

Mész - és cementgyári porok növényfiziológiai hatásának vizsgálata

TÓTH BRIGITTA- VERES SZILVIA-BÁKONYI NÓRA-
GAJDOS ÉVA-MAROZSÁN MARIANNA-LÉVAI
LÁSZLÓ

Debreceni Egyetem, Agrár- és
Gazdálkodástudományok Centruma
Növénytudományi Intézet
Mezőgazdasági Növényteni és Növényélettani
Tanszékcsoporth,
Debrecen

Összefoglalás

Környezetünk védelme közös feladat. Minden szennyezés, ami földjeinket, növényeinket, a szűkebb, vagy a tágabb értelemben vett környezetünket éri, előbb-utóbb megjelenik az élelmiszerlánc valamelyik tagjában, végül a piramis csúcsán álló emberben.

Munkánk célja egy átlátható képet adni néhány ipari hulladék - cementpor, mészpor, méshidrátpor - növényekre gyakorolt fiziológiai hatásáról. A vizsgált anyagok a növények számára sok létfontosságú elemet tartalmaznak (pl.: vas, kálium, magnézium, foszfor, cink), de mindezek mellett alumínium, ólom, króm és kobalt is megtalálható bennük. Ezek figyelembevételével vizsgáltuk a csírázásra gyakorolt hatást, a növények elemfelvételét, a száraz anyag felhalmozást és a relatív klorofill tartalmat. A laboratóriumi kísérletek során bizonyítottá vált a cement por, a mészpor és a méshidrátpor kedvező és kedvezőtlen fiziológiai hatása. Kétségtelen, hogy a laboratóriumban a környezet kompenzáló hatása kizárt, azonban a környezeti terhelések semlegesítése természetes körülmények között sem végtelen.

Kulcsszavak: ipari szennyezés, cementpor, elemtartalom, relatív klorofill tartalom

Effect of quick-lime and cement factory
powder on some plant physiology parameters

B.TÓTH- S. VERES-N. BÁKONYI-É. GAJDOS-M.
MAROZSÁN- L.LÉVAI

University of Debrecen, Institute of Plant Science,
Division of Agricultural Botany and Crop Physiology

Summary

The protection of our environment is common task. All pollution that expose our soils, plants or in the narrower and wider sense environment it will appear sooner or later in the food chain and in human beings who are on peak of the food-chain pyramid.

The aim of our work is to give a brief overview of the effects of some industrial wastes - cement dust, lime powder, lime hydrate powder- on the physiological parameters of plants. These materials

contain lots of useful element for plants (e.g. iron, potassium, magnesium, phosphorus, zinc). But, their aluminium, lead, chrome and cobalt contents also are considerable. The germination rate of experimental plants was examined. The uptake of elements, the dry matter accumulation and relative chlorophyll contents also were measured. Disadvantageous and advantageous physiological effects of cement dust, lime powder and lime hydrate powder were proved. The compensation effect of environment is excluded, however, the neutralisation of environment loads are not endless among natural circumstances.

Key words: industrial pollution, cement powder, contents of elements, relative chlorophyll content

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Napjaink kutatásának egyik központi témája az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálata. Az egymást követő években az eltérő hőmérséklet és csapadékmennyiség, valamint annak eloszlása közel azonos termesztési feltételek esetén is jelentősen befolyásolhatja a termés mennyiségét (Nagy, 2006). A globális klímaváltozás okán a talajok állapota és nedvességtartalma az eddigieknél is több, és alaposabb figyelmet kíván (Birkás, 2009).

