

*На правах рукописи*



**Холопцева Екатерина Станиславовна**

**ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
РЯДА ВИДОВ АСТРАГАЛОВ**

**03.00.12 - физиология и биохимия растений**

**АВТОРЕФЕРАТ**

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

**Петрозаводск  
2001**

Работа выполнена в лаборатории экологической физиологии растений  
Института биологии Карельского научного центра РАН

Научный руководитель:

доктор биологических наук, старший научный сотрудник В.К. Курец

Официальные оппоненты:

доктор сельскохозяйственных наук, академик РАСХН, профессор

Е.И.Ермаков

доктор биологических наук, старший научный сотрудник

Н.П.Чернобровкина

Ведущая организация: Государственный научный центр РФ –  
Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства  
им. Н.И.Вавилова (г. Санкт-Петербург)

Защита состоится 26 декабря 2001 г. в 14 часов 15 мин. на заседании  
диссертационного совета К 002.035.01 по присуждению ученой степени  
кандидата биологических наук при Институте биологии Карельского  
научного центра РАН по адресу:

185610, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11. Тел./Факс: (8142) 779810

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Карельского научного  
центра РАН

Автореферат разослан «20» ноября

2001 г.

151465K

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат биологических наук

Л.В.Топчнева



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Дефицит растительного белка в кормопроизводстве и усиление антропогенного воздействия на природу вызывает необходимость расширения видового состава полевых культур. Одним из путей решения этой проблемы является интродукция в полеводство новых видов. В этой связи особый интерес представляют бобовые культуры богатые белком, способствующие улучшению почвы путем накопления азота через симбиоз с клубеньковыми бактериями. Род астрагалов насчитывает около 3000 видов (Yakovlev, 1996) и включает растения различные по своим свойствам: кормовые, декоративные, лекарственные и ядовитые.

Результативность введения новых видов определяется степенью соответствия требований растений к условиям среды, в которой им предстоит адаптироваться. Среда и растение являются комплексными системами, и для исследования их взаимосвязей необходим системный подход. Изучение объектов в естественных условиях требует большой статистики. Из-за тесной взаимосвязи факторов среды не всегда удается оценить силу влияния каждого из них. В полевых условиях менее всего поддаются регулированию свет и температура, факторы, оказывающие наибольшее влияние на первичный процесс продуктивности растений - фотосинтез. Температура же определяет границы ареалов видов и широту их распространения. Решению данных вопросов служит лабораторный планируемый эксперимент. Статистические модели, полученные по данным многофакторных экспериментов, можно рассматривать как эколого-физиологические характеристики вида растений на определенном этапе онтогенеза (Курец, Попов, 1991).

Изучение требований растений к уровням напряженности экологических факторов на основе сочетания лабораторных и полевых экспериментов позволяет выявить соответствие предлагаемых для интродукции видов климатическим условиям региона, в частности Карелии.

Цель и задачи исследований. Цель работы - выявление температурных границ зон терморезистентности и свето-температурных зависимостей первичного процесса продуктивности - нетто-фотосинтеза бобовых растений рода *Astragalus* - Астрагала нутового, А. серпоплодного, А. сладколистного в сравнении с районированной бобовой культурой клевером луговым (красным) сорт Нива для определения возможности их интродукции в условиях Карелии.

В задачи работы входило:

1. Выявить условия и уровни потенциальных максимумов нетто-фотосинтеза астрагалов и клевера и оптимальные световые и температурные диапазоны газообмена

2. Определить температуры границ зон терморезистентности астрагалов и клевера, а так же возможности их расширения путем закалки растений.

3. Исследовать динамику роста, нарастания биомассы и фенологию изучаемых видов астрагалов в сравнении с клевером луговым сорт Нива.

**Научная новизна.** Впервые исследованы свето-температурные характеристики и определены условия максимума и оптимума нетто-фотосинтеза четырех бобовых растений: А.нутового, А.серпоплодного, А.сладколистного и Клевера лугового;

определены границы температурных зон незакаленных и закаленных растений трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива;

показано соответствие эколого - физиологических характеристик, полученных в лабораторных экспериментах и результатов полевых экологических исследований видов, что открывает возможности использования в интродукции физиологических лабораторных методов, основанных на многофакторном анализе;

установлено, что все три вида астрагалов обладают сходными температурными характеристиками, близкими средним климатическим условиям Карелии.

**Практическая значимость.** Определение эколого-физиологических характеристик видов - А.нутового (*A.cicer* L.), А.серпоплодного (*A.falcatus* Lam.) и А.сладколистного (*A.glycyphyllus* L.) - позволяет рекомендовать их для интродукции с целью расширения видового разнообразия флоры и повышения качества кормовой базы Северо-Запада и, в частности, Карелии.

**Апробация работы.** Материалы диссертации были представлены на межвузовской научной конференции «Пути использования природных ресурсов Карелии» (Петрозаводск, 1990), II Международном симпозиуме «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования» (Пушино, 1997), Международном совещании «Проблемы озеленения северных городов» (Петрозаводск, 1997), III(X) съезде Русского ботанического общества «Проблемы ботаники на рубеже XX-XXI веков» (Санкт-Петербург, 1998), Международной конференции и выездной сессии отделения общей биологии «Биологические основы изучения, освоения и охраны животного мира, почвенного покрова Восточной

Фенноскандии» (Петрозаводск, 1999), VII конференции молодых ученых «Проблемы физиологии растений и генетики на рубеже III-го тысячелетия» (Киев, 2000) и на 3-м рабочем семинаре «Introduction of plants belonging to the botanical families Fabaceae (Leguminosae) to the primeval forest zone of eastern Fennoscandia» (Joensuu, 2001).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 24 научных работы, включая 4 статьи.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, выводов и списка литературы. Работа изложена на 123 страницах, содержит 13 таблиц и 17 рисунков. Список цитируемой литературы включает 135 наименования, в том числе 34 на иностранных языках.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Обзор литературы

Анализ литературных данных по бобовым культурам показал, что достаточно подробно изучен химический состав растений (Townsend, 1978; Elenga, 1986, 1987; Alania, 1983; Davis, 1986), ботанические характеристики и агротехника выращивания (Белолипов, 1984; Сагалбеков, 1987; Carleton, 1971; Abernethy, 1987), ценопопуляционный и генетический анализ отдельных видов астрагалов. Установлено, что бобовые растения отличаются от многих других видов измененной напряженностью физиологических процессов - повышенным уровнем поглощения углекислоты и несколько сниженным дыханием, что может быть объяснено наличием симбиотических отношений с клубеньковыми бактериями (Посыпанов, 1994). Однако, физиологические исследования астрагалов довольно ограничены и в приводимых источниках отсутствуют сведения об основных показателях эколого-физиологической характеристики - терморезистентности и первичного процесса продуктивности -  $CO_2$ -газообмене.

