

На правах рукописи

ФЕЛАЛИЕВ РУСТАМ САИДШОЕВИЧ

**ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СОДЕРЖАНИЕ ПИГМЕНТОВ
В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
ВЫСОКОГОРЬЯ ПАМИРА**

(03.00.12 – физиология и биохимия растений)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Душанбе – 2008

Работа выполнена в Памирском биологическом институте им.Х.Ю.Юсуфбекова Академии наук Республики Таджикистан и Хорогском государственном университете им.М.Назаршоева

Научный руководитель: доктор биологических наук, старший научный сотрудник
Шомансуров Саидмир

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, старший научный сотрудник
Эргашев Абдулложон,
кандидат биологических наук
Кариева Фарангис Абдурахимовна

Ведущая организация: Таджикский государственный национальный университет

Защита состоится «_____» _____ 2008 г. в _____ на заседании диссертационного совета Д 047.001.01 при Институте физиологии растений и генетики Академии наук Республики Таджикистан (734063, Республика Таджикистан, г.Душанбе, ул.Айни, 299/2, E-mail: asrtkarimov@mail.ru).
Факс: 8-10-992-37-221-62-26.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института физиологии растений и генетики Академии наук Республики Таджикистан.

Автореферат разослан «_____» _____ 2008 г.

**Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук**

Джумаев Б.Б.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Адаптация растений к стрессу – это сложный и многогранный процесс, который достигается за счет модификационной и генетической изменчивости. В неблагоприятных условиях среды происходит перестройка комплекса физиолого-биохимических признаков растений и образование новых норм реакций.

Как известно, условия высокогорий считаются уникальной естественной лабораторией в силу сочетания таких напряженных экологических факторов, как низкая температура, низкая относительная влажность воздуха и почвы, повышенные дозы ультрафиолетовой радиации. В связи с этим у растений как в морфологическом, так и физиологическом отношении происходят существенные изменения (Заленский, 1950; Стешенко, 1955; Филиппова, 1955; Свешникова, 1965; Кириллова, 1965; Кардо-Сысоева и др., 1967; Насыров и др., 1971; Акназаров, 1991; Шомансуров, Акназаров, 2005; Эргашев и др., 2006; Ghetti et al., 2006; Sicora et al., 2006).

Для правильного понимания и расшифровки большинства чрезвычайно сложных биологических процессов, протекающих в живом растении, крайне важным является исследование оптических параметров растений. Только на основе данных по спектральному составу облучающей радиации и спектральных показателей оптических параметров растений можно научно определить энергетический баланс растений, установить специфику воздействия на них лучей различной длины волны и, в конечном счете, получить возможность управлять развитием растений в направлении, наиболее выгодном человеку.

Изучение оптических свойств листьев и поглощения ими света имеет большое значение для понимания общих принципов усвоения солнечной энергии, механизмов фотосинтеза и адаптационных процессов в растениях (Мерзляк, 1998; Sutherland, 2006).

Изменение содержания пластидных пигментов и спектральных свойств листьев растений в высокогорных условиях исследованы крайне мало.

Поэтому исследование действия вышеперечисленных факторов внешней среды высокогорья Памира на оптический аппарат листьев и содержание в них пластидных пигментов приобретает особый интерес.

Цель и задачи исследований. Целью работы является изучение оптических свойств и содержания пигментов в листьях разных жизненных форм в зависимости от некоторых экологических факторов высокогорья.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- изучить влияние высотного фактора на оптические параметры листьев растений;

- изучить влияние света различного спектрального состава в ультрафиолетовом и видимом диапазонах на оптические свойства листьев растений;

- определить различия в оптических параметрах и содержании пигментов в листьях между разными жизненными формами и видами растений;

- выявить взаимосвязь между оптическими свойствами листьев и содержанием пигментов в них в зависимости от степени адаптированности растений к факторам окружающей среды высокогорья.

Научная новизна работы. В работе впервые представлены результаты исследований по изменению оптических характеристик листьев разных видов растений (абрикос, ива, сирень, девясил корнеглавый) в условиях Памира.

Установлена прямая корреляция между спектрами поглощения и содержанием пигментов пластид у разных жизненных форм растений.

Выявлено, что независимо от жизненных форм способность листьев поглощать свет снижается с высотой местности над уровнем моря. Однако содержание зелёных пигментов меняется незначительно и снижается лишь у культурных травянистых растений (ячмень).

Показано, что местные виды растений (девясил корнеглавый) характеризуются большей способностью к поглощению света, чем интродуцированные виды - девясил большой и девясил высокий.

Установлено, что в снижении коэффициента поглощения света с высотой ведущую роль играют такие факторы, как обеспеченность растений влагой, температурный фактор, в то время как световой фактор не имеет существенного значения.

Практическая значимость работы. Полученные результаты изучения оптических свойств растений дают возможность создавать наиболее рациональную структуру ценоза, в котором листья как верхних, так и нижних ярусов находились бы в световых условиях, оптимальных для протекания процесса фотосинтеза.

Апробация работы. Материалы диссертации доложены (или представлены) на: Международной конференции «Актуальные проблемы высокогорий Центральной Азии» (Хорог, 2000); Международной конференции «Развитие горных регионов Центральной Азии в XXI веке» (Хорог, 2001); Международной конференции «Актуальные вопросы экологической физиологии растений в XXI веке» (Сыктывкар, Россия, 2001). Республиканском симпозиуме «Экономика и наука Горно-Бадахшанской автономной области: прошлое, настоящее и будущее» (Хорог, 2005).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 работ.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, включающей описание объектов, методы исследований, результаты и их обсуждение, заключения и выводов, списка использованной литературы, включающего 194 наименования, из них

64 на иностранных языках. Работа изложена на 129 страницах машинописного текста и содержит 22 рисунка и 17 таблиц.

Экспериментальная часть

Объекты и методы исследований. Объектами наших исследований служили следующие растения: абрикос (*Armeniaca vulgaris* Lam.), ива шугнанская (*Salix schugnanica* Görz), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), девясил (*Inula rhizocephala* Schrenk, *Inula helenium* L., *Inula grandis* Schrenk), полынь ваханская (*Artemisia vachanica* Krasch. ex Poljak). Для изучения влияния естественных УФ-лучей на растения были использованы: конские бобы (*Faba Vona Medik*), сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.), ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare* L.).

У растений определяли оптические свойства и содержание пигментов пластид в зависимости от:

- а) высотного профиля;
- б) жизненных форм;
- в) степени адаптированности;
- г) световых факторов, в особенности УФ-радиации;
- д) водообеспеченности.

