

## Физиология адаптации к водному стрессу

УДК 633.11:[581.132+574.24]

### **ВОДНЫЙ РЕЖИМ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ СПОСОБНОСТЬ У ГЕНОТИПОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ**

**Ф.И. ГАСЫМОВА, М.Н. ХАЛЫГЗАДЕ, И.В. АЗИЗОВ, Н.М. ГУЛИЕВ**

Исследовали особенности водного режима, содержание белка и фотосинтетическую способность хлоропластов в листьях у озимой пшеницы сортов Баракатли 95, Гарагылчыг 2, Азаматли и Гийматли 2/17 в условиях засухи. Выявлено, что стабильная фотосинтетическая способность хлоропластов у устойчивого генотипа обусловлена высоким относительным содержанием воды, низким водным дефицитом и большим количеством белка в листьях в течение периода засухи.

**Ключевые слова:** генотипы пшеницы, засуха, водный режим, хлоропласты.

**Keywords:** wheat genotypes, drought, water regime, chloroplasts.

Повышение стабильного урожая зерна пшеницы и улучшение его качества на основе получения гибридов с набором целевых хозяйственно ценных признаков остается одной из важнейших задач селекции. Для раскрытия истинных механизмов устойчивости к действию стрессовых факторов, в том числе засухи, требуется сравнительный анализ не отдельных свойств получаемого гибрида, а их комплекса, поскольку в адаптацию продукционного процесса к неблагоприятным внешним факторам вовлечены многие физиологические и биохимические события.

При изучении ростовых процессов (1) и отдельных реакций фотосинтеза (2) у сортов пшеницы показано, что механизмы адаптации, направленные на сохранение целостности и функциональной активности клеточных структур, у устойчивых сортов более выражены (3). Имеются сообщения о том, что функции хлоропластов и других органоидов клетки связаны с ее осмотическим потенциалом, который меняется при изменении влажности и водного потенциала за счет синтеза новых белков и других метаболитов внутриклеточного обмена (4-6). Однако вопрос о корреляциях между водным режимом клетки и фотосинтетической способностью хлоропластов окончательно не выяснен.

Целью нашей работы было выявление особенностей водного режима растений, содержания белков и фотосинтетической способности хлоропластов в условиях почвенной засухи у различных генотипов пшеницы.

**Методика.** Исследования проводили в 2006-2008 годах на экспериментальном участке Института земледелия Азербайджанской Республики (п-ов Апшерон). Объектом служили высокоурожайные сорта озимой пшеницы Баракатли 95, Гарагылчыг 2, Азаматли и Гийматли 2/17. Растения выращивали на делянках размером 3×10 м. Повторность опытов 4-кратная. Начиная с фазы выхода в трубку, прекращали полив опытных растений, и они находились в условиях сильной почвенной засухи до конца вегетационного периода. В контроле полив осуществляли один раз в каждую фазу развития растений. В экспериментах использовали 10 флаговых листьев с растений из разных участков делянок.

Общее содержание воды (влажность) определяли высушиванием материала до абсолютно сухого состояния при температуре 60 °С. Относительное содержание воды (ОСВ) и водный дефицит (ВД) оценивали согласно описанным методикам (7, 8). Для этого взвешенные высечки ли-

стьев погружали в воду, накрывали сверху несколькими слоями влажной фильтровальной бумаги. Время, необходимое для полного насыщения, составляло 24 ч. После насыщения листья просушивали фильтровальной бумагой и снова взвешивали. Затем пробы высушивали в термостате до абсолютно сухой массы. Расчеты проводили по следующим формулам:

$$\begin{aligned}\text{Влажность} &= 100 \times (M_F - M_D)/M_F, \\ \text{ОСВ} &= 100 \times (M_F - M_D)/(M_T - M_D), \\ \text{ВД} &= 100 \times (M_T - M_F)/M_T,\end{aligned}$$

где  $M_F$  — масса листьев до насыщения;  $M_T$  — масса листьев после насыщения;  $M_D$  — сухая масса листьев.

