

Статус отчета: подписан

Дата подписания: 02.01.2004

Подписал: Тимофеев Николай Петрович

Отчет распечатан: 02.01.2004

## Форма 501. КРАТКИЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

1.1. Номер проекта  
03-04-96147

1.2. Руководитель проекта  
Тимофеев Николай Петрович

1.3. Название проекта  
Агропопуляции экидистероид-содержащих растений *Rhaponticum carthamoides* и *Serratula coronata* на Европейском Севере: Экологическая устойчивость, онтогенез, продуктивность

1.4. Вид конкурса  
р2003север\_a - Региональный конкурс 2003 года Север: инициативные

1.5. Год представления отчета  
2004

1.6. Вид отчета  
этап 2003 года

1.7. Краткая аннотация

Выявление потенциала продуктивного долголетия и экологической устойчивости лекарственных растений 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.) Iljin и *Serratula coronata* L. на европейском Севере в качестве источников экидистероид содержащего лекарственного растительного сырья, в 1-й год исследований ставилась задача:

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

Исследования проводили на юго-востоке Архангельской области, входящей в подзону средней тайги. Изучали 10 агропопуляций на 4 окультуренных почвенных разновидностях природной зоны (7 – *Rhaponticum carthamoides* и 3 – *Serratula coronata*), каждая на площади от 0.6 до 2.8 га. В результате исследований установлены сравнительные особенности развития видов в онтогенезе, популяционные параметры плотности, выживаемости, а также факторы экологической устойчивости в ценозе.

Особенности развития в вегетационном периоде. Диапазон активной жизнедеятельности *Rhaponticum* ограничен температурой 2-3° С, *Serratula* – 7-8° С. Начало отрастания и зацветания *Serratula* происходит на 2-3 недели позже *Rhaponticum*, а завершение вегетации на месяц раньше. У *Rhaponticum* в разные годы и на разных почвах до 85 % генеративных побегов в календарные сроки 18-25 июня находятся в фазе цветения. В холодное лето сроки зацветания *Serratula* значительно отстают от средних многолетних дат, сдвигаясь со второй декады июля на начало августа.

Онтогенез. По состоянию на 2003 год популяции экидистероид содержащих растений находились в возрасте от 7 до 14 лет. Ни одна из популяций не вступила в завершающую фазу развития жизненного цикла, *Rhaponticum* на 14-м году жизни находился в субсенильном, остальные в генеративном возрасте. Отмечено влияние гранулометрического состава почвы и сроков отчуждения биомассы на темпы прохождения онтогенеза. На песчаных почвах происходит замедленное развитие растений – на 9-й год оба вида находятся в молодом генеративном состоянии. Более сильное тормозящее действие оказывает ежегодное отчуждение надземной биомассы – даже на 8-м году жизни абсолютное число особей на супеси не вступило в генеративную фазу развития. На суглинках наблюдается ускоренное развитие. На торфянистых почвах заметных отклонений в сроках прохождения онтогенеза не выявлено – на 4-м году особи вступили в молодой генеративный возраст, который к 9-м году жизни сменился на зрелый генеративный для *Rhaponticum* и старый генеративный для *Serratula*.

Динамика плотности. Специфичность реагирования вида к условиям произрастания отражается на смертности особей. Оптимальная величина плотности на 1 га для *Rhaponticum* составляет 23-27 тыс. шт и характерна для супесчаных и песчаных почв. При весеннем сроке посева и ранних сроках отчуждения плотность оказалась в 2 раза ниже оптимальных. На суглинистых почвах она была ниже на порядок. Для *Serratula* наивысшая плотность характерна для торфянистых и супесчаных почв – 30 и 22 тыс. шт. На суглинках и песках она оказалась соответственно в 3 и 4 раза ниже. Наилучшими для жизнедеятельности *Rhaponticum* условиями характеризовались песчаные и супесчаные почвы – выживаемость на 9-й год жизни была равна 28.7 и 20.9 %. На торфянике произошло сильное изреживание, плотность за 5 лет снизилась в 5 раз. Наименьшая выживаемость обнаружена на суглинистых почвах – 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. Факторы среды, вызывающие снижение численности особей в ценозе, по значимости можно группировать в следующие блоки (убывающем порядке):

*Rhaponticum carthamoides* – избыток влаги, сроки укоса, сроки посева, засоренность, дефицит влаги, возраст; *Serratula coronata* – дефицит влаги, избыток влаги.

*Serratula coronata* неустойчива к засушливым условиям среды, особи *Rhaponticum carthamoides* – в 1-й год развития при весеннем сроке посева. При ежегодном укосе сильная изменчивость плотности по локусам (от 42.2 до 303.0 %) сопровождается внедрением сорных растений в ценоз. Режим возделывания без отчуждения биомассы в первые годы тормозит вторжение и закрепление сорных видов.

Популяции *Rhaponiticum* на суглинистых и торфяных почвах страдают от избытка влаги в корнеобитаемом слое. На торфяниках негативным для него является присутствие избытка влаги в начале отрастания. На суглинках длительное воздействие избытка влажности, составляющей во время отрастания и активной вегетации 24.3-28.1 %, носит летальный характер. Локусы с уцелевшими особями занимают 1/8 часть от общей площади, расположены вдоль осушительных сетей на микровозвышенностях. Для поздноотрастающей культуры *Serratula* высокая влажность почвы на торфяниках в начале весны (до 31.5-36.2 %) не сказывается отрицательно на выживаемости. На суглинках популяция ее изреживается на микропонижениях рельефа с застойным водным режимом.

Исходя из современных представлений о функционировании таежных экосистем, предполагается, что важную роль в развитии и разрушении процессов экологической устойчивости играет органическое вещество изучаемых видов, содержащих экидистероиды.

- 1.8. *Полное название организации, где выполняется проект*  
Крестьянское хозяйство Био

"Исполнители проекта согласны с опубликованием (в печатной и электронной формах) научных отчетов и перечня публикаций по проекту"

*Подпись руководителя проекта*

## Форма 502. КРАТКИЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

2.1. *Номер проекта*  
03-04-96147

2.2. *Руководитель проекта*  
Timofeev Nikolay Petrovich

2.3. *Название проекта*  
Agropopulations of *Rhaponticum carthamoides* and *Serratula coronata* ecdysteroids-containing plants in the European North: Ecological resistance, ontogenesis, and productivity.

2.4. *Год представления отчета*  
2004

2.5. *Вид отчета*  
этап 2003 года

2.6. *Краткая аннотация*

Revealing the productive longevity and ecological resistance potential of drug plants grown in agropopulations plays a highly important role in working out scientifically proved cultivation principles adapted to the influence of the man and the environment. Under the necessity of optimization cultivation of *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin and *Serratula coronata* L. in the European North as sources of ecdysteroid-containing drug plant material, our research aimed to:

1. Reveal the ontogenesis features according to the basic soil types of the natural zone;
2. Determine factors influencing the species resistance rate in agropopulations;
3. Establish the optimal density of individuals in the cenosis.

