

# AZ ÓLOM TOXICITÁS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A KUKORICA KEZDETI NÖVEKEDÉSI STÁDIUMÁBAN

## EXAMINATION OF LEAD TOXICITY IN EARLY GROWTH STAGE OF MAIZE

Illés Árpád<sup>1\*</sup>, Bojtor Csaba<sup>2</sup>, Kaczur Dávid<sup>3</sup>, Győri Zoltán<sup>4</sup>, Tóth Brigitta<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debreceni Egyetem, Magyarország

<sup>2</sup> Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debreceni Egyetem, Magyarország

<sup>3</sup> Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debreceni Egyetem, Magyarország

<sup>4</sup> Táplálkozástudományi Intézet, Debreceni Egyetem, Magyarország

<sup>5</sup> Táplálkozástudományi Intézet, Debreceni Egyetem, Magyarország

---

### Kulcsszavak:

Ólom  
Kukorica  
SPAD  
Klorofill

### Keywords:

Lead  
Corn  
SPAD  
Chlorophyll

### Cikktörténet:

Beérkezett: 2017. augusztus 7.  
Átdolgozva: 2017. szeptember 5.  
Elfogadva: 2017. október 20.

---

### Összefoglalás

Kísérletünkben az ólom (Pb) toxikus hatását vizsgáltuk kukoricán (*Zea mays* L.). A növényeket hidropóniásan, kontrollált körülmények között neveltük. Az ólmot  $Pb(NO_3)_2$  formában adagoltuk a tápoldathoz 0, 1; 1; 5; 10; 20; 50; 100 és 200 mg  $kg^{-1}$  koncentrációban. A kísérletben mértük a gyökér és a hajtás száraz tömegét, a második és harmadik levél relatív klorofill tartalmát (SPAD-index) és a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét. Az alkalmazott ólomkoncentrációk közül az 50, 100 és 200 mg  $kg^{-1}$  volt toxikus. A hajtás és gyökér növekedésére a Pb-kezelések nagyobb hatással voltak, mint a klorofill tartalomra. 200 mg  $kg^{-1}$   $Pb(NO_3)_2$  kezelésnél a hajtás száraz tömege 60, a gyökérére 72%-kal csökkent a kontrollhoz viszonyítva. A második levélben a SPAD-index 23, míg a harmadik levélben 20%-kal csökkent. Az eredmények alapján a Pb szennyezés a fejlődés kezdeti stádiumában elsősorban a gyökér és hajtás növekedésére van hatással.

### Abstract

The toxic effect of lead (Pb) was examined in maize (*Zea mays* L.) in our experiment. Plant were grown in hydroponic culture, in controlled environmental circumstances. The lead was added to the nutrient solution in form of  $Pb(NO_3)_2$  with the following concentrations: 0, 1; 1; 5; 10; 20; 50; 100 and 200 mg  $kg^{-1}$ . The dry weight of shoots and roots, relative chlorophyll content in the second and third leaves

---

\* Illés Árpád. Tel.: +36 30 658 2304  
E-mail cím: Illés.arpad0820@gmail.com

*and photosynthetic pigments were measured. 50, 10 and 200 mg kg<sup>-1</sup> Pb concentrations were toxic on plants. Pb-treatments had more effective effect on dry weight than on chlorophyll content. The dry weight of shoot decreased with 60%, the dry weight of root decreased with 72% at 200 mg kg<sup>-1</sup>Pb treatment compared to control. SPAD-INDEX was lower with 23% in second leaves and 20% lower in third leaves, at 200 mg kg<sup>-1</sup> Pb-treatment, compared to control. According to our results, the first toxic effect of Pb appear on growth.*

## 1. Bevezetés

Napjainkban az ipari területekhez (pl: nehézfém olvasztó kohók) közel eső termőföldek ólomtartalma egyre növekszik. Az ólom szennyezés aggodalomra adhat okot térségünkben is, mivel a Kárpát-medencében a szennyező anyagok felhalmozódhatnak [5]. Az ólom (Pb) elsősorban a talaj felső rétegben akkumulálódik, a mélyebb talajrétegek Pb-tartalma a mélységgel arányosan csökken. Az ólom a növények számára könnyen felvehető és a felvett ólomot különféle szervezetekben raktározzák, ami az élelmezés-egészségügyi elvárásoknak való megfelelést jelentősen megnehezíti [4]. Az ólom a növények, állatok és az ember számára egyaránt toxikus. A hajtásos növények fotokémiai rendszere erősen érzékeny az Pb-toxicitásra. Ólom-szennyeződés hatására károsodik a fotoszintetikus apparátus, csökken a klorofill tartalom, mérséklődik a CO<sub>2</sub> asszimiláció és oxidatív stressz körülmények alakulnak ki [10]. Kísérletünkben az ólom hatását vizsgáltuk a kukorica száraz tömegére, relatív klorofill tartalmára és a fotoszintetikus pigmentek mennyiségére.