Количественное определение растворимого белка проводили с помощью 0,12 % раствора Coomassie Brilliant Blue G-250 (Швеция) (9). Измерения оптической плотности осуществляли на ультраспектрофотометре LKB Biochrom Ultrospec 4050 (Швеция) при  $\lambda = 610$  нм. Для построения калибровочного графика использовали альбумин.

Хлоропласты выделяли из флаговых листьев дифференциальным центрифугированием. Содержание кислорода оценивали с применением электрода Кларка по ранее описанной методике (10).

Статистическую обработку результатов проводили в программе Statistica 4.0.

*Результаты.* В первой половине мая влажность листьев у растений из контрольной группы не претерпевала значительных изменений и сохранялась в пределах 65-70 % (рис. 1, А), что объясняется умеренными погодными условиями в указанный период. Повышение температуры воздуха во второй половине месяца привело к уменьшению влажности листьев растений на 10-15 %. Необходимо отметить, что смена жарких дней на относительно прохладные в конце мая способствовала восстановлению первоначальных значений этого показателя.

У растений, выращенных в условиях засухи (см. рис. 1, А), влажность листьев в первой половине месяца была относительно ниже, чем в контроле. С установлением жарких дней влажность уменьшалась до значений, отмеченных у растений в условиях полива, с последующим увеличением до исходных показателей.

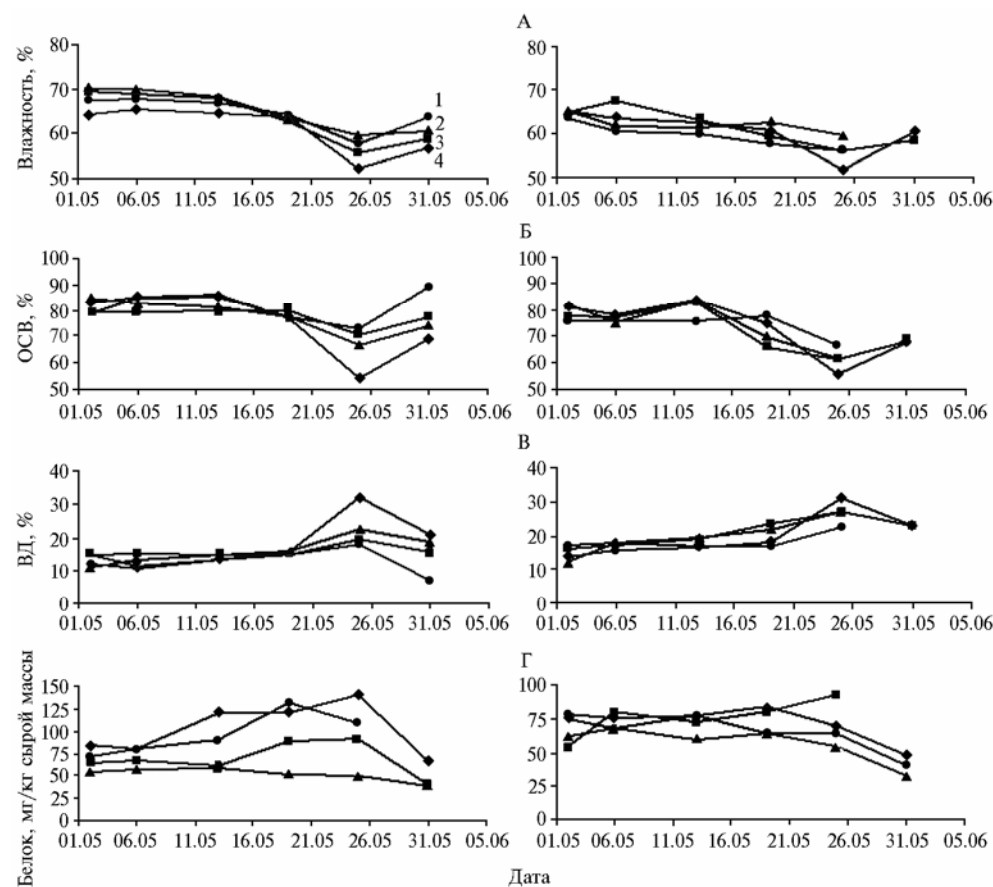
В начале исследований разница между вариантами в относительном содержании воды в листьях составляла 10-15 %. При этом контрольные растения характеризовались более высокими значениями показателя (см. рис. 1, Б). С повышением температуры воздуха в условиях полива ОСВ у всех исследуемых сортов пшеницы значительно снизилось. Самые низкие значения (30-35 %) наблюдались у сорта Баракатли 95. Аналогичные изменения ОСВ отмечены в листьях растений, выращенных в условиях засухи. Снижение температуры в конце месяца привело к повышению показателя до исходных значений в обоих вариантах опыта.