Research was carried out in the southeast part of the Arkhangelskaya region, which belongs to the middle taiga subzone. The studies involved 10 agropopulations (7 - *Rhaponticum carthamoides* and 3 - *Serratula coronata*) grown on 4 cultivated soil types of the natural zone, occupying an area 0.6-2.8 ha each.

Finally, characteristics on the development in ontogenesis, population parameters of density and surviving rate, as well as ecological resistance factors in cenosis were established.

Development characteristics for the vegetation period. The live activity rate diapason is temperature limited: 2-3° C for *Rhaponticum carthamoides*, 7-8° C for *Serratula coronata*. *Serratula coronata* plants start growing and flowering 2-3 weeks after *Rhaponticum carthamoides*, whereas finish vegetation a month earlier. In different years and on different soil types, about 85 % *Rhaponticum carthamoides* reproductive shoots 18-25 June are in a flowering phase. In cold summer periods, *Serratula coronata* plants start flowering considerably below the average perennial terms, in the beginning of August instead of the second July decade.

Ontogenesis. For the year 2003, populations of ecdysteroid-containing plants were from 7 to 14 year old. None of the populations entered the completion life cycle phase: the 13-year-old *Rhaponticum carthamoides* plants were in a subsenile age, the other in a reproductive age. Granulometric soil composition and aboveground biomass alienation periods were identified to affect the ontogenesis. Sandy soils inhibit plant development - both species being 8 year old were in a young reproductive state. The annual aboveground biomass alienation exerts a stronger inhibiting influence - most 7-year-old species did not enter the reproductive development phase. Loamy soils accelerate plant development. Peaty soils did not change anything: 4-year-old individuals entered a young reproductive age, which changed into a mature reproductive (for *Rhaponticum carthamoides*) and old reproductive age (*Serratula coronata*).

Density dynamics. Single species reactions to growing conditions have an impact on the death rate. The optimal density value for 1 ha area comprises 23-27 thousand units and is typical for clay sandy and sandy soils. By spring sowing and early alienation periods, the density index appeared to be twice as less. For clay soils, it was one order lower. The highest *Serratula coronata* density was detected in peaty and clay sandy soils - 30 and 22 thousand units, relatively. For clay and sandy soils, it occurred to be 3 and 4 times less, relatively. The best soils for *Rhaponticum carthamoides* were sandy and clay sandy ones - the surviving rate for 8-year-old species was equal to 28.7 and 20.9 %, respectively. The peaty soils population strongly decreased in number, for 5 years the density rate fell by 5 times. The least surviving rate was characteristic of clay soils - 0.8 % on average; most of individuals placed at a distance father than 7-11 m from drainage channels dyed.

Ecological resistance factors. The ecological resistance factors can be divided into the following blocks:

*Rhaponticum carthamoides* - surplus moisture, harvest periods, sowing periods, ruderal plants quantity, moisture deficiency, age;

*Serratula coronata* - moisture deficiency, surplus moisture.

Dry conditions are no good for *Serratula coronata*, and for *Rhaponticum carthamoides* plants 1 year after spring sowing.

Under the annual harvest procedure, a strong density variability grade by locuses (from 42.2 to 303.0 %) is accompanied by a ruderal plants attack. Cultivation without biomass alienation in first years hampers development of weeds.

The *Rhaponticum carthamoides* populations on loamy and peaty soils suffer from surplus soil moisture. In the case with peaty soils, it has a negative effect in the early vegetation period. For loamy soils, a durative surplus soil moisture period, accounting for 24.3-28.1 % in the early and active vegetation periods, has a lethal outcome. Locuses with the individuals survived take 1/8 of the total area and are located along drainage nets at micro-heights. As for a later *Serratula coronata* culture, early spring surplus soil moisture in peaty soils (to 31.5-36.2 %) has no negative aftereffect on the surviving rate. For loamy soils, the population at micro-heights decreases in number due to a stagnant water regime.

Starting from the modern representations about functioning taiga ecosystems, it is supposed, that the important role in development and fracture of processes ecological resistance is played with organic matter of the investigated species containing ecdysteroids.

2.7. *Полное название организации, где выполняется проект*  
Farm Bio

*Подпись руководителя проекта*

## Форма 503. РАЗВЕРНУТЫЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

3.1. *Номер проекта*  
03-04-96147

3.2. *Название проекта*

Агропопуляции экдистероид-содержащих растений *Rhaponticum carthamoides* и *Serratula coronata* на Европейском Севере: Экологическая устойчивость, онтогенез, продуктивность

3.3. *Коды классификатора, соответствующие содержанию фактически проделанной работы*  
04-120

3.4. *Объявленные ранее (в исходной заявке) цели проекта*

Исходя из необходимости оптимизации культивирования *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin и *Serratula coronata* L. на Европейском Севере для получения экдистероид-содержащих препаратов, пищевых и кормовых добавок, в проекте ставится задача:

1. Изучить особенности жизненного цикла на разных типах почв и выявить факторы, влияющие на устойчивость видов в агроценозе.
2. Установить биологическую продуктивность агропопуляций в различных экологических условиях произрастания, структуру и элементы биомассы.
3. Исследовать динамику накопления и распределения экдистероидов по элементам фитомассы.
4. Выявить средообразующую (аллелопатическую) активность растительных вытяжек и роль их в жизнедеятельности популяций.
5. Выработать практические рекомендации по созданию и эксплуатации агропопуляций экдистероид содержащих растений в условиях европейского Севера.

3.5. *Степень выполнения поставленных в проекте задач*

В 2003 году, в соответствии с поставленными целями и задачами, а также исходя из размеров финансового обеспечения проекта, выполнена ее первая часть по пунктам 1 и 5. Подробное описание выполненной части проекта приведено ниже.

### ВВЕДЕНИЕ

Рапонтикум сафлоровидный (левзея, маралий корень) – *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin и серпуха венценосная – *Serratula coronata* L. являются важнейшими представителями экдистероид содержащих растений, используемых для получения химически изолированных фитоэкдистероидов в промышленных масштабах, в частности еcdysterone (b-ecdysone, 20-hydroxyecdysone) и субстанций на их основе, а также различных фармпрепаратов и кормовых добавок из лекарственного сырья (Машковский, 1993; Зайнуллин и др., 2003; Тимофеев, 2003). В практической медицине экдистероид содержащие составы используются для предупреждения болезней и поддержания иммунного статуса у здорового человека; занимают важное место в спортивной и военной медицине для адаптации и повышения работоспособности в условиях лимитирующих факторов, в т. ч. преодоления чрезвычайных физических и психических нагрузок (Новиков и др., 1992; Сейфулла, 1999; Пчеленко и др., 2002; Lafont и Dinan, 2003]. В современных наукоемких технологиях экдистероиды находят применение в качестве естественных и безопасных лигандов в молекулярных системах переключения генов (экдизон-индуцированные системы экспрессии генов), в создании селективных и экологически чистых инсектицидов (Rossant и McMahon, 1999; Saez и др., 2000; Wang и др., 2000; Jersop и др., 2002).

