

## Baktérium alapú bio-trágya hatása a kukorica és napraforgó kadmium toleranciájára vízkultúrák kísérletben

Gajdos Éva

Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma,  
Mezőgazdaságtudományi Kar, Növénytudományi Intézet,  
Debrecen  
egajdos@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

*A bio-trágyák elősegítik a tápanyagfelvételt, azáltal, hogy fokozzák a tápanyagok felvehetőségét és mobilitását, másrészt a bio-trágyák közvetlen módon is növelik a tápanyagfelvételt. Azonban kérdéses lehet az alkalmazásuk szennyezett talajokon. A kadmium ion könnyen felvehető és a növényen belül is gyorsan szállítódik. Így a kadmium bekerülve táplálékláncba komoly humán egészségügyi problémákat okozhat. A kadmium a kukoricánál és a napraforgónál is gátolta a tömeggyarapodást, fotoszintetikus pigmentek szintézisét, és csökkentette a növények fotoszintetikus aktivitását is. Az önmagában alkalmazott bio-trágya növelte a hajtás és a gyökér szárazanyag tartalmát. A Cd a vizsgált növények gyökerében nagyobb mennyiségben halmozódott föl, mint a hajtásban. A Cd kezelések hatására a napraforgó több Cd-ot halmozott fel, mint a kukorica. A Phylazonit mérsékelte a felvett kadmium negatív hatását a vizsgált paramétereknél. A bio-trágya kedvező hatása a kukoricánál egyértelműbb volt. Eredményeink alapján a bio-trágya kedvező hatású volt, mert csökkentette a kadmium növekedést gátló, toxikus hatását. Eredményeink alapján javasoljuk a vizsgált bio-trágya használatát kadmiummal szennyezett talajokon is.*

**Kulcsszavak:** kadmium, tolerancia, bio-trágyatrágya

### SUMMARY

*Bio-fertilizers promote the nutrition uptake, firstly enhance the baring and mobility of nutrients, on the other hand bio-fertilizers elevate nutrient uptake in direct way. Although there are a lot of questions about their application in polluted soils. The cadmium ion is easily collectable and also transportable inside plants. Thus the Cd can get into the food-chain causing public health problems. The cadmium treatment decreases the dry matter accumulation, and the intensity of photosynthesis at the experimental plants, while the treatments with bio-fertilizer increased these parameters. The cadmium accumulated in the roots, the transport to the shoots was low. We came to the conclusion, that –because of the different nutrient-uptake system– the sunflower took up more cadmium. Using bacterium containing bio-fertilizer the toxic effect of cadmium was moderated. By our experimental results the use of Phylazonit is offered under contaminated conditions.*

**Keywords:** cadmium, tolerance, bio-fertilizer

### BEVEZETÉS

Napjainkban egyre jelentősebb hangsúlyt kap a környezettudatos gondolkodás a mezőgazdaság területén is. A korábbi évtizedek jelentős mennyiségű műtrágya felhasználását mára számottevően

csökkentették, és a helyébe próbálnak különböző alternatív tápanyag-utánpótlási lehetőségekről gondoskodni, amelyek a környezetet sokkal kevésbé terhelik, ugyanakkor gazdaságosak. Ilyen alternatív tápanyag-utánpótlási lehetőség a fahamu, a különböző baktériumtartalmú bio-trágyák és egyéb vizsgálat alatt álló anyagok. A talaj-tápanyag-növény rendszerben a tápanyagok mobilitása és felvehetősége számos tényező függvénye. Ilyen például a talaj minősége, összetétele, pH-ja, komplexképzők jelenléte, a gyökér által kiválasztott anyagok, a növényfaj (akkumulációs képessége), és jelen vizsgálati paraméterek esetében a nehézfémek kémiai formája, koncentrációja és a szennyezés időtartama. Az intenzív növénytermesztés során jelentős mennyiségű kation távozik a talajból, ami a talaj savasodásához vezet, ezáltal fokozva a növények nehézfém felvételét is. A mezőgazdasági termelés során műtrágyák, talajjavító anyagok, növényvédő szerek, szerves trágyák, hígtrágyák, szennyvíziszapok, szennyezett öntözővíz felhasználásával toxikus elemek kerülhetnek a termőtalajokba, melyek környezet- és természetvédelmi, valamint egészségügyi problémákat okozhatnak. A szennyezett területek alapvető környezeti problémát jelentenek, a talaj kialakult fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságai kedvezőtlen irányba változnak. A talaj általában sok-sok évig képes felhalmozni a szennyező nehézfémeket anélkül, hogy a mérgező hatásnak nyilvánvaló tünetei lennének. Amikor a talaj „telítődik”, önmaga is vizeink szennyező forrásává válik. A szennyező toxikus elemek közül is kiemelkedik a kadmium, amely már viszonylag csekély mennyiségben is komoly humán egészségügyi problémákat okozhat. Talajaink kadmium szennyezése elsősorban antropogén eredetű, főként a bányászathoz és a fémfeldolgozáshoz köthető. A kadmium a növények számára, különösen savanyú talajokon, könnyen felvehető és a növényen belül is gyorsan szállítódik. A növények sokszor látható tünetek nélkül, nagy mennyiségben halmozak fel, így könnyen a táplálékláncba kerülve a természet- és környezetvédelmi problémák mellett közegészségügyi gondokat is okozhat. Az emberi és állati szervezetben, főként a májban és a zsírszövetekben, de más szervezetben is, felhalmozódva toxikus, különösen az egyed kondíciójának romlásakor. Az emberek számára külön kadmium-forrás a dohányzás, ami az akkumulációt is erősíti, mivel folyamatos kadmium

