

УДК [633.11+632.51]:581.132

Ф. И. Гасымова, М. Н. Халыгзаде, Г. Г. Бабаев, И. В. Азизов, Н. М. Гулиев

*Институт ботаники Национальной академии наук Азербайджана*

## **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ СПОСОБНОСТИ ГЕНОТИПОВ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ**

Досліджено особливості водного режиму, вмісту білка та фотосинтетичну здатність хлоропластів у листі генотипів пшениці в умовах посухи. Виявлено, що стабільність фотосинтетичної здатності хлоропластів стійкого генотипу зумовлена високим відносним вмістом води, низьким водним дефіцитом і високим вмістом білка у листі протягом періоду посухи.

F. I. Gasimova, M. N. Khaligzade, H. G. Babayev, I. V. Azizov, N. M. Guliev

*Institute of Botany of Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan*

## **SOME PECULIARITIES OF WATER REGIME AND PHOTOSYNTHETIC CAPACITY OF WHEAT GENOTYPES UNDER DROUGHT CONDITIONS**

The peculiarities of water regime, protein content and photosynthetic capacity of chloroplasts in the leaves of wheat of the different genotypes have been investigated under drought conditions. It was established that the stability of photosynthetic capacity of chloroplasts of a tolerant genotype is stipulated by high relative water content, low water deficit and high protein content in leaves during the drought period.

### **Введение**

Повышение количества и качества урожая зерна пшеницы было и остается важнейшей задачей селекции. Для выполнения этой задачи селекционная работа должна быть направлена на получение новых гибридов растений путем выбора и дальнейшего скрещивания исходных форм. Успешное проведение селекционной работы требует биохимического и физиологического анализов исходных форм и полученных гибридов. Практика проведения селекционных работ показывает, что односторонняя оценка гибридов не может выявить истинные механизмы адаптации продукционного процесса к неблагоприятным факторам окружающей среды, так как он является интегральным и включает в себя многие стороны жизнедеятельности растений. Поэтому сравнительное изучение процессов жизнедеятельности может дать ключ к выявлению истинных механизмов устойчивости растений к действию стрессовых факторов, в том числе и засухи. При анализе ростовых процессов [5] и отдельных реакций фотосинтеза [3] у сортов пшеницы выявлено, что, хотя они подавляются у устойчивых и неустойчивых сортов по-разному, механизмы адаптации, направленные на сохранение целостности клеточных структур и их функциональной активности, у устойчивых сортов выражены лучше. Это позволяет им сохранять более высокий уровень фотосинтеза и других процессов жизнедеятельности растений. Показано [4; 6; 10], что функции хлоропластов, так же как других органоидов клетки, связаны с осмотическим потенциалом клетки, который меняется с изменением влажности и водного потенциала, синтезом новых белков

и других метаболитов внутриклеточного обмена. Однако, несмотря на проведенные исследования, вопрос о выяснении истинных корреляций между водным режимом клетки и фотосинтетической способностью хлоропластов окончательно не выяснен.

Цель наших исследований – выявить особенности водного и осмотического потенциалов клеток, содержания белков, фотосинтетической способности хлоропластов в условиях почвенной засухи у различных генотипов пшеницы.

### **Материал и методы исследований**

Объектом исследований служили высокоурожайные сорта озимой пшеницы Баракатли-95, Гарагылчыг-2, Азаматли и Гийматли 2/17, полученные путем выбора и дальнейшего скрещивания родительских форм в Институте земледелия (Апшеронский полуостров). Растения выращивали в полевых условиях на Апшероне, на участках 3×10 м. Повторность опытов четырехкратная. Начиная с фазы трубкования прекращали полив растений опытного варианта, которые находились в условиях сильной почвенной засухи до конца вегетационного периода.

