



ФУНКЦИОНАЛНА АКТИВНОСТ НА ФОТОСИНТЕТИЧНИЯ АПАРАТ НА ФАСУЛ В УСЛОВИЯ НА ЗАСУШАВАНЕ

ГЕОРГИ ПОПОВ, ЗЛАТКО ЗЛАТЕВ
 Аграрен университет - Пловдив

FUNCTIONAL ACTIVITY OF BEAN PHOTOSYNTHETIC APPARATUS UNDER DROUGHT

GEORGI POPOV, ZLATKO ZLATEV
 Agricultural University - Plovdiv

Резюме

Проучен е ефектът на естествено индуцираното засушаване върху фотосинтезата и хлорофилната флуоресценция в листата на растения от два генотипа фасул (*Phaseolus vulgaris* L.). Засушаването е приложено 14 дни след поникването на растенията. Анализирани са промените в съдържанието на фотосинтетични пигменти, листният газообмен, фотохимичното и нефотохимичното гасене на хлорофилната флуоресценция. Въз основа на получените резултати образец 91-089 е определен като толерантен на засушаване, а сорт "Велико Търново" – като чувствителен към засушаване.

Abstract

The effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in the leaves of two bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes were studied. The drought was imposed 14 days after plants growing up. The changes of content of photosynthetic pigments, leaf gas exchange and photochemical and non-photochemical quenching were studied. Data obtained suggest that genotype 91-089 is drought tolerant and cv. Veliko Tyrnovo is drought sensitive.

Ключови думи: фасул, хлорофилна флуоресценция, засушаване, листен газообмен

Key words: bean, chlorophyll fluorescence, drought, leaf gas exchange

ВЪВЕДЕНИЕ

Високата потенциална продуктивност на съвременните сортове може да се реализира само при високо ниво на агротехниката и при оптимално съчетаване на екологичните фактори, което практически не се наблюдава. В хода на онтогенетичното си развитие растенията са подложени на

неблагоприятното въздействие на факторите на околната среда, сред които водният дефицит е един от най-често срещаните (Wang et al., 2003). Недостигът на вода се отразява негативно върху функционалното състояние на растителния организъм. Най-силно засегнати са водообмена, растежа и развитието, постъпването и усвояването на минерални вещества от почвата, фотосинтетичната въглеродна асимилация (Yordanov et al., 2003). Ефектите на водния дефицит са резултат преди всичко от интензитета и степента на обезводняване, и от генетично определената способност на растенията да го преодоляват, като едновременно с това се засилват от съпътстващите го ефекти на екстремно високите температури и интензивност на светлината.

От гледна точка на растителната физиология и на агрономическата наука и практика водният дефицит е стресов фактор, силно влияещ върху функционалната активност на фотосинтетичния апарат. Това налага изучаване на промените във фотосинтезата на растенията, в частност и на фасула в тези условия, особено в началните етапи от развитието на младите растения, когато те често са подложени на воден дефицит.

Целта на настоящото изследване е да се проучат промените във функционалната активност на фотосинтетичния апарат на млади растения фасул в условия на воден дефицит.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследванията са проведени с два генотипа фасул (*Phaseolus vulgaris* L.) – образец 91-089 и сорт Велико Търново.

Реакцията на генотиповете беше проследена в условия на естествено индуциран воден стрес. Пласмасовите съдове бяха запълнени с 10% от обема им с дренаж (ситен чакъл). Вертикално в съдовете беше прекрепена полиетиленова тръбичка. Подготвените тарирани съдове бяха запълнени с абсолютно суха торо-почвена смес и перлит. Влажността на почвата беше доведена до 75-80% от ППВ и поддържана тегловно. Във всеки съд бяха отглеждани по 4 растения. Растенията бяха разделени на две групи: (1) контролни, с воден режим 75-80% ППВ и (2) стресирани растения, на които в продължение на 7 дни водния режим беше 35-40% от ППВ.

Анализите са извършени върху първи сложен лист, който е напълно развит и завършил растежа си.

