

смеси всех трех микроэлементов с азотом в начале колошения.

Анализ показывает, что по комплексу физических свойств теста, включающих силу муки ( $W$ , е.а.), упругость теста ( $P$ , мм), растяжимость теста ( $L$ , мм), отношение упругости теста к растяжимости ( $P/L$ ), время образования теста, устойчивость теста к замесу, степень разжижения теста, а также показателю качества теста, к лучшему следует отнести вариант с внесением смеси селена, йода и азота в начале молочной спелости.

Таким образом, исследования, проведенные в условиях степной зоны Южного Урала, показали положительное влияние поздних подкормок микроэлементами, в сочетании с азотом, на качество зерна озимой пшеницы. В среднем за годы исследований, наибольшее количество клейковины в зерне, отмечено на варианте с внесением смеси селена с азотом в начале колошения, который превысил контрольный на 3,7%. По комплексу физических свойств теста к лучшему следует отнести вариант с внесением смеси селена, йода и азота в начале молочной спелости.

#### Литература:

1. Беркутова Н.С. Методы оценки и формирование качества зерна/Н.С. Беркутова. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 206 с.
2. Воллейдт Л.П. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна пшеницы/Л. П. Воллейдт// Пути повышения урожайности зерновых колосовых культур. – М., 1966. – С. 39 – 48.
3. Воллейдт Л.П. Поступление и использование азота ( $N^{15}$ ) на синтез белков в зерне озимой пшеницы/ Л. П. Воллейдт, С.С. Кузнецова// Сельскохозяйственная биология. – 1974. - № 4. - С. 505 – 509.
4. Головоченко А.П. Белковый комплекс хлебопекарной пшеницы Среднего Поволжья/ А. П. Головоченко, М. Ю. Киселева.- Самара, 2005.– 212 с.
5. Гольдварг Б.А. Действие минеральных удобрений на урожай и качество зерна некоторых сортов озимой пшеницы в условиях Калмыкии/ Б. А. Гольдварг, Т. М. Кушлынова, А. И. Сорокина, В. С. Кубанцева // Агрехимия . – 1993. - № 1. – С. 65 – 70.
6. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы)/ А. А. Жученко. – Кишинев, «Штиинца», 1990. – 432 с.
7. Филин В.И. Влияние удобрений и нормы посева на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в степной зоне Волгоградской области/ В. И. Филин, А. Г. Кузин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета.- № 28 (4).- апрель 2007. - [www.ej.kubagro.ru](http://www.ej.kubagro.ru).

---

УДК 581.143:577.175.1.05

## РЕГУЛЯЦИЯ СВЕТОМ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ФОНЕ ИНГИБИРОВАНИЯ СИНТЕЗА REGULATION OF DIFFERENT QUALITY LIGHT PHYSIOLOGIC PROCESSES UNDER THE INHIBITION OF PROTEIN SYNTHESIS

*Т.П. Якушенкова<sup>1</sup>, Н.Л. Лосева<sup>2</sup>, А.Ю. Алябьев<sup>2</sup>*

*T.P. Yakushenkova, N.L. Loseva, A.Yu. Alyabyev*

*<sup>1</sup>Казанский государственный университет*

*<sup>2</sup>Институт биохимии и биофизики Каз НЦ РАН*

*<sup>1</sup>Kazan State University*

*<sup>2</sup>Kazan Institute of biochemistry and biophysics Russian Academy of Sciences*

*The comparative effect of blue (420-460nm) and red (620-640nm) light on the physiologic processes in two spring wheat cultivars differed by drought-resistance in the conditions of the synthesis inhibition of the cytoplasmic proteins was studied. We defined the state of the cellular membranes*

by electrolyte leakage since the changes of membrane properties played the clue role under plant adaptation. We measured the speed of thermal production as the index of the energy utilization effectiveness in plant and the respiratory rate as one of the main energy sources for the processes of plant life activity. Blue light exerted the positive effect on the seedlings. The decrease of membrant permeability and the increases of thermal secretion and respiration testify about it. Fts the most considerable effect was observed under the action of cycloheximide (CH).