Для определения водного режима растений изучено общее содержание воды – влажность, относительное содержание воды (ОСВ), водный дефицит (ВД). Общее содержание воды определяли путем высушивания материала до абсолютно сухого состояния при температуре +60 °С. Определение относительного содержания воды и водного дефицита проводили согласно методикам Е. А. Tambussi et al. [11] и Л. С. Литвинова [2; 9]. Для этого взвешенные высечки листьев погружали в воду, накрывали сверху несколькими слоями влажной фильтровальной бумаги. Время, необходимое для полного насыщения у всех видов, составляло 24 ч. После насыщения листья просушивали фильтровальной бумагой и снова взвешивали. Затем пробы снова высушивали в термостате до абсолютно сухой массы. Расчеты водного режима проводились по следующим формулам: Влажность =  $100 \% \cdot (MF - MD) / MF$ , ОСВ =  $100 \% \cdot (MF - MD) / (MT - MD)$ , ВД =  $100 \% \cdot (MT - MF) / MT$ , где MF – масса до насыщения, MT – масса после насыщения, MD – сухая масса.

Количественное определение растворимого белка проводили с помощью 0,12 % раствора Coomassie Brilliant Blue G-250 [8]. Измерения оптической плотности проводили на ультраспектрофотометре (LKB Biochrom Ultrospec 4050) при 610 нм длине волны. Для построения калибровочного графика использовали альбумин.

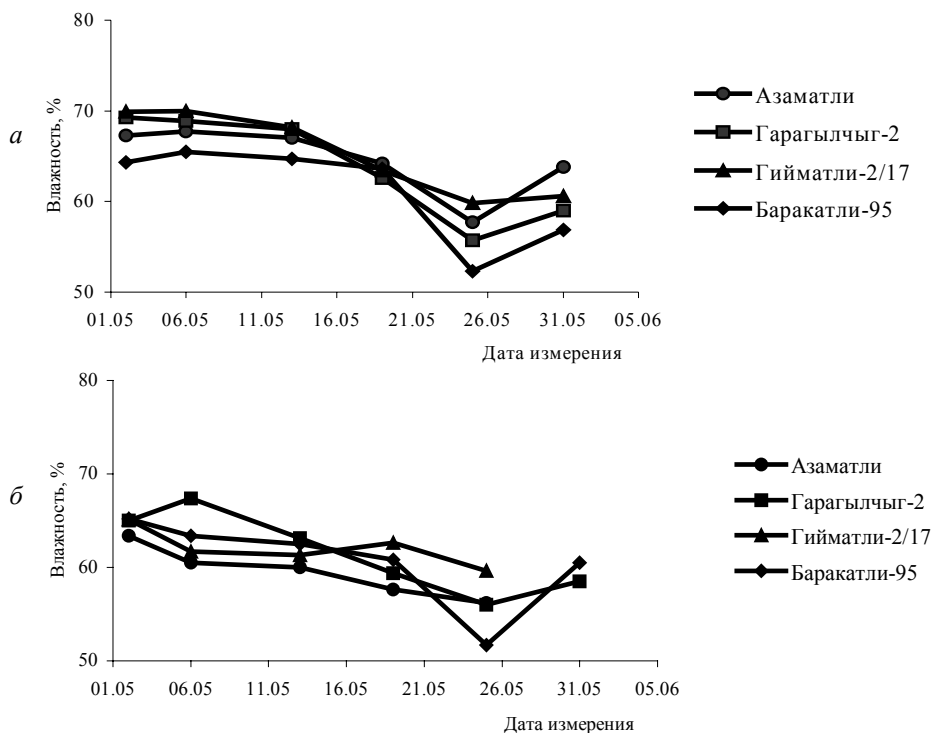
Хлоропласты выделяли из флаговых листьев дифференциальным центрифугированием. Кислород определяли с применением электрода Кларка по ранее описанной методике [1].

### **Результаты исследований и их обсуждение**

На рисунке 1а представлены данные исследований влажности флаговых листьев генотипов пшеницы, выращенных в условиях орошения в период колошения – налива зерна в течение мая. В первой половине месяца влажность листьев у исследуемых сортов не претерпевала значительных изменений и сохранялась в пределах 65–70 %. Вероятно, это объясняется достаточно устойчивыми погодными условиями в указанный период. Повышение температуры воздуха во второй половине месяца привело к уменьшению влажности, то есть водного баланса листьев растений исследуемых сортов, на 10–15 %. Необходимо отметить, что смена жарких дней на относительно прохладные к концу месяца привела к восстановлению уровня влажности листьев в пределах показателей начала измерений. Результаты аналогичных исследований растений, выращенных в условиях засухи (рис. 1б) показали, что влажность листьев в первой половине

месяца относительно ниже, чем данный показатель у растений, выращенных в условиях полива. С установлением жарких дней влажность листьев уменьшается до пределов приблизительно одинаковых влажности листьев растений в орошаемых условиях, с последующим увеличением ее до исходных показателей.