Показателите на стационарния листен газообмен – скорост на нето фотосинтезата (A_n), интензивност на транспирацията (E) и устична проводимост (g_s) са определени с портативна фотосинтетична система LCA-4 [Analytical Development Company Ltd., Hoddesdon, England].

Параметрите на хлорофилната флуоресценция (ХФ) са определени в интактни листа с импулсно модулиран флуориметър MINI-PAM (H. Walz, Effeltrich, Germany) съгласно Schreiber et al. (1986).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

При растенията и от двата сорта водният дефицит води до значителни и сходни по характер промени. Според някои автори намаленото съдържание

на фотосинтетични пигменти се дължи както на нарушения в биосинтезата им, така и на засилени деструктивни процеси.

Съотношенията между отделните групи пигменти са широко използвани като индикатор за наличие на стрес при растенията (Hendry, 1993), а също така и като ранен индикатор за стареенето на тъканите, дължащо се на стресови увреждания. Получените от нас резултати показват, че приложеният десетдневен воден дефицит предизвиква стрес в младите растения фасул. Установено е, че пониженото съотношение хлорофил *a*/хлорофил *b* е добър индикатор за функционални нарушения във ФС2 (Campos et al., 1999).

Приложеният 7-дневен воден дефицит инхибира драстично листния газообмен в растенията от проучваните сортове фасул (табл. 2). Подобни данни за ефекта на водния дефицит върху листния газообмен се представят още от Franca et al. (2000), Yordanov et al. (2003), Lawlor and Cornic (2002).

Таблица 1. Влияние на 7-дневния воден дефицит върху съдържанието (mg dm^{-2}) и отношенията между фотосинтетичните пигменти в първи сложен лист на млади растения фасул от образец 91-089 и сорт Велико Търново.

Table 1. Influence of 7-days water deficit on content (mg dm^{-2}) and relations between photosynthetic pigments in first trifoliolate leaf in young bean plants from genotype 91-089 and cv. Veliko Tyrnovo.

	91-089		Велико Търново Veliko Tyrnovo	
	Контроли Control	Засушени Droughted	Контроли Control	Засушени Droughted
хлорофил <i>a</i> <i>chlorophyll a</i>	3.97±0.14	3.14±0.12 ** (79)	3.74±0.17	2.74±0.12 ** (73)
хлорофил <i>b</i> <i>chlorophyll b</i>	1.45±0.07	1.16±0.06 ** (80)	1.21±0.08	0.91±0.04 ** (75)
хл. <i>a</i> + хл. <i>b</i> chl. A + chl. b	5.42±0.23	4.30±0.20 ** (79)	4.95±0.21	3.65±0.16 ** (74)
Каротиноиди Carotenoids	1.22±0.08	1.18±0.08 (97)	1.06±0.08	0.85±0.03 * (80)
хл. <i>a</i> /хл. <i>b</i> <i>chl. a</i> / <i>chl. b</i>	2.74±0.15	2.71±0.15 (99)	3.09±0.14	3.01±0.16 (97)
хл.(<i>a</i> + <i>b</i>)/кар. <i>chl.</i> (<i>a</i> + <i>b</i>)/ <i>car.</i>	4.44±0.21	3.64±0.16 * (82)	4.67±0.22	4.29±0.21 (92)

P<0.05; ** P<0.01;

Таблица 2. Влияние на 7-дневния воден дефицит върху параметрите на листния газообмен в първи сложен лист на млади растения фасул от образец 91-089 и сорт Велико Търново.

A_n – скорост на нето фотосинтезата ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); E – интензивност на транспирацията ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); g_s – устична проводимост ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); A_n/E – ефективност на използване на водата на ниво лист ($\mu\text{mol mmol}^{-1}$).

Table 2. Influence of 7-days water deficit on leaf gas exchange parameters in first trifoliate leaf of young bean plants from genotype 91-089 and cv. Veliko Tyrnovo.