## 2. Anyag és Módszer

Kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays* L. cv. DKC5170) használtunk. A magvak felületének fertőtlenítését 6%-os H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-dal végeztük el. A fertőtlenített magvakat desztillált vízzel többször öblítettük, majd 10 mM-os CaSO<sub>4</sub> oldatban 4 óráig áztattuk a jobb csírázás érdekében. A magvakat nedves szűrőpapír között termosztátban csíráztattuk, úgy, hogy a csíranövények polaritása természetes legyen. A termosztát hőmérséklete 22 °C volt. A 4 cm-es koleoptilú kukorica csíranövényeket tápoldatra helyeztük. A növények neveléséhez módosított Hoagland tápoldatot alkalmaztunk (Tóth et al., 2013). Az ólomot Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> formában adagoltuk a tápoldathoz 0,1; 1; 5; 10; 20; 50; 100 és 200 mg kg<sup>-1</sup> koncentrációban. A növényeket kontrollált körülmények között, klímashobában neveltük. A klorofill méréshez a növények második illetve harmadik legfiatalabb, de már teljesen kifejlett leveleit használtuk. A relatív klorofill tartalmat SPAD-502 (MINOLTA, Japán) klorofill mérővel mértük.

Az abszolút klorofill-*a*, *b* és karotinoid tartalmat Metertek SP 80 Spektrométerrel mértük MORAN és PORATH (1980) alapján. A száraz tömeg meghatározásához a mintákat 65°C-on tömegállandóságig szárítottuk, majd szobahőmérsékletre történt visszahűtés után analitikai mérlegen (OHAUS) mértük. A kísérletet a 21. napon számoltuk fel.

## 3. Eredmények és azok értékelése

A kezelés hatására mind a két koncentrációnál szignifikánsan csökkent az érték a kontrollhoz képest (1. Táblázat). A kukorica hajtásának száraz tömege 43%-kal, a gyökér száraz tömege 59%-kal csökkent 100 mg kg<sup>-1</sup> Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-koncentrációnál, ez a csökkenés 66% és 73% volt a 200 mg kg<sup>-1</sup> Pb-koncentrációnál. Így a kukorica számára az adott kísérletben ezt a két koncentrációt tekintjük toxikusnak. Az alacsonyabb koncentrációk toxikus hatása a száraz tömegre nem egyértelmű. A kukorica hajtásának és gyökerének száraz tömegére még az 50 mg kg<sup>-1</sup> Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-koncentráció volt jelentősebb hatással.

1. Táblázat: A 21 napos kukorica hajtásának és gyökerének száraz tömege ( $\text{g növény}^{-1}$ ) 0,1, 1, 5, 10, 20, 50, 100 és 200  $\text{mg kg}^{-1}$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  kezelés hatására,  $n=12 \pm \text{S.E.}$ , Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: \* $p < 0,05$ ; \*\*\* $p < 0,001$

| Kezelések | Hajtás              | Gyökér              |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Kontroll  | 0,668 $\pm$ 0,12    | 0,123 $\pm$ 0,03    |
| 0,1       | 0,561 $\pm$ 0,12    | 0,117 $\pm$ 0,03    |
| 1         | 0,591 $\pm$ 0,06    | 0,106 $\pm$ 0,02    |
| 5         | 0,614 $\pm$ 0,11    | 0,140 $\pm$ 0,03    |
| 10        | 0,539 $\pm$ 0,07*   | 0,127 $\pm$ 0,03    |
| 20        | 0,623 $\pm$ 0,05*** | 0,127 $\pm$ 0,03    |
| 50        | 0,404 $\pm$ 0,08*** | 0,104 $\pm$ 0,04    |
| 100       | 0,381 $\pm$ 0,12*** | 0,051 $\pm$ 0,02*** |
| 200       | 0,226 $\pm$ 0,04*** | 0,033 $\pm$ 0,02*** |