felvételt jelent. A krónikus Cd-toxicitás tünetei közül megemlíthető a szív- és veseelégtelenség, és a magas vérnyomás. A növények viszonylagosan magas kadmium toleranciája miatt, a kadmium könnyen bekerülhet az állati és emberi táplálékláncba jóval azelőtt, hogy maguk a növények láthatóan károsodnának. A fém-növény kölcsönhatás ismerete nagyon fontos a környezet veszélyeztetettségén túl amiatt is, hogy megelőzhető legyen, a káros elem táplálékláncba kerülése.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A növényeket a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, Növénytudományi Intézet, Növénytan és Növényélettani Tanszékcsoportjának a laboratóriumában neveltük. Kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays L. cv Norma SC*) és napraforgót (*Helianthus annuus L. cv Arena PR*) használtunk. A magvakat nedves szűrőpapír között csíráztattuk, majd hidropónikus körülmények között, tápoldaton neveltük (Lévai és Kovács, 2001). A tápoldat összetétele a következő volt: 2,0 mM  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 0,7 mM  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 0,5 mM  $\text{MgSO}_4$ , 0,1 mM  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0,1 mM  $\text{KCl}$ , 10  $\mu\text{M}$   $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 1  $\mu\text{M}$   $\text{MnSO}_4$ , 1  $\mu\text{M}$   $\text{ZnSO}_4$ , 0,25  $\mu\text{M}$   $\text{CuSO}_4$ , 0,01  $\mu\text{M}$   $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ . A kukorica tápoldatában a bór koncentrációja 1  $\mu\text{M}$   $\text{H}_3\text{BO}_3$ . A növények a vasat  $10^{-4}$  M FeEDTA formában kapták. A kadmium kezelés  $\text{CdSO}_4$  formájában történt, az alkalmazott koncentrációk 1, 5, 10, 20 ppm voltak. A bio-trágyát (Phylazonit MC<sup>®</sup>) 1 ml l<sup>-1</sup> mennyiségben adtuk a tápoldathoz. A kísérletek során a környezeti feltételek szabályozottak voltak: a fényintenzitás 350  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , a hőmérséklet periodicitása 25/20 °C (nappal/éjjel), a relatív páratartalom (RH) 65-75%, a megvilágítás/sötét periódus 16 h/8 h volt.

Az alkalmazott bio-trágya a Phylazonit MC<sup>®</sup> viszkózus folyadék, mely két baktériumot, az *Azotobacter chroococcumot* ( $1-2 \times 10^9$  db/cm<sup>3</sup>) és a *Bacillus megatheriumot* ( $1-2 \times 10^8$  db/cm<sup>3</sup>) tartalmaz, a használata biogazdálkodásban is ajánlott. A szabadalmi leírások szerint három lényeges alkalmazási területe van. 1; a talaj nitrogéntartamának gazdagítása és foszfor felvehetőségének javítása, 2; nagy rosttartalmú tarlómaradványok mineralizációjának gyorsítása, és 3; a talajélet serkentése.

A szárazanyag tartalom meghatározására a mintákat 85 °C-os szárítószekrénybe helyeztük 48 h időtartamra, majd tömegállandóságig történő szárítás után négy tizedes jegy pontossággal visszamértük a szárazanyag tömeget. A relatív klorofill tartalom mérését (SPAD-index) SPAD-501 (Minolta, Japán) klorofill mérővel végeztük. A fotoszintetikus pigmentek meghatározásához a mintákat homogenizálás után 80%-os aceton felhasználásával pigment-kivonatot készítettünk (Wellburn, 1994). A klorofill a, klorofill b és az össz-karotinoidok koncentrációját spektrofotometriásan határoztuk meg (Metertek SP-830 UV/VIS, Japán).

A fotoszintézis aktivitásának a megállapításához közvetett módszerként a klorofill fluoreszcencia indukció módszert alkalmaztuk (Schreiber et al., 1994), PAM-2001 típusú fluoriméterrel (WALZ GmbH, Németország). A minták elemtartalmának a meghatározását OPTIMA 3300DV ICP-OA (Perkin-Elmer) típusú spektrofotométerrel végeztük. A kísérletekbe csak az azonos fejlettségű növényeket vontuk be, bemutatott eredményeink három független kísérlet eredményeit tartalmazzák. Az eredmények feldolgozásához és a statisztikai elemzésekhez Microsoft Excel 2003, és SigmaPlot 7.0 2001 programokat használtuk.

## EREDMÉNYEK

*A kadmium és a Phylazonit kezelés hatása a vizsgálati növények tömeggyarapodására*

1. kép: Cd-mal kezelt kukorica csíranövények



Picture 1: Corn seedlings treated with Cd

2. kép: Cd-mal és Phylazonittal kezelt napraforgó csíranövények



Picture 2: Sunflower seedlings treated with Cd and Phylazonit

*Kadmium és bio-trágya kezelés hatása a szárazanyag-tartalom változására*

A hajtás szárazanyag-tartalma az 5, 10, és a 20 ppm-es Cd kezeléseknél szignifikánsan kisebb a kontrollhoz képest. Már az 1 ppm Cd kezelés hatására is alacsonyabb a hajtás szárazanyag-tartalma a kontrollhoz képest, de ez a különbség nem szignifikáns.