Дикорастущие популяции *Rhaponticum carthamoides*, произрастающие в субальпийских лугах Алтае-Саянского горного комплекса, в результате нерегламентированных заготовок сильно истощены. Вид отнесен к категории редких, уязвимых и исчезающих, для их сохранения необходимо создать промышленные плантации (Соболевская, 1991; Постников, 1995). Задача существенного расширения сырьевой базы экдистероид содержащих растений не может быть решена без обновления ассортимента возделываемых культур. Интродукционными исследованиями выявлено, что среди них наиболее перспективна *Serratula coronata*, характеризующаяся высокой концентрацией фитоэкдистероидов в биомассе и значительной урожайностью (Ануфриева и др., 1998; Мишуров и др., 1999).

Создание популяций экдистероид содержащих растений, культивирование их сопряжено с проблемами, связанными с выживаемостью в ценозе (Трулевич, 1991; Мишуров и Тимофеев, 1999). До сих пор исследования этих культур на европейском Севере были ограничены агротехническими, морфобиологическими и экофизиологическими вопросами интродукции, изучаемых на основе индивидуальных растений, выращиваемых в условиях коллекционных питомников и экспериментальных полей (Моисеев и др., 1979; Холопцева и Михиев, 1993; Головки и др., 1995; Мишуров и др., 1997, 1999). Рекомендованные нормы высева *Rhaponticum* составляют от 6-8 до 12 кг/га, *Serratula* – 6 кг/га, что предполагает гибель 80-90 % особей, причины которых не исследованы. 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.) Iljin и *Serratula coronata* L. на европейском Севере в качестве источников экдистероид содержащего растительного сырья, в исследованиях ставилась задача:

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

### ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Природно-климатические условия

Температура. Район исследований расположен на юго-востоке Архангельской области, на географической широте 61°20', в подзоне средней тайги Европейской таежной провинции. Район характеризуется умеренно-прохладным летом и умеренно-прохладной зимой. Переходные сезоны года – весна и осень, хорошо выражены. Продолжительность вегетационного периода 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). Для территории характерна частая смена воздушных масс. Зимой преобладают южные ветры, летом северо-западные.

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 сельскохозяйственных культур. Однако часто возвраты холодов с заморозками на поверхности почвы с интенсивностью до -5...-7 °С тормозят рост и развитие растений до начала второй декады мая. Весенние заморозки полностью прекращаются со второй декады июня, осенние начинаются в конце августа-начале сентября. Завершение вегетации холодостойких растений наблюдается в начале октября, что совпадает с осенним переходом температуры через +5 °С.

Осадки. 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.

#### Характеристика объектов

Почвы. Зональным почвообразовательным процессом является подзолообразование, при котором происходит перемещение по профилю минеральных и органоминеральных веществ 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. Подзолистые почвы составляют основную массу пахотно-земельного фонда таежных территорий и пригодны для выращивания широкого набора сельскохозяйственных культур.

В проекте использован следующий перечень окультуренных почвенных разновидностей под исследуемые культуры (табл. 1):

- а) суглинистые дерново-слабоподзолистые осушенные;
- б) супесчаные дерново-среднеподзолистые, подстилаемые средними суглинками;
- в) песчаные 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.

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 неокультуренном виде. В структуре механического состава суглинков преобладает физическая глина (50,5 %), по сравнению с предыдущей разновидностью содержание ее на порядок выше. Материнской породой служат водноледниковые суглинистые отложения. Для всего профиля этих почв характерно плотное сложение, что определяет низкую водопроницаемость, переувлажнение в ранневесенний и осенний период, развитие процессов оглеения. Структура зернисто-комковато-мелкоглыбистая.

Супесчаные почвы сформировались на двучленных 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. Такое изменение структурного состава положительно влияет на водно-воздушные и сорбционные свойства. 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 к оглеению слабой степени. Верхний горизонт торфянистых почв представляет органогенную неоднородную массу с примесью минеральной части нижележащего горизонта. Сформированы на слабодренированных бессточных участках с двучленными отложениями, в условиях временного избыточного переувлажнения. Отличаются высокой влагоемкостью и фильтрацией, но низкой водоупорной способностью, приближающейся к песчаным.

Таблица 1

Характеристика почвенного покрова сельскохозяйственных угодий, использованных для закладки агропопуляций *Rhaponticum carthamoides* и *Serratula coronata*

Краткое наименование Почвенные разновидности Механический состав Почвообразующая 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)

двучленные 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

двучленные отложения

понижение на водораздельном пространстве

<\TABLE>

Таблица 2  
Характеристика почвенных горизонтов

Показатели	Единица	измерения	Почвенные разновидности	суглинистая	супесчаная	песчаная	торфяная
Горизонт	см	0-22	0-28	85-95	0-27	0-35	(55)
Фракции механического состава:							
...1-0,25 мм	%	10.6	52.1	13.6	58.8	13.2	
...0,25-0,05 мм	%	20.8	29.6	34.6	30.5	76.2	
...0,05-0,01 мм	%	18.1	9.5	13.8	5.9	2.5	
...<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	
...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	
P2O5 подвижный	мг/100 гр	6.8	31.2	...	54.7	12.6	
K2O 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	
NH4+	мг/100 гр	15.5	9,0	...	10.3	8.5	
NO3-	мг/100 гр	2.4	2.1	...	2.0	1.7	

<\TABLE>  
Примечание: \*... данные на дату закладки популяций, в скобках – на 2003 год

Окультуренность угодий. В неокulturенном состоянии почвы характеризуются низким содержанием гумуса, высокой кислотностью и их плодородие зависит, прежде всего, от хозяйственной деятельности человека. С целью коренного улучшения агроэкологических свойств на объектах за 3-7 лет до закладки популяций проведены мелиоративные работы по регулированию водно-воздушного режима, культурно-технические мероприятия по известкованию, фосфоритованию, систематическому внесению высоких доз органических и минеральных веществ. Участки, кроме песчаных, для снижения уровня почвенно-грунтовых вод осушены системой водосборных каналов через каждые 40-45м.

На момент закладки популяций песчаные и супесчаные почвы по комплексу агрохимических показателей можно отнести к высокоокulturенным минеральным почвам (табл. 2). Показатели торфянистых почв близки к уровню хорошо окulturенных 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 (рНKcl 4.8) и высокой гидролитической кислотностью, степень насыщенности основаниями ниже оптимальной. Содержание гумуса среднее (1.9 %), калия – среднее, фосфора – ниже среднего.

Агропопуляции. В исследованиях задействованы 10 агропопуляций, в том числе 7 – *Rhaponticum carthamoides* и 3 – *Serratula coronata*, каждая площадью от 0.6 до 2.8 га (табл. 3). Первая плантация *Rhaponticum* была заложена осенью 1989 года семенами, полученными из Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Последующие 6 популяций были заложены в 1994-95 гг. семенами местной репродукции. Популяции *Serratula* заложены в 1994-96 гг. семенами местной репродукции, происхождение исходного материала – Ботанический сад Томского ГУ.