Повышение температуры воздуха вызвало быстрое увеличение дефицита воды в листьях у исследуемых сортов пшеницы до пика, отмеченного в наиболее жаркий день — 25 мая (см. рис. 1, В). Значительный дефицит воды обнаружили в листьях сорта Баракатли 95 — 35 %, что было на 25 % выше по сравнению с исходными показателями. К концу периода засухи у растений из опытного варианта ВД увеличивался. Кроме того, были выявлены сортовые различия. Снижение температуры окружающей среды в конце месяца привело к уменьшению значений ВД до исходных, что указывает на вариабельность этого показателя.

Содержание белка у исследованных сортов увеличивалось с повышением температуры воздуха. У сортов Баракатли 95 и Азаматли в услови-

ях полива и засухи оно было выше, чем у сортов Гийматли 2/17 и Гарагылчыг 2 (см. рис. 1, Г).

Фотосинтетическая способность хлоропластов в условиях засухи снижалась у всех сортов (рис. 2). Наиболее существенные отклонения от контрольного варианта отмечали у сортов Гийматли 2/17 и Гарагылчыг 2. Более стабильным оказался сорт Баракатли 95.



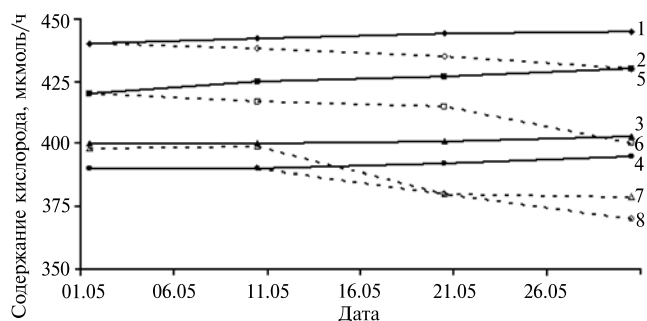
**Рис. 1.** Общее содержание воды (влажность) (А), относительное содержание воды (ОСВ) (Б), водный дефицит (ВД) (В) и содержание белка (Г) в листьях в условиях полива (слева) и засухи (справа) у разных сортов пшеницы: 1 — Азаматли, 2 — Гийматли 2/17, 3 — Гарагылчыг 2, 4 — Баракатли 95 (экспериментальный участок Института земледелия Азербайджанской Республики, п-ов Апшерон, 2006-2008 годы).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что растения исследованных сортов пшеницы способны регулировать водный баланс и фотосинтетическую способность и тем самым обеспечивать процессы жизнедеятельности. Общей для всех сортов оказалась тенденция к снижению влажности листьев, относительного содержания воды, фотосинтетической способности хлоропластов и содержания белка в условиях засухи и высоких температур.

Ранее было показано, что реакция растущего листа на изменение температуры, продолжительную засуху и водный стресс выражается главным образом в изменении его мезоструктуры (10-12).