A gyökér esetében hasonló változást tapasztaltunk, azaz a kadmium kezelés hatására csökken a szárazanyag-tartalom, ez az 1 és 5 ppm Cd kezelésnél kisebb mértékű volt, míg a 10 és 20 ppm Cd koncentrációknál 60-80%-kal kisebb szárazanyag-tartalmat mérünk a kontrollhoz viszonyítva. A bio-trágya kezelés mind a hajtás, mind a gyökér esetében növelte a szárazanyag mennyiségét. Ez a növelés a gyökér esetében nagyobb mértékű volt (30%), mint a hajtásnál (20%).

A napraforgó hajtás szárazanyag tömege az alkalmazott Cd kezelésekből szignifikánsan kisebb a

kontroll eredményekhez viszonyítva, már az 1 ppm Cd kezelés hatására is jóval, szignifikánsan alacsonyabb a hajtás szárazanyag tömege a kontrollhoz képest. A napraforgó gyökér szárazanyag tömege is szignifikánsan csökken a kadmium kezelése hatására a kontrollhoz képest. Mind a hajtás, mind a gyökér szárazanyag tömege kadmium kezelés hatására bekövetkezett csökkenése a napraforgó esetében nagyobb mértékű volt, mint a kukorica esetében. Már 1 ppm Cd kezelés 50-60%-kal kisebb szárazanyag tömeget eredményez a napraforgó hajtása és gyökere esetén is. A bio-trágya kezelés a hajtás szárazanyagát tekintve nagyobb értéket eredményezett 1 ppm kadmium kezelésnél. A napraforgó gyökérének szárazanyag tömegét vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az 1 ppm Cd kezelésnél a kiegészítő bio-trágya nem adott szignifikánsan nagyobb értéket, viszont a többi kadmium koncentrációnál nem tudtuk kimutatni a bio-trágya kedvező hatását, mint azt a kukorica esetében igen (1. táblázat).

1. táblázat

**Kukorica és napraforgó hajtás és gyökér szárazanyag (g/növény) tartalmának változása különböző koncentrációjú kadmium (Cd) kezelés hatására, valamint bio-trágya (Phyl=Phylazonit) alkalmazása esetén (n=6-8 ±s.e) (kontrollhoz képest Cd kezelés hatása: p<0.05\*, p<0.01\*\*, p<0.001\*\*\*; bio-trágya (Phyl.) kezelés hatása p<0.05<sup>a</sup>)**

Kezelések(1)	HAJTÁS kukorica(2)	GYÖKÉR kukorica(3)	HAJTÁS napraforgó(4)	GYÖKÉR napraforgó(5)
Control	0,2417±0,0020	0,0635±0,0035	0,6655±0,0065	0,2697±0,0015
Phylazonit	0,3032±0,0021*	0,0887±0,0023**	0,8454±0,0045*	0,3624±0,0022*
1ppmCd	0,2274±0,0022	0,0613±0,0084	0,3106±0,0021***	0,1147±0,0017***
5ppmCd	0,1457±0,0025*	0,0528±0,0012	0,1879±0,0023***	0,0524±0,0006***
10ppmCd	0,0996±0,0008***	0,0226±0,0015**	0,1273±0,0009***	0,0167±0,0004***
20ppmCd	0,0751±0,0008***	0,0176±0,0030***	-	-
1Cd+Phyl	0,2018±0,0025	0,0697±0,0030a	0,4023±0,0018a	0,1197±0,0014
5Cd+Phyl	0,1597±0,0012	0,0598±0,0012a	0,2426±0,0011	0,0463±0,0008
10Cd+Phyl	0,1185±0,0008	0,0318±0,0065	0,1368±0,0008	0,0188±0,0002
20Cd+Phyl	0,0769±0,0012	0,0189±0,0015	-	-

Table 1: Dry matter accumulation (g) of shoots and roots of corn and sunflower seedlings treated with Cd and Phylazonit n=6-8 ±s.e) (significances of Cd treatment to the control: p<0.05\*, p<0.01\*\*, p<0.001\*\*\*; bio-fertilizer (Phyl.) effect of treatment p<0.05<sup>a</sup>) Treatments(1), Corn shoot(2), Corn root(3), Sunflower shoot(4), Sunflower root(5)

*A relatív klorofill tartalom (SPAD-index) változása kadmium és bio-trágya kezelés hatására*

A szárazanyag termelés szempontjából az egyik leginkább meghatározó anyagcsere-folyamat a fotoszintézis. A fotoszintézis intenzitása nagymértékben a fotoszintetikus pigmentek működésének és mennyiségének a függvénye. Ebből a szempontból is központi jelentősége van az egyik fő pigment csoportnak, a klorofiloknak. Vizsgálataink során nyomon követtük, hogy kadmium és bio-trágya kezelés hatására hogyan változik a levelek relatív klorofill tartalma, mely SPAD-indexként látható az 1. ábrán. A kadmium kezelés hatására szignifikánsan csökkent a relatív klorofill tartalom. Stobart et al. (1985), valamint de Filippis és Ziegler (1993) eredményei szerint a kadmium zavart okoz a kloroplaszt metabolizmusban azáltal, hogy gátolja a klorofill bioszintézist és