Для изучения действия интенсивности света и УФ-радиации на оптические свойства и содержание пигментов в листьях были использованы растения ячменя, сахарной свеклы и разные виды девясила - девясил корнеглавый (*Inula rhizocephala* Schrenk), местный вид, девясил высокий (*Inula helenium* L.) и девясил большой (*Inula grandis* Schrenk) – интродуценты. Определяли различия в спектре поглощения, отражения, пропускания и содержания пигментов в зависимости от степени их адаптированности к факторам высокогорий.

Растения полыни ваханской были использованы для определения оптических свойств и содержания пигментов в разных условиях водообеспеченности.

Объектами исследования в лабораторных условиях служили проростки ячменя и конских бобов.

Экологические эксперименты с разными жизненными формами растений проводились на высоте 2320 м и 2750 м над ур. моря.

Полевые и лабораторные опыты

Полевые опыты проводились на экспериментальном участке Памирского ботанического сада, на высоте 2320 м над ур. моря, по методике, разработанной

Е.К.Кардо-Сысоевой с сотрудниками (1967); на высокогорном участке Памирского ботанического сада, на высоте 2750 м над ур.моря (г.Хорог), а также в поселке Джелонды, на высоте 3600 м над ур.моря.

В качестве светофильтра была использована полиэтиленовая пленка толщиной 100 мкм с химической добавкой 0,65% 2-окси-4-алкокси-бензофенона, поглощающая УФ-часть солнечного спектра. В контрольном варианте растения получали весь спектр солнечной энергии, а в опытном варианте все спектры, кроме ультрафиолетовой радиации.

Микроклиматические условия (температура воздуха, относительная влажность воздуха) были одинаковыми под обеими полиэтиленовыми пленками (Толибеков и др., 1985).

Расчет содержания зеленых пигментов, суммы хлорофиллов a и v, а также содержания каротиноидов проводили по методу Хольма-Веттштейна (Третьяков, 1982).

Спектральные характеристики листьев определяли при помощи спектрофотометра СФ-18 с интегрирующей сферой.

Поглощение света находили по формуле:

$$A=100\% - (T+ R), \quad (1)$$

где R – зарегистрированное отражение (диффузно-зеркальное), T – пропускание.

Определив величины R и T, находили по формуле коэффициент поглощения света листом.

Результаты исследований

Спектральные свойства и содержание пигментов у разных жизненных форм и видов растений

При анализе результатов, приведенных на рис.1 и 2, нами была обнаружена общность кривых для травянистых, кустарниковых и древесных видов растений. В видимой области спектра 400-750 нм растения абрикоса и сирени, являющиеся культурными видами, обладают наибольшей способностью пропускания. По сравнению с растениями девясила их способность пропускать солнечную энергию на высоте 2320 м над ур.моря увеличилась на 8-10%, а с ивой – на 15-20%.

Наибольшую поглотительную способность имеют растения девясила корнеглавого и ивы. По всему спектру ФАР способность поглощать лучистую энергию у растений девясила корнеглавого на 8-15% больше, чем у листьев ивы.

Отличительная особенность спектральных кривых разных видов растений состояла в том, что в области сине-фиолетовых лучей пропускная способность листьев всех видов растений составляла незначительную долю.

Главное отличие между видами растений состояло в отражательной способности, что сказывалось на изменении спектра поглощения солнечной радиации вышеуказанными растениями.

Следует подчеркнуть, что наибольшей способностью к поглощению фотосинтетически активной радиации обладали дикорастущие виды растений: ива и девясил (*Inula rhizocephala Schrenk*). По-видимому, это связано с адаптированностью данных растений к экстремальным факторам высокогорья. Культурные же виды – кустарниковая сирень и древесная плодовая порода – абрикос обладают существенно низкой способностью поглощения по всему спектру. Можно заметить (рис.1 и 2), что основное отличие в спектре поглощения наблюдается в сине-фиолетовой и оранжево-красной областях спектра.

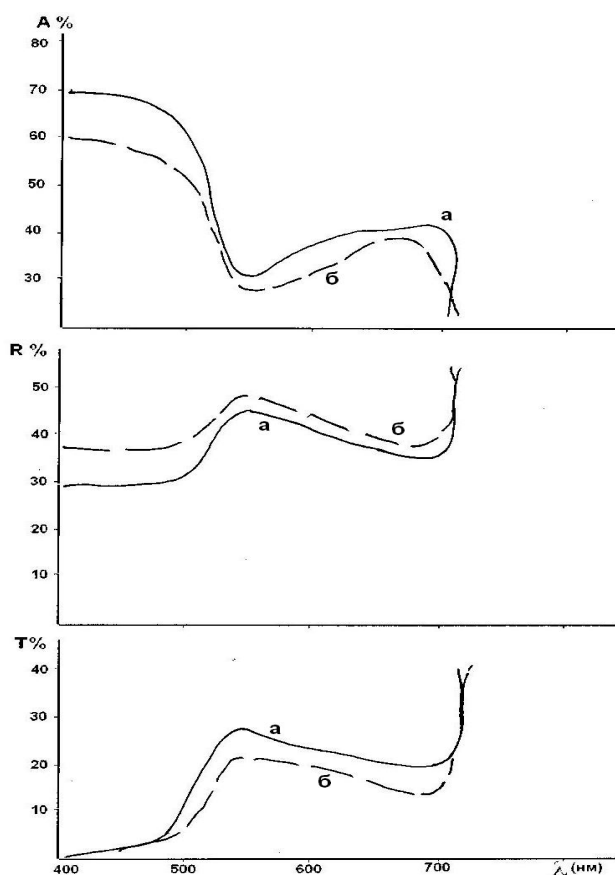


Рис. 1 Спектры пропускания (Т), отражения (R) и поглощения (А) солнечной радиации листьями абрикоса и сирени