Действие света на растение сложно и многообразно. Обмен веществ растения тесно связан с использованием энергии солнечного излучения. При фотосинтезе происходит преобразование энергии света в потенциальную химическую энергию продуктов фотосинтеза – органического вещества и молекулярного кислорода.

Наряду с фотосинтезом свет управляет многочисленными реакциями, регулирующими рост и развитие растений. Свет является внешним сигналом посредством которого осуществляется взаимодействие генома с окружающей средой. Известно, что качество света влияет на структуру фото-

синтетического аппарата, на газообмен при фотосинтезе, на скорость электронов в транспортной цепи, на активность ряда фотосинтетических ферментов [1].

Маевской и Буховым [2] была показана стимулирующая роль синего света в усилении скорости ассимиляции нитрата. Различное распределение ассимилированного  $CO_2$  на синем (СС) и красном свете (КС). Характерной особенностью быстрых изменений метаболизма на СС, является увеличение образова-

ния соединений с меньшей степенью восстановленности, чем углеводы, - органических и аминокислот – предшественников белков. Большинство эффектов синего света на метаболизм косвенно может быть вызвано динамической регуляцией активности ферментов метаболизма через регулирование транспорта электронов в ЭТЦ фотосинтеза и дыхания или состояния мембран и их проницаемости [4,10].

В последнее время в литературе стали появляться немногочисленные работы по влиянию света различного качества на устойчивость растений к тем или иным неблагоприятным условиям среды [3].

Важную роль в механизмах повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды играют изменения в экспрессии генов и, соответственно, прекращения синтеза обычных белков и индукция так называемых стрессовых белков[6,7,8]. Показано, что ингибиторы трансляции ЦГ и ХФ препятствуют повышению устойчивости растений при действии на них низких и высоких закалывающих температур[5]. В связи с этим, нами было изучено регуляторное влияние

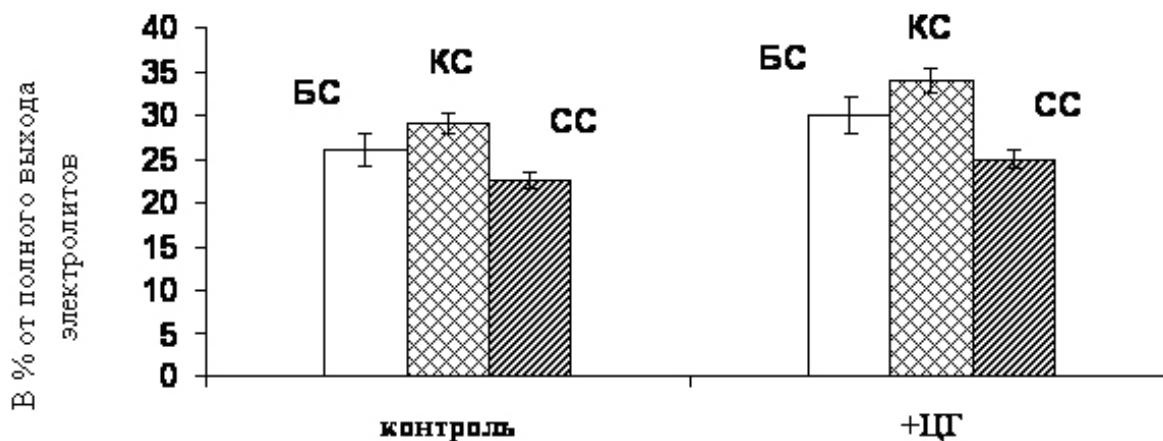


Рис. 1. Выход электролитов из тканей корней яровой пшеницы сорта Мис, выращенных на свету различного спектрального состава.