Таблица 3  
Исходные параметры агропопуляций *Rhaponticum carthamoides* и *Serratula coronata*

Характеристика участков	Технология посева	семян	почвы	площадь,га	год	заложения	всхожесть полевая,%	норма высева,кг/га	глубина заделки,см	схема размещения,см	сроки
<i>Rhaponticum</i>											
1.	Суглинок	2.8	1995	55	3.0	1-2	70	х	6	подзимний	
2.	Супесь	0.6	1989	58	2.7	2-3	70	х	7	подзимний	
3.	Супесь	1.0	1995	66	2.2	2-3	70	х	10	подзимний	
4.	Песок	1.6	1995	48	10.5	3-4	70	х	2	весенний	
5.	Песок	1.1	1994	39	1.6	2-3	70	х	10	подзимний	
6.	Торфяник	2.0	1994	39	1.6	2-3	70	х	10	подзимний	
7.	Торфяник	0.7	1994	39	1.6	2-3	70	х	10	подзимний	
<i>Serratula</i>											
8.	Суглинок	2.5	1995	70	0.5	1	70	х	10	подзимний	
9.	Песок	2.0	1996	74	0.6	2	70	х	10	подзимний	
10.	Торфяник	1.0	1994	63	0.6	2	70	х	10	подзимний	

Предшествующими культурами на участках в течение трех-четырёх 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 проводили четырехрядной овощной сеялкой СОН-2.8, с междурядьями 70 см. Сроки посева: в 9 вариантах посев подзимний, в середине октября. В одном варианте с

Rhaponticum (песчаные почвы) испытывался сверхранний весенний посев (14 апреля). Норма высева семян Rhaponticum составила 1.6-3.0 кг/га, при массе 1000 штук 12-14 г; Serratula – 0.5-0.6 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 в первые три года в дозах от N60P60K60 до N90P90K90, в зависимости от плодородия участков, за исключением варианта 3, заложенного в 1989 году, где удобрения использовались в течение первых девяти лет. Базовые варианты в первые три года возделывания не подвергались отчуждению надземной биомассы, варианты № 1 и 10 на суглинке – во все годы жизни. В варианте № 3 на супеси – отчуждение ежегодное, № 7 на торфянике – начиная со 2-го года жизни.

Методика исследований. Методика исследований соответствовала «Проекту общесоюзной программы исследований по интродукции лекарственных растений» (Сацыперова и Рабинович, 1990). Частичное обследование популяций проведено в 1998, 2000; подробное – в 2003 году. Изучение онтогенеза и его периодизацию проводили на основе работ Работнова (1983), Заугольной и др. (1988). Возрастные состояния выявляли на основе изучения репродуктивных параметров популяции, биоморфологических особенностей строения структуры корневищ особей и т.д. Популяционные параметры устанавливались с использованием метода подсчета всей генеральной совокупности и метода учетных площадок. Учетные площадки закладывались по диагонали участка, в зависимости от ее величины в 6-9 точках, размером 56-84 м<sup>2</sup> и охватывали 8-12 соседних рядков при длине 10 м.

Учет динамики плотности, смертности основной культуры в онтогенезе вели в пересчете количества особей семенного происхождения на 1 га площади. Динамику растительности в агропопуляциях, ответную реакцию ценоза на антропогенные и природные воздействия учитывали на основе метода феноменологического мониторинга (Заугольнова и др., 1993). При 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 Serratula дополнительно отмечали фазу стеблевания). Влажность почвенного слоя определялась в течение вегетационных периодов 2000-2003 гг. Агрохимические характеристики почвенных разнородностей выполнены в ФГУ ГЦАС "Кировский" (г. Киров). Математическая обработка экспериментальных данных проводилась стандартными методами вариационной статистики.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности развития в вегетационном периоде. В условиях агропопуляций диапазон активной жизнедеятельности Rhaponticum ограничен температурой 2-3° С, Serratula – 7-8° С. 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. К началу момента вегетации почки возобновления Rhaponticum 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 Serratula вегетация начинается поздно, вслед за большинством многолетних трав (табл. 4). В начале мая проникающие с Арктики воздушные массы вызывают заморозки в воздухе и на почве, повторное выпадение снега. В годы с возвратом холодом разница в начале вегетации обоих видов минимальна. Феноритмы развития двух культур разнесены во времени. В целом начало отрастания и зацветания Serratula происходит на 2-3 недели позже Rhaponticum, а завершение вегетации на месяц раньше, с наступлением первых осенних заморозков.

Таблица 4

Прохождение фенофаз популяциями Rhaponticum и Serratula (диапазон многолетних данных)

Участки 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 07.10 09.11

Фазы развития:

Rhaponticum отрастание бутони-зация бутонизация цветение плодоношение вегетация вегетация вегетация отмирание

Serratula покой отрастание стеблевание бутонизация цветение цветение плодоношение отмирание покой

<TABLE>

У Rhaponticum 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. Полноценная репродукция (с выходом семян 48-56 % от массы соцветия) наблюдается в соцветиях, которые цвели на фоне положительного фотопериода. У зацветших при отрицательном фотопериоде семена не завязываются, или они низкого качества. Начало цветения Serratula совпадает с завершением этой фазы у Rhaponticum, а длится она в 2-3 раза дольше – из-за ветвления генеративного побега на боковые, которые постепенно переходят из фазы бутонизации в фазу цветения. В холодное лето сроки зацветания Serratula значительно отстают от средних многолетних дат, сдвигаясь со второй декады июля на начало августа. Выполненные семена присутствуют в соцветиях главных и старших боковых побегов (выход 31-34 %), в соцветиях побегов младших порядков они не обнаруживаются.

Онтогенез. В природе жизненный цикл Rhaponticum продолжается 50 и более лет, средний относительный возраст особей 25-35 лет. В генеративном периоде отмечены растения в возрасте с 6-9 до 30-48 лет (Положий и Некратова, 1986; Постников, 1995). При интродукции онтогенез сильно сокращен – в генеративный период особи вступают на 2-3, сенильный – на 4-5 год жизни, завершение жизненного цикла у большинства особей наблюдается на 6-7 год возделывания. В отдельных случаях единичные особи могут цвести и плодоносить в возрасте 12-15 лет (Анищенко, 1977; Постников, 1995; Головки и др., 1996). Онтогенез Serratula является малоизученным, по данным Постникова (2003), 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 (Савиновская, 2003).

В наших исследованиях по состоянию на 2003 год популяции экидистероид содержащих растений находились на 8-14 году жизни (табл. 5). Чем старше абсолютный возраст, тем выше и относительное возрастное состояние особей. Ни одна из популяций не вступила в завершающую фазу развития жизненного цикла, лишь Rhaponticum, 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 Serratula не завершается и через 12 лет жизни, особи по развитию не отличались от 9-летних.