Повышение температуры воздуха в наших опытах привело к уменьшению водного баланса листьев не только у опытных растений, но и у растений в варианте с поливом. Эти изменения в обоих случаях имели обратимый характер, с оптимизацией температурного режима показатели

восстанавливались до первоначальных значений. Относительно высокие показатели водного баланса в листьях растений, выращенных в условиях полива, объясняются достаточным количеством воды в почве в период выращивания. В то же время небольшая разница в представленных значениях для листьев растений в обоих вариантах опыта указывает на способность пшеницы исследованных сортов осуществлять процессы жизнедеятельности при достаточно низком содержании воды в растении.



**Рис. 2.** Фотосинтетическая способность хлоропластов у растений разных сортов пшеницы: 1, 2, 3, 4 — соответственно сорта Баракатли 95, Гарагылчыг 2, Азаматли, Гийматли 2/17 при поливе; 5, 6, 7, 8 — те же сорта при засухе (экспериментальный участок Института земледелия Азербайджанской Республики, п-ов Апшерон, 2006-2008 годы).

Возможно, устойчивость этих сортов к засухе определяется особенностями их генотипа. Так, наибольшей характеризовался сорт Баракатли 95.

Засухоустойчивость растений определяется наличием адаптивных защитных реакций. Засуха стимулирует образование специфических белков (9), а также гормонов (13), влияющих на функции устьичных клеток. Как из-

вестно, содержание воды в листьях обусловлено устьичной транспирацией. В засушливых условиях или с повышением температуры воздуха устьица закрываются, уменьшая транспирацию, что способствует сохранению водного баланса в листьях.

В наших экспериментах показатели ОСВ и водного баланса находились в обратной, а дефицита воды — в прямой корреляции с количеством белка в листьях. Так, наибольшее содержание белка отмечалось в период высоких температур, что совпадает с дефицитом воды в клетках растений. В условиях полива подобные закономерности были выражены более отчетливо. Со снижением температуры воздуха уменьшалось содержание белка в листьях, что приводило к открытию устьиц и восстановлению транспирации.

Наблюдаемые различия в чувствительности генотипов пшеницы к одновременному действию высокой температуры и засухи могут иметь значение для генетического усовершенствования этой культуры, повышения ее адаптации к условиям водного и теплового стресса.

Таким образом, среди исследованных нами генотипов пшеницы относительно высокая устойчивость к засухе по изученным физиологическим показателям отмечена у сортов Баракатли 95 и Азаматли, которые могут быть использованы в качестве исходного материала для селекции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Куликов В.А. Физиологические подходы к селекции растений на продуктивность и засухоустойчивость. С.-х. биол., 1986, 6: 27-34.
2. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Особенности фотосинтетического энергообмена сортов пшеницы различной продуктивности. В кн.: Физиолого-биохимические особенности пшениц разной продуктивности. М, 1980: 5-43.
3. Шматько И.Г., Шведова О.Е. Водный режим и засухоустойчивость пшеницы. Киев, 1977.
4. Šesták Z. Photosynthetic characteristics during ontogenesis of leaves. Chlorophylles. Photo-