csökkenti a CO<sub>2</sub> fixációban résztvevő enzimek aktivitását. Eredményeink alátámasztják ezt a megfigyelést, mivel a kontrollhoz képest, a hatodik napon már az 1 ppm Cd kezelés is mintegy 20% csökkenést eredményezett a relatív klorofill tartalomban. Ez a csökkenés 30-40%-os volt a magasabb kadmium koncentrációnál. A kezelés további napjaiban az 1 és 5 ppm Cd koncentrációk nem okoztak további számottevő csökkenést a SPAD-indexben, viszont a nagyobb koncentrációkban alkalmazott kadmium kezeléseknél további csökkenést tapasztaltunk. Így például a 10 ppm Cd-nál – a kilencedik napra a hatodik naphoz képest – további 10%-kal csökkent a relatív klorofill tartalom értéke.

Az önmagában alkalmazott bio-trágya kezelés hatására a kontrollhoz képest közel 10%-kal nagyobb relatív klorofill tartalom értékeket mérünk. Eredményeink szerint a bio-trágya kiegészítés

kompenzálta a kadmium kezelés relatív klorofill tartalmát csökkentő hatását. A kadmium kezeléssel párhuzamosan alkalmazott bio-trágya kezelés az 5 és 10 ppm-es koncentrációk esetében szignifikánsan nagyobb SPAD-index értékeket eredményezett a csak

5 és 10 ppm kadmium kezelésekhöz képest. A kezelés 9. napján a 20 ppm Cd + Phylazonit kezelésnél szignifikánsan nagyobb relatív klorofill tartalmat mértünk, a SPAD-index mintegy 27%-kal nagyobb volt, mint a 20 ppm kadmium kezelésnél.

1. ábra: A relatív-klorofill tartalom (SPAD-index) értékének változása különböző koncentrációjú kadmium (Cd) és bio-trágya (Phyl=Phylazonit) kezelés hatására 6, 7, 8 és 9 napja kezelt kukorica növény esetében (n=80–100 ±s.e)  
Cd kezelés hatása: p<0.05<sup>a</sup>, p<0.01<sup>\*\*</sup>, p<0.001<sup>\*\*\*</sup>; bio-trágya (Phyl.) kezelés hatása p<0.05<sup>a</sup>, p<0.01<sup>b</sup>, p<0.001<sup>c</sup>

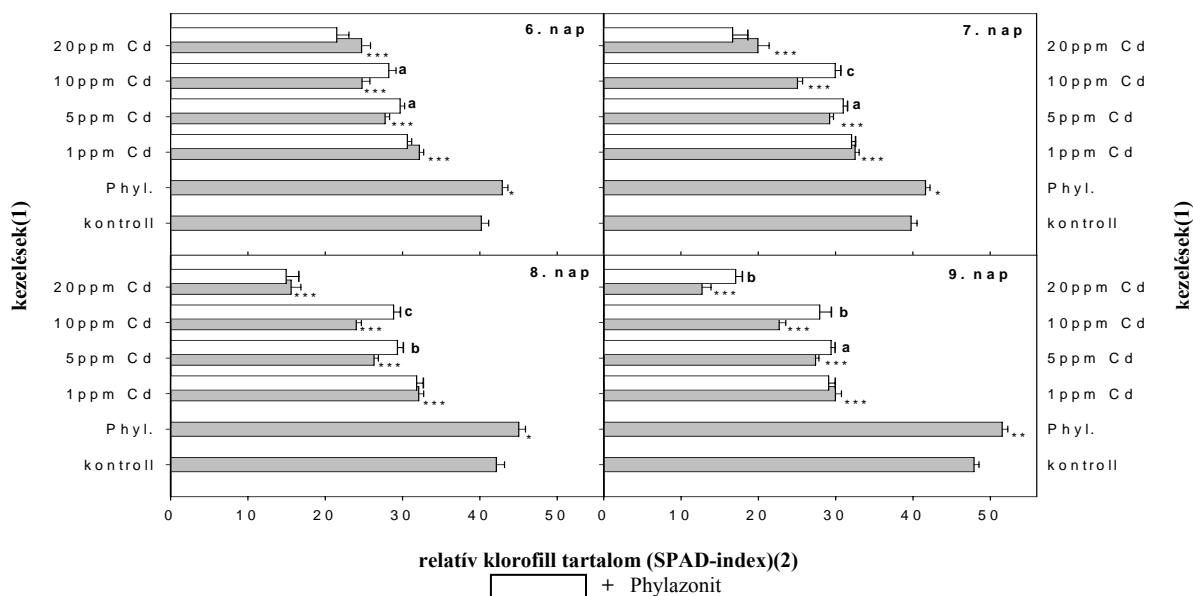


Figure 1: Changes in relative chlorophyll contents (SPAD units) influenced by treatments of Phylazonit and different cadmium concentrations 6, 7, 8, and 9 days after the treatments (n=80–100 100 ±s.e). Cadmium treatments: p<0.05<sup>a</sup>, p<0.01<sup>\*\*</sup>, p<0.001<sup>\*\*\*</sup>; bio-fertilizer (Phyl.) effect of treatment p<0.05<sup>a</sup>, p<0.01<sup>b</sup>, p<0.001<sup>c</sup>  
Treatments(1), Changes in relative chlorophyll contents (SPAD units)(2)