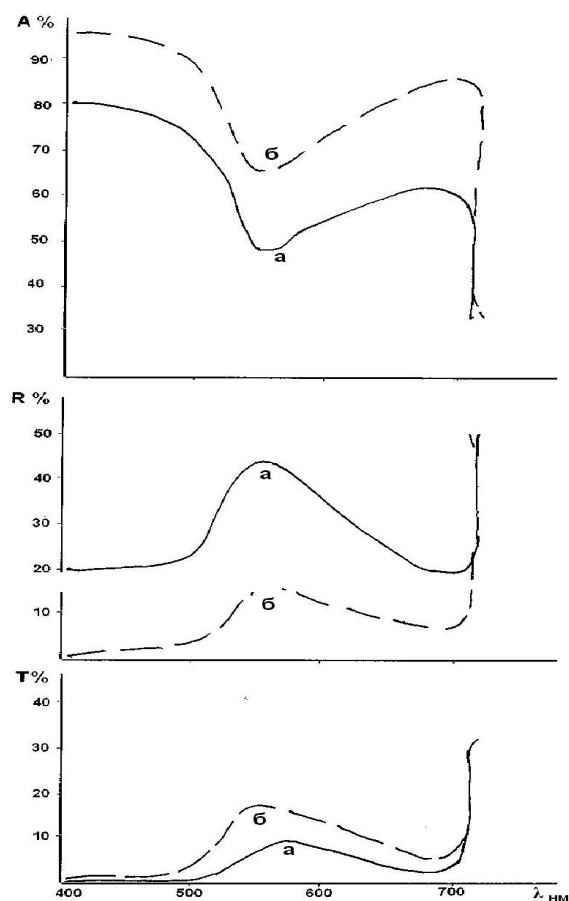


Рис. 2 Спектры пропускания (Т), отражения (R) и поглощения (А) солнечной радиации листьями ивы и девясила корнеглавого.

Таблица 1

**Содержание пигментов в листьях различных видов растений
(г. Хорог, 2320 м над ур. моря)**

Объекты опыта	Хлорофилл <u>a</u>		Хлорофилл <u>b</u>		Хл. <u>a</u> + Хл. <u>b</u>		Хл. <u>a</u> : Хл. <u>b</u>		Каротиноиды	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Абрикос	0,44 ± 0,01	2,84 ± 0,07	0,30 ± 0,03	1,92 ± 0,05	0,74	4,76	1,4	1,5	0,12	0,73
Ива шугнан- ская	0,62 ± 0,02	3,86 ± 0,06	0,16 ± 0,01	0,9 ± 0,07	0,78	4,76	3,8	4,1	0,42	2,43
Девясил корнегла- вый	0,66 ± 0,05	3,8 ± 0,08	0,16 ± 0,04	0,91 ± 0,06	0,82	4,71	4,1	4,2	0,36	2,2
Сирень обыкно- венная	0,48 ± 0,05	2,8 ± 0,01	0,25 ± 0,03	1,44 ± 0,07	0,73	4,24	1,9	1,8	0,34	2,1

Примечание: 1 - мг/г сырой массы; 2 - мг/г сухой массы.

В изменение спектра поглощения листьев вносят вклад как спектр пропускания, так и отражения, но последний в большей степени, что, видимо, связано со структурными особенностями листьев и пластидных пигментов.

Результаты, приведенные в табл.1, свидетельствуют о наличии взаимосвязи оптических характеристик листьев с содержанием пигментов.

Так, наибольшая поглотительная способность листьев растений ивы и девясила корнеглавого связана с более высоким содержанием суммы хлорофиллов a и b, поглощающих оранжево-красные лучи, и каротиноидов, вносящих вклад в поглощение сине-фиолетовых лучей. Можно заметить, что наибольший вклад в изменение суммы хлорофиллов вносит хлорофилл a. Однако изменение поглощения света, по-видимому, связано со структурными особенностями листьев разных растений, поскольку, хлорофиллы и каротиноиды не имеют в данной области полос поглощения.

Влияние высотного фактора на оптические свойства и содержание пигментов в растениях разных жизненных форм

Результаты опытов по изучению действия солнечной радиации на оптические свойства листьев растений, выращенных на различных высотах, представлены на рис. 3 и 4. Из рисунков следует, что в данном случае происходят в основном количественные изменения в спектрах поглощения, пропускания и отражения.

Следует отметить наибольшую отражательную способность по всему спектральному интервалу у культурного вида растений - сирени. Видимо, адаптационные перестройки листового аппарата к внешним экстремальным воздействиям проявляются в становлении структуры, способной предохранять ткани культурных растений от высокого прихода УФ-радиации и низких температур.. Об этом также свидетельствует и увеличение коэффициента отражения света листьями растений, растущих на большой высоте. Если сопоставить поглотительную способность указанных выше растений с высотой произрастания, то на высоте 2750 м над ур.моря у всех видов вышеуказанных растений происходит уменьшение поглощения света листьями в области ФАР. Этот факт связан как с увеличением пропускания, так и отражения. В желто-зеленой области спектра поглощение света листьями ниже, чем в красной области. Уменьшение светопоглощения с увеличением высоты больше в оранжево-красной области спектра (560 - 750 нм).

Разница в поглощении света листьями у растений сирени между двумя высотами, в основном, происходит за счет пропускания света. В красно-оранжевой области спектра у этого растения на обеих высотах изменяются как отражательная способность, так и пропускание. В этой области спектра поглощающая способность листьев растений сирени на высоте 2320 м над ур.моря на 15% больше, чем на высоте 2750 м над ур.моря, т.е. с увеличением

высоты произрастания уменьшается способность поглощать свет листьями этого растения.

Спектральные свойства листьев растений тесно связаны с содержанием в них пластидных пигментов. В связи с этим нами было проведено изучение содержания пластидных пигментов у ряда видов растений в условиях высокогорья Памира. Данные по изменению содержания пигментов в листьях разных жизненных форм растений на двух высотах представлены в табл. 2.

Результаты опытов показывают, что на разных высотах содержание хлорофилла в листьях дикорастущих видов растений ивы и девясила корнеглавого несколько выше, чем в листьях абрикоса и сирени, и это свидетельствует о высокой адаптивности этих растений к условиям высокогорья.

Общая картина изменений содержания зеленых пигментов свидетельствует о тенденции снижения их содержания с высотой произрастания практически у всех жизненных форм растений, но в наибольшей степени это снижение выражено у дикорастущих растений.