Таким образом, отмечена относительно низкая влажность листьев у растений, выращенных в засушливых условиях, по сравнению с растениями, выращенными в условиях орошения. В то же время снижение влажности, отмеченное в жарких климатических условиях, имеет определенный предел, равнозначный для обоих вариантов.

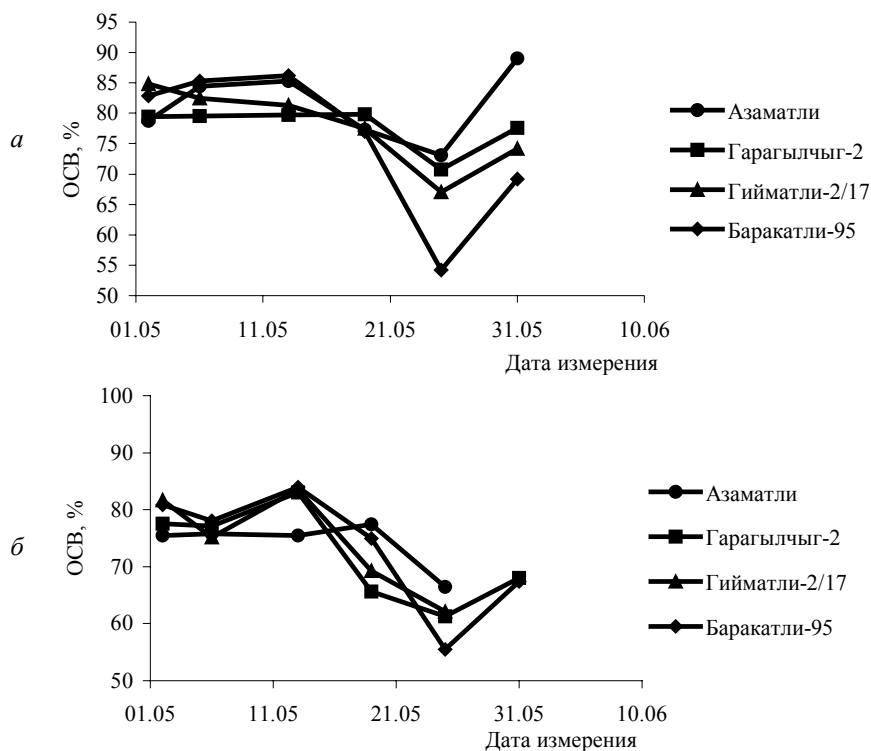


**Рис. 1. Влияние засухи на общее содержание воды в листьях генотипов пшеницы: а – полив, б – засуха**

Определение относительного содержания воды в листьях показало, что растения контрольного варианта отличаются более высоким уровнем этого показателя (рис. 2). Разница между вариантами составляла 10–15 %. Наблюдаемые различия отмечались в начальные фазы исследований, соответствующие первой половине мая. С повышением температуры воздуха во второй половине месяца уровень ОСВ у всех исследуемых сортов пшеницы в условиях полива значительно снизился. Особенно низкое значение ОСВ наблюдалось у сорта Баракатли-95. Аналогичные изменения показателей ОСВ в период измерений наблюдались в листьях растений, выращенных в условиях засухи. Понижение температуры воздуха в конце месяца привело к обратному повышению уровня ОСВ до исходного, что наблюдалось у обоих вариантов.