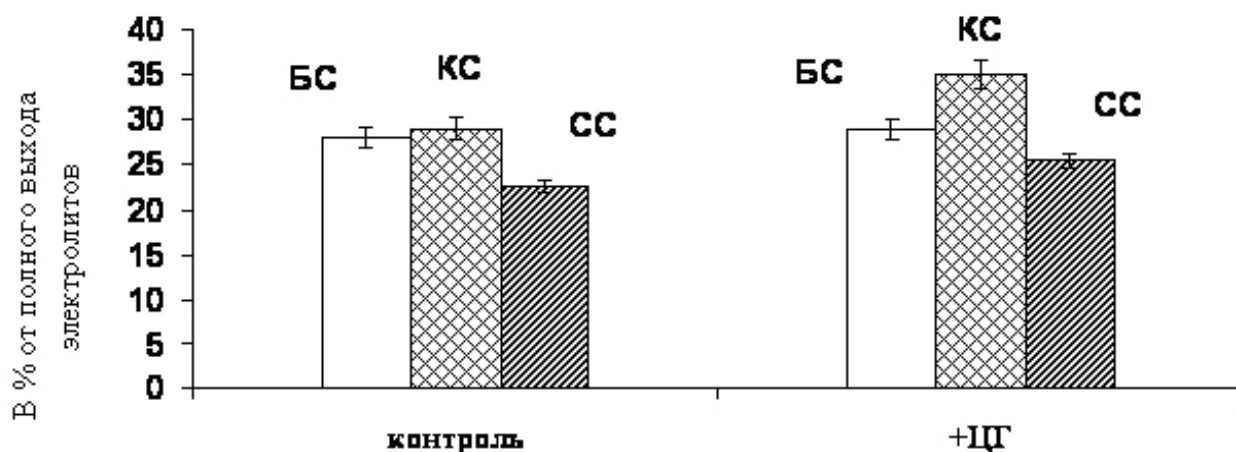


Рис. 2. Выход электролитов из тканей корней яровой пшеницы сорта Прохоровка, выращенных на свете различного спектрального состава.

синего и красного света на проростки яровой пшеницы двух различных по засухоустойчивости сортов яровой пшеницы в условиях угнетения синтеза цитоплазматических белков.

Объектом исследования служили корни и листья различных по устойчивости к засухе сортов яровой пшеницы: устойчивого к засухе сорта Мис и неустойчивого сорта Прохоровка. Растения выращивали в растильне, разделенной на три светоизолированных блока: 1-белый свет (источник освещения люминисцентные лампы ЛДС-40), 2-синий свет (источник-люминисцентные лампы ЛГ-40, пик пропускания 420-460 нм), красный свет (источник люминисцентные лампы ЛК-40, пик пропускания 620-640 нм) при 12 часовом фотопериоде. Предварительно семена протравливали в течение 20 минут в 0,5% растворе  $KMnO_4$ , и затем замачивали в водопроводной воде и после этого раскладывали в кюветы.

Проростки выращивали на водопроводной воде в кюветах (контроль) и с добавлением в среду на пятые сутки ингибитора цитоплазматического белка – циклогексимида в концентрации 10 мг/л. Возраст исследуемых проростков 6-7 суток. Биологическая повторность 3-7 кратная. Аналитическая 3-4 кратная. Дыхание проростков определяли манометрическим методом.

Тепловыделение измеряли с помощью

калориметра LKB 2277, который относится к типу теплопроводящих калориметров Тиана-Кальве. Известно, что каждое явление жизни, каждая реакция обмена веществ в их взаимосвязи с внешним миром связаны с потреблением (выделением) энергии. Результирующим выражением жизнедеятельности организма является его термограмма, которая может служить, по мнению Кальве и Прата, «численным выражением суммарной функциональной активности» живой системы [9]. Полученные данные обрабатывали в программе GALEX 050418.

Определение проницаемости мембран контролировали по экзосмосу электролитов из тканей корней кондуктометрическим методом ЭП водных вытяжек. Для определения полного выхода электролитов (100%) водные вытяжки вместе с навесками корней выдерживались на кипящей водяной бане 30 мин. После охлаждения экстрактов до комнатной температуры проводили повторное измерение ЭП. Вымываемость рассчитывали по выходу электролитов, вычисленному в % от полного выхода электролитов.

