



## ПРОМЕНИ ВЪВ ФОТОСИНТЕТИЧНАТА АКТИВНОСТ ПРИ ВИГНА (*VIGNA UNGUICULATA* L.) В УСЛОВИЯ НА ЗАСУШАВАНЕ

МАЛГОЖАТА БЕРОВА, НЕВЕНА СТОЕВА, ЗЛАТКО ЗЛАТЕВ, ЦВТЕЛИНА  
 СТОИЛОВА, ГЕОРГИ ПОПОВ

## CHANGES IN PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY IN VIGNA (*VIGNA UNGUICULATA* L.) UNDER DROUGHT CONDITIONS

MALGORZATA BEROVA, NEVENA STOEVA, ZLATKO ZLATEV, TSVETELINA  
 STOILOVA, GEORGI POPOV

### Abstract

Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) is one of the promising legume crops, landraces of which have been traditionally grown mainly in the southern parts of Bulgaria. It has a high tolerance for dry conditions. Therefore, it is a promising crop for growing under rainfed conditions.

The objective of this study was to analyze some photosynthetic parameters in cowpea plants during dehydration and re-hydration. The studies were conducted with two landraces. Seeds were sown in pods of 5 l. Soil moisture was raised to 75-80% of soil humidity and maintained weight. In each pod were grown in four plants. Plants of each landraces were divided in 2 groups: (1) plants with water regime 75-80% of full soil humidity and (2) plants, with water regime 35-40% of soil humidity for 10 days period. After drought soil humidity was restored to a level 75-80%. Net photosynthetic rate ( $P_N$ ), stomatal conductance ( $g_s$ ) and transpiration ( $E$ ) were severely decreased by water deficit. A gradual reduction in leaf water potential ( $\Psi_{leaf}$ ) was observed too. In light adapted leaves a significant decrease in quantum yield ( $Y$ ) and electron transport rate (ETR) of PSII was occurred.

**Key words:** drought, photosynthetic parameters, *Vigna unguiculata*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Засушаването е един от факторите на околната среда, който води до нарушения в различни структурни и функционални нива на растителния организъм, намалявайки до голяма степен неговата продуктивност [Blum, 1996; Singh et al., 2001; Wang et al., 2003]. Ефектът от водния недостиг е резултат от интензитета и степента на обезводняване, и от генетично определената способност на растенията да го преодоляват, като

едновременно с това се засилва от съпътстващите го ефекти на екстремално високите температури и интензивност на светлината [Yordanov et al., 2000].

Вигната (*V. unguiculata* L.) е зърнено-бобова култура отличаваща се с висока толерантност към засушаването [Берова и др., 2001, Watanabe et al. 1997, Berova et al., 2001]. Поради това тя се явява перспективна култура за отглеждане при неполивни условия. Тъй като информацията в тази насока е оскъдна и липсва такава във физиологичен аспект, целта на настоящото изследване беше да се проучат в динамика промените във фотосинтетичната активност при растенията от вигна отглеждани в условия на почвено засушаване.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Веgetационният съдов опит беше изведен в оранжерия тип лятна конструкция с млади растения от две местни форми вигна – 95-045 и А4Е-004. Семената бяха предоставени от колекцията на Института по генетични ресурси в гр. Садово. Опитът включваше контролни (75-80% от ППВ) и засушени (35-40%) варианти обособени във фаза на оформен първи същински лист. Същите бяха заложени в 10 повторения (съда). Във всеки съд се отглеждаха по четири растения до 20-дневна възраст. На контролните растения ежедневно се подаваше необходимото количество вода (определено в предварителни изследвания). Опитните растения бяха прогресивно засушавани до 35-40% от ППВ. Засушаването беше установено чрез физиологичен критерий - по настъпването на траен остатъчен воден дефицит в активно функциониращите листа на растенията. През периода на засушаване (10 дневен период) бяха отчетени параметрите, характеризиращи фотосинтетичния апарат и газообмена. Анализите бяха извършени трикратно (5-ти и 10-ти ден от засушаването и 10-ти ден след възстановяването на поливния режим). Параметрите на листния газообмен бяха определени с портативна фотосинтетична система LCA-4 (ADC, Hoddesdon, England). Параметрите на хлорофилната флуоресценция бяха определени с апарат MINI-PAM (Heinz Walz GmbH, Germany), в светлинно адаптирани листа (при насищаш импулс с продължителност 0.8 s и интензивност на светлината ФАР над  $5500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) и изчислени съгласно Genty et al. [1989]. Водният потенциал на листата беше отчетен с камера за налягане EL 540-305 (ELE-International Ltd., Hemel Hempstead, England) - Turner, 1988.