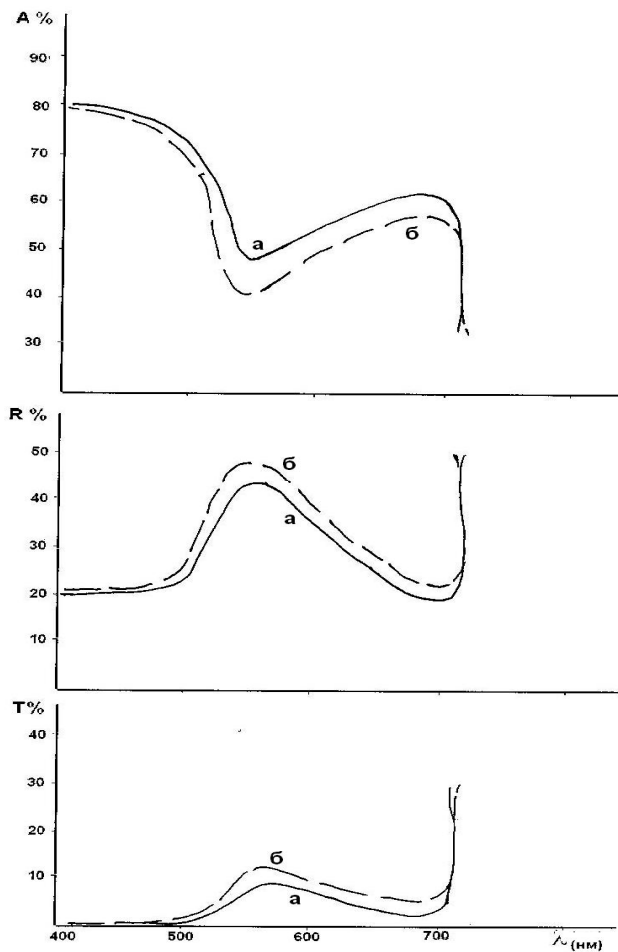


Рис. 3 Спектры пропускания (Т), отражения (R) и поглощения (А) света листьями ивы с изменением высоты над ур. моря. а) 2320 м; б) 2750 м

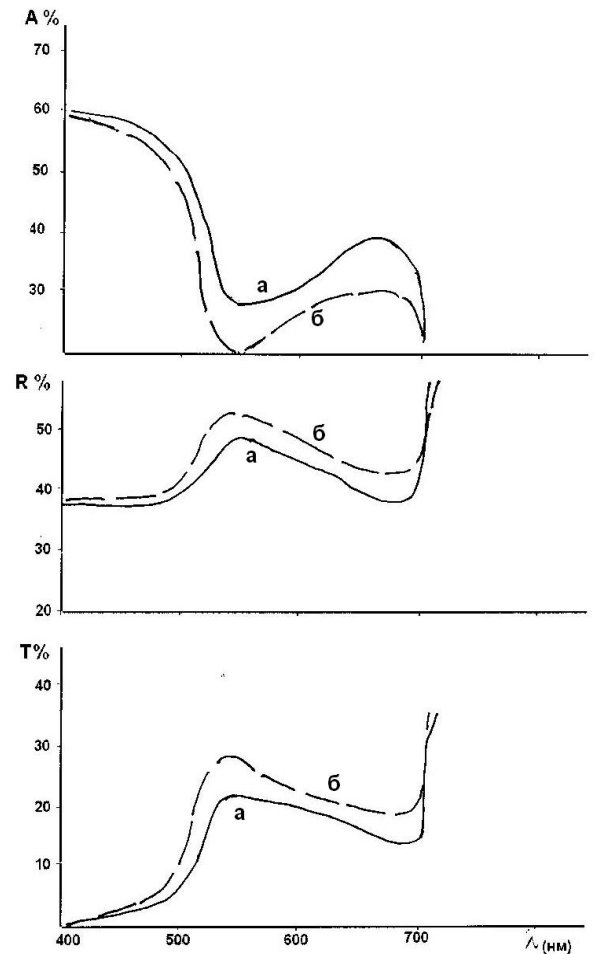


Рис. 4 Спектры пропускания (Т), отражения (R) и поглощения (А) света листьями сирени с изменением высоты над ур. моря. а) 2320 м; б) 2750 м

**Влияние высотного фактора на содержание пигментов
в листьях различных форм растений**

Объекты опыта	Хлорофилл <u>a</u>		Хлорофилл <u>b</u>		Хл. <u>a</u> + Хл. <u>b</u>		Хл. <u>a</u> : Хл. <u>b</u>		Каротиноиды	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Абрикос	2320 м над ур. моря									
	0,44±0,01	2,84±0,07	0,30±0,03	1,92±0,05	0,74	4,76	1,4	1,5	0,12	0,73
	2750 м над ур. моря									
	0,46±0,002	2,6±0,02	0,29±0,03	1,55±0,02	0,75	4,15	1,6	1,7	0,15	0,92
Ива шугнан- ская	2320 м над ур. моря									
	0,62±0,02	3,86±0,06	0,16±0,01	0,9±0,07	0,78	4,76	3,8	4,1	0,42	2,43
	2750 м над ур. моря									
	0,57±0,01	3,42±0,07	0,14±0,07	0,85±0,02	0,71	4,27	4	4,1	0,46	2,28
Девясил корнегла- вый	2320 м над ур. моря									
	0,66±0,05	3,8±0,08	0,16±0,04	0,91±0,06	0,82	4,71	4,1	4,2	0,36	2,2
	2750 м над ур. моря									
	0,57±0,04	3,2±0,01	0,15±0,02	0,8±0,03	0,72	4,10	3,8	4	0,41	2,4
Сирень обычно- венная	2320 м над ур. моря									
	0,48±0,05	2,8±0,01	0,25±0,03	1,44±0,07	0,73	4,24	1,9	1,8	0,34	2,1
	2750 м над ур. моря									
	0,45±0,08	2,61±0,02	0,24±0,04	1,25±0,07	0,69	3,86	1,8	2	0,38	0,23

Примечание: 1 - мг/г сырой массы; 2 - мг/г сухой массы.

Вместе с тем, между поглощением света листьями и содержанием пигментов, особенно в оранжево-красной области спектра, прямой корреляции не наблюдается.

Следует подчеркнуть, что наибольший вклад в изменение содержания суммы хлорофиллов вносит изменение концентрации хлорофилла *a*. При увеличении напряжённости экологических факторов (высокая инсоляция Солнца, в том числе УФ-радиации, низкие температуры) существенным образом уменьшается и концентрация зеленых пигментов.

Действие высотного фактора на оптические характеристики и содержание пигментов у ячменя

В данном разделе приводятся результаты изучения оптических свойств и содержания пигментов в листьях растений ячменя, выращенного на высотах 2320 м над ур. моря (г.Хорог) и 3600 м над ур. моря (Джелонды).