Известно, что одним из интегральных показателей, характеризующих состояние клеточных мембран, является выход электролитов. Как известно, изменение выхода электролитов отражает нарушение коллоидно-осмотических свойств цитоплазмы, которое, прежде всего, сказывается в увеличении её

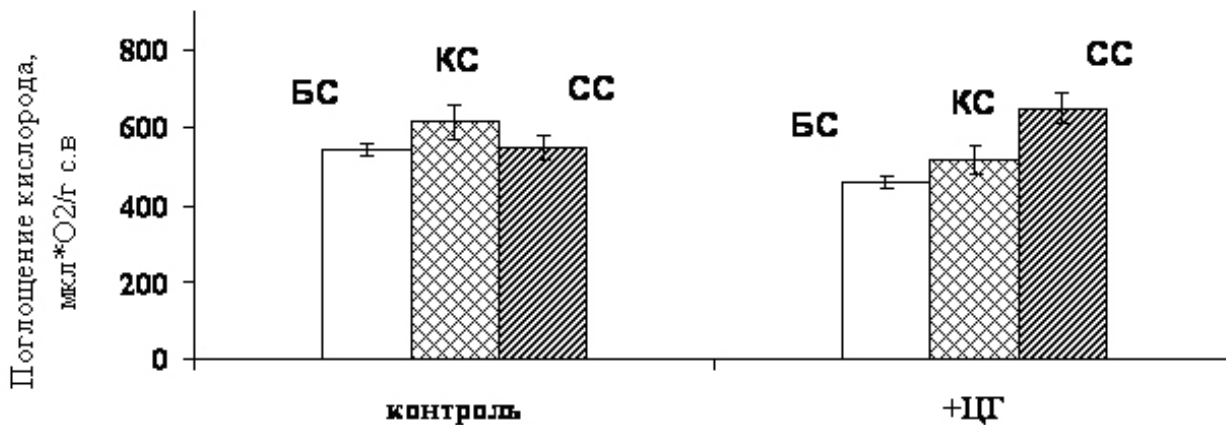


Рис.3. Интенсивность дыхания корней проростков яровой пшеницы сорта Мис, выращенных на свету различного спектрального состава.

проницаемости [10,11]. Данные по влиянию света различного качества на выход электролитов у двух сортов представлены на рис.1 и рис.2.

Из данных, представленных на рисунках, в контрольных вариантах на белом свете (BC) выход электролитов составил у устойчивого сорта Мис 26% и у малоустойчивого сорта Прохоровка 28% от полного выхода электролитов. Под действием CC наблюдалось снижение выхода электролитов. Аналогичные результаты были получены и другими авторами [12]. При действии ингибитора синтеза белка циклогексимида наблюдалось повышение выхода электролитов во всех вари-

антах, но степень изменений выхода электролитов несколько отличалась в зависимости от сорта.

Наиболее значительно возросла скорость утечки электролитов у проростков малоустойчивого сорта Прохоровка на KC.

Амплитуда изменения выхода электролитов у проростков устойчивого сорта Мис на CC была наименьшей. Таким образом, регуляторное влияние света проявлялось как в контрольных вариантах, так и под действием ингибитора синтеза белка и выражалось в том, что CC способствовал снижению выхода электролитов, а KC увеличивал выход электролитов независимо от устойчивости сортов