A napraforgó hajtás relatív klorofill tartalmának változását kadmium és bio-trágya kezelés hatására, az idő függvényében a 2. ábra mutatja be. Míg a kukoricánál az alkalmazott kadmium kezelése hatására a koncentráció függvényében csökkent a relatív klorofill tartalom, addig a napraforgónál kicsit bonyolultabb a helyzet. Az 1 ppm kadmium koncentráció szignifikánsan csökkentette a SPAD-index értékét már az első mérési, azaz a hetedik napra. Ez a csökkenés figyelhető meg a kukoricánál is, de itt annál nagyobb mértékű, a kontrollhoz képest 30%-kal kisebb SPAD-indexet mértünk 1 ppm kadmium kezelés hatására. A többi mérési napon tovább csökkent a különbség a kontroll és az 1 ppm kadmiummal kezelt növények SPAD-indexe között, a 13. napos napraforgó növények esetében közel 51%-kal alacsonyabb a kezelt minták relatív klorofill tartalma. Az 5 és 10 ppm kadmium kezelés hatására a kontrollhoz képest nem volt szignifikáns különbség a SPAD-index értékeiben, az 1 ppm Cd kezeléssel összehasonlítva viszont a nagyobb kadmium

koncentráció nem okozott nagyobb mértékű csökkenést, mint azt a kukorica hajtás esetében tapasztalhattuk. A nagyobb kadmium koncentrációval kezelt napraforgó növények ugyan kisebbek, „satnyábbak” voltak – amint az a hajtásnál megmutatkozik a fotókon (1., 2. kép) és a hajtás száraztömeg értékeknél is látható (1. táblázat) –, mégis ez a relatív klorofill tartalmukon nem látszik. Valószínűleg a kezelés inkább gátolta a szárazanyag gyarapodást, mint a klorofill szintézist, ezért az eltérő hatás eredményeképpen a kisebb tömegben a kevésbé csökkenő klorofill tartalom hasonló, vagy magasabb SPAD-értékeket adhat. A kiegészítő bio-trágya kezelést az 1 ppm kadmium koncentráció mellett alkalmazva az összes mérési napon szignifikánsan növelte a relatív klorofill tartalom értékét, a többi kadmium koncentrációval szemben hatástalan volt. Érdemes viszont megemlíteni, hogy a 7. és 8. napon a 10 ppm kadmium koncentráció esetében csak a bio-trágyával kiegészítetten kezelt növények voltak mérhetőek.

2. ábra: Napraforgó hajtás relatív-klorofill tartalom (SPAD-index) értékének változása különböző koncentrációjú kadmium (Cd) és bio-trágya (Phyl=Phylazonit) kezelés hatására 7, 8, 10 és 13 napja kezelt növény esetében (n=80–100 ±s.e) Cd kezelés hatása: p<0.05\*, p<0.01\*\*, p<0.001\*\*\*; bio-trágya (Phyl.) kezelés hatása p<0.05<sup>a</sup>, p<0.01<sup>b</sup>

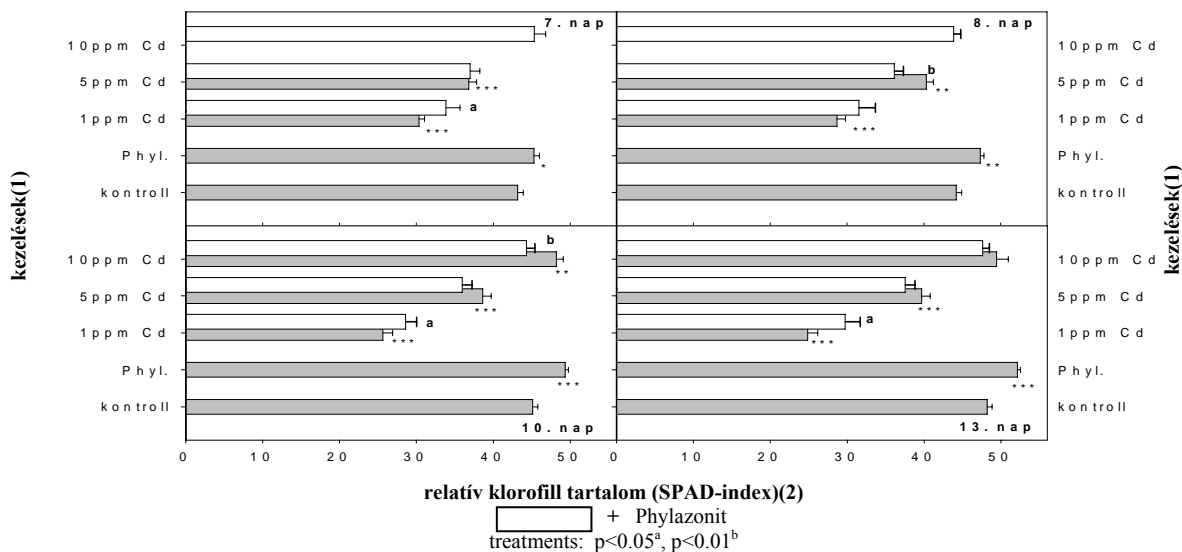


Figure 2: Changes in relative chlorophyll contents (SPAD units) influenced by treatments of Phylazonit and different cadmium concentrations 7, 8, 10, and 13 days after the treatments (n=80–100 100 ±s.e). Cadmium treatments: p<0.05\*, p<0.01\*\*, p<0.001\*\*\*, bio-fertilizer (Phyl.) effect of treatment p<0.05<sup>a</sup>, p<0.01<sup>b</sup>

