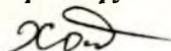


На правах рукописи



Холопцева Екатерина Станиславовна

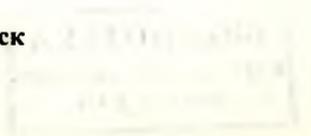
**ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
РЯДА ВИДОВ АСТРАГАЛОВ**

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)

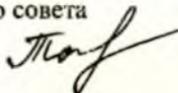
Защита состоится 26 декабря 2001 г. в 14 часов 15 мин. на заседании
диссертационного совета К 002.035.01 по присуждению ученой степени
кандидата биологических наук при Институте биологии Карельского
научного центра РАН по адресу:

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.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат биологических наук



Л.В.Топчиева



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 удастся 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 температур 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), II(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» (Ioensuu, 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° составляет 145-155 дней. Период со среднесуточной температурой воздуха 15° - 45-50 дней. Безморозный период - 110-140 дней. Средняя месячная температура воздуха самого холодного месяца - февраля - -10° , 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 1 м^2) 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_2 -газообмена интактных растений в последствии температур разных зон (Курец, Попов, 1988).

Световые и температурные характеристики CO_2 -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, $\text{мгCO}_2/(\text{г ч})$

E - освещенность, клк

T - температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$

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

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ - 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 переносят зимы и имели хорошую интенсивность отрастания и мощность, 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).

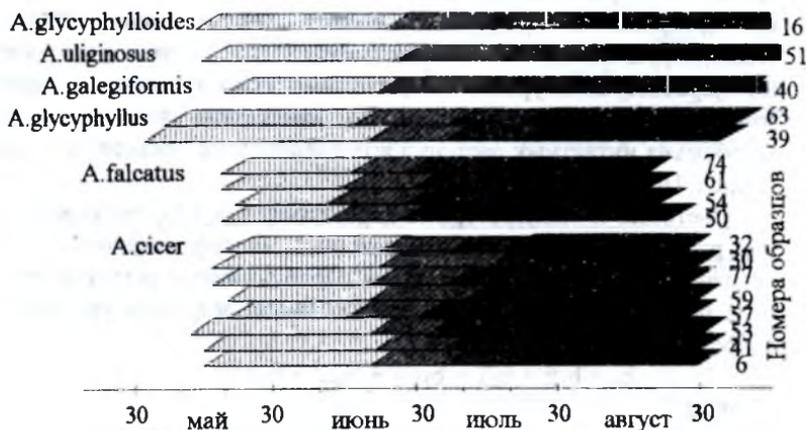


Рис. 1 Фенологические спектры некоторых видов астрагалов (1991-1994 гг.)

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).