Таблица 5

Популяционная динамика плотности

*Rhaponticum carthamoides* и *Serratula coronata* в онтогенезе, тыс. шт/га особей

Участки 1-е обследование 2-е обследование 3-е обследование Выживаемость, %  
 возраст численность годы жизни возраст численность годы жизни возраст численность 2-е обследование 3-е  
 обследо-вание

*Rhaponticum*

Календарный год I год жизни 1998 2003 1998 2003

1. Суглинок1 j 121.0 III g1 2.79 VIII g3 0.92 2.3 0.8

2. Супесь j 114.3 IX g3 23.89 XIV ss 14.81 20.9 13.0

3. Супесь2 j 96.0 III v ... VIII v 8.43 ... 8.8

4. Песок3 j 410.0 IV v 12.31 IX g1 5.79 3.0 1.4

5. Песок j 52.0 IV v 25.29 IX g2 14.93 45.2 26.7

6. Торфяник j 56.0 IV g1 19.14 IX g2 4.08 34.2 7.3

7. Торфяник4 j 56.0 IV g1 9.35 IX g2 2.75 16.7 4.9

*Serratula*

Календарный год I год жизни 2000 2003 2000 2003

8. Суглинок1 j 95.0 V g2 10.29 VIII g3 7.68 10.8 8.1

9. Песок j 108.3 IV v 7.14 VII g1 3.07 6.6 2.8

10. Торфяник j 92.2 VI g2 30.50 IX g3 25.03 33.1 27.1

&lt;\TABLE&gt;

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

1 ... без отчуждения во все годы возделывания; 2 ... отчуждение ежегодное;

4... отчуждение со 2-го года возделывания; 3 ... весенний посев (14.04) .

Отмечено влияние гранулометрического состава почвы и сроков отчуждения биомассы на темпы прохождения онтогенеза. На песчаных почвах происходит замедленное развитие растений – на 4-м году возделывания особи *Rhaponticum* оставались в прегенеративном возрасте. Аналогичная закономерность присуща и популяции *Serratula*. Выявленная тенденция сохраняется и в 9-летнем возрасте, при этом популяция *Rhaponticum* 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 5 лет находились в старом генеративном возрасте (2). На суглинках (1, 8), наоборот, наблюдается ускоренное развитие – вступление популяции в старое генеративное состояние наступает на несколько лет раньше. На торфянистых почвах заметных отклонений в сроках прохождения онтогенеза не выявлено – на 4-м году особи вступили в молодой генеративный возраст, который к 9-му году жизни сменился на зрелый генеративный для *Rhaponticum* (6, 7) и старый генеративный для *Serratula* (10).

Динамика плотности. Специфичность реагирования вида к условиям произрастания можно оценить динамикой плотности, а также смертностью особей, отражающейся на плотности. Плотность особей в популяциях *Rhaponticum* в начале ювенильного возраста отражает норму высева и полевую всхожесть. В вариантах 1-3 она соответствовала оптимальным (70-100 тыс. шт/га по Постникову, 1995) и находилась в пределах 96-121 тыс. шт/га. В варианте с весенним посевом (4) плотность была повышенной (410 тыс. шт), а в вариантах 5-7 – пониженной (52-56 тыс. шт). Плотность *Serratula* во всех вариантах соответствовала оптимальной (92-108 тыс. шт).

По результатам 2-го обследования, проведенного 1998-2000 годах, наивысшая плотность *Rhaponticum* 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. На торфянике она была несколько меньшей (19.14 тыс шт). При весеннем сроке посева и ранних сроках отчуждения плотность оказалась в 2 раза меньше оптимальных. На суглинистых почвах она была ниже на порядок. Для *Serratula* 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 плотность и выживаемость особей *Rhaponticum* была присуща агропопуляции на песчаных почвах (5) – 14.93 тыс. шт особей (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 5 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, прежде всего, 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. Исходя из пределов отклонения плотности по отдельным ячейкам ценозов, факторы, вызывающие гибель особей, можно группировать по следующим блокам (в убывающем порядке):  
 ... *Rhaponticum* – избыток влаги, сроки укоса, сроки посева, засоренность, дефицит влаги, возраст;  
 ... *Serratula* – дефицит влаги, избыток влаги (табл. 6).

Песчаные почвы характеризуются наибольшей порозностью, водопроницаемостью и дефицитом влаги в корнеобитаемом слое. Влажность почвы в отдельные летние периоды составляет 2.5-3.1 %, приближаясь к влажности разрыва капилляров пахотного слоя (табл. 7). Популяция *Rhaponticum* (5), основанная на них (табл. 6), обладает наилучшими средними величинами плотности по локусам (от 6.1 до 26.1 тыс. шт), наименьшим средним коэффициентом вариации (50.9 %), и сопровождается при этом максимально возможной величиной плотности (37.1 тыс. шт). Засушливые условия действуют негативно на растения первого года жизни при весеннем сроке посева (4). Это можно объяснить задержкой общего развития особей и корневой системы в частности, что в свою очередь, было обусловлено недостаточной длительностью прохождения этапа стратификации. Для популяции *Serratula* пески (9)

оказались худшим вариантом даже при подзимнем посеве. Здесь плотность по локусам меняется от 0 до 10.7 тыс. шт, средняя изменчивость равна 98.4 %.

Параметры популяции *Rhaponticum* на супеси (2) близки к показателям популяции на песках, несмотря на более старый возраст (14 лет). Фактором изреживания здесь служит завершение жизненного цикла отдельных особей, характеризующееся отмиранием и некротизацией ветвей корневищ, несущих на себе терминальные и боковые почки возобновления. При ежегодном укосе (3) сильная изменчивость по локусам (от 42.2 до 303.0 %) сопровождается внедрением сорных растений в ценоз. Режим возделывания без отчуждения биомассы в первые годы тормозит внедрение и закрепление сорных видов.

Таблица 6

Экологическая устойчивость популяций  
*Rhaponticum carthamoides* и *Serratula coronata* (по состоянию на 2003 год)

Участки Годы жизни Возраст Численность по локусам, тыс. шт на 1 га Коэффициент вариации, Cv %

Факторы смертности особей

средние пределы средний пределы

*Rhaponticum*

1. Суглинок<sup>1</sup> VIII г3 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<sup>2</sup> VIII v 2.6 – 19.1 0 – 30.0 118.5 42.2 – 303.0 засоренность, укос
4. Песок<sup>3</sup> IX г1 0.2 – 14.7 0 – 21.4 98.0 68.8 – 157.5 сроки посева, засуха
5. Песок IX г2 6.1 – 26.1 1.4 – 37.1 50.9 22.8 – 86.6 засушливые условия
6. Торфяник IX г2 1.0 – 9.0 0 – 10.0 67.9 17.4 – 109.5 избыток влажности
7. Торфяник<sup>4</sup> IX г2 0.3 – 9.1 0 – 12.9 134.3 73.0 – 182.1 сроки укоса, влажность

*Serratula*

8. Суглинок<sup>1</sup> VIII г3 0.5 – 13.2 0.0 – 20.0 58.3 16.9 – 73.0 избыток влажности
9. Песок VII г1 0.0 – 10.7 0.0 – 15.7 98.4 73.9 – 119.5 засушливые условия
10. Торфяник IX г3 8.9 – 32.0 4.3 – 64.3 48.5 20.0 – 81.0 дефицит влажности

<\TABLE>

Таблица 7

Сравнительная динамика влажности в корнеобитаемом слое почвы популяций, %

Участки Календарные даты

17.4-11.5 10-23.5 25.5-14.6 18-26.6 12-17.7 03-12.8 25.8-20.9 07.10 09.11 1,8.