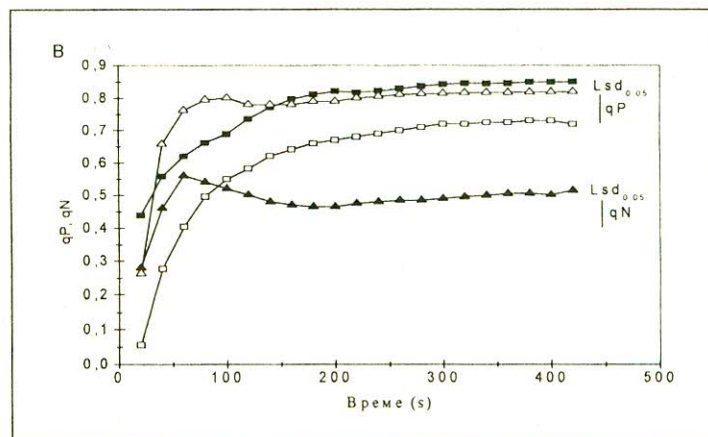
A_n – net photosynthetic rate ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); E – transpiration rate ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); g_s – stomatal conductance ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); A_n/E – water use efficiency in leaf level ($\mu\text{mol mmol}^{-1}$).

	91-089		Велико Търново Veliko Tyrnovo	
	Контроли Control	Засушени Droughted	Контроли Control	Засушени Droughted
A_n	15.08±0.69	3.57±0.17*** (24)	13.87±0.62	2.47±0.12*** (18)
E	4.12±0.20	0.85±0.04*** (21)	3.49±0.16	1.08±0.52*** (31)
g_s	360±16	72±3*** (20)	351±16	102±4*** (29)
A_n/E	3.66±0.15	4.2±0.16* (122)	3.97±0.18	2.29±0.10*** (58)

* $P < 0.05$; *** $P < 0.001$

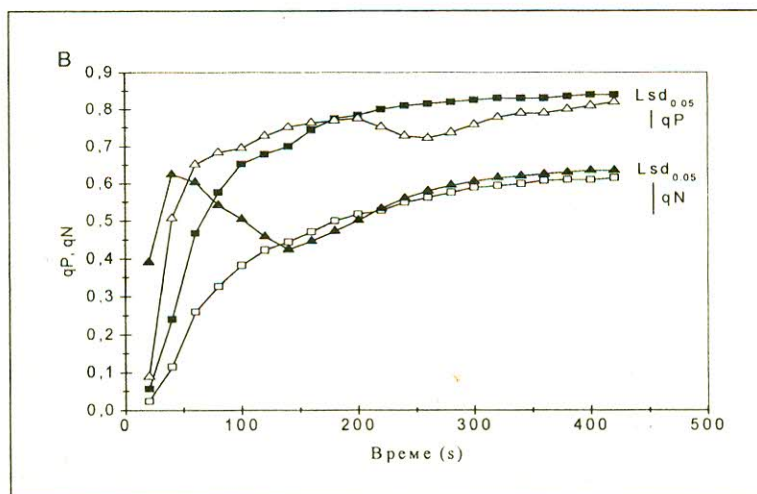
По-информативен показател в разглеждания аспект е кинетиката на гасенето на хлорофилната флуоресценция. Съществуват два вида гасене на флуоресценцията – фотохимично (qP) и нефотохимично (qN). В първия случай явлението е свързано с окислително-редукционното състояние на първичния акцептор на електрони на ФС2 – Q_A . В окислено състояние той гаси флуоресценцията, а ако скоростта на обратното му окисление е ограничена флуоресценцията расте.

В кинетиката на фотохимичното гасене (qP) през индукционния период (около 400 s) при нормално развити листа се открояват две фази: бърза и бавна (фиг. 1). Счита се, че относително бързата фаза (около 100-120 s) е свързана с активирането на редукционния цикъл на Калвин. При по-бавната фаза (след 150 s) qP монотонно нараства и достига плато. Тази фаза вероятно е свързана с поява на други допълнителни пътища за окисление на електронните акцептори на ФС2 – от такива несвързани директно с фотосинтетичните електронтранспортни вериги като $cyt\ b_{559}$ LP, до безизлъчвателна рекомбинация на разделените заряди във ФС2 и др. (Yordanov *et al.*, 2003).