Treatments(1), Changes in relative chlorophyll contents (SPAD units)(2)

*A fotoszintetikus pigment tartalom változása kadmium és bio-trágya kezelésre*

Az intenzív fotoszintézis egyik alapját a fotoszintetikus pigmentek megfelelő minőségű és mennyiségű jelenléte adja. A klorofill molekulák, mint fő fotoszintetikus pigmentek, központi jelentőségűek a szerves anyagok előállításához nélkülözhetetlen energia megtermelésében. Mennyiségi változásuk indikátor a szerves anyag gyarapodás szempontjából. Eredményeink szerint (2. táblázat) a kadmium kezelések csökkentették a klorofilok, valamint a védő- és segéd-pigmentekként ismert karotinoidok mennyiségét. A kontrollhoz képest már az 1 ppm kadmium kezelés 50-60%-os csökkenést eredményezett mindkét esetben. A 10 ppm kadmium kezelés 12%-ra redukálta a klorofilok mennyiségét, a karotinoidok valamivel kevésbé érzékenyen reagáltak, ugyanez a kezelés a kontroll érték 30%-át eredményezte.

Az önmagában alkalmazott bio-trágya (Phyl) növelte a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét, a klorofilokét 20, a karotinoidokét 25%-kal a kontrollhoz viszonyítva. A bio-trágya alkalmazása kadmium kezeléssel párhuzamosan csökkentette a kadmium negatív hatását. Ez a 10 ppm kadmium kezelés esetében közel 10%-kal kisebb redukción jelentett mindkét pigment-csoportot tekintve.

A kadmium kezelések a napraforgónál is (2. táblázat) csökkentették a klorofilok mennyiségét, bár a 10 ppm Cd kezelés kontrollhoz közeli értéket adott, ahogyan azt a SPAD-index értékeknél is láthattuk (2. ábra). A karotinoidok esetében ugyanennél a kezelésnél mintegy 20%-os növekedést

mérhettünk. Míg a kukorica hajtás esetében egyértelműen a fotoszintetikus pigmentek csökkenését mutattuk ki kadmium kezelés hatására, addig a napraforgó esetében magas koncentrációjú kadmium kezelés növelte a szárazanyag tartalomra vonatkoztatott fotoszintetikus pigment mennyiségeket. Ezek az eredmények megfelelnek a SPAD-index mérési eredményeivel.

2. táblázat

**Különböző koncentrációjú kadmium és kiegészítő bio-trágya kezelés hatása kukorica hajtás összklorofill (kla+b) és karotinoid (kar.) tartalmára a kontroll %-ban**

Kezelések(1)	Kl. a+b kukorica(2)	Karotin kukorica(3)	Kl. a+b napraforgó(4)	Karotin napraforgó(5)
<b>Kontroll</b>	100	100	100	100
<b>Phylazonit</b>	120	125	138	163
<b>1ppmCd</b>	32	45	65	108
<b>5ppmCd</b>	28	42	47	70
<b>10ppmCd</b>	10	30	100	122
<b>1Cd+Phyl</b>	40	55	74	112
<b>5Cd+Phyl</b>	26	41	72	105
<b>10Cd+Phyl</b>	20	38	82	110

Table 2: Effects of cadmium and bio-fertilizer treatments on total chlorophyll and carotene contents of corn and sunflower shoots (in % of control)

Treatments(1), Chlorophyll a+b (corn)(2), Carotene (corn)(3), Chl. a+b (sunflower)(4), Carotene (sunflower)(5)

Az önmagában alkalmazott bio-trágya a napraforgó fotoszintetikus pigmentjeinek mennyiségét is növelte, jóval nagyobb mértékben, mint azt a kukorica hajtásnál tapasztaltuk. A csak bio-trágyával kezelt napraforgó hajtás össz-klorofill tartalma közel 40%-kal volt nagyobb, mint a kontrollé, a karotinoidoknál pedig mintegy 65%-kal nagyobb értéket mérhettünk a kontrollhoz viszonyítva. A bio-trágya alkalmazása a kukorica eredményeihez hasonlóan a kadmium kezeléssel párhuzamosan csökkentette a kadmium negatív hatását. Ez azonban a napraforgó esetében az 1 és 5 ppm-es koncentrációkra igaz, míg 10 ppm-es kadmium kezelésnél már nem tapasztalható ez a pozitív hatás.

#### *Kadmium és bio-trágya kezelés hatása a fotoszintetikus hatékonyságra*

A klorofill fluoreszcencia-indukció módszert széles körben alkalmazzák növények fiziológiai állapotának a vizsgálatára (Lichtenthaler és Rinderle, 1988; Mészáros et al., 2001; Veres et al., 2000; Tóth et al., 2002). Sötétadaptált levelekben a klorofill fluoreszcencia indukció gyors szakaszában megfigyelhető intenzitásbeli változások közvetlenül a PSII reakcióközpontok redox-állapotával állnak összefüggésben. A klorofill fluoreszcencia-indukció gyors szakaszából meghatározható a PSII optimális fotokémiai hatékonysága, melyről az  $F_v/F_m$  tájékoztat számszerűen. Az akumulálódó felesleges gerjesztési energia a fotokémiai rendszereket potenciálisan károsíthatja, tehát a felesleges mennyiségben abszorbeált energia fénygátlást (foto-inhibíció), vagy súlyosabb esetben fénykárosodást (foto-oxidáció) okoz. A klorofill fluoreszcencia indukció módszer alkalmazása során a sötétadaptált állapotú levelek  $F_v/F_m$  értékeinek csökkenése alapján következtetni tudunk a foto-inhibíció meglétére és mértékére. Az optimális fejlődési körülmények között élő, hajtásos növényekre becsült  $F_v/F_m$  értéke  $0.832 \pm 0.004$  (Björkman és Demmig-Adams, 1987).