A klíma folyamatos melegedésén túl a savas esők a növényzet pusztulását eredményezhetik. Talajaink elsavanyodása nem csupán a savas esők következménye, hanem közvetlenül mezőgazdasági, ipari szennyezés is okozhatja. Számottevően csökkenhet a talajok puffer kapacitása, és a pH is, aminek eredményeként fokozódik a nehézfémek felvétele. Amellett, hogy ezek a hulladékok befolyásolják a talaj pH - ját, számos hasznos és káros elemet is tartalmaznak. Nincs meggyőző bizonyíték arra, hogy az alumínium, akár az akkumulátor fajoknál, esszenciális elem lenne. Ugyanakkor többen kimutatták a talaj, vagy a tápoldat alacsony alumínium koncentrációjának kedvező hatását a növények növekedésére (Bollard, 1983; Foy, 1983). A kukorica, a cukorrépa növekedésére kedvező hatású alumínium koncentráció 71, 4-185 μM volt. Az egyik leginkább alumínium toleráns növénynél, a teanál 1.000 μM -nél határozott növekedésserkentést figyeltek meg (Matsumoto et al., 1976), sőt még 6. 400 μM alumínium koncentrációnál is hasonló hatást tapasztaltak (Konishi et al., 1985).

Növekszik más nehézfémek felvétele is a pH csökkenésével. A kadmium fokozott felvétele, ha közvetetten is, de egészséget veszélyeztető folyamat. A kadmium a talajban erősen kötődik, a kadmium általában addig a mélységig jut le a talajprofilba, ameddig a talajműveléssel bedolgozták. Ezért veszélyes mértékben is felhalmozódhat a talaj felső rétegében (Filep et al., 1998). A talajok átlagos kadmium tartalma néhány tized mg kg^{-1} , azonban ettől magasabb (1 mg kg^{-1}) értékek is előfordulhatnak (Kádár, 1991). A kadmium gátolja a nem toleráns növények növekedését és fejlődését (Pinto et al., 2004). A fitotoxicitásán túl közvetve is hat, azáltal, hogy a talaj mikroorganizmusaira is potenciális veszélyt jelent (Duxbury, 1985). A kadmium okozta veszélyforrás felfedezését a gyakorlati növénytermesztésben nehezíti, hogy gazdasági növényeink gyakran látható tünetek nélkül, nagy mennyiségben halmozhatják fel. Főleg levélzöldségekre jellemző, hogy sok kadmiumot akkumulálnak, de például napraforgóban is

megfigyeltek kadmium dúsulást a talaj kadmium tartalmának növelésével (Vér, 2006; Kádár et al., 1998; Simon et al., 1999). Ugyanakkor a magas pH-jú talajokon, amelyek gyakoriak a száraz és a félszáraz klimatikus viszonyok között, a vas növények általi felvehetősége erősen gátolt lehet. Vashiányos körülmények között a növények fiatal levelei megsárgulnak (klorózis), és a növekedés mérséklődik, a termés csökken. A vashiányos körülmények között élő növények gyökereinek válaszreakciói segítik a vas felvételét. A növények vastartalmának szinte túlnyomó része a kloroplasztiszokban van. A vas maradék része megoszlik a citoplazma és más sejtorganellek között, amelyek egyéb hem-, illetve vas-kén proteinek tartalmazzák (Miller, et al. 1995).

Anyag és módszer

A mészporok egy mészüzem (Kalcinátor Kft.), a cementpor egy cementgyár (Holcim Zrt.) különböző szűrőiből származnak. A cementgyárban egylépcsős szűrőberendezés üzemel, az onnan gyűjtött por jelölése a továbbiakban: „C”. A mészüzemben kétlépcsős szűrőberendezés üzemel. Az első a nagyobb szemcseméretű, gyorsan ülepedő port választja le, ennek a jelölése P1; a második lépcső a kis szemcseméretű, finomabb, lebegő port, ezt P2 – vel jelöljük. A méshidráttal üzemeltetett szűrőberendezéséből származó por jelölése: „H”.

A gyárakból kijutott por természetének pontosabb vizsgálatához további lerakódott pormintákat gyűjtöttünk a kijelölt zónába eső házak tetejéről is (a házak tetejéről gyűjtött pormintát „T”-vel jelölöm) úgy, hogy a finom ecsettel seprtük össze a tetőre rakódott port.