- synthetica, 1977, VII: 367-448.
5. Мао Ц., Ванг Ю., Ма С., Дзьян Х., Цзу Ю., Воронин Г.Ю. Длительная почвенная засуха усиливает экспортную функцию листа *Betula peatyphylla*. Физиология растений, 2004, 51(4): 563-568.
  6. Шибытко Н.Л., Калитухо Л.Н., Каболиникова Л.Ф. Влияние высокой температуры и водного дефицита на состояние фотосистемы II в листьях *Hordeum vulgare* разного возраста. Физиология растений, 2003, 50(1): 51-58.
  7. Tambussi E.A., Noguees S., Araus J.L. Ear of durum wheat under water stress: water relations and photosynthetic metabolism. Planta, 2005, 221: 446-457.
  8. Викторов Д.П. Малый практикум по физиологии растений. М, 1983.
  9. Sedmak J.J., Sidney E., Grossberg A. Rapid, sensitive, and versatile assay for protein using coomassie brilliant blue G250. Anal. Biochem., 1979, 3: 544-552.
  10. Азизов И.В., Алиев Д.А., Халилова Н.М. Фотосинтетическая активность хлоропластов пшеницы и сорных растений при действии гербицида бромоксилина. С.-х. биол., 1991, 3: 151-164.
  11. Воронин П.Ю., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Иванов Л.А., Аненхонов О.А., Блек К.К., Гунин П.Д., Пьянков В.И. Структурно-функциональные изменения листьев растений степных сообществ при аридизации климата Евразии. Физиология растений, 2003, 50(5): 680-687.
  12. Руанков В., Kondratyuk A., Shipley B. Leaf structure and specific leaf mass: The Alpine desert plants of Eastern Pamir, Tadjikistan. New Phytol., 1999, 143: 131-142.
  13. Митриченко А.Н. Динамика содержания гормонов в проростках пшеницы при изменении температуры. Автореф. канд. дис. Уфа, 1999.

*Институт ботаники НАН Азербайджана,*  
AZ1073 Азербайджанская Республика,  
г. Баку, Бадамдарское ш., 40,  
e-mail: i.azizov@rambler.ru

*Поступила в редакцию*  
*23 ноября 2010 года*

## WATER REGIME AND PHOTOSYNTHETIC ABILITY OF WINTER WHEAT IN DROUGHT CONDITIONS

*F.I. Gasyмова, M.N. Khalygzade, I.V. Azizov, N.M. Guliev*

### S u m m a r y

The authors investigated the features of water regime, protein content and chloroplast photosynthetic activity in the leaves of winter wheat of the Barakatli 95, Garagylchyg 2, Azamatli and Giimatli 2/17 varieties in drought conditions. It was revealed, that stabile photosynthetic activity of chloroplasts at the resistant genotype is conditioned by high relatively water content, low water deficit and enhanced protein content in leaves during drought period.

### Новые книги

Гриценко В.В., Стройков Ю.М., Третьяков Н.Н. **Вредители и болезни сельскохозяйственных культур** /Под ред. Ю.М. Стройкова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: изд-во «Академия», 2010, 224 с.

В учебном пособии рассмотрены морфологические и биологические характеристики основных групп вредителей и возбудителей болезней растений. Описаны наиболее важные и распространенные вредители и болезни зерновых культур, зернобобовых и многолетних бобовых трав, картофеля, овощных, плодовых и ягодных культур, а также методы и приемы защиты растений от них. Представлена характеристика современных химических и биологических препаратов, применяемых для защиты растений. Приведены основные элементы организации работ по защите растений.

Соколова Т.А. **Декоративное растениеводство. Древоводство.** 4-е изд., стер. М.: изд-во «Академия», 2010, 352 с.

В учебнике приведены принципы подбора ассортимента деревьев и кустарни-

ков для зеленого строительства. Рассмотрены биологические основы формирования надземной части и корневых систем деревьев и кустарников; технология выращивания пород разных категорий по отделам питомника; семенное и вегетативное размножение пород с указанием конкретных подвоев и привоев. Освещены вопросы организации питомника, его отделов, систем севооборотов и культурооборотов. Для студентов учреждений высшего профессионального образования. Может быть полезен озеленителям, практическим работникам питомников декоративных деревьев и кустарников.

Панкратова Е.М. **Практикум по физиологии растений с основами биологической химии.** М.: изд-во «КолосС», 2011, 175 с.

Представлены работы по основным разделам физиологии растений и сопутствующие им задачи по биологической химии. Для каждой работы дано краткое теоретическое обоснование, приведена форма записи результатов. Специальный раздел посвящен работам, выполняемым в полевых условиях.