

AZ ÓLOM TOXICITÁS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A KUKORICA KEZDETI NÖVEKEDÉSI STÁDIUMÁBAN

EXAMINATION OF LEAD TOXICITY IN EARLY GROWTH STAGE OF MAIZE

Illés Árpád ^{1*}, Bojtor Csaba ², Kaczur Dávid ³, Győri Zoltán⁴, Tóth Brigitta⁵

¹ Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debreceni Egyetem, Magyarország

² Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debreceni Egyetem, Magyarország

³ Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debreceni Egyetem, Magyarország

⁴ Táplálkozástudományi Intézet, Debreceni Egyetem, Magyarország

⁵ 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 gyökéré 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: illes.arpad0820@gmail.com

and photosynthetic pigments were measured. 50, 10 and 200 mg kg⁻¹ 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⁻¹Pb treatment compared to control. SPAD-INDEX was lower with 23% in second leaves and 20% lower in third leaves, at 200 mg kg⁻¹ 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 ólmot különféle szervekben 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 CO₂ 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 H₂O₂-dal végeztük el. A fertőtlenített magvakat desztillált vízzel többször öblítettük, majd 10 mM-os CaSO₄ 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 ólmot Pb(NO₃)₂ formában adagoltuk a tápoldathoz 0,1; 1; 5; 10; 20; 50; 100 és 200 mg kg⁻¹ 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⁻¹ Pb(NO₃)₂-koncentrációnál, ez a csökkenés 66% és 73% volt a 200 mg kg⁻¹ 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⁻¹ Pb(NO₃)₂-koncentráció volt jelentősebb hatással.

1. Táblázat: A 21 napos kukorica hajtásának és gyökerének száraz tömege (g növény^{-1}) 0,1, 1, 5, 10, 20, 50, 100 és 200 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 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 mg kg^{-1} $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -kezelés hatására, mint a kontroll növényeké. 200 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 mg kg^{-1} $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -kezelés hatására, mint a kontroll növényeké. 200 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 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 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 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 (mg g^{-1}) $n=3 \pm \text{S.E.}$, és relatív klorofill tartalom (SPAD-index) $n=60 \pm \text{S.E.}$ alakulása 0, 1, 1, 5, 10, 20, 50, 100 és 200 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 $\pm$ 0,07	4,39 $\pm$ 0,43	7,49 $\pm$ 0,41	42,41 $\pm$ 2,51
0,1	8,97 $\pm$ 0,56	3,39 $\pm$ 0,10	4,67 $\pm$ 0,15	37,27 $\pm$ 3,88***
1	13,08 $\pm$ 0,47	4,80 $\pm$ 0,30	6,82 $\pm$ 0,21	43,61 $\pm$ 1,53
5	7,71 $\pm$ 2,46	3,23 $\pm$ 0,82	3,73 $\pm$ 0,98	37,30 $\pm$ 3,01***
10	11,11 $\pm$ 0,67	3,50 $\pm$ 0,39	5,97 $\pm$ 0,78	38,06 $\pm$ 4,15**
20	9,06 $\pm$ 0,01	2,42 $\pm$ 0,25*	6,03 $\pm$ 0,01	41,95 $\pm$ 2,46
50	10,86 $\pm$ 0,34**	3,16 $\pm$ 0,53*	6,84 $\pm$ 0,28	38,70 $\pm$ 3,72*
100	11,24 $\pm$ 0,08	4,27 $\pm$ 0,51	7,87 $\pm$ 0,59	36,84 $\pm$ 3,45***
200	10,23 $\pm$ 0,54	3,30 $\pm$ 0,49	6,93 $\pm$ 0,55	32,98 $\pm$ 3,78***
Kezelések	a kukorica harmadik levelében			
	klorofill-a	klorofill-b	karotinoidok	SPAD-index
Kontroll	10,54 $\pm$ 0,12	3,38 $\pm$ 0,20	5,39 $\pm$ 0,09	39,73 $\pm$ 5,07
0,1	7,83 $\pm$ 0,22***	2,82 $\pm$ 0,23***	4,03 $\pm$ 0,06***	32,92 $\pm$ 4,89**
1	14,60 $\pm$ 0,21	4,53 $\pm$ 0,57	8,26 $\pm$ 0,82	44,89 $\pm$ 3,68*
5	15,42 $\pm$ 0,69	5,06 $\pm$ 0,63	9,78 $\pm$ 0,67**	35,41 $\pm$ 2,93*
10	10,59 $\pm$ 0,57	3,45 $\pm$ 0,58	5,46 $\pm$ 0,26	33,36 $\pm$ 4,63**
20	14,35 $\pm$ 0,63	4,92 $\pm$ 0,13	8,80 $\pm$ 0,17	27,76 $\pm$ 4,04***
50	12,07 $\pm$ 0,92	3,87 $\pm$ 0,41	7,34 $\pm$ 0,54	31,95 $\pm$ 6,88**
100	9,76 $\pm$ 0,52	3,42 $\pm$ 0,26	6,76 $\pm$ 0,04	30,64 $\pm$ 2,37***
200	9,88 $\pm$ 0,07	3,34 $\pm$ 0,24	6,53 $\pm$ 0,05	31,89 $\pm$ 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 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 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., Eshel 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-spruce in South-Wales 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 through 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., Zárar 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.