A mintavételi terület kijelölésekor az uralkodó szélirányba (ÉK) eső területet vettük figyelembe. Ez a terület Miskolc kertvárosa. A gyár területét középpontnak tekintve 200-400-600-800 méteres izovonalakhoz köthető ingatlanok tulajdonosainak engedélyével levélmintákat gyűjtöttünk a kertjeikben lévő gyümölcsfák (alma, körte, szilva, dió) leveleiből a további vizsgálatokhoz. Az említett izovonalak mentén 3 helyről történt a mintavétel, a fák lombkoronájának alsó részéből. 5-7 éves fákról 3-3 levelet gyűjtöttünk.

A laboratóriumi vizsgálatokban kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays* L. cv. *Norma* sc), illetve napraforgót (*Helianthus annuus* L.) használtunk. A magvak felületének fertőtlenítését 5x-ös hígítású H_2O_2 -vel végeztük el. A fertőtlenített magvakat desztillált vízzel többször öblítettük, majd 10 mM $CaSO_4$ 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 hipokotilú napraforgó, és az ugyanekkora koleoptillával bíró kukorica csíranövényeket tápoldatra helyeztük. A kísérletet a növények neveléséhez az alábbi összetételű tápoldatot használtuk: 2,0mM $Ca(NO_3)_2$, 0,7mM K_2SO_4 , 0,5mM $MgSO_4$, 0,1mM KH_2PO_4 , 0,1mM KCl, 10 μ M H_3BO_3 , 1 μ M $MnSO_4$, 1 μ M $ZnSO_4$, 0,2 μ M $CuSO_4$, 0,01 μ M $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$. A növények a vasat 10 $^{-4}$ M FeEDTA formában kapták. A tápoldat pH-ja 4,40 volt. A környezeti feltételek szabályozottak voltak: a fényintenzitás 300 μ mol m $^{-2}$ s $^{-1}$, a hőmérséklet

periodicitása 25/20°C (nappal/éjjel), a relatív páratartalom (RH) 65-75%, a megvilágítás/sötét periódus 16 óra/8 óra volt. A gyári szűrőkből vett port 1,25 g dm⁻³, illetve 12,5 g dm⁻³ koncentrációban adtuk a tápoldathoz. A vizsgálatokat 3 ismétlésben végeztük. A kukorica esetében 10, a napraforgónál 12 nap után számoltuk fel a kísérletet. A kísérlet felszámolásakor a gyökereket és hajtásokat külön-külön gyűjtöttük, a gyökereket 0,1n HCL oldattal, majd ioncserélt vízzel öblítettük le. A begyűjtött porok és a növényi minták elemtartalmának meghatározásához egy OPTIMA 3300 DV típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert (ICP-OES) alkalmaztunk. A vizsgálatainkban a háttérmerés helyéül általában 2-pontos háttérkorrekciót alkalmaztunk. Az elemtartalom mérését a minták előkészítése előzte meg, amely magába foglalja a mintákból 1 g kimérését, a növényi minták porítását. Ezt követte az előroncsolás, mely során 10 cm³ desztillált cc. HNO₃-at alkalmaztunk 60 °C-on 30 percig. A főroncsolás előtt 3 cm³ 30%-os H₂O₂-ot adagoltunk a mintákhoz, a főroncsolás 90 percig és 120 ° C-on történt. A roncsolmány lehűlése után 50 cm³ -re töltöttük ioncserélt vízzel, majd Filtrak 388 szűrőpapírral szűrtük. Az analítikia vizsgálatához a mintákat egyesítettük.

A relatív klorofill tartalmat SPAD 502 (MINOLTA, Japán) klorofill mérővel mértük. A száraz tömeg meghatározásához a mintákat 85 °C-on tömegállandóságig szárítottuk, majd szobahőmérsékletre történő visszahűtés után analitikai mérlegen (OHAUS) mértük.

A toxicitási teszthez mustármagokat használtunk. A porokat a Petri csésze aljára helyezett szűrőpapírra terítettük, majd nedvesítettük és nedves szűrőpapírral fedtük. A mustár magvakból minden Petri csészébe 100 szemet raktunk. Négy kezelést (cementpor, mészhidrátpor, 2 mintvételi helyről származó mészpor) és egy kontrollt állítottunk be, két ismétlésben. Egy hétig figyeltük a csírázási képességet.