Резултатите бяха обработени статистически. Достоверността на разликите беше определена съгласно критерия *t* на Student.

## РЕЗУЛТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Резултатите показват (Таблица 1), че 5 дни след начало на засушаването в растенията от образец 95-045 се установява потискане на листния газообмен.  $P_N$  и  $E$  намаляват с 40%. Промените в двата показателя са сходни с тези в  $g_s$ , за която намалението е 31%. С увеличаване на водния дефицит

промените в листния газообмен са още по-съществени.  $P_N$  е понижена с 71% и е съпоставима с  $E$  и  $g_s$ , за които намалението е с 61% и 55%, съответно. Подобна е и динамиката в промените в листния газообмен на растенията от образец A4E-004. На 5-ия ден от засушаването  $P_N$  е понижена с 57%, а  $E$  с 52%. Устичната проводимост е понижена с 23%. Представените данни показват, че в голяма степен инхибирането на фотосинтезата е свързано с устично лимитиране. Бързата загуба на вода в листните тъкани предизвиква хидропасивно затваряне на устицата и ограничава достъп на  $CO_2$  до мезофилните клетки, в резултат на което скоростта на фотосинтезата намалява.

Таблица 1

Листен газообмен и воден потенциал при растения от вигна отглеждани в условия на засушаване;  $T_1$  - 5-ти ден от засушаването,  $T_2$  - 10-ти ден от засушаването,  $T_3$  - 10-ти ден след възстановяването на поливния режим, -  $P_N$  - скорост на фотосинтезата ( $\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$ );  $E$  - интензивност на транспирацията ( $mmol m^{-2} s^{-1}$ ),  $g_s$  - устична проводимост ( $mol m^{-2} s^{-1}$ ),  $\Psi_{leaf}$  - воден потенциал в листата (MPa)

Пар	контрола				засушени			
	$P_N$	$g_s$	$E$	$\Psi_{leaf}$	$P_N$	$g_s$	$E$	$\Psi_{leaf}$
<b>95-045</b>								
$T_1$	16.81	0.03	2.41	-0.47	10.06	0.02	1.05	-0.59
	$\pm 0.24$	$\pm 0.001$	$\pm 0.04$	$\pm 0.01$	$\pm 0.16$	$\pm 0.001$	$\pm 0.10$	$\pm 0.02$
$T_2$	16.43	0.02	0.96	-0.46	4.68	0.01	0.37	-0.64
	$\pm 0.31$	$\pm 0.002$	$\pm 0.06$	$\pm 0.03$	$\pm 0.08$	$\pm 0.002$	$\pm 0.05$	$\pm 0.05$
$T_3$	18.40	0.03	2.13	-0.46	14.51	0.01	1.97	-0.49
	$\pm 0.46$	$\pm 0.002$	$\pm 0.12$	$\pm 0.05$	$\pm 0.13$	$\pm 0.001$	$\pm 0.22$	$\pm 0.07$
<b>A4E-004</b>								
$T_1$	17.66	0.03	2.26	-0.43	7.55	0.02	1.08	-0.54
	$\pm 0.16$	$\pm 0.002$	$\pm 0.10$	$\pm 0.02$	$\pm 0.09$	$\pm 0.001$	$\pm 0.15$	$\pm 0.01$
$T_2$	17.80	0.02	2.40	-0.47	6.30	0.02	1.03	-0.69
	$\pm 0.30$	$\pm 0.001$	$\pm 0.11$	$\pm 0.02$	$\pm 0.10$	$\pm 0.001$	$\pm 0.13$	$\pm 0.06$
$T_3$	19.83	0.04	2.20	-0.47	15.10	0.02	1.81	-0.49
	$\pm 0.11$	$\pm 0.001$	$\pm 0.05$	$\pm 0.01$	$\pm 0.06$	$\pm 0.002$	$\pm 0.19$	$\pm 0.01$

