

**ВЛИЯНИЕ НА ТЕЖКОМЕТАЛЕН СТРЕС ВЪРХУ ФОТОСИНТЕТИЧНАТА АКТИВНОСТ НА ГРАХ (*PISUM SATIVUM* L.), СОРТ „БОГАТИР”**

**Юлия Цонева, Ганка Чанева, Александра Узунова**  
*Катедра „Физиология на растенията”*  
*Биологически факултет на СУ „Св. Климент Охридски”*  
*бул. „Драган Цанков” 8, София 1164*  
*e-mail: [gchaneva@abv.bg](mailto:gchaneva@abv.bg)*

**INFLUENCE OF HEAVY METAL STRESS ON THE PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF PEA (*PISUM SATIVUM* L.), VAR. BOGATIR**

**Julia Tzoneva, Ganka Chaneva, Alexandra Uzunova**  
*Department of Plant Physiology*  
*Faculty of Biology, Sofia University “St. Kliment Ohridski”*  
*8 Dragan Tzankov Blvd. 1164 Sofia*  
*e-mail: [gchaneva@abv.bg](mailto:gchaneva@abv.bg)*

**ABSTRACT**

The influence of Cu and Cd, applied in concentrations 10, 20 and 30 mg/l, on the physiological activity of pea, var. “Bogatir” was investigated. Copper and cadmium ions inhibited equally rate of photosynthesis (53% - 55% in comparison with the control, at 30 mg/l), as there was a clear concentration dependence. Cd<sup>2+</sup> led to a significant reduction in the intensity of transpiration (40%) and an increase of stomatal resistance (288% as compared to control).

Cadmium treatment produced a strong decrease in the amount of chlorophyll a+b (1,56 mg/g fresh weight) and an increase of carotenoid content (0,37 mg/g fresh weight). After adding high concentrations of copper the amount of chlorophyll and carotenoids remained virtually unchanged.

**Key words:** *Pisum sativum, Cu, Cd, photosynthesis, pigments*

**УВОД**

Тежките метали се считат за едни от най-опасните биосферни замърсители. За повечето от тях не съществуват биологични бариери при поглъщането им от растенията, концентрират се в значителни количества в тъканите и органите и могат се разпространяват на големи разстояния от източника на замърсяване. Те постъпват по различни механизми в растенията и причиняват физиологични и генетични увреждания.

Тежките метали намаляват интензитета на фотосинтезата чрез нарушаване на газовия обмен или директно атакувайки хлоропластните реакции (Mysliwa-Kurdziel et al., 2004). Намаляването на асимилацията на CO<sub>2</sub> е съпроводено с намаляване концентрацията на хлорофил в листата и затваряне на устицата (Johna et al., 2009).

При Cu стрес се регистрира намаляване на скоростта на фотосинтезата и транспирацията (Schlegel et al., 1987). Доказано е, че Cd подтиска растежа, фотосинтезата, транспирацията и синтезата на хлорофил (Plewa et al., 1993). Cd причинява загуба на тургор, понижава еластичността на клетъчните стени и скоростта на водния транспорт (Весерил et al., 1989).

В предишни наши разработки е установено, че в сравнение с Cu<sup>2+</sup> кадмиевите йони оказват по-силно инхибиращо действие върху физиологичните параметри на C<sub>3</sub> и C<sub>4</sub>-растения (Uzunova & Chaneva, 2006, Chaneva et al., 2008). Целта на настоящото изследване е да се определи влиянието на Cu и Cd върху фотосинтетичната активност на грах от високоперспективния сорт „Богатир”.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Използвани са водни култури от грах (*Pisum sativum* L.), сорт „Богатир”, отглеждани при температура 25°C и фотопериод 16/8, при осветление 8 000 lx. 5-дневни растения се третира с CuSO<sub>4</sub> и CdCl<sub>2</sub>, добавени в средата в концентрации 10, 20 и 30 mg/l. На 10-я ден след третирането са взети проби за анализ от втори лист на грах. Скоростта на фотосинтезата ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), транспирацията ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) и устичното съпротивление ( $\text{s cm}^{-1}$ ) са определени със система Li COR 6000, при светлинен интензитет 800  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ sec}^{-1}$  PAR и температура на въздуха 24°C, при минимум 20 измервания за всеки вариант.

Съдържанието на пластидните пигменти е определено по метода на Arnon (1949).