A potenciális fotokémiai hatékonyság értékének változását vizsgáltuk kadmium és bio-trágya kezelések hatására kukorica és napraforgó növényeken. Eredményeinket a 3. ábra szemlélteti. Mindkét vizsgált növényenél az  $F_v/F_m$  értéke közelít az optimálisan becsült értékhez, a bio-trágya kezelés hatására is ilyen magas maradt. A különböző koncentrációjú kadmium kezelések hatására csökkent az  $F_v/F_m$ , a napraforgó esetében nagyobb mértékben, mint a kukoricánál. A napraforgónál az 1 ppm-es kadmium koncentráció is már 10% redukción eredményezett az  $F_v/F_m$  értékben, a 10 ppm kadmium kezelésnél ez már  $F_v/F_m$  15%. A kiegészítő bio-trágya kezelés hatására az 1 és 5 ppm kadmium kezeléseknél nagyobb  $F_v/F_m$  értékeket mértünk, mint bio-trágya kezelés nélküli kadmium hatásra, bár ezek a különbségek nem voltak szignifikánsak.

A kukoricánál a 10 ppm-es kadmium kezelés bio-trágyával kiegészítve kompenzálja a kadmium hatását, azaz itt is nagyobb  $F_v/F_m$  értékeket mértünk bio-trágya kiegészítéssel, mint nélküle. A napraforgónál viszont minimális különbség sem mutatható ki a 10 ppm kadmium kezelés és a bio-trágya kiegészítés  $F_v/F_m$  értékeket befolyásoló hatása között.

3. ábra: A potenciális fotokémiai hatékonyság ( $F_v/F_m$ ) értékének változása különböző koncentrációjú kadmium (Cd) és bio-trágya (Phylazonit=Phyl.) kezelés hatására kukorica (A) és napraforgó (B) növények esetében.  $n=6 \pm s.e$

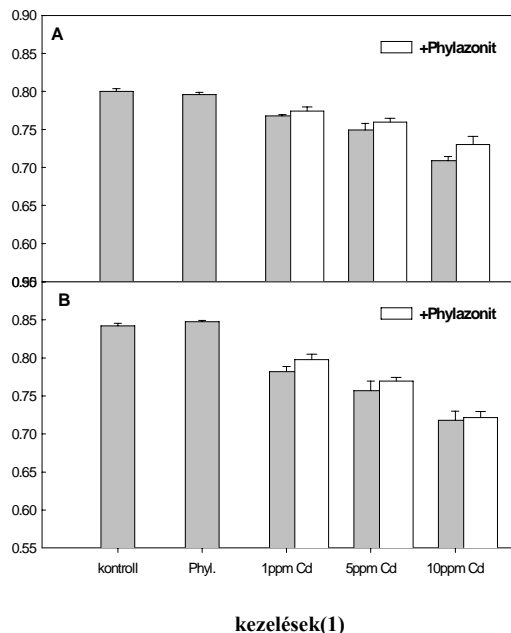


Figure 3: Changes in potential photosynthetic activity ( $F_v/F_m$ ) influenced by different Cd and Phylazonit treatments at corn and sunflower plants ( $n=6 \pm s.e$ )  
Treatments(1)

#### *Kadmium és bio-trágya kezelés hatása a növények kadmium tartalmára*

A kadmium kezelések hatására növekedett a kadmium mennyisége a hajtásban és a gyökérben is a kontrollhoz képest (3. táblázat), ami a kadmium tényleges felvételét is igazolja. A gyökér kadmium tartalma többszöröse a hajtás kadmium tartalmának az összes kezelésnél, ami megfelel Cataldo et al. (1983) eredményeinek, mely szerint a felvett kadmium a gyökérben marad, és csak viszonylag kis része szállítódik a hajtásba. Bio-trágya kezelés hatására mérséklődött a kimutatott kadmium mennyisége a hajtásban és a gyökérben egyaránt. A bio-trágya kiegészítés a 10 ppm-es kadmium kezelésnél mintegy 30%-kal csökkentette a felvett kadmium mennyiségét, így mérsékelte toxikus hatását.