Устичното лимитиране на фотосинтезата е потвърдено от други автори [Chaves, 1991]. Факторите, инхибиращи фотосинтезата в условия на засушаване могат да имат и мезофилен характер [Farquhar and Sharkey, 1982, Krieger, 1983, Pearcy, 1983]. Това могат да бъдат нарушения в пластидния апарат, светлинните реакции и биохимичните процеси от цикъла на Калвин. Промените в интензивността на фотосинтезата в условия на воден недостиг зависят в много голяма степен от състоянието на фотосинтетичния апарат (хлоропластите) и от промени в структурата му.

Резултатите показват, че водният потенциал, който е основна термодинамична величина на водообмена, намалява през периода на въздействието на водния дефицит и при двата образца вигна. Промените в

$\Psi_{leaf}$  най-вероятно се дължат на някои структурни и функционални изменения, осигуряващи адаптацията на растенията към стресовия фактор [Paleg et al., 1984].

И при двата изследвани образца през периода на възстановяване на растенията данните за листния газообмен и водния потенциал се доближават до тези на контролните растения.

Таблица 2

**Параметри на хлорофилна флуоресценция в светлинно адаптирани листа при контролни и засушени растения от вигна; F – стационарна флуоресценция, Fm' – максимална флуоресценция, Y - квантов добив, ETR - скорост на електронния транспорт ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ );**

Пар	контрола				засушени			
	F	Fm'	Y	ETR	F	Fm'	Y	ETR'
<b>95-045</b>								
T <sub>1</sub> *	632	1239	0,636	142,00	762	1120	0,462	39,60
	±32	±76	±0.015	±2.10	±25	±62	±0.022	±3.80
T <sub>2</sub> *	451	1206	0,613	130,75	531	954	0,446	78,73
	±24	±68	±0.012	±4.00	±33	±54	±0.018	±4.20
T <sub>3</sub> *	458	1230	0,590	136,63	448	1187	0,579	117,40
	±21	±59	±0.019	±3.80	±36	±49	±0.024	±5.18
<b>A4E-004</b>								
T <sub>1</sub> *	435	1301	0,583	92,55	602	1109	0,474	47,80
	±26	±57	±0.022	±2.14	±45	±58	±0.026	±2.00
T <sub>2</sub> *	505	1083	0,471	113,25	669	940	0,168	42,37
	±30	±62	±0.028	±3.80	±32	±71	±0.035	±3.12
T <sub>3</sub> *	508	1187	0,531	136,00	497	1127	0,501	125,70
	±31	±54	±0.020	±4.10	±37	±62	±0.030	±3.89

\* - виж таблица 1

В резултат на водния недостиг е установено понижение на квантовия добив (Y) и скоростта на електронния транспорт (ETR) във ФС II (Таблица 2). При образец 95-045 Y намалява с 28%, а при A4E-004 средно с 42% за периода на засушаване. Промените в скоростта на фотосинтетичния електронен транспорт са по-силно изразени.

Намалението в Y е свързано с нарастване на гасенето на възбудната енергия във ФС2 и обикновено се разглежда като показател за отрицателно метаболитно регулиране на електронния транспорт [Horton et al., 1996].