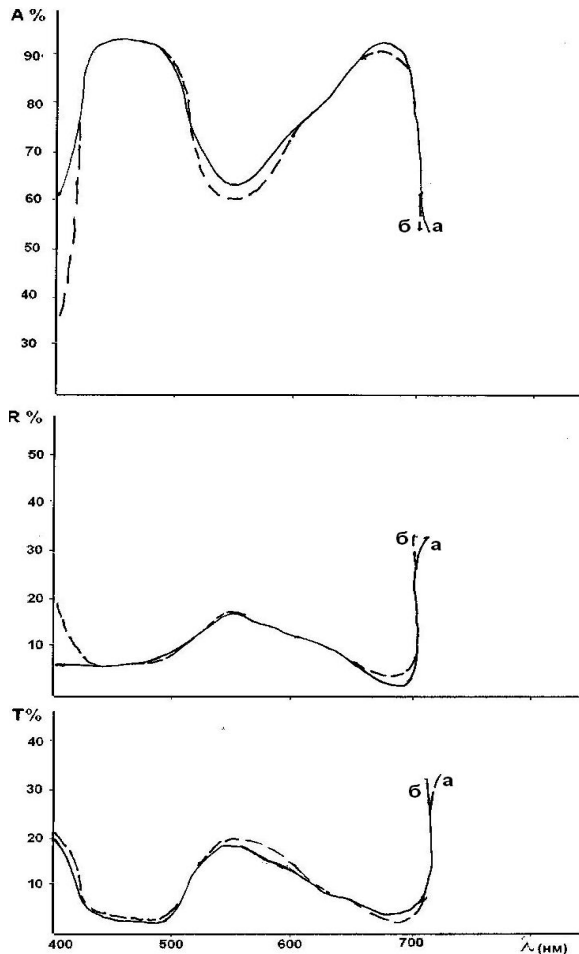


Рис.5. Влияние высотного фактора на спектры пропускания (Т), отражения (R) и поглощения (А) света листьями растений ячменя. а) Хорог (2320 м над ур.моря); б)Джелонды (3600 м над ур.моря).

Результаты опытов, представленные на рис.5, показывают, что с увеличением высоты произрастания у растений ячменя поглощение света листьями уменьшается. Уменьшение поглощающей способности листьев связано, в основном, с изменением пропускания света данным растением: растения, выращенные на высоте 3600 м над ур. моря, в желто-зеленой области спектра пропускают света больше, а в оранжево-красной области спектра меньше.

Кроме изучения спектров поглощения, отражения и пропускания листьями света нами изучено содержание пигментов в листьях растений ячменя и проведен анализ влияния их содержания на изменение оптических параметров листьев растений.

Зависимость изменения содержания пигментов в листьях ячменя с изменением высоты над ур.моря представлена в табл.3.

Таблица 3

Изменение содержания пигментов в листьях ячменя под влиянием высотного фактора

Поступающая радиация	Хлорофилл <u>a</u>		Хлорофилл <u>b</u>		Хл. <u>a</u> + Хл. <u>b</u>		Хл. <u>a</u> : Хл. <u>b</u>		Каротиноиды	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Полная солнечная радиация	2320 м над ур. моря									
	0,57±0,08	1,1±0,036	0,18±0,06	0,33±0,04	0,75	1,43	3,16	3,3	0,38	2,4
	3600 м над ур. моря									
	0,47±0,06	2,4±0,06	0,14±0,05	0,8±0,053	0,61	3,2	3,2	3	0,41	2,8

Примечание: 1 - мг/г сырой массы; 2 - мг/г сухой массы.

С увеличением высоты произрастания растений наблюдается уменьшение содержания всех фотосинтетических пигментов.

Как видно из сравнения данных табл.3, концентрация пигментов в листьях растений, выращенных в условиях г.Хорога (2320 м над ур.моря), намного выше, чем у выращенных в условиях Джелонды (3600 м над ур.моря), что коррелирует с поглощением света листьями.

3.3. Действие естественной УФ-радиации на оптические параметры листьев ячменя

Из данных, приведенных на рис. 6 и 7, видно, что при отсечении УФ-радиации с помощью полиэтиленовой пленки происходит уменьшение поглощения света листом в области фотосинтетически активной радиации.

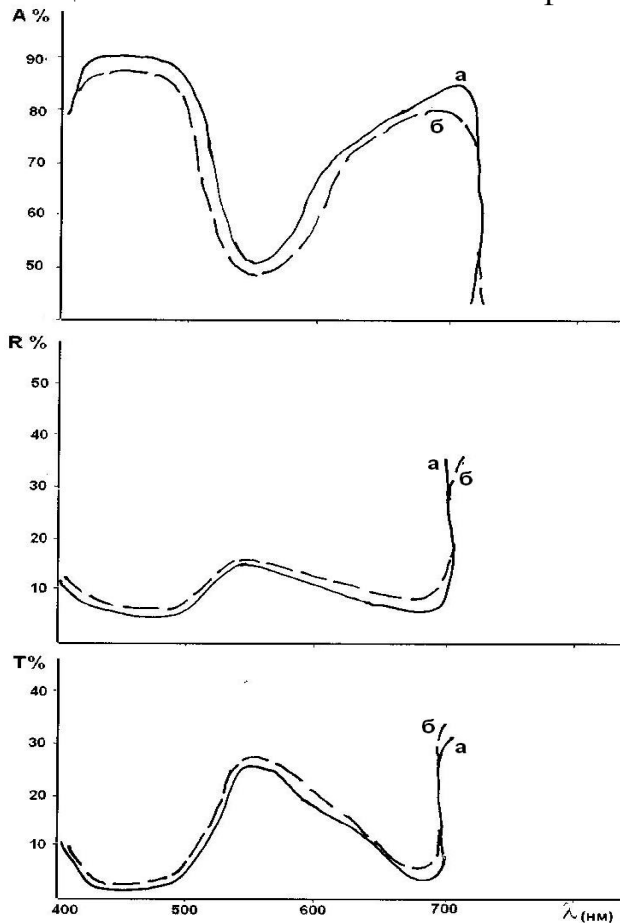


Рис.6. Действие УФ-радиации на спектры пропускания (Т), отражения (R) и поглощения (А) света листьями растений ячменя (Хорог 2320 м над ур.моря).
а) 85-90%-ная радиация+УФ;
б) 85-90%-ная радиация-УФ

