata*. Стебли генеративных побегов, нижние стеблевые листья и старые розеточные листья в качестве источника экидистероидов малозначимы.

Литература

1. Adler J.H., Grebenok R.J. Biosynthesis and distribution of insect-molting hormones in plants – a review // *Lipids*, 1995; N. 30. – P. 257-262.
2. Dinan L., Savchenko T., Whiting P. On the distribution of phytoecdysteroids in plants // *Cellular and Molecular Life Sci.*, 2001. – V. 58; N. 8. – P. 1121-1132.
3. Hamilton A.C. Threats to plants: an analysis of Centres of Plant Diversity / In *Conservation into the 21st Century*, vol. Proc. 4th International Botanic Gardens Conservation Congress (ed. D. N. Touchell and K. W. Dixon). – Kings Park and Botanic Garden, Perth, Australia, 1987. – P. 309-322.
4. 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.
5. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. – Йошкар-Ола, РИК “ЛАНАР”, 1995. – 224 с.
6. Заугольнова Л.Б., Жукова А.А., Комаров А.С., Смирнова О.В. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). – М.: Наука, 1988. – 184 с.
7. Игнатъева И.П. Классификация и биоморфологические особенности корневищ двудольных и однодольных травянистых поликарпиков. – М.: Известия ТСХА. 1994. № 1. – С. 60-78.
8. Иевлев Н.И. Маралий корень // Кормовые растения на торфяных почвах Европейского Севера. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1983. – С. 79-87.
9. Методические указания по селекции многолетних трав: Фенологические наблюдения. Оценка селекционного материала (структура урожая). – М.; ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1985. – С. 90-103.
10. Мишуrow 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.
11. Моисеев К.А., Соколов В.С., Мишуrow В.П., Александрова М.И., Коломийцева В.Ф. Малораспространенные силосные растения. – Л.: Колос, 1979. – 328 с.
12. Постников Б.А. Маралий корень и основы введения его в культуру. – Новосибирск, СО РАСХН, 1995. – 276 с.
13. Работнов Т.А. Фитоценология. – М.: МГУ, 1983. – 296 с.
14. Савиновская Н.С. Биологические особенности развития и продуктивность серпухи венценосной и серпухи неколючей при интродукции // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. Сб. науч. трудов. Вып. 7. – М., РАЕН, 2003. – С. 154-161.
15. Семенова-Тян-Шанская А.М. Накопление и роль подстилки в травяных сообществах. – Л.: Наука, 1977. – 191 с.
16. Тимофеев Н.П., Володин В.В., Ю.М. Фролов. Распределение 20-гидроксиэкидизона в структуре биомассы надземной части *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin // Растительные ресурсы. – 1998. Т. 34; Вып. 3. – С. 63-69.
17. Тимофеев Н.П. Исследования по экидистероидам: Использование в медицине, Интернет-ресурсы, источники и биологическая активность // Биомедицинская химия, 2004. – Том. 50; Прил. 1. – С. 133-152.
18. Тихвинский С.Ф., Тючкалов Л.В. Перспективные кормовые культуры. – Киров, Волго-Вятское кн. изд-во, 1989. – 112 с.
19. Чадин И.Ф., Колегова Н.А., Володин В.В. Распределение 20-гидроксиэкидизона в генеративных растениях *Serratula coronata* L. // Сибирский экологический журнал, 2003, № 1. – С. 49-53.
20. Шаин С.С. Регуляция биопродуктивности в онтогенезе культивируемых лекарственных растений: Автореф. дис... докт. биол. наук. – М.: ВИЛАР, 1991. – 48 с.

**STRUCTURE OF THE RAW MATERIAL MEDICINAL PLANTS RHAPONTICUM
CARTHAMOIDES (WILLD.) ILJIN AND SERRATULA CORONATA L.**

N.P. Timofeev

Seasonal dynamics, responsible for proportion young and mature leaves in biomass structure, is in contrast to accumulation dynamics of total aboveground biomass. To the flowering time, a share of industrially usable elements of *R. carthamoides* decreases from 83.6 to 33.7 %. The same picture is observed for *S. coronata*, as the flowering period is remarked by a decreasing share of stem leaves in biomass structure from 58.0 to 33.8 %, among them young leaves, preferably occurring on side shoots, taking 1.8-6.4 %. Seeds of both species have an insignificant contribution to total biomass (2-3 %).