Суглинок 25.0\* 29.5 24.8 28.1 24.3 27.4 12.6 14.3 11.4 13.7 ... 17.3 22.1 18.2 22.5 24.3 28.8 2,3.

Супесь 15.8 23.4 13.3 17.5 16.4 20.6 4.4 14.7 3.0 6.3 3.2 5.9 11.1 17.5 13.3 17.3 14.3 22.9 4,5,9.

Песок 12.4 12.6 8.8 11.3 12.7 16.4 3.0 6.3 2.5 4.1 3.1 5.4 8.6 15.1 12.1 13.7 7.7 17.5 6,7,10.

Торфяник 23.9 31.5 8.4 11.9 ... ... 7.7 12.1 4.6 11.9 ... 22.3 22.7 26.3 36.2

<\TABLE>

Примечание: \*... в числителе – средние за 4 года, знаменателе – наибольшие показатели

Популяции на суглинистых и торфяных почвах страдают от избытка влаги в ранневесенний и позднесенний период. На торфяниках высокая влажность обусловлена в первую очередь влагоудерживающей способностью органического вещества, однако легкий гранулометрический состав почвенной толщи (табл. 2) позволяет отводить ее избыток за счет фильтрации. Первоначальная почвенная влажность к середине второй декады мая снижается с 23.9-31.5 % до 8.4-11.9 %. Тем не менее, для такой раноотрастающей культуры, как *Rhaponticum*, присутствие избытка влаги в почве начале отрастания является негативным. И если при этом нижележащие горизонты почвы не успевают пропускать избыток влаги от тающих снегов, то растения погибают из-за перенасыщения корнеобитаемого слоя влагой. Как следствие, популяция изреживается, плотность ее по локусам на 9-й год жизни колеблется в пределах от 1 до 9 тыс. шт (максимальная равна 10 тыс. шт).

На суглинках длительное воздействие избытка влажности на популяцию *Rhaponticum* (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, расположены вдоль осушительных сетей на микровозвышенностях. Плотность среди выживших особей (0.8 %) варьирует от 0.5 до 13.1 тыс. шт, максимальная численность достигает 32.9 тыс. шт/га. Для поздноотрастающей культуры *Serratula* 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, максимальные значения достигают 64.3 тыс. шт. Сокращение численности вызвано дефицитом влаги в части ячеек сообщества. На суглинках популяция *Serratula* была изреженной (численность 0.5-13.2 тыс. шт/га). Выпады были характерны для микропонижений рельефа, но массовой гибели особей, как в случае с *Rhaponticum*, не наблюдалось.

Функционирование таежных экосистем при переувлажнении связано с процессами глее- и подзолообразования при участии анаэробной микрофлоры, трансформирующих инертные формы металлов и органического вещества в химически активные формы токсикантов, нарушающих жизнедеятельность высших растений (Зайдельман, 1992; Яшин и Кауричев, 1996). Индикаторами таких процессов служат увеличение обменной кислотности на участке лет с 4.8 до 4.1 (табл. 2), узкое соотношение Ca:Mg (3.4 на суглинках против 5.8-6.4 на супеси и песках). Запускающим элементом является снижение вертикальной фильтрации, усиление бокового и поверхностного стока, приводящее аккумуляции влаги в микропонижениях. Важную роль в активизации почвенной микрофлоры играют биологически активные вещества органического вещества ценоза, и можно предполагать участие в них вторичных метаболитов растений рода *Rhaponticum* и *Serratula* – экидистероидов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анищенко Е.А. Морфогенез *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin // Растительные ресурсы, 1977, вып. 3. – С. 485-491.
2. Ануфриева Э.Н.; Володин В.В.; Носов А.М.; Гарсия М.; Лафон Р. Состав и содержание экидистероидов в растениях и культуре ткани *Serratula coronata* // Физиология растений, 1998, N 3. – С. 382-389.
3. 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.
4. Зайдельман Ф.Р. Естественное и антропогенное переувлажнение почв.– СПб.: Гидрометеиздат, 1992.– 287 с.
  5. Зайнуллин В.Г., Мишуров В.П., Пунегов В.В., Старобор Н.А., Башлыкова Л.А., Бабкина Н.Ю. Биологическая эффективность двух кормовых добавок, содержащих экдистероиды *Serratula coronata* L. // Растительные ресурсы, 2003, вып 2. – С. 95-103.
  6. Заугольнова Л.Б., Жукова А.А., Комаров А.С., Смирнова О.В. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). – М.: Наука, 1988. – 184 с.
  7. Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В., Комаров А.С., Ханина П.Г. Мониторинг фитопопуляций // Успехи современной биологии, 1993, вып. 4. – С. 402-404.
  8. Машковский М.Д. Лекарственные средства. В 2-х частях. Часть 1. – М.: Медицина, 1993.– 736 с.
  9. Мишуров В.П., Рубан Г.А., Скупченко Л.А. Биологические особенности и оптимальные нормы посева серпухи венценосной в Республике Коми // Мат-лы II Междунар. симп. Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. Т.5. – Пушино, РАСХН, 1977. – С. 761-762.
  10. Мишуров В.П., Тимофеев Н.П. Актуальные задачи по созданию, культивированию и использованию сырьевой базы экдистероид содержащих растений // Мат-лы IX Междунар. симп. по новым кормовым растениям – Сыктывкар, 1999. – С. 121-123.
  11. 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.
  12. Моисеев К.А., Соколов В.С., Мишуров В.П., Александрова М.И., Коломийцева В.Ф. Малораспространенные силосные растения. – Л.: Колос, 1979. – 328 с.
  13. Новиков В.С., Шамарин И.А., Бортновский В.Н. Опыт фармакологической коррекции нарушений сна у моряков в плавании // Военно-медицинский журнал, 1992, № 8. – С. 47-49.
  14. Пчеленко Л.Д., Метелкина Л.Г., Володина С.О. Адаптогенный эффект экдистероидсодержащей фракции *Serratula coronata* L. // Химия растительного сырья, 2002, № 1. – С.69-80.
  15. Положий А.В., Некратова Н.А. Рапонтик сафлоровидный – *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin // Биологические особенности растений, нуждающихся в охране. – Новосибирск, 1986. – С. 198-226.
  16. Постников Б.А. Маралий корень и основы введения его в культуру.– Новосибирск, СО РАСХН, 1995. – 276 с.
  17. Постников Б.А. Видовой состав и ресурсные запасы стеринсодержащего сырья Сибири – нового компонента кормовых добавок, премиксов и лечебных препаратов // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. Сб. науч. трудов. Выпуск 9. – М., РАЕН, 2003. – С. 87-103.
  18. Работнов Т.А. Фитоценология. – М.: МГУ, 1983. – 296 с.
  19. 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.
  20. Сацыперова И.Ф., Рабинович А.М. Проект общесоюзной программы исследований по интродукции лекарственных растений // Растительные ресурсы, 1990, вып. 4. – С. 587-597.
  21. Сейфулла Р.Д. Спортивная фармакология. – М.: Спорт-Фарма Пресс, 1999. – 120 с.
  22. Соболевская К.А. Интродукция растений в Сибири. – Новосибирск, Наука, 1991. – 184 с.
  23. Тимофеев Н.П. Промышленные источники получения экдистероидов. Часть I. Ponasterone и muristerone // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. Сб. науч. трудов. Вып. 9. – М., РАЕН, 2003. – С. 64-86.
  24. Трулевич Н.В. Эколого-фитоценологические основы интродукции растений. – М.: Наука, 1991. – 216 с.
  25. Холопцева Н.П., Михкиев А.И. Введение в культуру маральего корня в Карелии. – Петрозаводск, Карельский НЦ РАН, 1993. – 23 с.
  26. Яшин И.М., Кауричев И.С. Особенности процессов глее- и подзолообразования в почвах таежных экосистем // Известия ТСХА, 1996, вып. 1. – С. 79-98.
  27. Jepson I., Martinez A., Greenland A. J. Gene switch. – US Patent 6,379,945. April 30, 2002.
  28. Lafont R., Dinan L. Practical uses for ecdysteroids in mammals including humans: an update // Journal of Insect Science, 2003. – V. 3; N 7. – 30 pp.
  29. Rossant J., McMahon A. Meeting review "Cre"-ating mouse mutants a meeting review on conditional mouse genetics // Genes & development, 1999. – V. 13; N. 2. – P. 142-145.
  30. Saez E., Nelson M. C., Eshelman B., Banayo E., Koder A., Cho G. J., Evans R. M. Identification of ligands and coligands for the ecdysone-regulated gene switch // Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2000, N. 97. – P. 14512-14517.
  31. Wang S.F., Ayer S., Segreaves W.A., Williams D.R., Raikhel A.S. Molecular determinants of differential ligand sensitivities of insect ecdysteroid receptors // Mol. Cell. Biol., 2000, N. 20. – P. 3870-3879.