Експериментите са проведени минимум в 3 повторения. Получените резултати са обработени вариационно-статистически по Student t-тест, при  $p \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

При проведените експерименти беше установено, че медните и кадмиеви йони подтискат в аналогична степен скоростта на фотосинтезата при концентрация 30 mg/l (53% - 55% спрямо контролата, приета за 100%). Наблюдава се ясно изразена концентрационна зависимост на понижаване на фотосинтетичната активност (Фиг. 1А). Cd<sup>2+</sup> водят до значително намаляване на интензитета на транспирацията – тя се понижава до 40% от стойността на контролата при 30 mg/l. При третиране с медни йони това понижение е около 50% (Фиг. 1В). Най-големи изменения се наблюдават при определяне на устичното съпротивление. При растенията, третирани с Cd и Cu в концентрации 20-30 mg/l, устичното съпротивление драстично нараства – съответно 265-288% при вариантите с кадмий и 247 – 267% при вариантите с мед (Фиг. 1С).

Тези данни съответстват на резултатите, получени от Lamoreaux et al. (1978), съгласно които кадмият предизвиква намаляване на скоростта на фотосинтезата, придружено с намаляване интензитета на транспирацията и затваряне на устицата. Възможно е инхибирането на скоростта на фотосинтезата на граховите растения под влиянието на тежките метали да е свързано със затварянето на устицата поради нарушен воден баланс.

Съдържанието на хлорофил *a+b* при третиране с Cd<sup>2+</sup> се понижава с около 40% в сравнение с контролата. Отглеждането на граховите растения в присъствие на Cu<sup>2+</sup> не се отразява значително върху съдържанието на хлорофил *a+b* – понижението е с около 10% при концентрация 30 mg/l (Фиг. 2).

Съдържанието на каротеноиди нараства с 20 % над контролата под влияние на кадмий в средата, а при третиране с мед това повишение е много слабо – с около 10% (Фиг. 3). Тези промени водят до дисбаланс в съотношението зелени : жълти пигменти в листата на граха, особено при третиране с кадмий, където относителният дял на жълтите пигменти е по-голям при всички използвани концентрации. Това вероятно се дължи на деградация на зелените пигменти вследствие на засиленото изнасяне на кадмий в листата на граха, особено при 20 и 30 mg/l. Известно е, че тежките метали провокират изменения в количеството на пластидните пигменти чрез инхибиране на хлорофилната биосинтеза или деградация на вече синтезирания хлорофил (Lidon and Henriques, 1991).

Установено е, че Cd се акумулира в много по-висока степен в корените и в надземната част на граха, в сравнение с Cu. Двата тежки метала се натрупват по различен начин и в растенията от сорт „Богатир” - в кореновата система на експерименталните растения се акумулира 10 пъти повече кадмий и около 20 пъти повече мед спрямо количествата в надземната част (Табл. 1).

В предишни експерименти ние сме доказали, че при грах от широко използвания сорт „Ран” съдържанието на хлорофил *a+b* се понижава с около 20 % при третиране с кадмий и ~ 25% при третиране с мед. При този сорт е установено също 50% нарастване на каротеноидното съдържание под влияние на кадмий, и по-слабо увеличение под влияние на

мед. Сорт „Ран” акумулира 2 пъти повече Cd в стъблата и в кореновата система и 3 пъти повече Cu в надземната част, в сравнение със сорт „Богатир” (Chaneva & Tzanova, 2005, Chaneva et al., 2008).