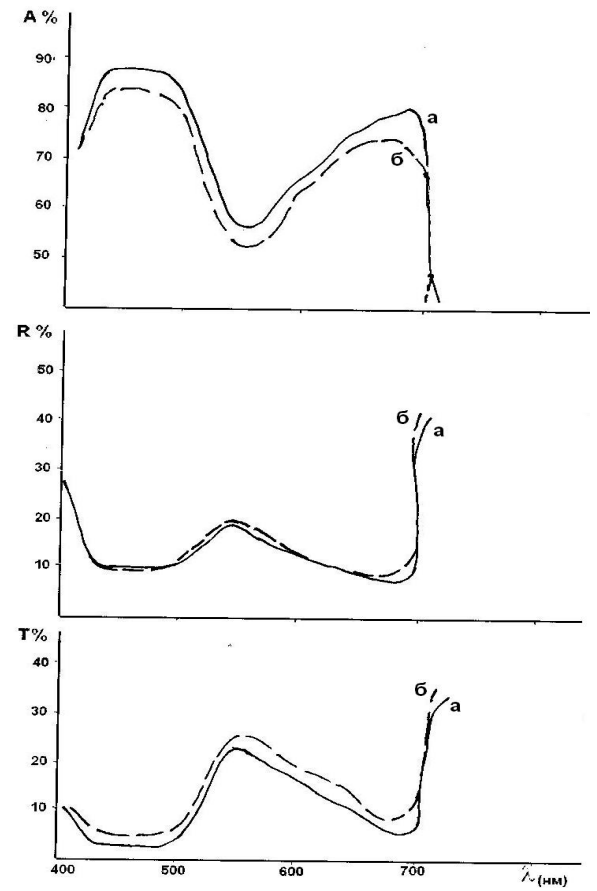


Рис.7. Действие УФ-радиации на спектры пропускания (Т), отражения (R) и поглощения (А) света листьями растений ячменя (Джелонды 3600 м над ур.моря).
а) 85-90%-ная радиация+УФ;
б) 85-90%-ная радиация-УФ

Следует отметить, что достоверная разница между контрольными и опытными вариантами обнаруживается не на всех участках спектра. В условиях г. Хорога (рис.6) достоверная разница в поглощении света листом между опытным и контрольным вариантами обнаружена в сине-фиолетовой и красной областях спектра. Это уменьшение поглощения света в указанных областях связано с увеличением отражения и пропускания света листом.

Результаты опытов по действию высокогорной УФ-радиации на содержание пигментов в листьях растений представлены в табл.4.

Как видно из табл.4, в листьях растений, выращенных в отсутствии УФ-радиации (вариант – 85-90%-ная радиация – УФ), наблюдается увеличение содержания хлорофилла а и хлорофилла в. Соответственно, суммарное содержание зеленых пигментов при отсечении УФ-радиации солнечного света несколько возрастает.

Действие интенсивности света на оптические параметры и содержание пигментов листьев ячменя

Известно, что по мере повышения высоты местности над уровнем моря изменяется не только спектральный состав света, но и общая его интенсивность. Поэтому, естественно предположить, что одной из причин, объясняющей адаптацию оптического аппарата растений к высокогорным условиям, является возрастание интенсивности общей радиации.

При снижении интенсивности общей освещенности поглощение света листьями растений уменьшалось как в условиях г.Хорога (рис.8), так и в условиях Джелонды (рис.9).

Данные по действию интенсивности света на содержание пигментов в листьях ячменя, выращенного в условиях г.Хорога (2320 м над ур.моря) и Джелонды (3600 м над ур.моря), приведены в табл.5 и 6.

Уменьшение интенсивности света (вариант с 46%-ной радиацией) на 54% приводило к увеличению концентрации зеленых пигментов в среднем на 25-28%. В содержании желтых пигментов-каротиноидов наблюдалось незначительное увеличение при снижении интенсивности света.

Изменение спектров пропускания, отражения и поглощения света листьями полыни, выросшей в условиях Памирского ботанического сада (2320 м над ур.моря), показало, что листья растений, выросших в условиях орошения, характеризовались меньшей пропускающей способностью по сравнению с листьями растений, выращенных в богарных условиях. Более ощутимая разница наблюдалась в жёлто-зелёной области спектра. Однако отражательная способность листьев практически не менялась, поглощение света этими растениями в условиях богары уменьшалось.

**Изменение содержания пигментов в листьях ячменя под воздействием
УФ-радиации (г.Хорог, 2320 м над ур.моря)**

Поступаю- щая радиация	Хлорофилл <u>a</u>		Хлорофилл <u>v</u>		Хл. <u>a</u> + Хл. <u>v</u>		Хл. <u>a</u> : Хл. <u>v</u>		Каротино- иды	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
85-90% радиация + УФ	0,6±0,06	2,5±0,07	0,18±0,01	0,71±0,03	0,78	3,21	3,3	3,5	0,4	2,55
85-90% радиация - УФ	0,66±0,03	3,3±0,04	0,22 ±0,02	1,0±0,05	0,88	4,3	3	3,3	0,44	2,64

Примечание: 1 - мг/г сырой массы; 2 - мг/г сухой массы.

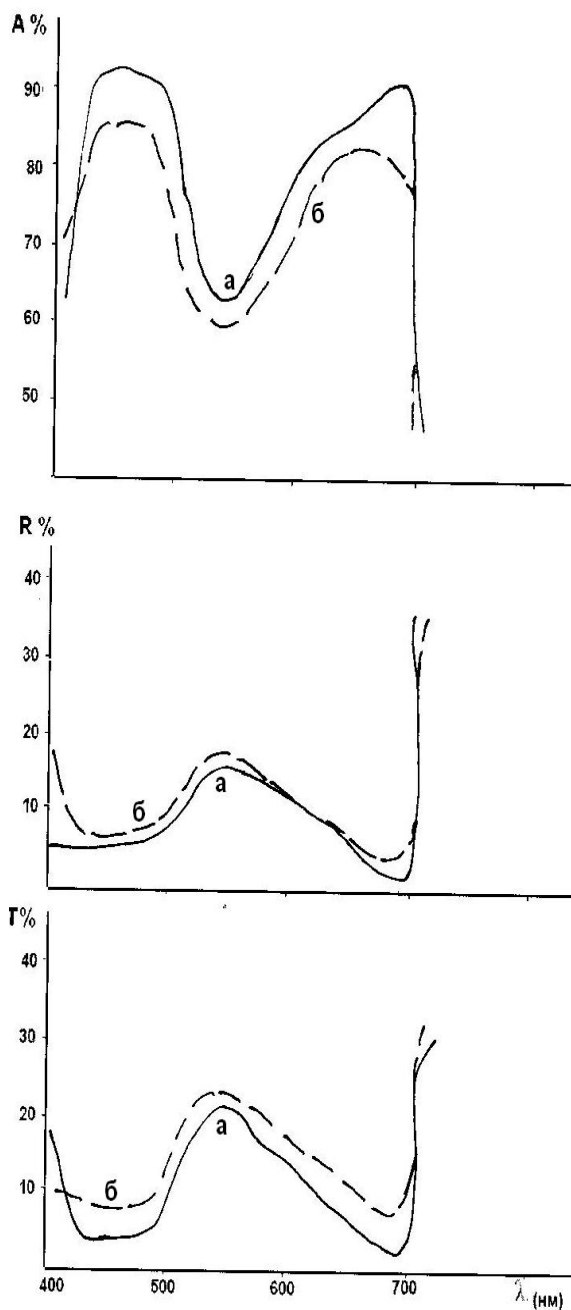


Рис.8. Действие интенсивности света на спектры пропускания (Т), отражения (R) и поглощения (A) света листьями ячменя (Хорог 2320 м над ур.моря).