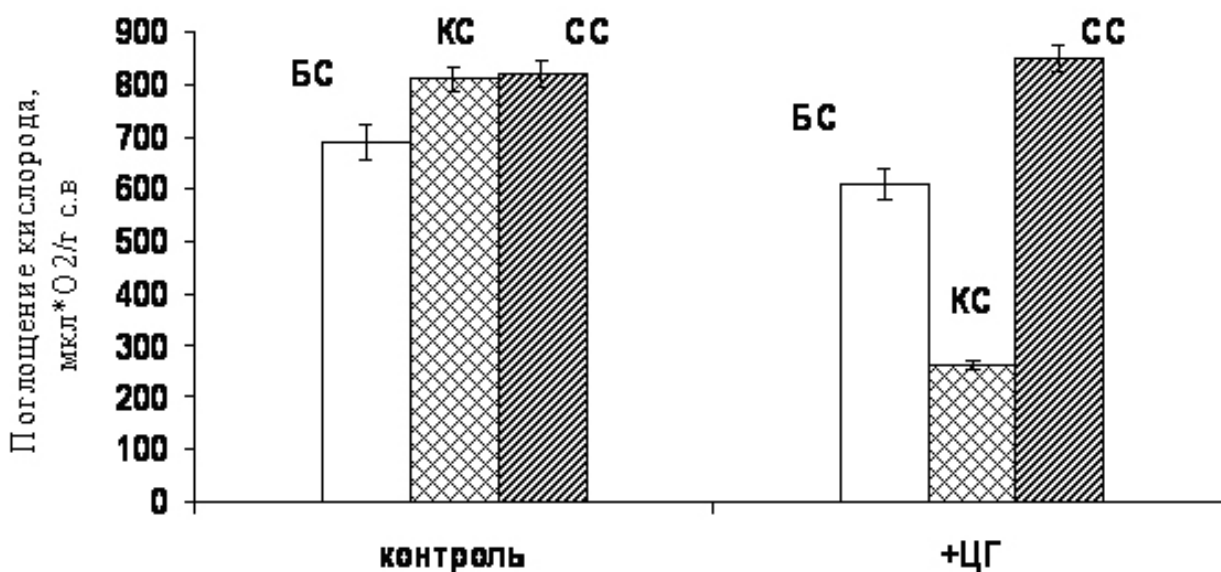


Рис.4. Интенсивность дыхания корней проростков яровой пшеницы сорта Прохоровка, выращенных на свету различного спектрального состава.

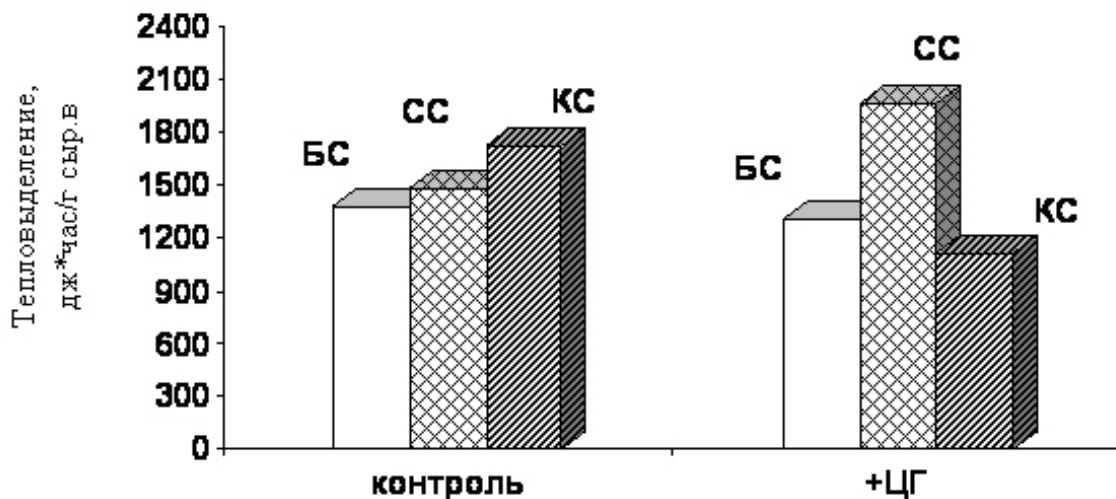


Рис.5. Значение скорости тепловыделения корней проростков яровой пшеницы сорта Мис, выращенных на свете различного спектрального состава.

к засухе.

Дыхание растений сильно варьирует в зависимости от объекта, стадии онтогенеза, физиологического состояния и действия факторов окружающей среды. Показана важная роль дыхания в адаптации растений к изменяющимся условиям среды, поскольку необходимы дополнительные затраты энергии для приспособления организмов к новым условиям существования [13].

Стрессовые условия, подавляя общую метаболическую активность и рост, могут усиливать дыхание для целей репарации повреждения, синтеза специфических метаболитов, выполняющих защитные функции [14].