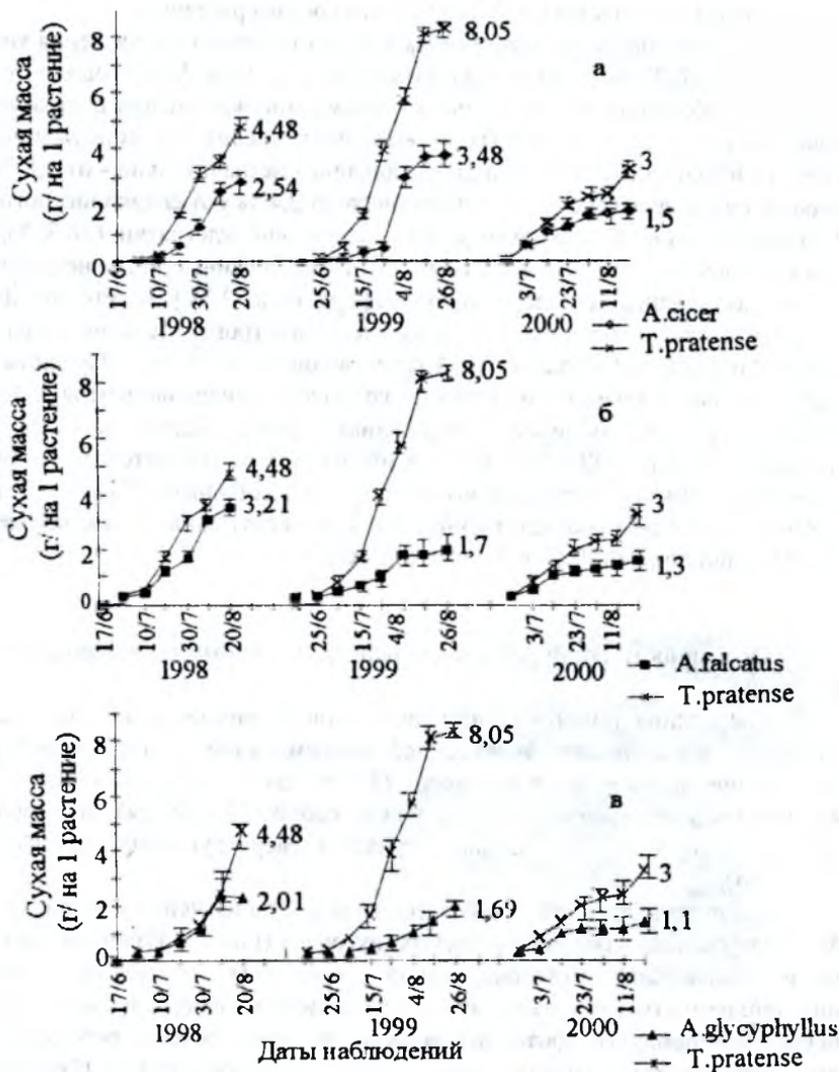


Рис. 2 Динамика накопления надземной биомассы трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива (1998-2000 г.)

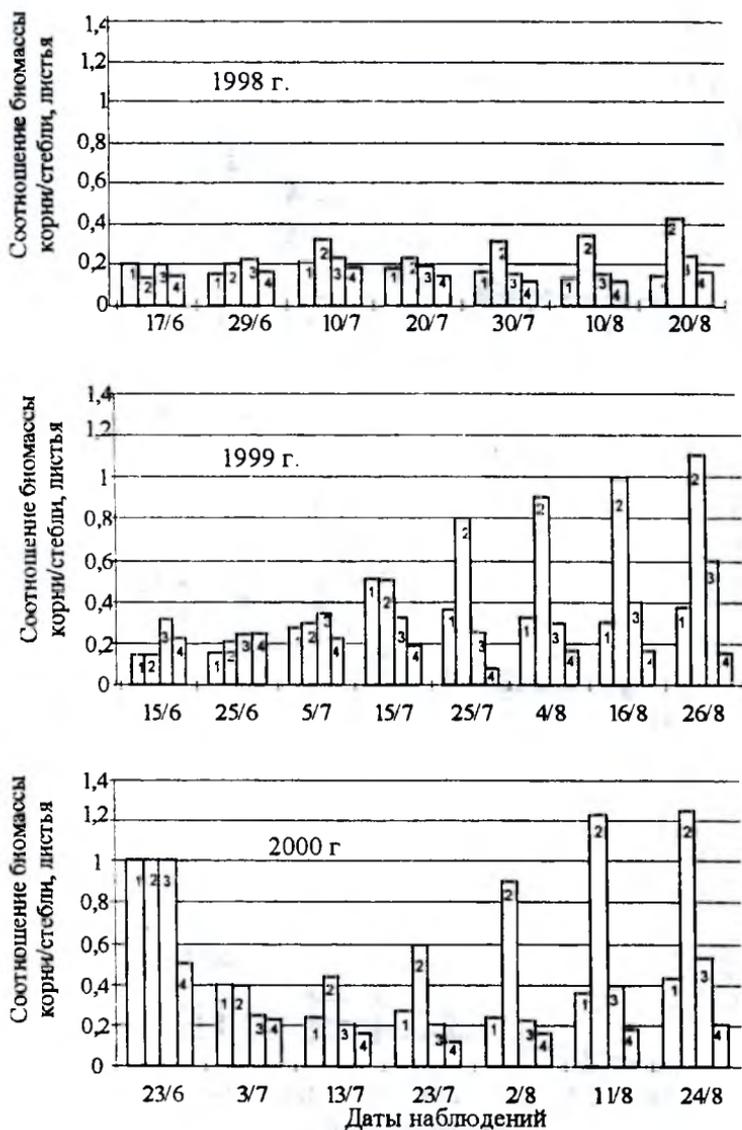


Рис.4 Соотношение подземной (корни) и надземной (стебли, листья) биомассы у трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива

- 1 A. cicer 3 A. glycyphylus
 2 A. falcatus 4 T. pratense

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 превосходил *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 достигалось 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 (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	
							$\frac{Ph}{E}$	$\frac{Ph}{T}$
A.cicer	27,10	24,39	48	23,2	32	14-32	0,17	0,3
A.falcatus	43,06	38,74	53	24	34	16,5-33,5	0,22	0,51
A.glycyph	33,28	29,89	47,5	26	31	14-36	0,21	0,3
T.pratense	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, А.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 А.нутовым и А.сладколистным, то в равных условиях пониженных температур фотосинтез А.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.