A kísérlet során mértük a hajtás és a gyökér szerves anyag felhalmozását a 100 és a 200  $\text{mg kg}^{-1}$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  -koncentrációnál (eredményeket nem közlünk). Az első mérést a tápoldatra helyezést követő 3. napon végeztük, majd kétnaponta a kísérlet felszámolásáig. A kukorica hajtásának és gyökerének szerves anyag felhalmozása lineárisan csökkent a nevelési idő előrehaladtával. Az első mérési napon a hajtás szerves anyag felhalmozása 12%-kal, a gyökéré 25%-kal volt alacsonyabb a 100  $\text{mg kg}^{-1}$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  -kezelés hatására, mint a kontroll növényeké. 200  $\text{mg kg}^{-1}$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  -koncentrációnál a hajtás szerves anyag felhalmozása 10%-kal, a gyökéré 25%-kal volt kisebb. Az utolsó mérési napon, a kukorica 19 napos korában a hajtás szerves anyag felhalmozása 56%-kal, a gyökéré 62%-kal volt alacsonyabb a 100  $\text{mg kg}^{-1}$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  -kezelés hatására, mint a kontroll növényeké. 200  $\text{mg kg}^{-1}$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  -koncentrációnál a hajtás szerves anyag felhalmozása 77%-kal, a gyökéré 75%-kal volt alacsonyabb. Burton et al. 1984 megállapította, hogy az ólom toxicitás első vizuális tünete a gyökerek növekedésének gátlása és a levélen bekövetkező klorózis [2]. A  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  már kis koncentrációban is a sejtekbe kerülve csökkenti az enzimaktivitást, gátolja a tápelemek és a víz felvételét, változásokat okoz a hormonok termelésében, negatív hatással van a membránok permeabilitására [11]. Az ólom gátolja a csírázást, csökkenti a csírázási százalékot, a gyökér:hajtás arányt, a gyökér és hajtás száraz tömegét [7]. A talaj 10  $\text{mg kg}^{-1}$  ólomtartalma már jelentősen gátolja a gyökér növekedés [1].

Irodalmi adatok alapján az ólom nemcsak a szerves anyag felhalmozásra van hatással, hanem a klorofill tartalomra is. A kísérlet 19. napján mértük a kukorica második és harmadik levelében a relatív klorofill tartalmat (SPAD-index) és a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét (2. Táblázat). A klorofill-a mennyisége minden kezelés hatására mérséklődött a második levélben. A klorofill-b mennyisége a 20 és 50  $\text{mg kg}^{-1}$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  -kezelésnél szignifikánsan csökkent a kontrollhoz képest. A kukorica harmadik levelében a relatív klorofill tartalom és fotoszintetikus pigmentek mennyisége is szignifikánsan csökkent 0,1  $\text{mg kg}^{-1}$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  kezelés hatására a kontroll értékhez képest. A karotinoidok mennyisége minden kezelésnél nem szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll növényben mért érték.

2. Táblázat: A 21 napos kukorica második és harmadik levelében mért klorofill-a, b és karotinoid tartalom ( $\text{mg g}^{-1}$ )  $n=3 \pm \text{S.E.}$ , és relatív klorofill tartalom (SPAD-index)  $n=60 \pm \text{S.E.}$  alakulása 0, 1, 5, 10, 20, 50, 100 és 200  $\text{mg kg}^{-1}$   $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  kezelés hatására, Szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva: \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$

| Kezelések | a kukorica második levelében  |              |              |               |
|-----------|-------------------------------|--------------|--------------|---------------|
|           | klorofill-a                   | klorofill-b  | karotinoidok | SPAD-index    |
| Kontroll  | 13,53±0,07                    | 4,39±0,43    | 7,49±0,41    | 42,41±2,51    |
| 0,1       | 8,97±0,56                     | 3,39±0,10    | 4,67±0,15    | 37,27±3,88*** |
| 1         | 13,08±0,47                    | 4,80±0,30    | 6,82±0,21    | 43,61±1,53    |
| 5         | 7,71±2,46                     | 3,23±0,82    | 3,73±0,98    | 37,30±3,01*** |
| 10        | 11,11±0,67                    | 3,50±0,39    | 5,97±0,78    | 38,06±4,15**  |
| 20        | 9,06±0,01                     | 2,42±0,25*   | 6,03±0,01    | 41,95±2,46    |
| 50        | 10,86±0,34**                  | 3,16±0,53*   | 6,84±0,28    | 38,70±3,72*   |
| 100       | 11,24±0,08                    | 4,27±0,51    | 7,87±0,59    | 36,84±3,45*** |
| 200       | 10,23±0,54                    | 3,30±0,49    | 6,93±0,55    | 32,98±3,78*** |
| Kezelések | a kukorica harmadik levelében |              |              |               |
|           | klorofill-a                   | klorofill-b  | karotinoidok | SPAD-index    |
| Kontroll  | 10,54±0,12                    | 3,38±0,20    | 5,39±0,09    | 39,73±5,07    |
| 0,1       | 7,83±0,22***                  | 2,82±0,23*** | 4,03±0,06*** | 32,92±4,89**  |
| 1         | 14,60±0,21                    | 4,53±0,57    | 8,26±0,82    | 44,89±3,68*   |
| 5         | 15,42±0,69                    | 5,06±0,63    | 9,78±0,67**  | 35,41±2,93*   |
| 10        | 10,59±0,57                    | 3,45±0,58    | 5,46±0,26    | 33,36±4,63**  |
| 20        | 14,35±0,63                    | 4,92±0,13    | 8,80±0,17    | 27,76±4,04*** |
| 50        | 12,07±0,92                    | 3,87±0,41    | 7,34±0,54    | 31,95±6,88**  |
| 100       | 9,76±0,52                     | 3,42±0,26    | 6,76±0,04    | 30,64±2,37*** |
| 200       | 9,88±0,07                     | 3,34±0,24    | 6,53±0,05    | 31,89±5,44**  |