A kapott adatok, eredmények kiértékelése Sigma Plot 2.7 és SPSS 13.0 programokkal történt.

Eredmények és következtetések

A vizsgálatok elvégzéséhez szükség volt a porok elemtartalmának előzetes meghatározása. A vizsgálatok eredményeit az 1. táblázat mutatja be, mely szerint a különböző helyekről származó porok számos elemet tartalmaznak. A gyártási folyamatokban alapvetően mészkövet használnak fel, ezért a por elem összetétele tükrözi az alapanyag összetételét, amit a magas kalcium tartalom igazol.

Az alumínium koncentrációja a tetőről származó mintában (T) kb.90-szer nagyobb volt, mint a hidrát porban (H). A mészüzeméből származó két minta között is különbség figyelhető meg, az elemek koncentrációja a Mg-ot kivéve magasabb a második mintavételi helyről származó mintában. A kalcium - az elemek többségétől eltérően - a tetőkről származó mintában kb. csak fele koncentrációban volt kimutatható, mint a mész - és a mészhidrát üzemekből származó porokban. A króm a mészhidrát-porhoz képest mintegy 20-szor, a cementporhoz képest 4,5-szer nagyobb mennyiségben volt jelen a tetőkről származó mintában; a réznél ez a mennyiség 36-szor a mészhidrát-porhoz és 5,6-szor a cementporhoz képest

nagyobb. A vas a tetőkről származó mintában kb. 160-szor nagyobb koncentrációban volt kimutatható, mint a mészhidrát-üzemi porban. Míg az ólom és a kén, a mész- és a mészhidrát-üzemi mintákban a kimutatási határérték alatt maradt, addig a cementporban és a tetőkről származó mintákban magas koncentrációban mutatható ki.

A mérések kimutatták, hogy a tetőn néhány elem rendkívüli koncentrációban halmozódott fel. Ennek oka az elemek alacsony oldhatósága, amely miatt a tetőről a csapadék nem tudta lemosni, hanem folyamatosan felhalmozódtak. Okunk van feltételezni, hogy a por kiülepedése egyenletesen történt, ezért a házakhoz tartozó kertek talajában is hasonló vagy nagyobb felhalmozódás lehet.

1. táblázat: Az elemek összes koncentrációja a különböző szűrőkből vett mintában és tetőről vett pormintában (mg kg^{-1}). Jelölések: P1: 1. mintavételi hely a mészüzemben, P2: 2. mintavételi hely a mészüzemben, C: szálló por a cementgyárból, H: szálló por a hidrát üzemből, T: tető

elemek (mg kg^{-1})	a porok származási helyei			
	P 1	P 2	C	H
T				
Al	1491,00	6939,00	6426,00	
229,00	20143,00			
B	3,94	6,69	10,20	
3,02	49,20			
Ba	2,63	8,20	19,80	1,17
123,00				
Ca	544031,00	668500,00	153851,00	596301,00
301226,00				
Cd	0,80	2,05	3,90	0,31
3,54				
Co	0,54	1,28	2,41	< KH
5,94				
Cr	3,92	6,26	11,80	2,60
53,90				
Cu	2,64	3,45	10,70	1,66
60,20				
Fe	1067,00	1980,00	12941,00	
160,00	25648,00			
K	742,00	2101,00	4185,00	
162,00	2727,00			
La	5,32	13,60	7,77	
5,13	21,00			
Li	1,41	3,84	9,88	0,18
11,50				
Mg	4084,00	3688,00	3802,00	2882,00
6214,00				
Mn	65,80	134,00	274,00	
50,50	652,00			
Na	278,00	398,00	1333,00	
279,00	2854,00			
Ni	6,71	8,40	9,24	2,10
56,90				
P	115,00	181,00	220,00	
101,00	1661,00			
Pb	< KH	< KH	116,00	< KH
180,00				
S	< KH	< KH	575,00	< KH
361,00				
Sc	0,85	1,25	1,53	0,73
4,39				

Sr	192,00	266,00	141,00	196,00
125,00				
Ti	23,60	132,00	56,40	9,88
1078,00				
V	2,83	8,51	13,80	1,34
48,10				
Y	1,01	2,34	2,52	0,72
9,16				
Yb	0,56	0,73	0,72	0,56
2,23				
Zn	7,89	15,10	597,00	4,64
906,00				

Table1.: Concentrations of elements taken from different stages of filtration process (mg kg⁻¹).