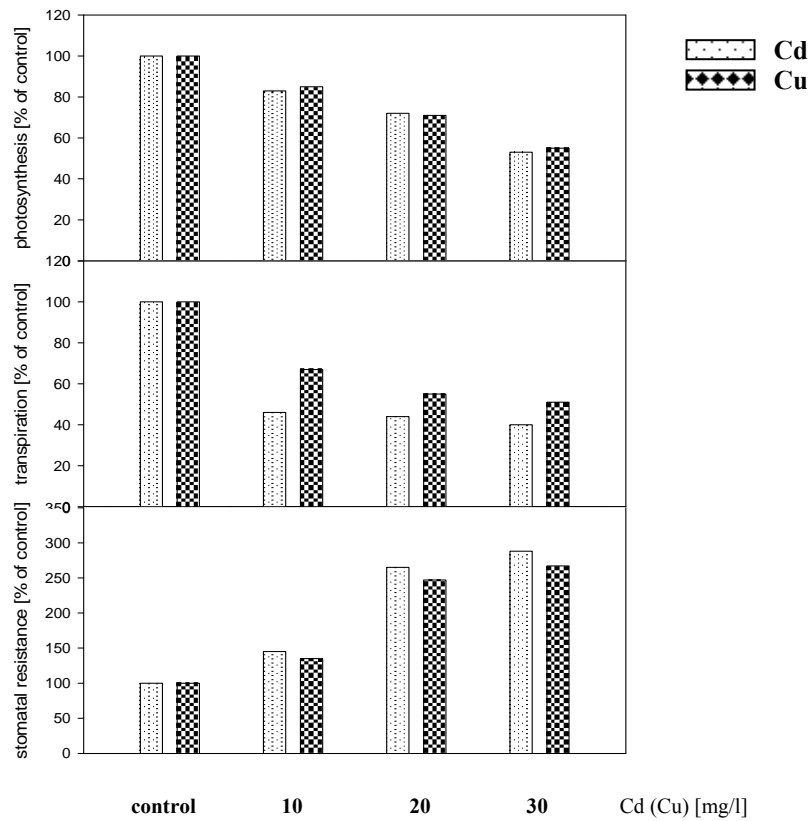
Растежът на граховите растения по принцип е по-силно инхибиран от прилагането на Cd в средата. При сорт „Ран” третирането с кадмий понижава с ~ 30% - 40% свежото тегло на корена и стъблото съответно, докато медта причинява по-слабо намаление на свежото тегло на стъблото и корена (Chaneva et al., 2008). При растенията от сорт „Богатир” тази тенденция се запазва, но инхибицията е изразена в много по-малка степен. Cd понижава свежото тегло на надземната част и на корена съответно с 14-38%, а Cu – с 13-25% (данните не са представени).

При анализ на получените резултати се вижда, че кадмиевите йони оказват по-силно влияние върху върху интензитета на транспирацията, устичното съпротивление, пигментното съдържание и растежа, в сравнение с медните йони.

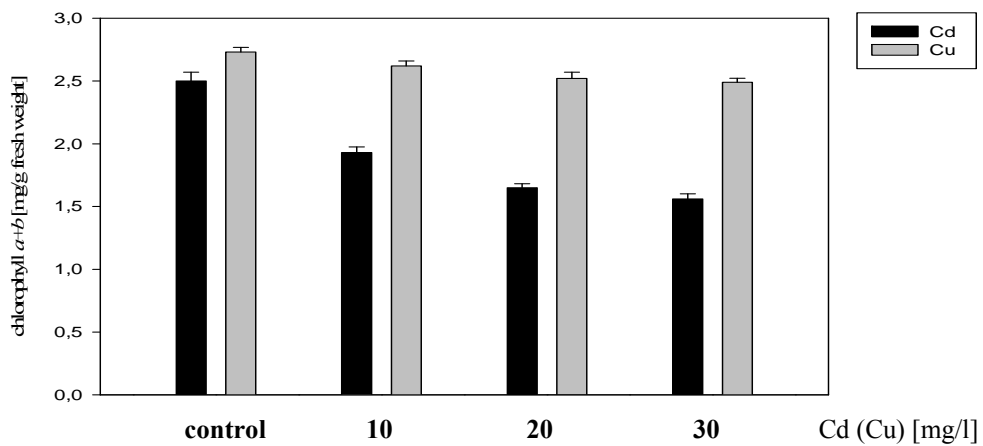
В граховите растения от сорт „Богатир” се натрупва по-малко количество от тежките метали, както в корена, така и в стъблото, в сравнение със сорт „Ран”. По-слабо са засегнати интензитетът на фотосинтезата, растежът и пигментното съдържание. Това дава основание до оценим сорт „Богатир” като по-перспективен при преодоляване на тежкометален стрес, причинен от мед и кадмий.