Следователно, намалението в  $Y$  може да се разглежда като индикатор за физиологична регулация на електронния транспорт чрез нарастване на гасенето на възбудната енергия в антенния комплекс на ФС2. Това предполага относително по-висока скорост на нецикличния електронен транспорт отколкото е необходима за поддържане на  $CO_2$  асимилацията при дадените условия. Алтернативен акцептор на електрони могат да бъдат фотодишането и/или Мелеровата реакция [Nogués and Baker, 2000]. Драматичното намаление в този показател на фотосинтезата в листата на растенията означава, че нуждата от редуктори и АТФ намалява съществено и че това е основната причина за затварянето на реакционните центрове на ФС2. Същественото намаление на  $Y$  показва или повреди в реакционните центрове на ФС2 или индукция на бавно възстановяващо се гасене. Получените от нас резултати подкрепят твърдението, че фотоиндуцираните повреди в реакционните центрове на ФС2 при засушаване не са първопричината за подтисната асимилация на  $CO_2$  в листата на растенията. Трябва да отбележим обаче, че такива повреди могат да бъдат резултат от вторични ефекти.

В края на периода на възстановяване стойностите на  $Y$  и ETR са на нивото на контролните растения.

## ИЗВОДИ

Проведените изследвания позволяват да се направят следните изводи:

1. Динамиката на промените в параметрите на листния газообмен на млади растения от два образеца вигна – 95-045 и А4Е-004, подложени на засушаване, е сходна. Значително са инхибирани скоростта на нето фотосинтезата, интензивността на транспирацията и устичната проводимост.
2. И при двата изследвани образеца в резултат на водния недостиг е установено понижение на квантовия добив ( $Y$ ) и скоростта на електронния транспорт (ETR) във ФС II.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Берова, М., В. Керин, Ц. Стоилова, 2001. Промени във фотосинтетичния апарат и газообмена при фасул и вигна в условия на засушаване. Постижения и перспективи на водния режим и минералното хранене на растенията в България, 2, 168-170;
2. Berova, M., V. Kerin, T. Stoilova, 2001. Effect of Water deficit on the growth of bean (*Ph. vulgaris* L.) and Cowpea (*V. unguiculata* L.). Rep. Bean Improvement Cooperative, 44, 47-48;
3. Blum, A., 1996. Crop response of drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Regul., 20, pp.135-148;
4. Chaves, M., 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. J. Exp. Bot. 42, 1-16;
5. Farquhar, G., T. Sharkey. 1982. Annu. Rev. Plant Physiol., 33, 317-345;

6. Genty, B., J. Briantais, N. Baker, 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. – *Biochim. Biophys. Acta*, 990: 87-92;
7. Horton, P., A. Ruban A, R. Walters. 1996. Regulation of light harvesting in green plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 4, 655-684;
8. Krieg, D., 1983. *Agric. Water Management*,
9. Marshall, J., E. Dumbroff. 1999. *Plant Physiol.* 119, 1, 313-319;
10. Nogués, S., N. Baker. 2000. Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. *J. Exp. Bot.*, 51, 1309-1317;
11. Paleg, L., G. Stewart, J. Bradbeer. 1984. Proline and glycine betaine influence protein solvation. *Plant Physiol.*, 75, 974-978;
12. Percy, R., 1983. In: *Limitations to efficient water use in crop production*. Ch. 6C, ASA-CSSA-SSSA, USA, 277-287;
13. Pinhero, R., R. Fletcher. 1994. *Plant Growth Regul.* 15, 47-53;
14. Senaratna, T., C. Mackay, B. Kersie, R. Fletcher. 1988. *J. Plant Physiol.* 133, 56-61;
15. Singh, S., R. Hayes, C. Robison, M. Dennis, E. Powers. 2001. *Ann. Rep. Bean Improvement Cooperative*, 44, 45-46;
16. Turner, N., 1988. Measurement of plant water status by the pressure chamber technique. *Irrigation Science*, 9, 289-308;
17. Yordanov, I., V. Velikova, T. Tsonev. 2000. Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. *Photosynthetica*. 38 (1), 171-186;
18. Wang, W., B. Vinocur, A. Altman, 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. – *Planta*, 218: 1–14;
19. Watanabe, I., S. Hakoyama, T. Terao, B. Singh, 1997. Evaluation methods for drought tolerance of cowpea. In: *Advances in cowpea research*, 141-146;