а) полная солнечная радиация;
б) 46%-ная радиация

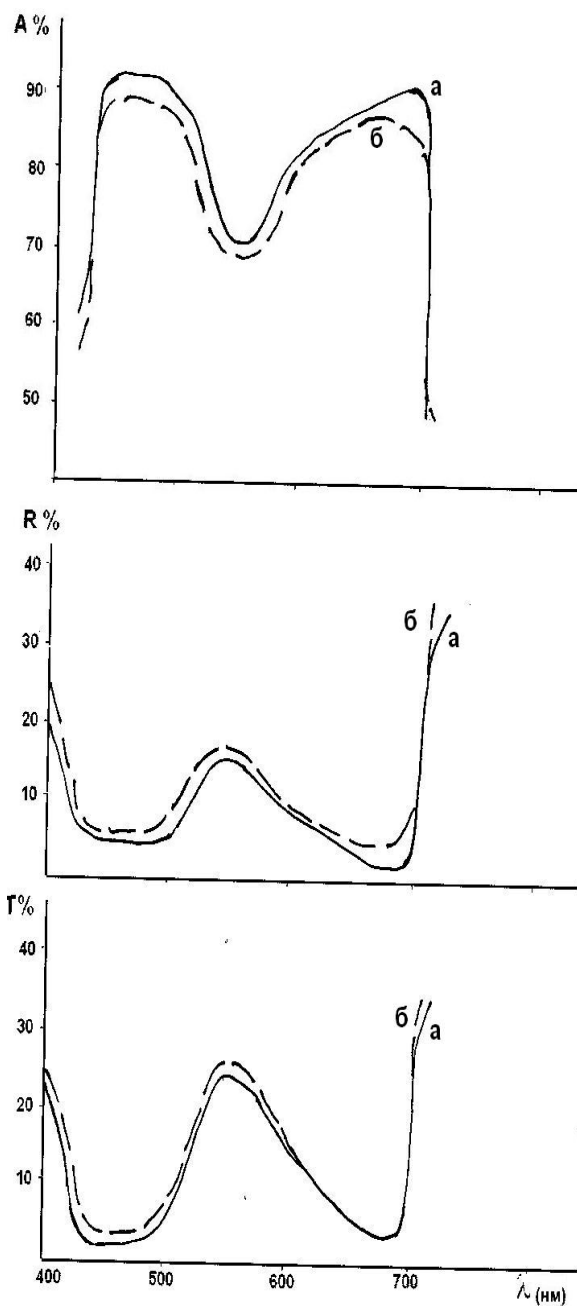


Рис.9. Действия интенсивности света на спектры пропускания (Т), отражения (R) и поглощения (A) света листьями ячменя (Джелонды 3600м над ур.моря).

а) полная солнечная радиация;
б) 46%-ная радиация

**Изменение содержания пигментов в листьях ячменя при уменьшении
интенсивности света (г.Хорог, 2320 м над ур.моря)**

Поступаю- щая радиация	Хлорофилл <u>a</u>		Хлорофилл <u>b</u>		Хл. <u>a</u> + Хл. <u>b</u>		Хл. <u>a</u> : Хл. <u>b</u>		Каротино- иды	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Полная солнечная радиация	0,57 ± 0,08	2,9 ± 0,01	0,18 ± 0,03	0,9 ± 0,05	0,75	3,8	3,1	3,2	0,3	1,8
46% радиации	0,67 ± 0,06	3,3 ± 0,02	0,20 ± 0,04	1,1 ± 0,01	0,87	4,4	3,3	3	3,36	2,1

Таблица 6

**Изменение содержания пигментов в листьях ячменя при уменьшении
интенсивности света (Джелонды, 3600 м над ур.моря)**

Поступаю- щая радиация	Хлорофилл <u>a</u>		Хлорофилл <u>b</u>		Хл. <u>a</u> + Хл. <u>b</u>		Хл. <u>a</u> : Хл. <u>b</u>		Каротино- иды	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Полная солнечная радиация	0,45 ± 0,08	2,3 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,7 ± 0,03	0,56	3,0	4,1	3,1	0,4	2,4
46% радиации	0,55 ± 0,07	2,8 ± 0,02	0,17 ± 0,05	0,7 ± 0,06	0,72	3,5	3,2	3,6	0,6	3,8

Примечание: 1 - мг/г сырой массы; 2 - мг/г сухой массы.

Заключение

Полученные нами экспериментальные данные показали, что спектральная характеристика листьев растений в зависимости от экологических факторов сильно варьирует. Между поглощающей способностью листьев и содержанием пигментов пластид при разном сочетании экологических условий существует сложная связь.

Несмотря на существенные морфологические и анатомические отличия листьев разных видов растений и различия в содержании хлорофиллов и каротиноидов, они обладают общими, универсальными адаптационными свойствами: коэффициенты отражения света в некоторых спектральных областях достаточно хорошо коррелируют между собой (Мерзляк и др., 1997; Gitelson et al., 1996).

В наших опытах показано, что эта корреляция характерна для всех интродуцированных в условиях высокогорий видов, однако местные виды резко отличаются по способности отражать свет (рис. 3 и 4).

Закономерность изменения поглощающей способности листьев растений проявляется в том, что независимо от вида растений и жизненных форм с увеличением высоты местности над уровнем моря уменьшается степень поглощения ФАР.

Следует отметить, что не наблюдается чёткой взаимосвязи изменения спектров поглощения с содержанием пластидных пигментов. Как было ранее показано (Попова и др., 1960), содержание каротиноидов в листьях растений Памира закономерно увеличивается с высотой, что связано с приспособлением растений к комплексу неблагоприятных факторов среды (высокая инсоляция Солнца, в том числе УФ-радиации, низкие температуры, низкая влажность воздуха и почвы).