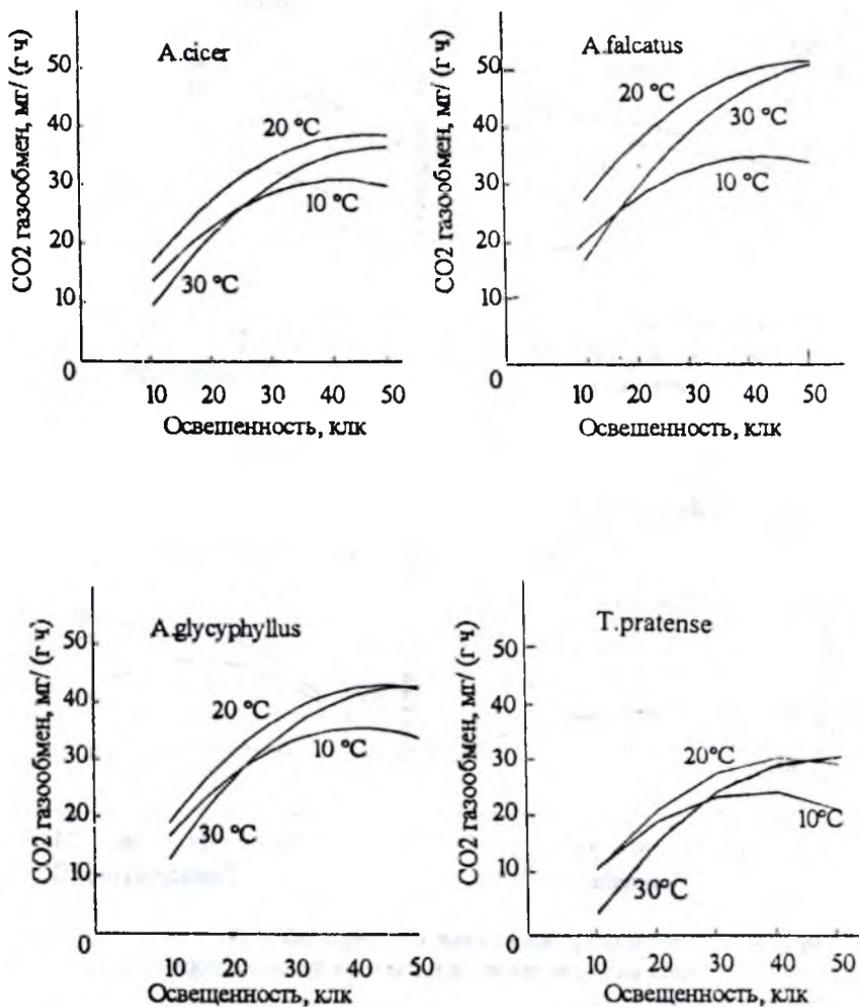


Рис. 5 Световые кривые видимого фотосинтеза интактных растений трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива

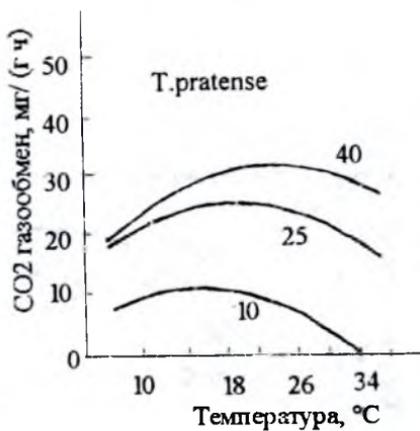
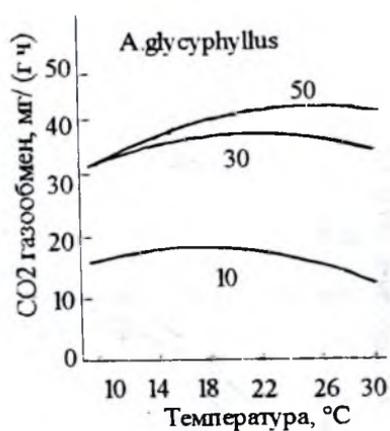
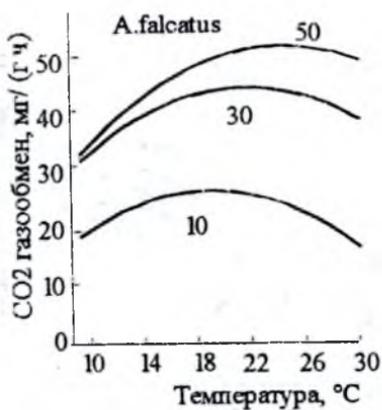
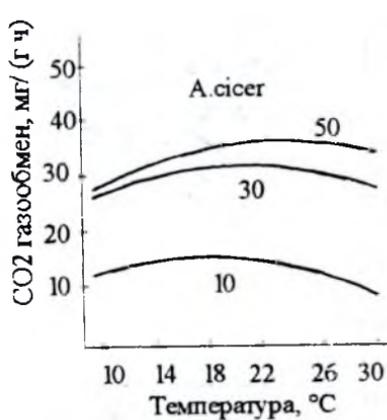