Действие света различного спектрального состава на дыхание растений изучалось на отсеченных корнях, поскольку изучение на надземных частях затруднено, так как одновременно протекает с фотосинтезом. Нами было проведено исследование дыхания корней в условиях последействия света различного спектрального состава при ингибировании синтеза цитоплазматического белка (рис.3,4).

Было обнаружено, что интенсивность дыхания в контрольных вариантах у малоустойчивого сорта Прохоровка выше, чем у устойчивого сорта Мис. Регуляторного влияния света различного качества в контроле не наблюдалось. При действии циклогексимида

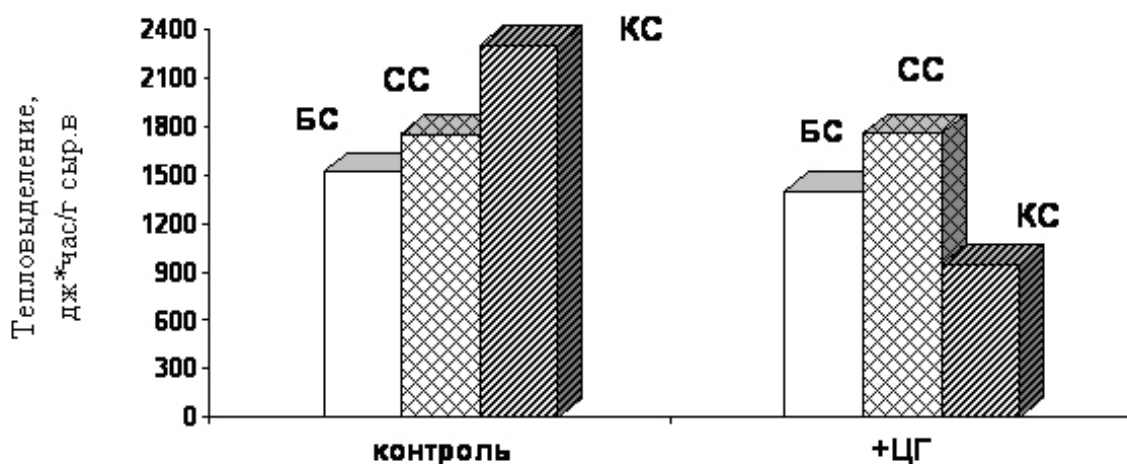


Рис.6. Значение скорости тепловыделения корней проростков яровой пшеницы сорта Прохоровка, выращенных на свете различного спектрального состава.

мы наблюдаем подавление интенсивности дыхания у проростков, выращенных на белом и красном свете, независимо от устойчивости сорта. Причем наиболее сильное подавление дыхания отмечено у малоустойчивого сорта при выращивании на КС.

Совокупность биохимических реакций строго координирована во времени и пространстве. Именно такая упорядоченность допускает эффективное и контролируемое использование энергии, продуцируемой энерговырабатывающими системами клетки. С другой стороны, поддержание необходимой упорядоченности (высокой степени организации как в отношении структуры, так и функциональной активности) требует непрерывного притока энергии, т.е. является энергозависимым процессом.

Действие неблагоприятных факторов среды, как правило, направлено на снижение упорядоченности как энергии, так и вещества, снижение функциональной активности и способности живой системы совершать работу, уменьшение запаса свободной энергии и приводит к необратимым изменениям в организме. В силу этого, представляется логичным изучение скорости теплопродукции, которая отражает изменение всех анаболических и катаболических процессов, происходящих в растительном организме. Тепловыделение – один из интегральных и важных показателей функционального состояния растительных тканей

и клеток [15]. Экспериментальные данные о влиянии света различного спектрального состава и ЦГ на значение скорости тепловыделения корней представлены на рис.5,6.