### Глава 2. Объекты и методы исследований.

Мелкоделяночные опыты проводили на Агробиологической станции института, которая расположена в 2 км к югу от Петрозаводска и входит в Южную агроклиматическую зону Карелии. Период со среднесуточными температурами выше  $5^\circ$  составляет 145-155 дней. Период со среднесуточной температурой воздуха  $15^\circ$  - 45-50 дней. Безморозный период - 110-140 дней. Средняя месячная температура воздуха самого холодного месяца - февраля -  $-10^\circ$ , самого жаркого - июля -  $+17^\circ$ . Господствующие

ветры - летом северные и северо-восточные, зимой западные и юго-западные.

Количество осадков за летний период составляет 200-250 мм, а за год 550-600 мм (Романов, 1961). Для территории южной Карелии характерны глеево-подзолистые суглинистые и глинистые почвы (Почвы Карелии, 1981).

Объектами исследований являются представители семейства Бобовые (Leguminosae): три вида травянистых многолетних астрагалов - А. нутовый (*Astragalus cicer* L.), А. серпоплодный (*A. falcatus* Lam.) и А. сладколистный (*A. glycyphyllus* L.), а так же клевер луговой (красный) (*Trifolium pratense* L.).

А. нутовый (хлопунец) - по питательной ценности близок к клеверу и люцерне. Используется как кормовое, лекарственное, декоративное и почвоулучшающее (Townsend, 1986). А. серпоплодный - растение зимостойкое, отавное, озимого типа. Рекомендуются как сенокосная, силосная кормовая культура, а так же декоративное и лекарственное растение (Вагапов, 1963), хорошо окультуривает почву (Медведев, Сметанникова, 1981). А. сладколистный - сведения об этом растении, как кормовом, противоречивы, но после предварительного изучения сделаны выводы о возможности улучшения его хозяйственно-полезных признаков с использованием различных генетических методов (Колесников, 1993). В качестве контроля в опыте взят одноукосный, среднеспелый клевер луговой сорт Нива, выведенный на Архангельской гос. сельскохозяйственной опытной станции и рекомендованный к выращиванию в Северном регионе с 1994 года (Гос.реестр, 1998).

Опыты проводились с растениями, выращенными в лабораторных и полевых условиях.

Фенологические и ростовые наблюдения проводили в коллекционном питомнике. Растения высаживались по одному в лунке рядами по 15 растений в каждом. Расстояние между растениями в рядке - 30 см, между рядками - 70 см. В течение 5 лет проводили сравнительную оценку видов по комплексу хозяйственно-полезных признаков и времени наступления фенофаз (Бейдеман, 1974). Зимостойкость определяли по количеству перезимовавших растений в % от первоначально высаженных в питомник. Интенсивности отрастания, форму и мощность куста определяли глазомерной оценкой по 10 бальной системе, используя методические указания по изучению многолетних трав, разработанные ВИР. В результате наблюдений были отобраны три вида астрагалов, которые успешно перезимовали, сохранили мощность растений и имели соответствующий

условиям выращивания фенологический спектр. Для дальнейших исследований за этими видами в 1996 году был заложен интродукционный питомник, в котором наблюдения за растениями проводили в течение 4-х лет, начиная со 2-го года после посева: изучали динамику роста побегов и вели фенологические наблюдения. Исследования динамики роста и нарастания биомассы растений астрагалов первого года развития проводили в мелкоделяночном питомнике (с площадками 1м<sup>2</sup>) в 4-х кратной повторности три года подряд (Доспехов, 1985).

Определение химического состава растений проводили в фазе начала цветения. Сухое вещество, протеин, жир, клетчатку, БЭВ и макроэлементы определяли общепринятыми методами в трех повторностях (Разумов, 1986; Петербургский, 1968). Состав микроэлементов исследовали эмиссионным спектральным методом на спектрографе СТЭ-1 и фитометрированием на микрофотометре МФ-4 (Методы биохимического исследования растений, 1972).

Изучение температурных характеристик астрагалов и клевера проводили в условиях лабораторного эксперимента на растениях астрагалов в фазе 6 - го и клевера - в фазе 7-го листа. Терморезистентность определяли методом промораживания высечек из листьев в микрохолодильниках или прогревом в термостатах Геплера с последующим определением температуры гибели палисадных клеток (ЛТ50) путем микроскопирования (Дроздов, Балагурова, 1990). Помимо этого, границы температурных зон устойчивости определяли по изменению интенсивности CO<sub>2</sub>-газообмена интактных растений в последствии температур разных зон (Курец, Попов, 1988).

Световые и температурные характеристики CO<sub>2</sub>-газообмена интактных растений определяли в лабораторном многофакторном планируемом эксперименте в двух повторностях. Использование регрессионного анализа позволило получить для каждого вида астрагала уравнения связи второго порядка:

$$P = b_0 + b_1E + b_2T + b_3ET + b_4E^2 + b_5T^2$$

где:

P - интенсивность видимого фотосинтеза, мгСО<sub>2</sub>/(г ч)

E - освещенность, клк

T - температура воздуха, °С

b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub>, b<sub>5</sub> - коэффициенты, определяемые по экспериментальным данным. Анализ моделей позволил определить потенциальные максимумы газообмена и границы областей температурных и световых оптимумов.

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$  - коэффициенты, определяемые по экспериментальным данным. Анализ моделей позволил определить потенциальные максимумы газообмена и границы областей температурных и световых оптимумов.

### Глава 3. Результаты исследований

1. Сравнительная характеристика видов по основным хозяйственно-полезным признакам.

Из 10 видов астрагалов, высаженных в интродукционный питомник в 1988 году к 1994 году остались только три: А.нутовый, А.серпоплодный и А.сладколистный, которые успешно переносили зимы и имели хорошую интенсивность отрастания и мощност, ежегодно цвели и давали зрелые семена. Фенологические наблюдения показали, что по сравнению с постепенно выпавшими у этих видов относительно короткий период вегетации и более ранние сроки вступления в фазу бутонизации, цветения и плодоношения (рис. 1).

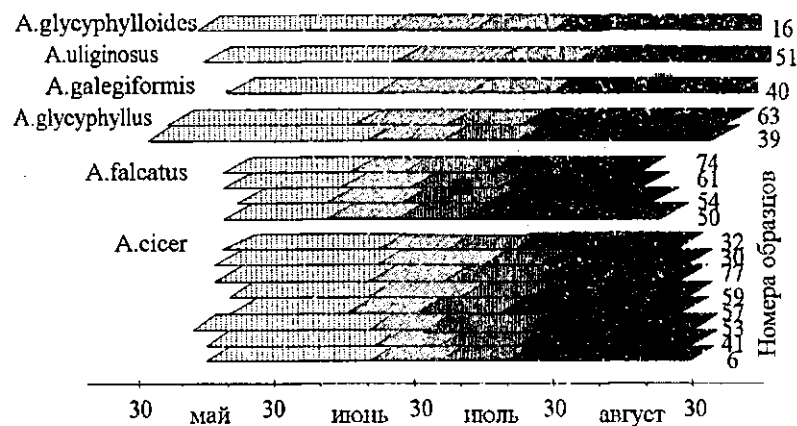


Рис. 1 Фенологические спектры некоторых видов астрагалов (1991-1994 гг.)