### 3.6. Полученные за отчетный период важнейшие результаты

Многолетние исследования экдистероид 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 *Rhaponticum carthamoides* длится не менее 15 лет, а *Serratula coronata* – 12 лет. Гранулометрический состав почвы, сроки посева и отчуждения надземной биомассы влияют на темпы прохождения онтогенеза, на популяционные параметры плотности и выживаемость 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. В начальные периоды развития возможна массовая гибель особей из-за неоптимального водно-воздушного режима среды обитания – как вследствие переувлажнения, так и пересыхания почвенного слоя.
2. Оптимальная величина плотности в ценозе, начиная с 3-4-го года жизни, составляет 23-27 тысяч особей на 1 га для *Rhaponticum carthamoides* и 22-30 тысяч для *Serratula coronata*. Наилучшими являются позднесенние сроки посева, когда физиологические процессы доразвития зародыша в семени происходят в зимние месяцы; с четырех-пятикратным запасом всхожих семян на единицу площади – 2-3 кг/га для *Rhaponticum carthamoides* и 0.5-0.7 кг/га для *Serratula coronata*. При более высоких нормах высева в последующие годы происходит стабилизация численности.
3. Диапазон активной жизнедеятельности *Rhaponticum carthamoides* ограничен температурой 2-3° С, *Serratula coronata* – 7-8° С. К началу вегетации почки возобновления *Rhaponticum carthamoides* увеличиваются в размерах 1.5-2.0 раза, еще находясь под снегом. И если при этом нижележащие горизонты почвы не успевают пропускать

избыток влаги от тающих снегов, то растения погибают из-за перенасыщения корнеобитаемого слоя влагой. У *Serratula coronata* вегетация начинается позднее на 2-3 недели и она менее страдает от избытка ранневесенней влаги в почве.

4. Факторы среды, вызывающие снижение численности особей в ценозе, по значимости можно группировать в следующем порядке):

*Rhaponticum carthamoides* – избыток влаги, сроки укоса, сроки посева, засоренность, дефицит влаги, возраст; *Serratula coronata* – дефицит влаги, избыток влаги.

*Serratula coronata* неустойчива к засушливым условиям среды, особи *Rhaponticum carthamoides* – в 1-й год развития при весеннем сроке посева. При ежегодном укосе сильная изменчивость плотности по локусам сопровождается внедрением сорных растений в ценоз. Режим возделывания без отчуждения биомассы в первые годы тормозит вторжение и закрепление сорных видов.

5. Правильный выбор участка для закладки агропопуляции предопределяет дальнейшую ее судьбу. Для *Rhaponticum 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 (для большинства с/х культур она равна 11-15 %). При влажности до 24-27 % важнейшим условием является отвод избытка влаги из корнеобитаемого слоя до начала вегетации растений. *Serratula 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. Исходя из современных представлений о функционировании таежных экосистем, предполагается, что важную роль в развитии и разрушении процессов экологической устойчивости играет органическое вещество изучаемых видов, содержащих экидистероиды.

Рекомендации производству по созданию и эксплуатации агропопуляций экидистероид содержащих растений *Rhaponticum carthamoides* (рапонтникума сафлоровидного) и *Serratula coronata* (серпухи венценосной) на европейском Севере:

1. В оптимальных условиях возделывания оба вида реализуют эволюционно обусловленный потенциал продуктивного долголетия (до 12-15 лет и более). Выбор участка для закладки агропопуляции предопределяет дальнейшую ее судьбу. Гибель особей возможна при неправильном выборе участка с неблагоприятным водно-воздушным режимом.

2. Отвечающий реальным экологическим условиям модельный вариант участка должен характеризоваться набором следующих параметров:

Объект – агропопуляция с площадью не менее 0,5 га (в среднем 2-4 га). Для *Rhaponticum carthamoides* необходимо выделять влагопроницаемые и хорошо аэрируемые в осенне-весенний период супесчаные, песчаные или осушенные торфянистые почвы с высоким уровнем плодородия. Для *Serratula coronata* наиболее подходящими являются осушенные торфянистые почвы, в меньшей степени – суглинистые и супесчаные. Местоположение популяций – на средних, высоких или пологих частях рельефа. Участок должен быть компактной, не узковытянутой формы, оптимальная ширина его не менее 35-40 м. Предыдущие культуры в севообороте – однолетние и пропашные культуры.

3. В начальные периоды развития возможна массовая гибель особей из-за неоптимального водно-воздушного режима среды обитания как вследствие переувлажнения, так и пересыхания почвенного слоя. Влажность пахотного слоя почвы для *Rhaponticum carthamoides* может колебаться от 3-6 до 24-27 %, но при максимальных показателях важнейшим условием выживания вида является отвод избытка влаги с участка до начала вегетации растений. *Serratula coronata* предпочитает почвы с более высокой влажностью (от 17 до 36 %), но погибает на участках с застойным водным режимом.

4. Наилучшим сроком посева является подзимний, с междурядьями 70 см, с четырех-пятикратным запасом всхожих семян на единицу площади – 2-3 кг/га для *Rhaponticum carthamoides* и 0.5-0.7 кг/га для *Serratula coronata*. Даже при самых ранних весенних сроках всходы сильно изреживаются, растения отстают в развитии. При высоких нормах высева в последующие годы происходит стабилизация численности особей. Оптимальная плотность всходов составляет 70-100 тысяч; с 3-4-го года жизни – 24-27 тысяч особей на гектар для *Rhaponticum carthamoides* и 22-30 тысяч для *Serratula coronata*.