#### ЛИТЕРАТУРА:

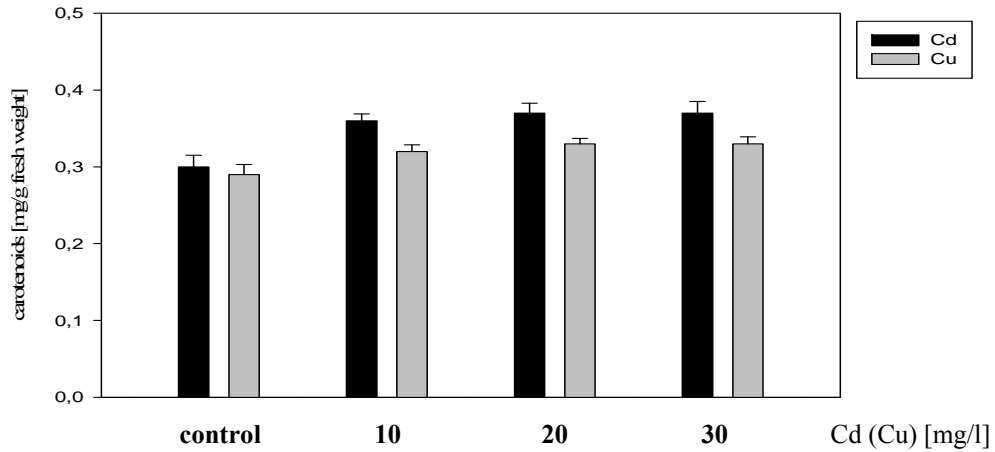
1. Angelov, M., T. Tsonev, K. Dobrinova, V. Velikova, T. Stoynaova, 1993. Changes in some photosynthetic parameters in pea plants after treatment with cobalt. *Phytosynthetica*, 28, 289-295
2. Arnon, D., 1949. Copper Enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, *Journal of Plant Physiology*, 24, 1-15
3. Becerril, J., C. Gonzales-Murua, R. Munos-Rueda, M. de Filipe, 1989. The changes induced by cadmium and lead in gas exchange and water relations in clover and lucerne. *Plant Physiol. Biochem.*, 27, 913-918
4. Chaneva, G., A. Tzanova, 2005. Physiological response of the model system *Pisum/Plectonema* after copper treatment, In: Proceedings of the International scientific conference, South-West University “Neofit Rilsky”, Blagoevgrad, 8-11.06.2005, vol.2, 475-483
5. Chaneva, G., A. Uzunova, V. Kapchina, S. Chankova, 2008. Heavy metal stress in coinubation system *Chlamydomonas reinhardtii/Pisum sativum*, *J. Environ. Protect & Ecology*, 9 (2), 291-300
6. Johna, R., P. Ahmad, K. Gadgila, S. Sharma, 2009. Heavy metal toxicity: Effect on plant growth, biochemical parameters and metal accumulation by *Brassica juncea* L. *International Journal of Plant Production*, 3 (3), 65-76
7. Lamoreaux, R., W. Chaney, 1978. The effect of cadmium on net photosynthesis, transpiration and dark respiration of excised silver maple leaves, *Physiol. Plant*, 43, 231-236
8. Lidon, F., F. Henriques, 1991. Limiting step on photosynthesis of rice plants treated with varying copper levels. *J. Plant Physiol.*, 138, 115-118
9. Mysliwa-Kurdziel, B., M. Prasad, K. Strzalka, 2004. Photosynthesis in heavy metal stressed plants. In: heavy Metal Stress in Plants (M. Prasad, ed.), Springer, 146-181
10. Plewa, M., E. Wagner, 1993. Activation of promutagens by green plants, *Ann. Rev. Genet.*, 27, 93-113
11. Schlegel, H., D. Godbold, A. Hüttermann, 1987. Whole plant aspects of heavy metal induced changes in CO<sub>2</sub>, uptake and water relations of spruce (*Picea abies*) seedlings, *Physiologia Plantarum*, 69 (2), 265-270
12. Uzunova, A., G. Chaneva, 2006. Effect of copper excess on C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants. In: Abstracts of Workshop “Sustainability, Stress and the Bases of Plant resistance”, Institute of Plant Physiology, BAS, 8-9 September, 2006, Sofia, p.18



**Фиг. 1.** Влияние на Cd и Cu върху интензитета на фотосинтезата (А), интензитета на транспирацията (В) и устичното съпротивление (С) в листата на грах (*Pisum sativum* L.), сорт „Богатир”



**Фиг. 2.** Влияние на Cd и Cu върху съдържанието на хлорофил *a+b* в листата на грах (*Pisum sativum* L.), сорт „Богатир”



**Фиг. 3.** Влияние на Cd и Cu върху съдържанието на каротеноиди в листата на грах (*Pisum sativum* L.), сорт „Богатир”

**Таблица 1.** Акумулиране на Cd и Cu [mg/kg dry weight] в надземната част и кореновата система на грах (*Pisum sativum* L.), сорт „Богатир”

Варианти	Cd		Cu	
	надземна част	коренова система	надземна част	коренова система
	mg/kg dry weight	mg/kg dry weight	mg/kg dry weight	mg/kg dry weight
вода + 10 mg/l CdCl <sub>2</sub> (CuSO <sub>4</sub> )	35,74	497,85	10,11	296,04
вода + 20 mg/l CdCl <sub>2</sub> (CuSO <sub>4</sub> )	46,79	580,24	21,55	317,24
вода + 30 mg/l CdCl <sub>2</sub> (CuSO <sub>4</sub> )	68,99	644,74	44,83	494,83