Обозначения: Фаза вегетации Фаза цветения  
 Фаза бутонизации Фаза плодоношения

### 2. Оценка химического и минерального состава растений.

Содержание протеина в растениях в фазу стеблевания и цветения колебалось от 20,37 % у А.сладколистного до 13,8 % у А.галеговидного. Астрагалы обладают богатым качественным аминокислотным составом, включающим 7 из 8 известных незаменимых кислот. По содержанию жира и клетчатки изучаемые виды различались незначительно - от 1,8 % жира на сухое вещество у А.галеговидного до 2,4 % у А.сладколистного. У А.серпоплодного несколько выше содержание клетчатки (28,3 %), сухого вещества (31,6 %) и Са (0,85 %). Исследованные виды незначительно различались по содержанию фосфора: от 0,73 % у А.нутового до 0,77 % у А.сладколистного и А. ложносладколистного. Меньшее содержание фосфора наблюдалось у А.галеговидного (0,57 %). Изученные виды довольно сильно отличаются по количеству микроэлементов. Наиболее богат по общему содержанию хрома, бария и железа А.сладколистный (1,22; 18,05 и 291,5 мг/кг сух. в-ва соответственно), по количеству никеля, титана, алюминия - А.галеговидный (2,07; 33,3 и 339,6 мг/кг сух.в-ва соответственно). По количеству ванадия и молибдена - А.серпоплодный (0,83 и 4,33 мг/кг сух. в-ва).

3. Особенности роста растений и нарастания биомассы в первый год вегетации.

Исследования динамики роста трех видов астрагалов во все годы наблюдений показали, что наибольшей максимальной длины достигали однолетние побеги у А.нутового (47-76 см). А.сладколистный и А.серпоплодный мало отличались между собой (28 - 58 см). Все виды астрагалов по этому показателю уступали клеверу луговому сорт Нива (65-84 см).

Урожай по надземной сухой массе во все годы изучения у астрагалов был значительно ниже, чем у клевера лугового (рис. 2). Изучение динамики нарастания общей сухой биомассы растений (корни+стебли+листья) показало, что у астрагалов и клевера лугового распределение продуктов фотосинтеза различно, как в течение вегетационного периода, так и между повторностями по разным годам. Наименьшую максимальную общую биомассу во все годы имел А.сладколистный (1,3-2,7 г / на 1 растение) и накапливал ее медленнее, но более равномерно в процессе всего периода роста (рис. 3).

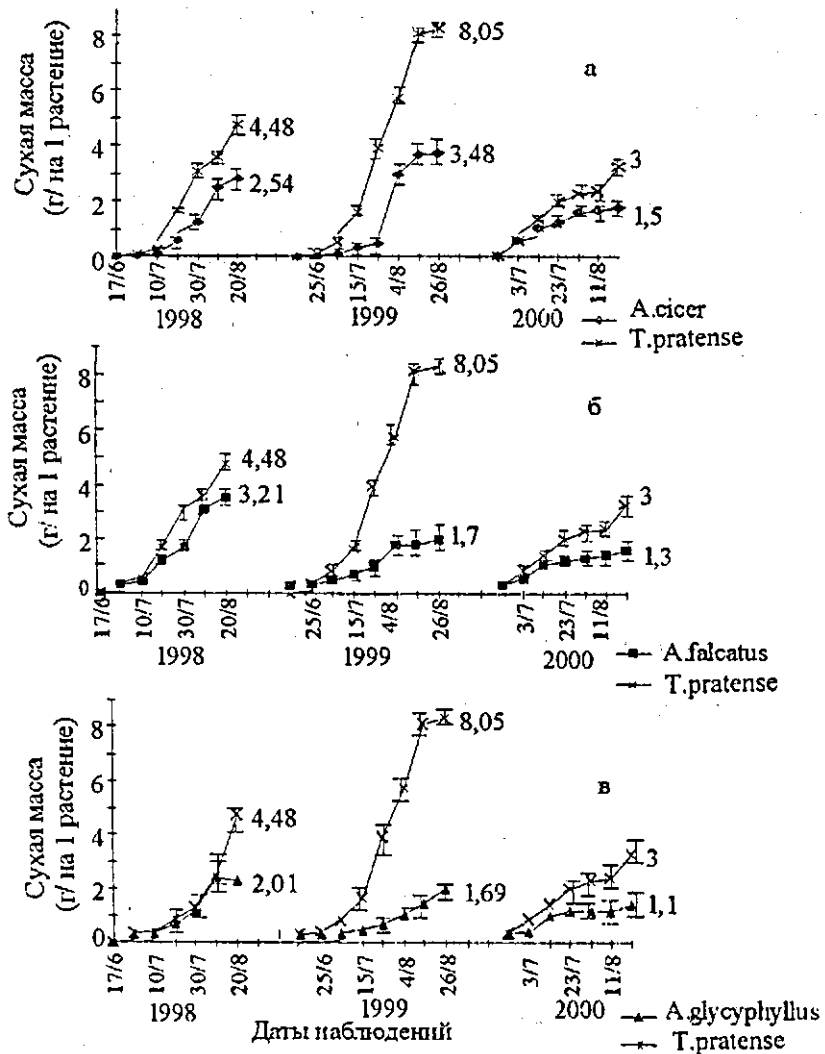


Рис. 2 Динамика накопления надземной биомассы трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива (1998-2000 г.)

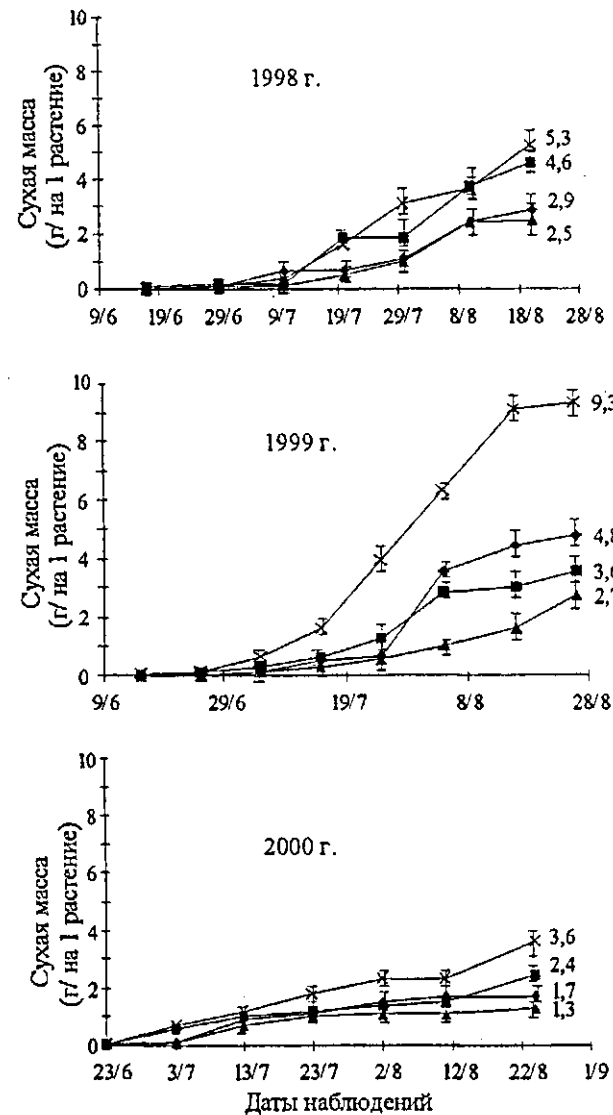


Рис. 3 Динамика накопления общей биомассы трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива  
 — A. cicer — A. glycyphylus  
 — A. falcatus — T. pratense