A kadmiummal és bio-trágyával (Phylazonit=Phyl) kezelt kukorica hajtásának és gyökerének kadmium tartalma (n=3±s.e.) (szignifikancia vizsgálat azonos kadmium kezelés és bio-trágya kiegészítés között, \*p<0,05, \*\*p<0,01)

Kezelések(1)	HAJTÁS kukorica(2)	GYÖKÉR kukorica(3)	HAJTÁS napraforgó(4)	GYÖKÉR napraforgó(5)
<b>Kontroll</b>	1,31 ± 0,1	11,5 ± 0,7	4,6 ± 0,07	12,7 ± 1,4
<b>1ppm Cd</b>	135 ± 9	597 ± 23	273 ± 16	604 ± 84
<b>5ppm Cd</b>	215 ± 18	950 ± 24	797 ± 14	2047 ± 61
<b>10ppm Cd</b>	345 ± 20	1602 ± 64	922 ± 77	13000 ± 1220
<b>20ppm Cd</b>	514 ± 5	2548 ± 118	–	–
<b>1Cd+Phyl</b>	159 ± 22	653 ± 39	216 ± 20	512 ± 155
<b>5Cd+Phyl</b>	210 ± 12	880 ± 81*	800 ± 53	2330 ± 353
<b>10Cd+Phyl</b>	250 ± 6**	1179 ± 50**	504 ± 57**	6745 ± 677**
<b>20Cd+Phyl</b>	563 ± 28	3520 ± 236	–	–

Table 3: Effects of Cd and bio-fertilizer treatments on Cd contents of shoots and roots of corn and sunflower seedlings. (n=3±s.e.) (\*p<0.05, \*\*p<0.01)

Treatments(1), Corn shoot(2), Corn root(3), Sunflower shoot(4), Sunflower root(5)

A napraforgónál az alkalmazott kadmium kezelések hatására ugyancsak növekedett a kadmium mennyisége a hajtásban és a gyökérben egyaránt a kontrollhoz képest (3. táblázat), ami itt is igazolja a kadmium felvételét. Amint azt a 3. táblázat eredményei mutatják, a napraforgó a kadmium kezelés hatására nagyobb mennyiségű kadmiumot halmozott fel a hajtásban és a gyökérben is, a kukoricához képest. Ez magyarázza a fentebbi vizsgálatok eredményeit, mely szerint a napraforgó érzékenyebb a kadmiummal szemben, mint a kukorica. A napraforgóra is igaz Cataldo et al. (1983) megfigyelése, mely szerint a gyökér kadmium tartalma többszöröse a hajtás kadmium tartalmának az összes kezelés esetében. A kadmium felhalmozódása a gyökérben a toxikus hatás egyik lényeges kiváltója, hiszen a növény egészének

fiziológiáját meghatározó gyökérfolyamatok sérülhetnek. Bio-trágya kezelés hatására mérséklődött kadmium mennyisége a teljes növényben, bár szignifikáns különbséget csak a 10 ppm-es kadmium kezelésnél tudunk kimutatni. Magas kadmium (20 ppm) koncentrációnál viszont már nem mutatható ki a bio-trágyázás pozitív hatása a kukoricánál sem, a napraforgót nem lehetett 20 ppm-es kadmium tartalmú tápoldaton felnevelni, a koncentráció letálisnak bizonyult. Előzetes eredményeink szerint a bio-trágya alkalmazása pozitívan befolyásolja a tápelemek felvételét. A bio-trágya hasznos mikroorganizmusai kompenzálják a kadmium mikroba pusztító hatását, ezáltal elősegítve szennyezett talajon is a növény számára megfelelő tápanyagfelvételt, tápanyag-gazdálkodást.

IRODALOM

Björkman, O.-Demmig-Adams, B. (1987): Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77K among vascular plants of diverse origins - *Planta*. 170: 489-504.

Cataldo, D. A.-Garland, T. R.-Wildung, R. E. (1983): Cadmium uptake kinetics in intact soybean plants. *Plant Physiol.*, 73: 844-848.

de Filippis, L. F.-Ziegler, H. (1993): Effects of sublethal concentrations of zinc, cadmium and mercury on the photosynthetic carbon reduction cycle of *Euglena*. *J. Plant Physiol.*, 142: 167-172.

Lévai, L.-Kovács, B. (2001): The influence of IAA and TIBA on iron concentration of maize seedlings. In *Plant Nutrition – Food. Security and Sustainability of Agro-Ecosystem* (Eds.: Horst, W. J.). Kluwer Academia Publishers, Netherlands, 154-155.

Lichtenthaler, H. K.-Rinderle, U. (1988): The role of chlorophyll fluorescence in the detection of stress conditions in plants – *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 19: 329-383.

Mészáros, I.-Láposi, R.-Veres, Sz.-Bai, E.-Lakatos, G.-Gáspár, A.-Mile, O. (2001): Effects of supplemental UV-B and drought stress on photosynthetic activity of sessile oak (*Quercus petraea* L.) – PS2001 Proceedings of 12<sup>th</sup> International Congress on Photosynthesis. Csiro Publishing. 3-36.

Schreiber, U.-Bilger, W.-Neubauer, C. (1994): Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of *in vivo* photosynthesis. In: *Ecophysiology of Photosynthesis*. Schulze, E. D.-Caldwell, M. M (ed.), Springer-Verlag, Berlin. 49-70.

Stobart, A. K.-Griffits, W.-Bukhari, I. A.-Sherwood, R. P. (1985): The effects of Cd<sup>2+</sup> on the biosynthesis of chlorophyll in leaves of barley. *Physiol. Plant.*, 63: 293-298.

Tóth, R. V.-Mészáros, I.-Veres, Sz.-Nagy, J. (2002): Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophyll cycle pool of maize in field. *The Journal of Plant Physiology*. 159: 627-634.

Veres, Sz.-Mészáros, I.-Mile, O.-Láposi, R. (2000): Alterations in chlorophyll fluorescence parameters and membrane integrity of xerophyte species under abiotic stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 38: 262.

Wellburn, A. R. (1994): The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Plant Phys.*, 114: 307-313.