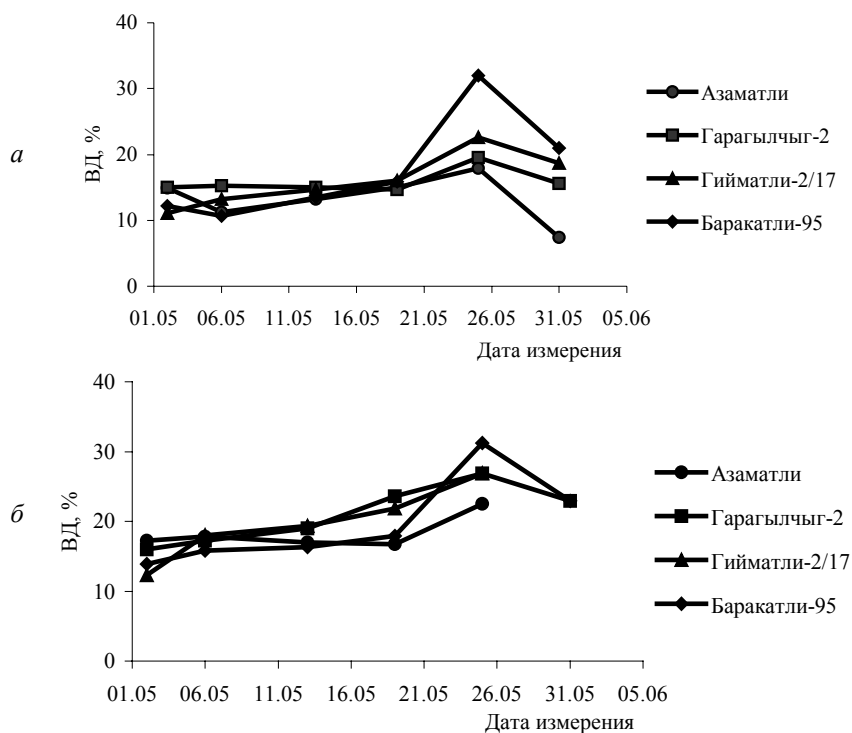
Исследование водного дефицита (рис. 3) в листьях исследуемых сортов пшеницы выявило полную противоположность с показателями относительного содержания воды. Подобное явление отмечалось у сортов пшеницы, выращенных как в условиях полива, так и в условиях засухи. Повышение температуры воздуха, наблюдаемое со второй половины месяца, привело к быстрому повышению уровня дефицита воды до пика, отмеченного в наиболее жаркий день 25 мая. Значительный дефицит воды отмечался в листь-

ях сорта Баракатли (35 %, что на 25 % выше по сравнению с исходными показателями). К концу периода засухи водный дефицит увеличивался у растений опытного варианта и выявлены сортовые различия. Снижение температуры среды в конце месяца также привело к снижению уровня водного дефицита до исходного.