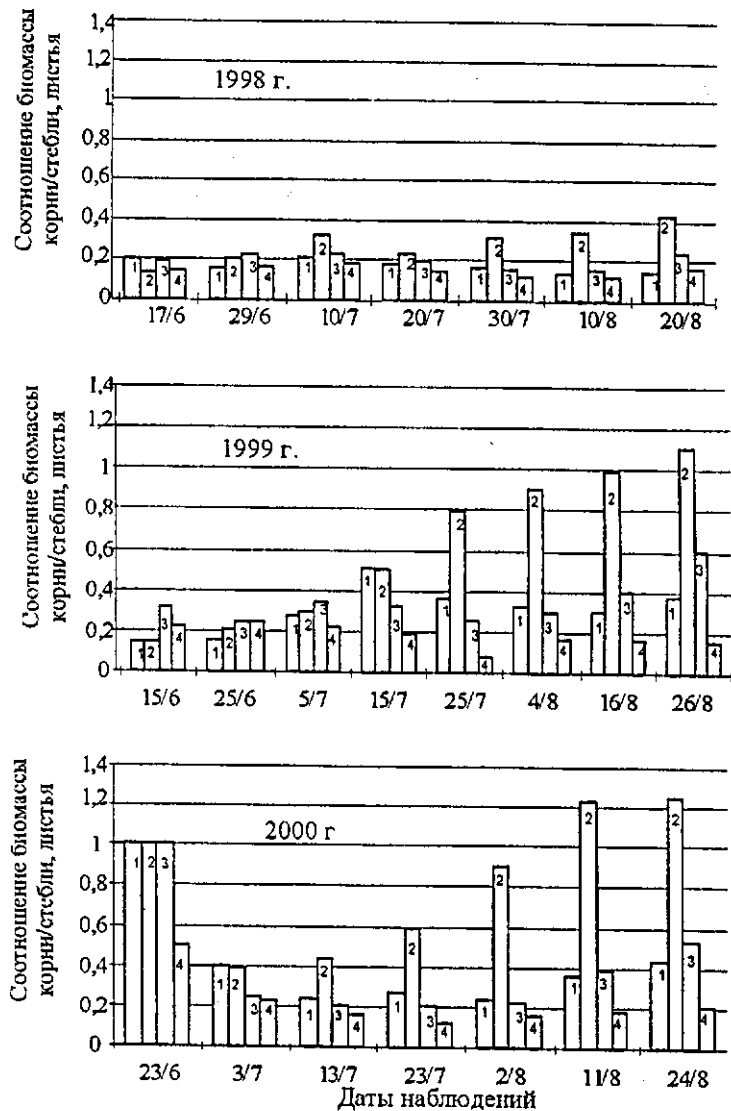


Рис.4 Соотношение подземной (корни) и надземной (стебли, листья) биомассы у трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива

- |                      |                          |
|----------------------|--------------------------|
| 1 <i>A. cicer</i>    | 3 <i>A. glycyphyllus</i> |
| 2 <i>A. falcatus</i> | 4 <i>T. pratense</i>     |

Характерной особенностью для *A. серпоплодного* является нарастающее в течение вегетационного сезона соотношение биомассы корней к приросту биомассы надземной части (рис. 4). В результате этого, общая биомасса растений *A. серпоплодного* (рис. 3) значительно увеличивается (от 2,4 до 4,6 г/ на 1 растение), по сравнению с надземной (рис. 2б) и в некоторых случаях становится больше, чем у *A. сладколистного* и *A. нутового* (рис.3 1998, 2000 гг.)

4. Динамика роста и фенологические изменения трех видов астрагалов на протяжении нескольких вегетационных сезонов.

Сравнительная оценка динамики роста растений астрагалов показала, что *A. серпоплодный* несколько уступает другим видам по длине побегов (43-67 см) и достигает своего максимума на 5 -й год развития (67,2 см). *A. нутовый* (83,8 см) несколько превосходит *A. сладколистный* (75,4 см) в условиях влажного лета 1998 года и значительно отставал от последнего в засушливое и жаркое лето 1999 года, достигая 53,2 см. Кроме того, у *A. сладколистного* наблюдается значительное нарастание длины побегов в зависимости от возраста растений - от 68,1 см на 2-м до 109,5 см на 5-м году развития.

Фенологические спектры астрагалов во все годы изучения вполне соответствовали таковым у клевера лугового. Несколько позже в фазу цветения вступал *A. нутовый*, успешное созревание семян которого достигалась укорочением фазы плодоношения.

5. Влияние света и температуры на первичную продуктивность интактных растений астрагалов и клевера лугового.

Результаты исследований показали, что максимальные и оптимальные уровни нетто-фотосинтеза астрагалов заметно различаются (табл.1). Уровень нетто-фотосинтеза астрагалов значительно выше, чем у клевера при близких значениях температур и освещенности.

Средний по продуктивности астрагал сладколистный является довольно устойчивым к изменению температуры и освещенности - он имеет наиболее широкий температурный диапазон оптимума (в пределах от 14 до 36°C) и ниже границу оптимума по свету. Интенсивность фотосинтеза наиболее продуктивного *A. серпоплодного* сильнее, чем у других видов зависит от освещенности и температуры и имеет наибольшую силу влияния по этим показателям и более высокий световой максимум и оптимум. Промежуточное положение по свето-температурным характеристикам занимает малопродуктивный астрагал нутовый, нетто-

фотосинтез которого менее, чем у других видов зависит от освещенности, но при этом он имеет сравнительно узкий диапазон температур оптимума фотосинтеза (от 14 до 32°C).

Таблица 1. Световые ( $\bar{E}$ ) и температурные (T) условия максимумов (max) и оптимумов (opt) нетто-фотосинтеза (Ph) интактных растений астрагалов трех видов и клевера лугового сорт Нива

Вид	Ph max мг/(г ч)	Ph opt мг/(г ч)	E max клк	T max °C	E opt клк	T opt °C	Сила влияния	
							$\frac{E^{Ph}}{E}$	$\frac{Ph}{T}$
<i>A.cicer</i>	27,10	24,39	48	23,2	32	14-32	0,17	0,3
<i>A.falcatus</i>	43,06	38,74	53	24	34	16,5-33,5	0,22	0,51
<i>A.glycyph</i>	33,28	29,89	47,5	26	31	14-36	0,21	0,3
<i>T.pratense</i>	20,09	18,08	45	24,5	30	15-35	0,15	0,2

Световые кривые видимого фотосинтеза (рис. 5) исследуемых видов имеют максимумы в пределах освещенности от 40 до 50 клк. Температуры выше 30°C понижают интенсивность видимого фотосинтеза, что происходит, вероятно, в результате несбалансированного возрастания дыхания. По мере увеличения интенсивности света максимум газообмена смещается в сторону повышенных температур (рис.6), а его уровень и положение на температурной шкале зависит от вида.