В контрольных вариантах скорость тепловыделения коррелировала с интенсивностью дыхания. Значения интенсивностей тепловыделения у проростков с белого и синего света были близкими. Достаточно интересные закономерности были получены при влиянии циклогексимида. В зависимости от устойчивости сорта к засухе, у проростков с синего света скорость тепловыделения оставалась либо на том же уровне (неустойчивого), либо повышалась (устойчивого). При совместно действии ЦГ и КС наблюдается подавление интенсивности тепловыделения, причем у неустойчивого сорта в большей степени. На белом свете также происходило незначительное снижение скорости тепловыделения под действием ЦГ. Из полученных данных по тепловыделению можно констатировать, что спектральный состав света оказывает регуляторное влияние на скорость тепловыделения как индикатора физиологического состояния растений. Возможно, различия в теплообмене, скорости дыхания, снижении выхода электролитов у проростков засухоустойчивого сорта Мис, по сравнению с проростками менее устойчивого сорта Прохоровка могут свидетельствовать о более быстрых адаптационных перестройках, происходящих при выращивании растений на СС.

#### Литература:

1. Воскресенская Н.П. Принципы фоторегулирования метаболизма растений и регуляторное действие красного и синего света // Фоторегуляция метаболизма и морфогенеза растений / Под ред. Курсанова А.Л. и др. – М.: Наука, 1975. С. 16-36.
2. Маевская С.Н., Бухов Н.Г. Влияние качества света на азотный метаболизм растений редиса // Физиология растений. - 2005. - Т. 52, №3. - С. 349-356.
3. Бородин В.Б. Влияние красного и синего света на адаптацию *Chlamydomonas reinhardtii* к СО лимитирующим условиям // Физиология растений. - 2008. - Т.55, №4. - С.492-500.
4. Воскресенская Н.П. Фотосинтез и спектральный состав света. – М.: Наука. - 1965.
5. Титов А.Ф., Акимова Т.В., Крупнова И.В. Формирование устойчивости в начальный период закаливания растений при действии ингибиторов белкового синтеза и цитокинина // Физиология и биохимия культурных растений. - 1992. - Т. 24, №4. - С.340-367.
6. Войников В.К., Колисниченко А.В., Побежимова Т.П., Грабелльных О.И. Функционирование стрессового белка БХШ 310 связано с шунтированием транспорта электронов по дыхательной цепи митохондрий озимой пшеницы // Физиология растений. - 2006. - Т. 53, №3. - С. 371-379.
7. Кузнецов Вл.В., Радюхина Н.Л., Шевякова Н.И. Полиамины при стрессе: биологиче-

- ская роль, метаболизм и регуляция // Физиология растений. - 2006. - Т. 53, №5. - С. 658-683.
8. Руаньяйчон В., Сангракру Д., Камопсукьюньонг В., Сианглив М. и др. Связь гена малого ГТФ-связывающего белка с локусом количественного признака устойчивости риса к затоплению // Физиология растений. - 2004. - Т. 51, №5. - С. 721-732.
9. Hansen Lee D., Hopkin Mark S., Criddle Richard S. Plant calorimetry: a window to plant physiology and ecology // Thermochemica Acta. - 1998. - V. 300. - P.183-197.
10. Приходько Н.В. Изменение проницаемости клеточных мембран как общее звено неспецифической реакции растений на внешние воздействия // Физиология и биохимия культурных растений. - 1987. - Т.19, вып. 3. - С.301-308.
11. Villing R.P., Leopold A.C. Cellular expansion at low temperature a cause of membrane lesions // Plant Physiol. - 1983. - V. 71, №1. - P. 118-121.
12. Романова Т.Д., Курбская О.Г., Буртаева Т.Е., Рубан Н.Ф., Галиев Н.А. Влияние спектрального состава света на интенсивность некоторых физиологических функций и их устойчивость к действию экстремальной температуры // Водный и энергетический обмен растений. - Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 1985. - С.72-79.
13. Семихатова О.А. Энергетика дыхания растений в норме и при экологическом стрессе. – Л.: Наука, 1990. - 72с.
14. Семихатова О.А., Чиркова Т.В. Физиология дыхания растений: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбУ, 2001. - 224с.
15. Kemp R.B., Loseva N.L. et al. The energetic stress response of the microalgal *Chlorella vulgaris* as a model system for plant – pathogen interaction // Thermochemica Acta. - 1995. - P.37-47.
- 
-