Сравнение закономерности изменения оптических параметров растений ячменя с высотой местности (рис. 3 и 4) с изменениями этих параметров под влиянием различной интенсивности света (рис 6 и 7) свидетельствует о том, что снижение поглощающей способности листьев напрямую не связано с действием солнечной радиации, а зависит от комплекса других факторов (температура, сухость воздуха и почвы). По-видимому, в этом случае ведущую роль играют другие факторы, в частности, температура и, вероятно, влажность воздуха. Дополнительным доказательством этого являются результаты опытов с искусственным УФ-облучением проростков.

Световой фактор, особенно УФ-радиация Солнца, представляющая собой один из ведущих экологических факторов, специфически изменяет оптические характеристики листьев растений в условиях высокогорий Памира.

При отсечении УФ-лучей и уменьшении интенсивности солнечной радиации наблюдается увеличение поглощения света листом. Таким образом, уменьшение поглощающей способности листьев растений с высотой напрямую не связано со световым фактором.

Снижение поглощающей способности листьев растений с увеличением степени экстремальности внешней среды, видимо, связано в большей степени с действием таких факторов, как температура и влажность воздуха, нежели со световым фактором. Световой фактор, в свою очередь, специфически изменяет оптические параметры растительных организмов.

Выводы

1. Содержание хлорофиллов а+в в листьях местных видов – ивы шугнанской и девясила корнеглавого превышает их содержание у интродуцированных видов – абрикоса и сирени.

2. Местные виды растений – девясил корнеглавый и ива обладают наибольшей поглощающей способностью света листьями по сравнению с интродуцированными видами растений, что происходит за счёт изменения отражательной способности листьев. У интродуцированных растений – абрикоса и сирени отличие в спектрах поглощения света обусловлено изменениями спектров пропускания и отражения света.

3. С увеличением экстремальности среды (на больших высотах) происходит снижение способности листьев растений поглощать солнечную радиацию, причём в наибольшей степени оно выражено у культурных видов растений – сирени и абрикоса.

4. В опытах с облучением растений коротковолновыми УФ-лучами с последующим облучением красным светом установлено, что способность листьев поглощать солнечную радиацию во всей видимой области спектра мало отличалась от контрольного варианта. Предполагается, что красный свет снимает действие стресса, вызванное облучением растений коротковолновыми УФ-лучами.

5. Содержание каротиноидов в листьях ячменя сорта Джау-кабутак и конских бобов при облучении УФ-лучами 254 нм увеличивается, а при дальнейшем воздействии УФ-лучей 365 нм и красного света 650 нм действие этого стресса снимается. Вместе с тем, облучение листьев растений ячменя и конских бобов коротковолновыми УФ-лучами вызывает увеличение поглощения света листьями.

6. При снижении интенсивности общей солнечной радиации поглощение света листьями растений ячменя сорта Джау-кабутак и девясила корнеглавого уменьшается. Листья растений, выросших в условиях богары, обладают большей отражательной способностью и меньшей способностью поглощать свет, чем в условиях орошения.

7. Снижение поглощающей способности листьев растений напрямую не связано с действием солнечной радиации, а зависит от комплекса других факторов, в первую очередь от температуры окружающей среды.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Шомансуров С., Фелалиев Р., Неккадамов Ш., Амадбекова Ш. Оптические свойства листьев некоторых растений в условиях Памира/Вестник Хорогского университета. 1999. Серия 1, № 1.-С.77-81.
2. Наврузбекова Р., Фелалиев Р., Шомансуров С. Фотореакция роста и содержание пигментов при УФ-ингибировании/Вестник Хорогского университета. 2000. Серия 1, № 3.-С.77-80.
3. Фелалиев Р., Шомансуров С. Оптические характеристики листьев в зависимости от действия УФ-радиации Солнца/ Международ. конф. «Актуальные вопросы экологии высокогорий Центральной Азии». Хорог.2000.-С.50.
4. Фелалиев Р., Неккадамов Ш., Шомансуров С. Действие коротковолновой УФ-радиации на оптические характеристики листьев ячменя/Международ.конф. «Развитие горных регионов Центральной Азии в XXI веке».Тез.док.-Хорог,2001.-с.85-86.
5. Шомансуров С., Ракамова Г., Фелалиев Р. Реакция разных генетических форм гороха на естественную ультрафиолетовую радиацию/Международ. конф. «Актуальные вопросы экологической физиологии растений в XXI веке». Сыктывкар, Россия.2001.-С.375.
6. Одилбеков К., Наврузбекова М., Фелалиев Р. Фотореактивирующий эффект красного света на рост проростков. В кн. «Биологические ресурсы Памира».-Душанбе:Дониш,2002.-С.101-105.
7. Ракамова Г., Фелалиев Р., Шомансуров С. Влияние естественных УФ-лучей на рост растений и содержание пигментов. В кн. «Биологические ресурсы Памира».-Душанбе:Дониш,2002.-С.132-134.
8. Фелалиев Р., Ракамова Г., Шомансуров С. Реакция разных генетических форм гороха на УФ-радиацию/Респуб.симп. «Экономика и наука Горно-Бадахшанской автономной области: прошлое, настоящее, будущее». Хорог. 2005.-С.252-253.
9. Фелалиев Р., Шомансуров С. Оптические свойства и содержание пигментов растений разных жизненных форм/ Респуб.симп. «Экономика и наука Горно-Бадахшанской автономной области: прошлое, настоящее, будущее». Хорог. 2005.-С.253-254.
- 10.Фелалиев Р., Наврузбекова М., Шомансуров С. Изменение оптических свойств растений и содержание пластидных пигментов в зависимости от водообеспеченности в условиях Памира/Изв. АН РТ. Отд. биол. и мед. наук.- Душанбе, 2006, № 4 (157).-С.20-24.

11. Шомансуров С., Фелалиев Р., Наврузбекова М. Влияние высотного фактора на оптические свойства и содержание пигментов в растениях разных жизненных форм/Мат-лы респ.конф. «Экологические особенности биологического разнообразия».-Хорог,2007.-С.246.
12. Фелалиев Р., Наврузбекова М. Фотореактивация спектральных свойств растений при УФ-ингибировании.-ДАН РТ.-Душанбе, 2007. Т. 50, № 1.- С.71-75.
13. Фелалиев Р.С., Шомансуров С. Влияние коротковолновой УФ-радиации разных доз на оптические свойства и содержание пигментов в проростках ячменя./ Мат-лы респ.конф. «Адаптационные аспекты функционирования живых систем».-Душанбе, 2007.-С.134-137.