5. Отчуждение надземной биомассы, начиная с первых лет жизни, приводит к задержке общего развития в онтогенезе, снижению экологической устойчивости.

### 3.7. Степень новизны полученных результатов

Предусмотренная проектом комплекс работ проводилась впервые за всю историю интродукции экидистероид содержащих растений – в условиях агропопуляций, одновременно по разным видам, возрастам и экологическим нишам. В результате исследований 10 популяций установлены сравнительные особенности развития видов по фенофазам и в онтогенезе, популяционные параметры плотности, их динамика, факторы экологической устойчивости, в т.ч.:

1. Впервые изучен онтогенез *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin и *Serratula coronata* L. в течение 14 лет возделывания в агроценозе.
2. Выявлен потенциал долголетия видов по основным почвенным разновидностям природной зоны (песчаные, супесчаные, суглинистые и торфянистые).
3. Установлены оптимальные параметры жизнедеятельности (водно-воздушный режим, почвы, сроки и нормы высева, плотность).
4. Определены факторы экологической устойчивости, вызывающие гибель и сокращение длительности жизненного цикла особей, установлены их значимость и приоритет.
5. Рассмотрена роль растительного органического вещества, содержащих биологически активные вещества – экидистероиды, в развитии и разрушении процессов экологической устойчивости.

6. Разработаны рекомендации по созданию и эксплуатации агропопуляций экидстероид содержащих растений *Rhaponticum carthamoides* и *Serratula coronata* на европейском Севере.

### 3.8. *Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем*

Изучение экидстероидов – направление биологии, открывающее широкий простор фундаментальным и прикладным научным разработкам. Наука по экидстероидам включает исследования как проблем генетики, клеточной и молекулярной биологии, физиологии человека, животных и растений, так и коммерческие предложения, направленные на решение реальных задач в области химии, биотехнологии, фармакологии, медицины, энтомологии и ряда областей сельского хозяйства.

Учитывая экономическую и биологическую их важность, за последние три десятилетия были приложены значительные усилия по скринингу мировой флоры с целью выявления видов-сверхпродукторов, изучению практических возможностей использования в различных областях биологии и медицины.

Различные государства в качестве источников экидстероидов предлагают такие сырьевые ресурсы, как корневища папоротникообразных (*Polipodium vulgare*), хвоя подокарповых (*Podocarpus nakaii*, *P. macrophyllus*, *P. reichei*) и тисовых (*Taxus canadensis*, *T. chinensis*, *T. cuspidata*). семена эндемичных растений из рода *Tropaneae*, произрастающие на южных склонах Гималайских гор, а также грибы из семейства свинушковых – *Rhizolaccariae*, ракообразные и насекомые (куколки тутового шелкопряда – *Bombix mori* и т.д.)

К сожалению, большинство экидстероид содержащих растений обладают рядом отрицательных моментов, не позволяющих использовать их в промышленных масштабах. Главный сдерживающий фактор – они труднодоступны, встречаются рассеянно или одиночно, только в дикорастущем виде и не известны в культуре. Места их произрастания приурочены к припойменным зарослям луговых кустарников, лесным опушкам и вырубкам, заболоченным торфяникам, пустырям, обочинам дорог и канавам, берегам озер, рек и речек или же подножиям скал на высокогорных участках. Интродукция в абсолютном большинстве случаев не проводилась или представляет серьезные трудности.

К числу важнейших экидстероид содержащих растений, являющихся видами-сверхконцентраторами и служащими отечественными промышленными источниками получения экидстероидов, относятся *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin и *Serratula coronata* L., интродуцированные в различных регионах Российской Федерации, в т.ч. на европейском Севере. На эти виды возлагаются большие надежды в разработке новых классов фармпрепаратов и биологически активных добавок к пище, а также экологически безопасных средств борьбы с насекомыми-вредителями.

Изучение *Rhaponticum carthamoides* научными учреждениями было начато еще в 1927 году на территории бывшего СССР, и активно проводилось в 50-60-е годы во многих его регионах (Кушке и Алешкина, 1955; Положий и Некратова, 1986). *Serratula coronata* начала изучаться с конца 80-х – в начале 90-х годов. Исследования эти ограничены или индивидуальными растениями, или условиями коллекционных питомников и экспериментальных полей, вне их связи с продуцируемыми метаболитами – экидстероидами. Попытки внедрения результатов этих исследований в производственную практику с целью создания крупномасштабных плантаций не увенчались успехом. Как показывает анализ проблем, предыдущие изыскания были ориентированы на отдельные аспекты жизнедеятельности видов, и зачастую рассматривались в идеализированной среде – без учета факторов экологического воздействия среды и антропогенного воздействия.

В настоящей работе разработана часть комплекса научных основ по созданию и эксплуатации устойчивых в реальном ценозе промышленных плантаций экидстероид содержащих растений на Европейском Севере, оптимизированных к воздействию среды и антропогенных нагрузок. Проект направлен на проведение комплексных исследований для познания процессов, лежащих в основе стабильного существования агросистем растений-интродуцентов, используемых в качестве источников возобновляемого лекарственного сырья.

### 3.9. *Методы и подходы, использованные в ходе выполнения проекта*

В исследовательской работе сочетались популяционные, модельные, полевые, лабораторные и аналитические методы, охватывающие 2 вида растений, 4 почвенные разновидности и 10 агропопуляций, включающих:

- ... описание почвенных разновидностей;
- ... исследование водно-воздушного режима пахотного слоя;
- ... модельные опыты по факторам антропогенного и экологического воздействия на агроценоз,
- ... полевые опыты со сроками посева;
- ... исследование популяционных параметров плотности, факторов смертности особей;
- ... сравнительные фенологические наблюдения роста и развития;
- ... описание возрастных состояний полного онтогенеза;
- ... фитомониторинг популяций;
- ... отбор и подготовка образцов для химических анализов;
- ... лабораторные анализы агрохимических показателей;
- ... математическая обработка и статистический анализ данных;
- ... текстовая и графическая обработка данных;
- ... работа с литературными источниками;
- ... обобщение и теоретический анализ проблемы, результатов исследований;
- ... разработка рекомендаций производству;
- ... составление промежуточного отчета.

#### 3.10.1. *Количество научных работ, опубликованных в ходе выполнения проекта*

0

#### 3.10.2. *Количество научных работ, подготовленных в ходе выполнения проекта и принятых к печати в 2003 г.*

0

#### 3.11. *Участие в научных мероприятиях по тематике проекта, которые проводились при финансовой поддержке Фонда*

1

#### 3.12. *Использовалось ли оборудование центров коллективного пользования*

нет

#### 3.13. *Участие в экспедициях по тематике проекта, проводимых при финансовой поддержке Фонда*

0

#### 3.14. *Финансовые средства, полученные от РФФИ*