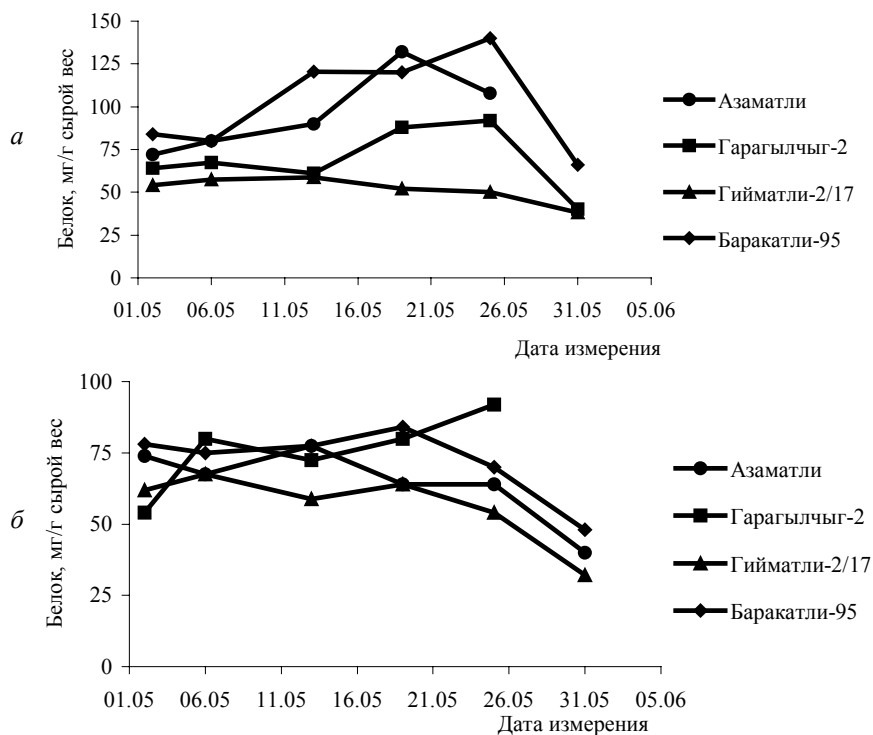


**Рис. 2.** Влияние засухи на относительное содержание воды в листьях генотипов пшеницы: *а* – полив, *б* – засуха

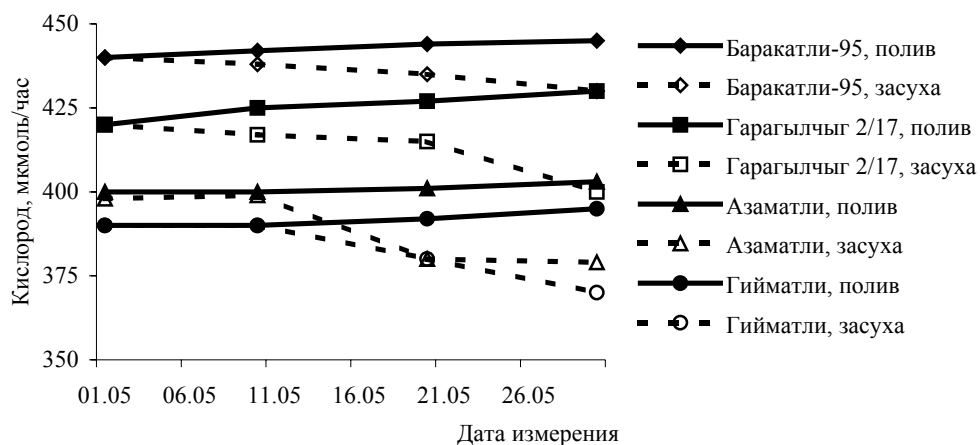
Содержание белка (рис. 4) у исследуемых сортов увеличивалось с повышением температуры воздуха. У сортов Баракатли-95 и Азаматли в условиях полива и засухи содержание белка было выше, чем у сортов Гийматли-2/17 и Гарагылчыг-2. При исследовании динамики фотосинтетической способности хлоропластов выяснилось, что в условиях засухи она снижается у всех сортов (рис. 5). Наиболее существенные отклонения от контрольного варианта отмечены у сортов Гийматли-2/17 и Гарагылчыг-2. Более стабильным по способности к выделению кислорода в период засухи оказался сорт Баракатли-95. Полученные результаты свидетельствуют о том, что исследуемые сорта пшеницы способны регулировать водный баланс и фотосинтетическую способность. Выявляются общие для всех сортов закономерности и индивидуальные способности, свойственные каждому из них. Общим для всех сортов являлась тенденция к снижению влажности листьев, относительного содержания воды, фотосинтетической способности хлоропластов и содержания белка в условиях засухи и высоких температур. Одновременно выявлены способности каждого сорта к регуляции собственного водного режима и фотосинтетической способности, которые взаимосвязаны между собой и другими процессами жизнедеятельности целого растения. Реакция растущего листа на изменение температуры и продолжительную засуху, главным образом, выражается в изменении его мезоструктуры [7; 8].



**Рис. 3.** Влияние засухи на водный дефицит в листьях генотипов пшеницы: *а* – полив, *б* – засуха



**Рис. 4.** Влияние засухи на содержание белка в листьях генотипов пшеницы: *а* – полив, *б* – засуха



**Рис. 5. Влияние засухи на фотосинтетическую способность хлоропластов генотипов пшеницы**

Повышение температуры воздуха в наших опытах привело к уменьшению уровня водного баланса листьев не только у опытных растений, но и у растений поливного варианта. Эти изменения у растений обоих вариантов были обратимыми, и с оптимизацией температурного режима характеристики возвращались к начальному уровню.

Таким образом, водный баланс в листьях менялся в зависимости от температуры воздуха (с уменьшением в жаркие дни и с последующим восстановлением до исходного уровня). Относительно высокий уровень водного баланса в листьях растений, выращенных в условиях полива, объясняется достаточным количеством воды в почве в период выращивания. В то же время относительно небольшая разница в уровнях водного баланса в листьях растений, выращенных в условиях полива и засухи, показывает на возможность исследуемых сортов пшеницы осуществлять физиологические процессы при достаточно низком содержании воды в растении. Возможно, это объясняется устойчивостью к засухе исследуемых сортов пшеницы, что определяется генотипом. В наших исследованиях максимальной устойчивостью к засухе характеризовался сорт Баракатли-95.