P1: sediment powder of quicklime factory, P2: air-borne powder of quicklime factory, C: air-borne powder of cement factory H: air-borne powder of quicklime hydrate factory, T: powder from the roofs

Az uralkodó szélirányba eső területekről vett növények vizsgálatát az indokolta, hogy a házak tetejéről vett mintákban nagy mennyiségben tapasztaltuk a különböző fémionok felhalmozódását. A vizsgálatunk meglepő eredményt hozott (2. táblázat). A levelek elemtartalmának meghatározásakor azt tapasztaltuk, hogy a kontrollként választott, Bükki Nemzeti Park területéről vett mintában (vadkörte) a vizsgált elemek nagyobb mennyiségben voltak jelen, mint az általunk szennyezettnek ítélt területen.

2. táblázat: A gyártól eltérő távolságba vett levélminták elemanalízise ($n=5 \pm s.e.$)(a kontrollhoz viszonyítva $p < 0,05^*$)

elemek kontroll 800 (mg kg ⁻¹)	a gyártól mért távolság (m)			
	200	400	600	
Al	96,50 ± 16,9 53,44 ± 30,2	85,30 ± 26,8	78,06 ± 27,0	47,93 ± 19,4
Cd	0,22 ± 0,1 0,04 ± 0,0	0,14 ± 0,1	0,07 ± 0,0	0,04 ± 0,0
Cr	3,56 ± 0,6 0,47 ± 0,1	0,64 ± 0,4	0,79 ± 0,4*	0,46 ± 0,1
F	164,00 ± 43,8 23,2	143,33 ± 32,9	167,40 ± 24,9	142,33 ±
Ni	3,75 ± 0,7 1,05 ± 0,4*	0,91 ± 0,4*	1,35 ± 0,7	1,41 ± 0,9

Table 2: Element analysis of leaves samples which were taken in different distances from the factory

A magas kontroll értékekre az utólagos vizsgálatok adtak magyarázatot. A gyártól Dél- Nyugatra elterülő mintavételi terület erősen agyagos talajú, pH-ja átlagosan 7,9 míg a kontroll minta területének talaja lazább, a pH-ja 6,5 volt. Az eltérő pH magyarázattal szolgálhat a kontroll területen élő növények magasabb Al, Cd, Cr, Fe és nikkel tartalmára. Ezeknek az elemeknek az oldékonysága a pH csökkenésével fokozódik, nő a mobilitásuk is a talajban (Lehoczky et al.,1997). Ezek a tényezők a vizsgált elemek fokozott felvételét eredményezik.

A 2. táblázat adataiból kitűnik, hogy a nikkel kivételével valamennyi vizsgált elem koncentrációja csökken a levelekben, a gyártól való távolság függvényében. A nikkel esetében ilyen

összefüggést nem tudunk kimutatni, ami megkérdőjelezi a nikkell ipari eredetét. Nem változott jelentősen a vas mennyisége sem a távolság függvényében. A legközelebbi mintavételi helyen mért alacsony koncentráció valószínűleg a talajadottságokkal magyarázható. A területet korábban agyagos földdel töltötték fel a 3. számú főút Miskolcra bevezető szakaszának bővítésekor. A magas agyagtartalmú területeken a vas felvétele akadályozott. Annak eldöntésére, hogy a levelek eltérő elemtartalma az ipari porszennyezésen kívül milyen egyéb okokra vezethető, további vizsgálatok szükségesek. A terület bejárása során megállapítottuk, hogy a növényzet nem mutat toxikózisra utaló tüneteket. További eltérések okozója lehet a mintavételbe eső kertek eltérő kezelése. Az alkalmazott műtrágyák, különösen a nitrogén trágyák jelentősen befolyásolják más tápelemek felvételét is, miközben a talajt, az alkalmazott koncentrációtól függően eltérő mértékben savanyíthatják.