Фиг. 1. Фотохимично (qP) и нефотохимично (qN) гасене на хлорофилната флуоресценция в първи сложен лист на контролни и подложени на засушаване млади растения фасул от образец 91-089. ■ – qP контроли; □ – qP засушени; ▲ – qN контроли; △ – qN засушени.

Fig. 1. Photochemical (qP) and non-photochemical (qN) quenching of chlorophyll fluorescence in first trifoliolate leaf in control and drought stressed bean plants from genotype 91-089. ■ – qP control; □ – qP drought; ▲ – qN control; △ – qN drought.



Фиг. 2. Фотохимично (qP) и нефотохимично (qN) гасене на хлорофилната флуоресценция в първи сложен лист на контролни и подложени на засушаване млади растения фасул от сорт Велико Търново. ■ – qP контроли; □ – qP засушени; ▲ – qN контроли; △ – qN засушени.

Fig. 2. Photochemical (qP) and non-photochemical (qN) quenching of chlorophyll fluorescence in first trifoliolate leaf in control and drought stressed bean plants from cv. Veliko tŕrnovo. ■ – qP control; □ – qP droughted; ▲ – qN control; △ – qN drought.

Данните отразяващи гасенето на хлорофилната флуоресценция в контролните и подложени на засушаване млади растения от проучваните сортове фасул са представени на фигури 1 и 2. Резултатите от фигура 1 показват, че в първи сложен лист на засушените растения qP е значително понижено, а qN показва ясно изразена тенденция към значително повишение.

При засушените растения от сорт Велико Търново (фиг. 2) qP е значително по-ниско, а qN съществено превишава това на контролите.

ИЗВОДИ

В резултат на проведените изследвания могат да се направят следните по-важни изводи:

1. Динамиката на промените в показателите на фотосинтезата при растенията от двата генотипа е сходна. Установява се значително подтискане на скоростта на нето фотосинтезата, интензивността на транспирацията и устичната проводимост. Налице са и различия, особено добре изразени по отношение интензивността на транспирацията и устичната проводимост, които са по-силно инхибирани в първи сложен лист на растенията от образец 91-089. Скоростта на фотосинтезата е по-силно инхибирана в растенията от сорт Велико Търново. Това води до по-голямата ефективност на използване на водата във фотосинтезата (A/E) за растенията от образец 91-089.

2. Промените в кинетиката на гасенето хлорофилната флуоресценция при растенията от двата генотипа имат сходен характер, но са по-силно изразени при растенията от сорт Велико Търново. За този сорт нарастването на фотоинхибирането е близо два пъти.

3. Въз основа на получените резултати за промените в хлорофилната флуоресценция можем да определим растенията от образец 91-089 като по-толерантни, а растенията от сорт Велико Търново като по-чувствителни към приложения воден дефицит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Campos PS, Ramalho J, Silva MJ, Lauriano JA, Matos MC. 1999. Effects of drought on photosynthetic performance and water relations of four *Vigna* genotypes. *Photosynthetica*, **36**: 79-87.
2. Franca MC, Thi ATP, Pimentel C, Rossiello R, Zuily-Fodil Y, Laffray D. 2000. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. *Environ. Exp. Bot.*, **43**: 227-237.
3. Hendry GAF. 1993. Drought tolerance. In: Methods of comparative plant ecology: A laboratory manual. Hendry GAF, Grime JP (eds.). Chapman and Hall, London, pp. 53-55.
4. Lawlor DW, Cornic G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environ.*, **25**: 275-294.
5. Schreiber U, Schliwa U, Bilger W. 1986. Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence with a new type of modulation fluorometer. *Photosynth. Res.*, **10**: 51-62.
6. Wang, W., Vinocur, B., Altman, A., (2003): Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta* 218: 1-14.
7. Yordanov I, Velikova V, Tsonev T. 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. *Bulg. J. Plant Physiol.*, **Special issue**: 187-206.