Рис. 6 Температурные кривые нетто-фотосинтеза трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива

6. Терморезистентность изучаемых видов, границы устойчивости возможности их расширения

Исследования терморезистентности астрагалов показали, что температуры в пределах 9-26°C для А.нутового, 10-26°C для А.серпоплодного и 9-25°C для А.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 А.нутового, от -1 до 10°C от 26 до 38°C для А.серпоплодного и от -2 до 9 °C и от 25 до 39°C для А.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). А.сладколистный оказался наиболее отзывчивым как к холодовому, 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). А.нутовый и А.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 холодового 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-

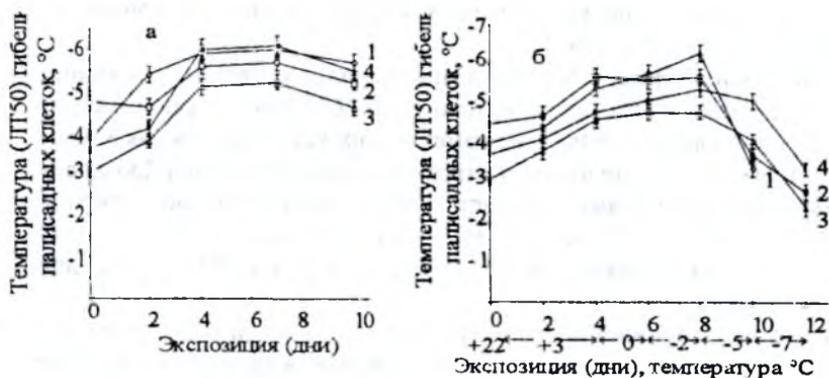


Рис. 7 Динамика холодоустойчивости трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива:
 а - в процессе холодого закаливания при $T = +3^{\circ}\text{C}$
 б - при постепенном (ступенчатом) снижении температуры

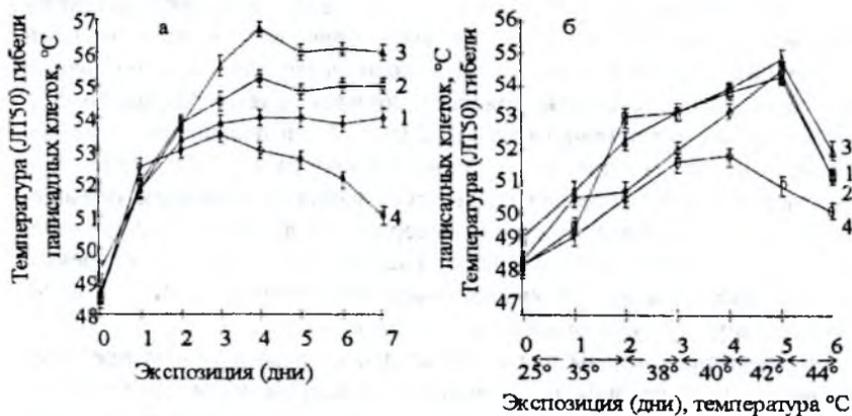


Рис. 8 Динамика теплоустойчивости трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива:
 а - в процессе термического закаливания при $T = +35^{\circ}\text{C}$
 б - при постепенном (ступенчатом) повышении температуры
 1- *A. cicer* 3- *A. glycyphylus*
 2- *A. falcatus* 4- *T. pratense*

грева высечек. Для А.нутового температуры 0-8,8°C являются зоной холодого закаливания, 8,8 - 25,5°C - фоновой зоной и 25,5-37,2 °С - зоной теплового закаливания, для А.серпоплодного эти зоны соответствуют 0-9°C, 9-25,5°C, 25,5-37°C и для А.сладколистного - 0-8,7°C, 8,7 - 25°C, 25 - 37,5 °С.