A szabadföldi területről vett minták eredményeinek ellentmondásossága miatt laboratóriumi kísérleteket állítottunk be. Kontrollált körülmények között vizsgáltuk a porminták fiziológiai hatásait. Mustármagvak felhasználásával toxikológiai tesztet végeztünk. A porokat a Petri - csészék alján terítettük, majd nedvesítettük és nedves szűrőpapírral fedtük, minden Petri-csészébe 100 szemet raktunk.

A mészüzem valamennyi pora erősen alkalikus. Az oldékonyságuk csekély, viszont még kis mennyiségben oldódva is, a jelentős fénoxid tartalom, a pH értéket rendkívüli módon megemeli. Az ellenőrző vizsgálatok során a mészgárból származó valamennyi por oldatának pH-ja 12 pH feletti volt, a cementgyári por oldatáé 8 pH érték körüli. A csíráztatási kísérlet adatait a 3. táblázatban foglaltam össze.

3. táblázat: A különböző helyről származó filter porok hatása a mustár csírázási-képesességére ($n=2 \pm s.e.$) (kontrollhoz viszonyítva $p<0,05^*$, $p<0,01^{**}$, $p<0,001^{***}$) Jelölések: P1: 1. mintavételi hely a mészüzemben, P2: 2. mintavételi hely a mészüzemben, C: szálló por a cementgyárból, H: szálló por a hidrát üzemből

mérési H napok	kezelések			
	kontroll	P1	P2	C
	kicsírázott magvak (%)			
2.	56,0 \pm 5,6	2,0 \pm 1,4***	0,5 \pm 0,7***	77,5 \pm
10,6*	1,0 \pm 1,4***			
3.	24,0 \pm 5,6	0,0 \pm 0,0***	0,0 \pm 0,0***	8,5 \pm
2,1***	0,0 \pm 0,0***			
4.	9,5 \pm 0,7	1,5 \pm 0,7**	0,5 \pm 0,7***	4,0 \pm
1,4**	0,5 \pm 0,7***			
7.	4,5 \pm 3,5	0,0 \pm 0,0***	0,0 \pm 0,0***	3,0 \pm
1,4***	0,0 \pm 0,0***			
összesen:	94,0	3,5	1,0	
93,0	1,0			

*: a tört értékek az ismétlések számából erednek

Table 3.: Different filter powder effects on the germination ability of mustard seedlings P1: sediment powder of quicklime factory, P2: air-

borne powder of quicklime factory, C: air-borne powder of cement factory H: air-borne powder of quicklime hydrate factory.

Feltételezésünk szerint ez lehetett az oka a rendkívül alacsony csírázási százaléknak. A cementgyár szálló porának hatása ellentétes. Az csírázási százalék végső értékét tekintve nincs lényeges különbség a kontrollhoz viszonyítva, sőt a megismételt kísérletekben a cementpor kedvező hatását mutattuk ki. Magyarázat lehet a cementpor kedvező hatására annak viszonylag magas nikkeltartalma, ugyanis Horak (1985) említi a nikkelt csírázást serkentő hatását.

A vizsgálat során a csírázási százalékon kívül vizsgáltam a csírázási erélyt is (3. táblázat), mint az egyik legfontosabb értékmérő tulajdonságot. A cementgyári por a kontrollhoz hasonló eredményt adott a csírázási százalékban, azonban a csírázási erély a cementipari pornál jelentősen, mintegy 21,5 %-kal magasabb volt a csíráztatás második napján mért eredmények szerint. A fokozott csírázási erély azt jelenti, hogy a magvak túlnyomó része hamar és egy időben csírázik, ami a kelést is egyidejűvé teszi, ennek eredményeként a növényállomány is kiegyenlített lesz, ami a későbbi nagy termés egyik előfeltétele.

Annak eldöntésére, hogy a tápoldatba adott porok pH, esetleg ozmotikus stresszorként hatottak-e, vizsgáltam a növények elemösszetételét. A 4-7. táblázat a napraforgóban mért elemkoncentrációkat mutatja.