Исследования показали, что вид с более высоким уровнем нетто-фотосинтеза, *A.серпоплодный* (43,06 мг/(г ч)), нуждается в более высокой температуре и освещенности для проявления своих потенциальных возможностей. Однако, если учесть, что он имеет более высокий уровень оптимума, в сравнении с менее требовательными к теплу *A.нутовым* и *A.сладколистным*, то в равных условиях пониженных температур фотосинтез *A.серпоплодного* будет не ниже, чем у более холодостойких видов. Преимущество последних возможно проявится только при низких температурах в сочетании с низкими освещенностями. В отличие от астрагалов клевер луговой проявил себя менее свето- и теплолюбивым.

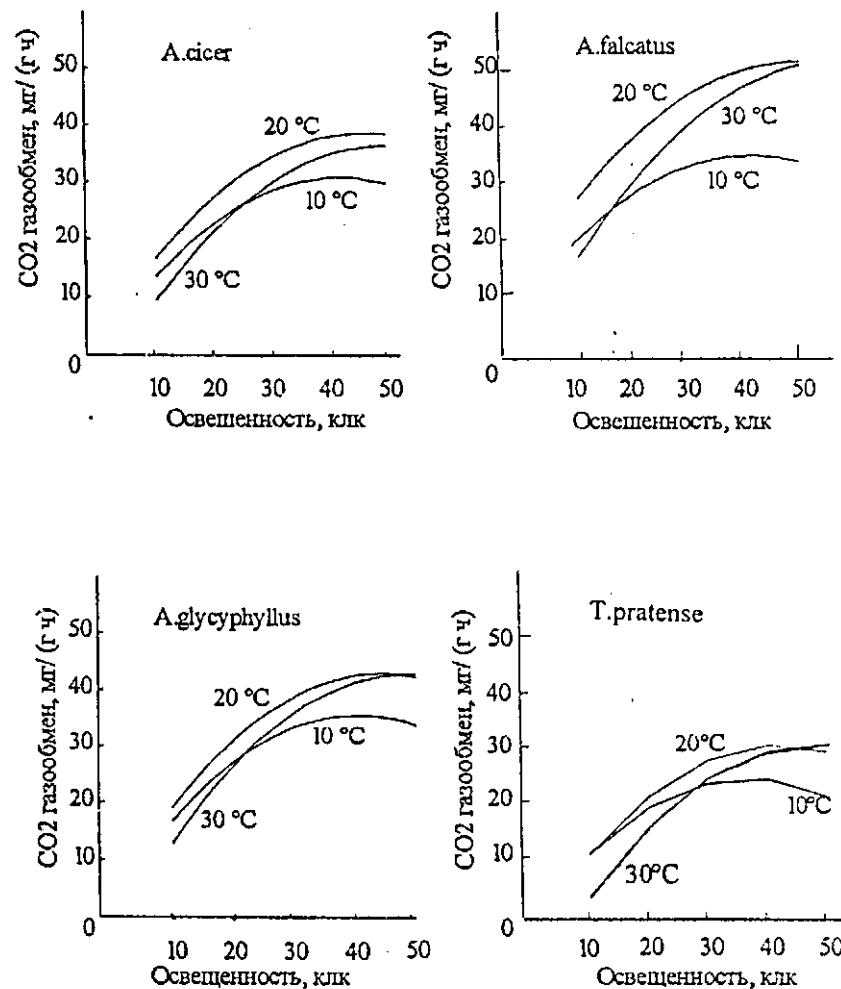


Рис. 5 Световые кривые видимого фотосинтеза интактных растений трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива



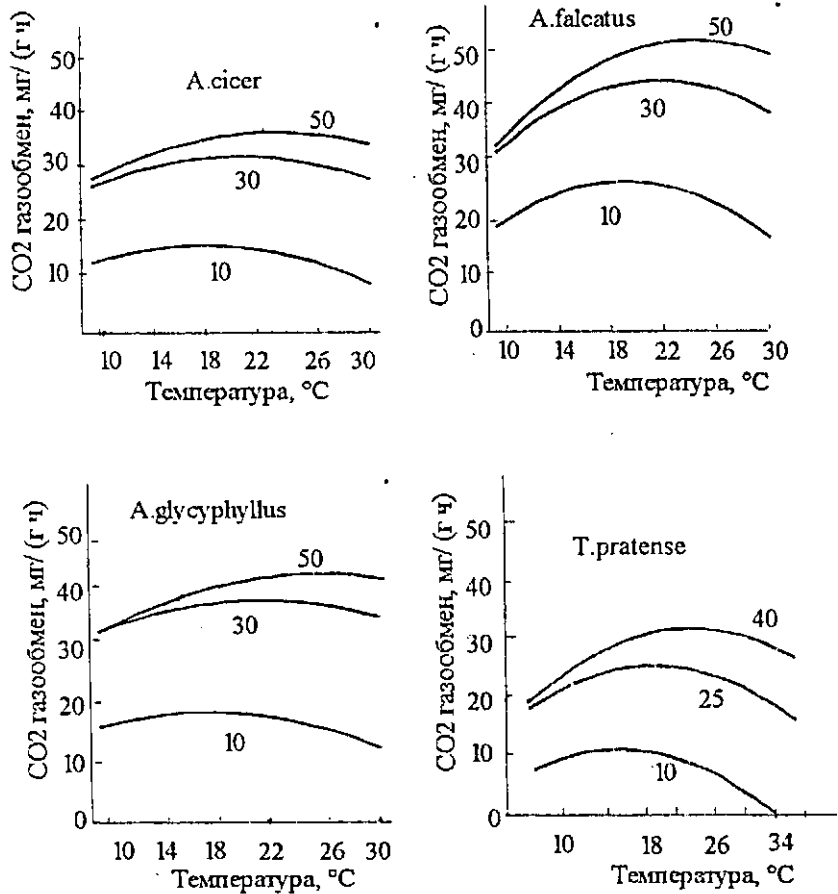


Рис. 6 Температурные кривые нетто-фотосинтеза трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива

151465K

6. Терморезистентность изучаемых видов, границы устойчивости возможности их расширения

Исследования терморезистентности астрагалов показали, что температуры в пределах 9-26°C для *A. нутового*, 10-26°C для *A. серпоплодного* и 9-25°C для *A. сладколистного* не изменяют их устойчивость как к промораживанию, так и к прогреву и относятся к фоновой зоне (Дроздов и др., 1984). Закаливающими к холоду и теплу соответственно являются температуры: от 0 до 9°C и от +26 до 39°C для *A. нутового*, от -1 до 10°C от 26 до 38°C для *A. серпоплодного* и от -2 до 9 °C и от 25 до 39°C для *A. сладколистного*.