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 А.сладколистного (от -3,4°C у семядольных листьев до -1,5°C у

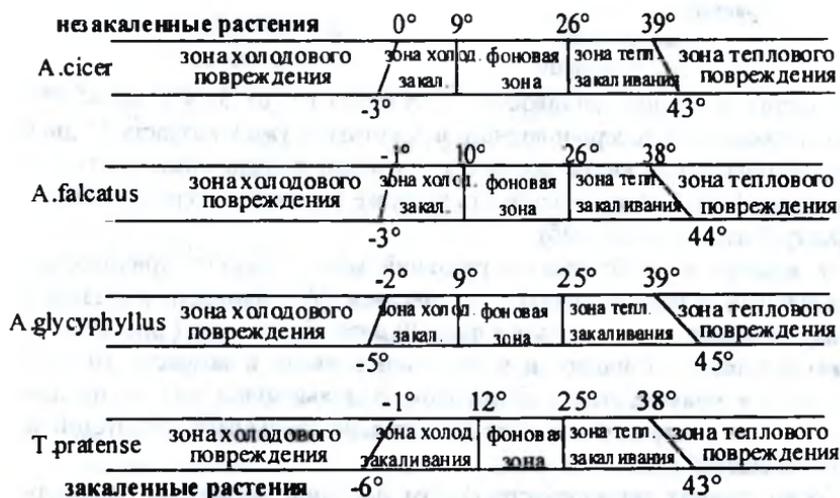


Рис. 9 Границы температурных зон трех видов астрагалов и клевера лугового сорт Нива

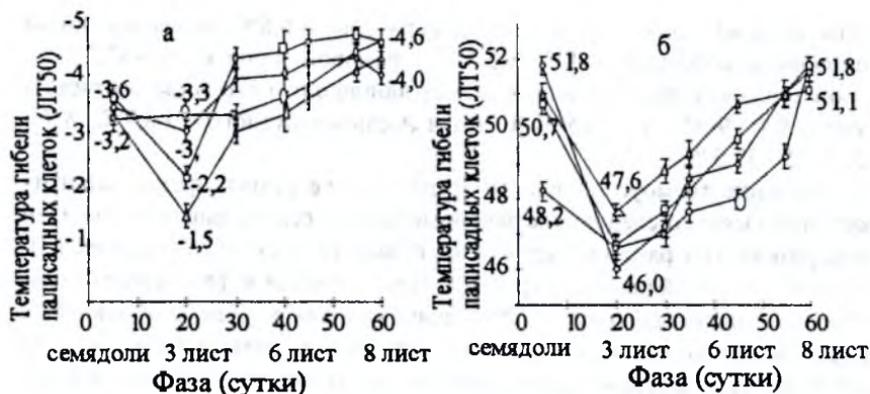


Рис. 10 Изменение холодо-(а) и теплоустойчивости (б) трех видов астрагалов в зависимости от возраста растений

● — *A. cicer*
 ■ — *A. falcatus*

▲ — *A. glycyphylus*
 ○ — *T. pratense*

3-го листа), а теплоустойчивости - у *A. нутового* (от 51,8°C до 46,0°C соответственно). У *A. серпоплодного* и *A. 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 холодovому 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_2 - 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 $7,6^\circ\text{C}$, июня - $13,5^\circ$, июля - $16,6^\circ$ и августа - $14,7^\circ\text{C}$ и довольно интенсивным световым насыщением 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 (Топт. - 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_2 -газообмена интактных растений астрагала нутового // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования. Тез. докл. ко II Междунар. симпоз. (г. Пушкино, 16-20 июня, 1997 г.). Пушкино, 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. Пушкино, 16-20 июня, 1997 г.). Пушкино, 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_2 -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 Фенноскандии. 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 Фенноскандии. 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 // Биоразнообразие 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 // Биоразнообразие Европейского Севера. Тез. докл. Международной конференции. (Петрозаводск, 3-7 сентября, 2001 г.). Петрозаводск, 2001. С. 59.