4. táblázat: A vizsgált elemek koncentrációja napraforgó növények hajtásában (mg kg^{-1}) A kísérleti edényekbe ($2,5 \text{ dm}^3$) $1,25\text{g}$ került a vizsgált anyagból. Jelölések: P1: 1. mintavételi hely a mészüzemben, P2: 2. mintavételi hely a mészüzemben, C: szálló por a cementgyárból, H: szálló por a hidrát üzeméből, ND: nincs detektálható érték.

elemek	kezelések			
	kontroll	P1	P2	C
H				
Al	ND	ND	ND	ND
ND				
Cd	ND	0,05	0,06	0,18
0,13				
Cr	0,28	0,13	0,68	0,25
0,57				
Fe	259,00	31,40	31,20	491,00
41,00				
Ni	0,26	0,85	0,96	0,42
1,50				

Table 4.: Concentrations of examined elements in shoots of sunflowers (mg kg^{-1}) $1,25\text{g}$ examined matter were taken in the experimental pots ($2,5 \text{ dm}^3$) P1: sediment powder of quicklime factory, P2: air-borne powder of quicklime factory, C: air-borne powder of cement factory H: air-borne powder of quicklime hydrate factory, ND: no detectable value

5. táblázat: A vizsgált elemek koncentrációja napraforgó növények gyökerében (mg kg^{-1}) A kísérleti edényekbe ($2,5 \text{ dm}^3$) $1,25\text{g}$ került a vizsgált anyagból. Jelölések: P1: 1. mintavételi hely a mészüzemben, P2: 2. mintavételi hely a mészüzemben, C: szálló por a cementgyárból, H: szálló por a hidrát üzeméből, ND: nincs detektálható érték.

kezelések

|--|--|--|--|--|

elemek H	kontroll	P1	P2	C
Al	ND	ND	ND	172,00
0,36				
Cd	ND	ND	0,16	0,13
	0,44			
Cr	1,30	0,46	0,27	1,77
0,42				
Fe	869,00	1122,00	234,00	1181,00
253,00				
Ni	0,69	0,36	0,53	0,84
0,83				

Table 5.: Concentrations of examined elements in roots of sunflowers (mg kg⁻¹) 1.25g examined matter were taken in the experimental pots (2.5 dm³) P1: sediment powder of quicklime factory, P2: air-borne powder of quicklime factory, C: air-borne powder of cement factory H: air-borne powder of quicklime hydrate factory, ND: no detectable value

6.táblázat: : A vizsgált elemek koncentrációja napraforgó növények hajtásában (mg kg⁻¹). A kísérleti edényekbe(2.5 dm³) 12,5g került a vizsgált anyagból. Jelölések: P1: 1. mintavételi hely a mészüzemben, P2: 2. mintavételi hely a mészüzemben, C: szálló por a cementgyárból, H: szálló por a hidrát üzemből, ND: nincs detektálható érték.

kezelések				
elemek H	kontroll	P1	P2	C
Al	ND	ND	ND	ND
ND				
Cd	ND	0,22	0,03	0,38
0,01				
Cr	0,28	0,19	0,19	1,02
0,24				
Fe	259,00	51,80	61,30	491,00
37,60				
Ni	0,26	2,33	2,56	0,39
2,15				

Table 6.:Concentrations of examined elements in shoots of sunflowers (mg kg⁻¹) 12.5g examined matter were taken in the experimental pots (2.5 dm³) P1: sediment powder of quicklime factory, P2: air-borne powder of quicklime factory, C: air-borne powder of cement factory H: air-borne powder of quicklime hydrate factory, ND: no detectable value

7.táblázat: : A vizsgált elemek koncentrációja napraforgó növények gyökerében (mg kg⁻¹) A kísérleti edényekbe(2.5 dm³) 12,5g került a vizsgált anyagból. Jelölések: P1: 1. mintavételi hely a mészüzemben, P2: 2. mintavételi hely a mészüzemben, C: szálló por a cementgyárból, H: szálló por a hidrát üzemből, ND: nincs detektálható érték.