Az ólom csökkenti a fotoszintézist azáltal, hogy gátolja a Mg és Fe felvételét. Az ólommal kezelt növényekben nő a klorofilláz aktivitása [3]. Ólommal végzett kísérletekben kimutatták, hogy a klorofill-b érzékenyebb az Pb-toxicitásra, mint a klorofill-a [14].

#### 4. Következtetések

Eredményeink alapján a  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  100 és 200  $\text{mg kg}^{-1}$  koncentrációban erősen toxikus a kukorica számára. Korábbi vizsgálatok során hasonló eredményt kaptak, kezelés hatására a hajtás és a gyökér szerves anyag felhalmozódása lineárisan csökkent a nevelési idő előrehaladtával [13]. Irodalmi adatok alapján talaj:növény rendszerben már a 10  $\text{mg kg}^{-1}$  ólomkoncentráció is toxikus, ugyanis gátolja a gyökér növekedést, de ezt a hidropóniás kísérletben nem tudtuk bizonyítani. A növény fejlődésének kezdeti szakaszában az ólom a növekedésre van negatív hatással és nem a fotoszintetikus pigmentek mennyisége.

#### 5. Irodalomjegyzék

- [1] Breckle S. W. (1991): Growth under stress. Heavy metals: In: Waisel Y., Eshcl A., Kafkafi U. (eds.) Plant Roots: The Hidden Half, pp. 351-373. Marcel Dekker Inc., New York, USA
- [2] Burton K. W., Morgan E., Rig A. (1984): The influence of heavy metals on the growth of Sitka-spure in South-Wals forests. II green house experiments. Plant Soil 78, pp. 271-282.
- [3] Drazkiewicz M. (1994): Chlorophyll-occurrence, functions, mechanisms of action, effects of internal and external factors. Photosynthetica 30, pp. 321-331.
- [4] Johnson M. S., Eaton J. W. (1980): Environmental contamination though residual trace metal dispersal from a derelict lead-zinc mine. J Environ Qual 9, pp. 175-179.

- [5] Kádár I. (1995): A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződés kémiai elemekkel Magyarországon. Környezet- és természetvédelmi kutatások. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest
- [6] Mihucz V. G., Csog Á., Fodor F., Tatár E., Szoboszlai N., Silaghi-Dumitrescu L., Záray Gy. (2012): Impacts of two iron(III) chelators on the iron, cadmium, lead and nickel accumulation in poplar under heavy metal stress in hydroponic. *Journal of Plant Physiology*
- [7] Mishra A., Choudhari M. A. (1998): Amelioration of lead and mercury effects on germination and rice seedlings growth by antioxidants. *Bio Plant* 41, pp. 469-473.
- [8] Moran R., Porath D. (1980): Chlorophyll Determination in Intact Tissues Using N,N-Dimethylformamide. *Plant Physiology* 65 (1. sz.) pp. 478-479.
- [9] Parys E., Romanowska E., Siedlecka M., Poskuta J. (1998): The effect of lead on photosynthesis and respiration in detached leaves and in mesophyll protoplasts of *Pisum sativum*. *Acta Physiol Plant* 20, pp. 313-322.
- [10] Romanowska E., Wasilewska W., Fristedt R., Vener A. V., Zienkiewicz M. (2012): Phosphorylation of PSII ions. *Journal of Plant Physiology* 169, pp. 345-352.
- [11] Seregin I. V., Ivanov V. B. (2001): Physiological aspects on cadmium and lead toxic effects on higher plants. *Russ J Plant Physiol* 48, pp. 606-630.
- [12] Tóth B., Lévai L., Kovács B., Varga B. M., Veres Sz. (2013): Compensation effect of bacterium containing biofertilizer on the growth of *Cucumis sativus* L. under Al-stress conditions. *Acta Biol Hung* 64(1), pp. 64-74.
- [13] Umair A. (2017): Yield and quality responses, plant metabolism and metal distribution pattern in aromatic rice under lead (Pb) toxicity. *Chemosphere*. 176, pp. 141-155.
- [14] Vodnik D., Jentschke G., Fritz E., Gogala N., Godbold D. L. (1999): Root-applied cytokinin reduces lead uptake and affects its distribution in Norway spruce seedlings. *Physiol Plant* 106, pp. 75-81.