Закаливание растений при температуре +3°C в течение 3-5 суток повышает устойчивость листьев к промораживанию в среднем на 2-3°C и позволяет растениям астрагалов выдерживать без повреждения температуры до -3-5°C (рис. 7 а,б).

Действие температур выше 39°C для всех трех видов астрагалов приводит к снижению их теплоустойчивости, следовательно они являются повреждающими. Закаливание растений при температуре +35°C повышает устойчивость к прогреву на 5-7,5°C (рис. 8а) и позволяет растениям выдерживать температуры до 44° и выше (рис. 8б). *A. сладколистный* оказался наиболее отзывчивым как к холодovому, так и к тепловому закаливанию: он способен выдерживать понижение температуры до -5°C при повышении устойчивости на 1,7°C (рис. 7б) и повышение температуры до 44°C с увеличением теплоустойчивости на 5,5°C (рис. 8б). *A. нутовый* и *A. серпоплодный* после закаливания ступенчатым повышением температуры были способны выдерживать до 42-43 °C с повышением устойчивости высечек на 5,9°C. Растения клевера после ступенчатого теплового закаливания выдерживали температуры до 42°C с изменением теплоустойчивости всего на 3,4°C (рис. 8б).

Температурные схемы для астрагалов и клевера лугового представлены на рис. 9. Астрагалы, по сравнению с клевером, имеют более широкую фоновую зону (9 - 26°C) и сходную с ним зону теплового закаливания (26 - 39°C). У клевера зона холодovого закаливания несколько шире, чем у астрагалов (от 12 до -1°C) за счет сдвига ее границы в сторону повышенных температур и она значительно расширяется в процессе закаливания.

Определенные по реактивации видимого фотосинтеза границы температурных зон близки к выявленным методом промораживания и про-

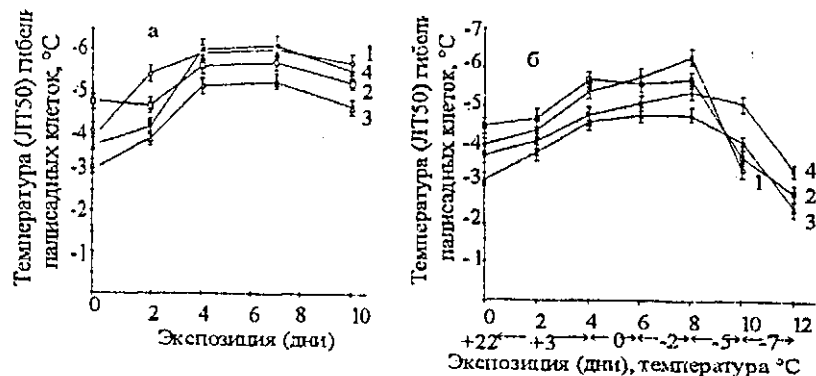


Рис. 7 Динамика холодоустойчивости трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива:  
а - в процессе холодного закаливания при  $T=+3^{\circ}\text{C}$   
б - при постепенном (ступенчатом) снижении температуры

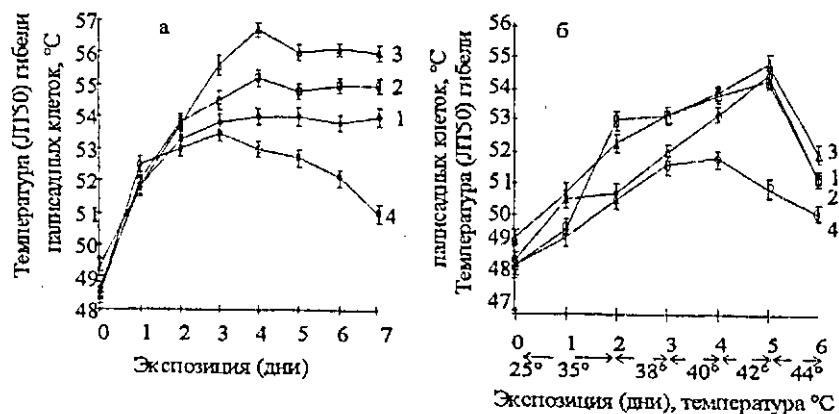


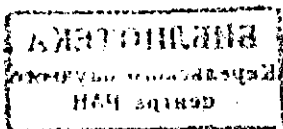
Рис. 8 Динамика теплоустойчивости трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива:  
а - в процессе термического закаливания при  $T=+35^{\circ}\text{C}$   
б - при постепенном (ступенчатом) повышении температуры  
1- *A. cicer* 3- *A. glycyphyllus*  
2- *A. falcatus* 4- *T. pratense*

грева высечек. Для *A. нутового* температуры  $0-8,8^{\circ}\text{C}$  являются зоной холодного закаливания,  $8,8 - 25,5^{\circ}\text{C}$  - фоновой зоной и  $25,5-37,2^{\circ}\text{C}$  - зоной теплового закаливания, для *A. серповидного* эти зоны соответствуют  $0-9^{\circ}\text{C}$ ,  $9-25,5^{\circ}\text{C}$ ,  $25,5-37^{\circ}\text{C}$  и для *A. сладколистного* -  $0-8,7^{\circ}\text{C}$ ,  $8,7 - 25^{\circ}\text{C}$ ,  $25 - 37,5^{\circ}\text{C}$ .

Изучение термоустойчивости астрагалов на разных фазах развития растений выявило следующие закономерности: семядольные листья (5-й день развития) у растений астрагалов обладают несколько большей тепло- и холодоустойчивостью (рис.10). При переходе к фазе начала появления 3-го настоящего листа (20-й день) холодо- и теплоустойчивость у астрагалов резко падает и начинает расти по мере развития 3-4 -го листа (20-30 дней). Особенно сильное понижение холодоустойчивости наблюдается у *A. сладколистного* (от  $-3,4^{\circ}\text{C}$  у семядольных листьев до  $-1,5^{\circ}\text{C}$  у

		0°	9°	26°	39°
<i>A. cicer</i>	незакаленные растения				
	зона холодного повреждения		зона хол. закал.	фоновая зона	зона тепл. закал. и выщип.
			-3°		43°
<i>A. falcatus</i>	незакаленные растения				
	зона холодного повреждения		зона хол. закал.	фоновая зона	зона тепл. закал. и выщип.
			-1°	10°	26° 38°
			-3°		44°
<i>A. glycyphyllus</i>	незакаленные растения				
	зона холодного повреждения		зона хол. закал.	фоновая зона	зона тепл. закал. и выщип.
			-2°	9°	25° 39°
			-5°		45°
<i>T. pratense</i>	незакаленные растения				
	зона холодного повреждения		зона хол. закал.	фоновая зона	зона тепл. закал. и выщип.
			-1°	12°	25° 38°
			-6°		43°
закаленные растения					

Рис. 9 Границы температурных зон трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива



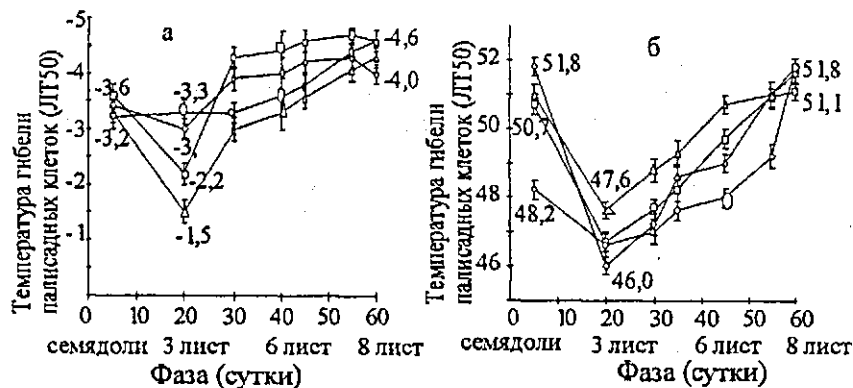


Рис. 10 Изменение холодо-(а) и теплоустойчивости (б) трех видов астрагалов в зависимости от возраста растений

—♦— *A. cicer*                      —Δ— *A. glycyphylus*  
 —□— *A. falcatus*                    —○— *T. pratense*

3-го листа), а теплоустойчивости - у А.нутового (от 51,8°C до 46,0°C соответственно). У А.серпоплодного и А.нутового уже к возрасту 35 дней холодоустойчивость вновь достигает значений семядольных листьев и выше (рис. 10а). Теплоустойчивость у тех же видов повышается только к возрасту 2 месяцев (рис. 10б).

У клевера не наблюдается различий между холодоустойчивостью семядольных и развивающихся 3-х листьев. Устойчивость растений к холоду начинает увеличиваться к фазе 30 дней (6-7-й лист) (рис. 10а). Снижение теплоустойчивости у растений клевера к возрасту 20 дней проявляется меньше, чем у астрагалов. В дальнейшем она постепенно растет и к возрасту двух месяцев значительно превышает теплоустойчивость семядолей (рис. 10б).

Исследования терморезистентности растений астрагалов показали, что они имеют достаточно широкую температурную лабильность, но несколько уступают клеверу по способности к холодному закаливанию.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большое природное разнообразие представляет возможность наиболее полного использования почвенно-климатических ресурсов той или иной климатической ниши путем введения новых видов в культуру. Оценка биоразнообразия растительного мира базируется, в основном, на

морфогенетических критериях. Вопросам экофизиологической оценки растений не уделяется должного внимания, хотя именно физиологические процессы определяют жизнедеятельность растений и внутренние перестройки при переносе их в новые условия существования. Экофизиологические показатели определяют пластичность генотипа и возможность его выживания в экстремальных условиях.

Оценка эколого-физиологических характеристик имеет важное значение не только в интродукции растений, но и сортоиспытании и мелиорации, где увеличение капиталовложений целесообразно лишь при условии возрастания продуктивности культур. Последнее может быть реализовано на основе более полного использования потенциальных возможностей видов и культур в соответствии с их видовыми и сортовыми эколого-физиологическими характеристиками.

Нами проводились комплексные исследования с применением элементов системного анализа для изучения требований растений к условиям внешней среды. При таком подходе растение рассматривали, с одной стороны, как малую часть по отношению к целому природному комплексу в полевых условиях. С другой стороны - как целый организм по отношению к частным физиологическим составляющим при изучении зависимости отдельных процессов (CO<sub>2</sub>-газообмена и терморезистентности) от изменений условий внешней среды. Применение лабораторных методов исследования позволило определить основные требования видов к условиям внешней среды, а полевые опыты подтвердили выводы соответствия этих требований природным условиям региона.

Проведенные нами опыты показали, что астрагалы нутовый, серпоплодный и сладколистный по своим экологическим требованиям, динамике процессов роста и фенологии сравнимы с клевером луговым сорт Нива, рекомендованным для выращивания в Северо-Западной зоне. Кроме того, астрагалы не уступают клеверу луговому по богатству химического и минерального состава, особенно по белковому компоненту, что характеризует их высокую питательную ценность и хорошие кормовые качества. Таким образом, полевые исследования подтвердили основные выводы, полученные в лабораторных опытах.

Результаты исследований показали, что А.нутовый, А.серпоплодный и А.сладколистный обладают эколого-физиологическими характеристиками, соответствующими климатическим условиям Карелии со средними многолетними температурами мая месяца 7,6°C, июня - 13,5°, июля - 16,6° и августа - 14,7°C и довольно интенсивным световым наобшением летнего периода. Сравнение температурных характеристик астрагалов и

условий южной Карелии показывает, что данные виды находятся здесь на северной границе ареала возможной их интродукции, где наиболее ярко проявляются адаптивные способности растений. Мы полагаем, что предложенный и проведенный нами комплексный подход может быть с успехом использован при отборе ценных для интродукции видов.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что из 10 исследованных видов астрагалов только три - А.нутовый, А.серпоплодный и А.сладколистный - имеют перспективу интродукции в основных районах земледелия Карелии: обладают высокой зимостойкостью, устойчивостью к экстремальным изменениям погоды в течение вегетационного периода, скороспелостью и хорошим плодоношением.

2. Изученные виды астрагалов имеют более высокий уровень нетто-фотосинтеза (27,1 - 43,06 мг/г ч) в сравнении с районированным в Карелии клевером луговым сорт Нива (20,09 мг/г ч). Они довольно лабильны по температурным показателям (Торт. - 14-36°C), но более требовательны, по сравнению с клевером луговым, к условиям светового режима. Из их числа наиболее тепло- и светолюбивым является самый продуктивный и скороспелый А.серпоплодный.

3. Астрагалы нутовый, серпоплодный и сладколистный обладают сравнительно широкими зонами фоновых температур (9-26°C), причем в отличие от клевера лугового эти зоны несколько сдвинуты в область пониженных значений. Кроме того, они показали хорошие потенциальные возможности как к тепловому, так и холодовому закаливанию. В целом, изученные три вида астрагалов имеют сходные с клевером луговым сорт Нива эколого-физиологические характеристики.

4. Метод комплексного изучения видов с применением лабораторных многофакторных планируемых экспериментов в сочетании с полевыми исследованиями показал возможность применения данных, полученных в лабораторных опытах, для характеристики требований растений к условиям среды и ускорения процесса их интродукции.

5. Исследованные три вида астрагалов, уступая по ряду хозяйственно-полезных показателей районированному сорту клевера, по физиологическим и свето-температурным характеристикам отвечают климатическим требованиям региона и могут быть рекомендованы для введения в культуру и дальнейшей селекционной и агротехнической проработки.

## Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Холопцева Е.С. Интродукция видов рода астрагал в Карелии // Пути использования природных ресурсов Карелии: Матер. межвузовской научной конф. (Петрозаводск, 24-25 октября, 1990 г.). Петрозаводск, 1990. С. 22-23.

2. Холопцева Е.С. Интродукция видов рода *Astragalus* L. в Карелии // Актуальные проблемы биологии и рациональное природопользование. Тез. докл. (Петрозаводск, 20 - 22 ноября, 1990 г.). Петрозаводск, 1990. С. 109-110.