Засухоустойчивость растений определяется наличием ряда адаптивных защитных реакций. Засуха стимулирует образование специфических белков [9], а также гормонов [2], регулирующих деятельность устьичных клеток. Как известно, содержание воды в листьях регулируется устьичной транспирацией. В засушливых условиях (с повышением температуры воздуха) устьица закрываются, уменьшая транспирацию, тем самым сохраняется водный баланс в листьях. В наших экспериментах показатели относительного содержания воды, водного баланса и дефицита воды находились в определенной корреляции с содержанием белка в листьях. Максимальное содержание белка в листьях отмечалось в период высоких температур, что совпадает с дефицитом воды в клетках растений. Со снижением температуры воздуха уменьшается содержание белка в листьях, что приводит к открытию устьиц и восстановлению транспирации.

### Заключение

Различия в чувствительности генотипов пшеницы к одновременному действию высокой температуры и засухи имеет значение для генетического усовершенствования пшеницы, что может улучшать ее адаптацию в тех местах, где засуха и высокая температура действуют вместе. Однонаправленность процесса фотоокисления воды в хло-

ропластах с динамикой изменения водного режима клеток листьев растений в условиях засухи позволяет предполагать существование определенной корреляции между изученными показателями и механизмами регуляции, что может являться предметом дальнейших исследований.

### Библиографические ссылки

1. **Азизов И. В.** Фотосинтетическая активность хлоропластов пшеницы и сорных растений при действии гербицида бромоксирила / И. В. Азизов, Д. А. Алиев, Н. М. Халилова // Сельскохозяйственная биология. – 1993. – № 3. – С. 159–165.
2. **Викторов Д. П.** Малый практикум по физиологии растений. – М. : Наука, 1983. – 135 с.
3. **Гавриленко В. Ф.** Особенности фотосинтетического энергообмена сортов пшеницы различной продуктивности / В. Ф. Гавриленко, Т. В. Жигалова // Физиолого-биохимические особенности пшениц разной продуктивности. – М. : Наука, 1980. – С. 5–43.
4. **Длительная** почвенная засуха усиливает экспортную функцию листа *Betula peatyphylla* / Ц. Мао, Ю. Ванг, С. Ма и др. // Физиол. раст. – 2004. – Т. 51, № 4. – С. 563–568.
5. **Куликов В. А.** Физиологические подходы к селекции растений на продуктивность и засухоустойчивость // Сельхоз. биология. – 1986. – № 6. – С. 27–34.
6. **Прибытко Н. Л.** Влияние высокой температуры и водного дефицита на состояние фотосистемы II в листьях *Hordeum vulgare* разного возраста / Н. Л. Прибытко, Л. Н. Калитухо, Л. Ф. Каболиникова // Физиол. раст. – 2003. – Т. 50, № 1. – С. 51–58.
7. **Структурно-функциональные** изменения листьев растений степных сообществ при аридизации климата Евразии / П. Ю. Воронин, Л. А. Иванова, Д. А. Ронжина и др. // Физиология растений. – 2003. – Т. 50. – С. 680–687.
8. **Pyankov V.** Leaf structure and specific leaf mass: The Alpine desert plants of Eastern Pamir, Tadjikistan / V. Pyankov, A. Kondratchuk, B. Shipley // New Phytol. – 1999. – Vol. 143. – P. 131–142.
9. **Sedmak J. J.** A rapid, sensitive and versatile assay for protein using coomassie brilliant blue G250 / J. J. Sedmak, E. G. Sidney // Analytical Biochemistry. – 1979. – P. 544–552.
10. **Šestak Z.** Photosynthetic characteristics during ontogenesis of leaves. 1. Chlorophylles // Photosynthetica. – 1977. – Vol. 2. – P. 367–448.
11. **Tambussi E. A.** Ear of durum wheat under water stress: water relations and photosynthetic metabolism / E. A. Tambussi, S. Nogues, J. L. Araus // Planta. – 2005. – P. 1–25.

Надійшла до редколегії 08.04.2009