3. Холопцева Н.П., Михкиев А.И., Холопцева Е.С. Интродукция видов рода *Astragalus* L. в Карелии // Матер. VIII Всероссийского симпозиума по новым кормовым растениям. Сыктывкар, 1993. С. 175-176.

4. Холопцева Е.С., Груздева А.Е. Интродукция видов рода *Astragalus* L. в Карелии // Актуальные проблемы ботаники. Матер. молодежн. конф. ботаников стран СНГ. Апатиты, 1993. С. 126.

5. Холопцева Е.С. Биологические особенности и полезные признаки новых для Карелии бобовых растений из рода *Astragalus* L. // Тез. докл. III молодежн. конф. института биологии. Сыктывкар, 1995. С. 31-32.

6. Kholoptseva E.S., Mihkiev A.I. Biological peculiarities of Leguminosae, genus *Astragalus* L., new to Karelia // Methods of lupine alkaloid analysis. Analysis of interaction between legume and soil. International summer school on legumes. Joensuu, 1995. P. 163-167.

7. Холопцева Е.С. Биологические особенности новых для Карелии видов из семейства Leguminosae Juss. // 50 лет Карельскому научному центру Российской Академии Наук. Тез. докл. к юбилейной конф. Петрозаводск, 1996. С. 6-7.

8. Дроздов С.Н., Курец В.К., Холопцева Е.С. Свето-температурная характеристика CO<sub>2</sub>-газообмена интактных растений астрагала нутового // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования. Тез. докл. ко II Междунар. симпоз. (г. Пушино, 16-20 июня, 1997 г.). Пушино, 1997. Т.3. С. 163.

9. Холопцева Е.С. Рост и развитие некоторых видов астрагалов в Карелии // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования. Тез. докл. ко II Междунар. симпоз. (г. Пушино, 16-20 июня, 1997 г.). Пушино, 1997. Т.5. С. 820-822.

10. Холопцева Е.С. Опыт выращивания представителей рода *Astragalus* L. в Карелии // Проблемы озеленения северных городов. Тез. докл. на Междунар. совещ. (Петрозаводск, 30-июня - 5 июля, 1997 г.). Петрозаводск, 1997. С. 82- 83.

11. Холопцева Е.С., Курец В.К. Возможности интродукции некоторых представителей рода *Astragalus* (Fabaceae) в условиях Карелии // Проблемы ботаники на рубеже XX-XXI веков. Тез. докл. представленных II(X) съезду Русского ботанического общества. (Санкт-Петербург, 26-29 мая, 1998 г.). Санкт-Петербург, 1998. Т.2. С.334.

12. Дроздов С.Н., Курец В.К., Холопцева Е.С., Попов Э.Г. Свето-температурная характеристика CO<sub>2</sub>-газообмена астрагалов // Проблемы охраны и рационального использования природных экосистем и биологических ресурсов. Матер. Всерос. научно-практич. конф., посвященной 125-летию И.И. Спрыгина. (Пенза, 18-20 мая, 1998 г.). Пенза, 1998. С. 150-151.

13. Дроздов С.Н., Курец В.К., Попов Э.Г., Холопцева Е.С., Анишевски Т. Свето-температурная характеристика ряда перспективных видов бобовых // Бобовые культуры в современном сельском хозяйстве. Сборник науч. трудов Междунар. совещания. (Новгород, 2-4 июля, 1998 г.). Новгород, 1998. С. 9-11.

14. Холопцева Е.С., Таланов А.В., Попов Э.Г. Исследование эколого-физиологических характеристик некоторых представителей рода *Astragalus* L. // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. Тез. докл. на III Междунар. симпоз. (Москва-Пушино, 21-25 июня, 1999 г.). Москва-Пушино, 1999. Т. 1. С. 394-397.

15. Холопцева Е.С. Изучение эколого-физиологических характеристик некоторых представителей семейства бобовых в Карелии // Эколого-популяционный анализ кормовых растений естественной флоры, интродукция и использование. Матер. IX Междунар. симпозиума по новым кормовым растениям. (Сыктывкар, 17-20 августа, 1999 г.). Сыктывкар, 1999. С. 240-241.

16. Холопцева Е.С., Попов Э.Г. Свето-температурные характеристики ряда видов астрагалов // Физиология растений - наука III тысячелетия. Тез. докл. на Междунар. конф. IV съезда Общества физиологов растений РАН. (Москва, 4-9 октября, 1999 г.). Москва, 1999. Т. 1. С. 487-488.

17. Холопцева Е.С., Курец В.К. Экологическое сравнение традиционного и перспективных для земледелия Севера видов семейства бобовых // Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Финноскандии. Тез. докл. Междунар. конф. и выездной научной сессии отделения общей биологии РАН. (Петрозаводск, 6-10 сентября, 1999 г.). - Петрозаводск, 1999. С. 56.

18. Дроздов С.Н., Попов Э.Г., Курец В.К., Таланов А.В., Холопцева Е.С. Свето-температурная характеристика нетто-фотосинтеза интактных растений различных видов астрагала // Сельскохозяйственная биология. 2000. № 5. С.81-85.

19. Курец В.К., Дроздов С.Н., Холопцева Е.С., Таланов А.В., Анишевски Т. Интродукция новых видов в сельское хозяйство как фактор расширения биоразнообразия // Сохранение биологического разнообразия Финноскандии. Тез. докл. на Междунар. конф. (Петрозаводск, 30 марта - 2 апреля 2000 г.). Петрозаводск, 2000. С. 57-58.

20. Холопцева Е.С. Эколого-физиологические аспекты интродукции некоторых представителей рода *Astragalus* L. в Карелии // Проблемы физиологии роста и генетики на рубеже третьего тысячелетия. Тез. докл. VII конф. молодых ученых. (Киев, 18-20, 2000 г.). Киев, 2000. С. 70.

21. Дроздов С.Н., Курец В.К., Холопцева Е.С., Попов Э.Г., Таланов А.В. Зависимость нетто-фотосинтеза астрагала серповидного в начале вегетации от света и температуры // Физиология и биохимия культ. растений. 2001. Т. 33. № 1. С. 16-19.

22. Дроздов С.Н., Курец В.К., Попов Э.Г., Таланов А.В., Холопцева Е.С. Свето-температурная характеристика ряда видов и сортов семейства бобовых // Продукционный процесс сельскохозяйственных культур. Сб. трудов РАСХН. Орел ГАУ. 2001. Ч. 1. С.66-68

23. Холопцева Е.С. Комплексное изучение эколого-физиологических характеристик растений в целях их интродукции в условиях Карелии // Биоразнообразии Европейского Севера. Тез. докл. Международной конференции. (Петрозаводск, 3-7 сентября, 2001 г.). Петрозаводск, 2001, С. 186.

24. Дроздов С.Н., Курец В.К., Попов Э.Г., Таланов А.В., Холопцева Е.С. Роль экофизиологической характеристики растений в оценке видового и внутривидового разнообразия // Биоразнообразии Европейского Севера. Тез. докл. Международной конференции. (Петрозаводск, 3-7 сентября, 2001 г.). Петрозаводск, 2001. С. 59.