kezelések				
elemek H	kontroll	P1	P2	C
Al	ND	16,60	9,47	435,00
6,65				
Cd	ND	0,25	0,21	1,06
0,13				
Cr	1,30	0,29	0,2	4
2,80	0,35			

Fe	869,00	80,80	101,00	2290,00
113,00				
Ni	0,69	0,86	0,68	1,16
0,71				

Table 7.: Concentrations of examined elements in roots of sunflowers (mg kg⁻¹) 12.5g examined matter were taken in the experimental pots (2.5 dm³) P1: sediment powder of quicklime factory, P2: air-borne powder of quicklime factory, C: air-borne powder of cement factory H: air-borne powder of quicklime hydrate factory, ND: no detectable value

A kísérleti eredmények az mutatják, hogy a növények a vizsgált elemeket az alkalmazott koncentrációktól függetlenül vették fel. Nincs arányos különbség az egyszeres (1,25 g/2,5 dm³) és a tízszeres (12,5 g/2,5 dm³) kezelések eredményei között. A cementgyári por esetében azonban jelentősen nőtt az alumínium koncentrációja a gyökérben, miközben a koncentrációja a hajtásban a kimutatási érték alatt maradt. A gyökerek magas Al koncentrációja a növény pusztulását okozhatja. Az Al által okozott erdőpusztulások okaként, a savas esőt a talaj lecsökkent pH-ja miatt megnövekedett talajoldat Al koncentrációt ill. ezek következményeként a lombozatba került nagy mennyiségű alumíniumot említik (Murach and Ulrich, 1988). A cementgyári por kedvező hatása feltehetően a tápoldat pH-jával van összefüggésben. Feltételezzük, hogy az alumínium ilyen körülmények között inaktíválódik a gyökérben és ezért nem tudja kedvezőtlen fiziológiai hatást kifejteni. Említést érdemel a vas, amely ugyancsak a cementgyári porral kiegészített tápoldaton nevelt növényekben volt a legmagasabb koncentrációban.

Feltételeztük, hogy az egyszikű kukorica eltérő módon reagál a kezelésekre. A mérési eredményeket a 8-11. táblázat mutatja be.

8. táblázat: A vizsgált elemek koncentrációja a kukorica hajtásában (mg kg⁻¹) a kísérleti edényekben (2,5 dm³) 1,25g került a vizsgált anyagból Jelölések: P1: 1. mintavételi hely a mészüzemben, P2: 2. mintavételi hely a mészüzemben, C: szálló por a cementgyárból, H: szálló por a hidrát üzemből, ND: nincs detektálható érték

	kezelések			
elemek	kontroll	P1	P2	C
H				
Al	ND	ND	ND	ND
ND				
Cd	ND	ND	ND	0,03
ND				
Cr	0,35	0,14	0,23	0,36
0,16				
Fe	97,50	65,50	49,40	70,40
52,50				
Ni	0,50	0,25	0,50	0,44
0,21				

Table 8.: Concentrations of examined elements in shoots of corns (mg kg⁻¹) 1.25g examined matter were taken in the experimental pots (2.5dm³) P1: sediment powder of quicklime factory, P2: air-borne powder of quicklime factory, C: air-borne powder of cement factory H: air-borne powder of quicklime hydrate factory, ND: no detectable value

9.táblázat: A vizsgált elemek koncentrációja a kukorica gyökerében (mg kg⁻¹) a kísérleti edényekben (2,5 dm³) 1,25g került a vizsgált anyagból Jelölések: P1: 1. mintavételi hely a mészüzemben, P2: 2. mintavételi hely a mészüzemben, C: szálló por a cementgyárból, H: szálló por a hidrát üzemből, ND: nincs detektálható érték.

elemek H	kezelések			
	kontroll	P1	P2	C
Al	13,90	ND	74,10	410,00
15,60				
Cd	ND	ND	0,24	1,20
9,01				
Cr	2,11	0,71	1,03	1,92
4,04				
Fe	398,00	1674,00	270,00	1927,00
293,00				
Ni	2,80	1,12	1,70	3,52
16,10				

Table 9.:Concentrations of examined elements in roots of corns (mg kg⁻¹) 1.25g examined matter were taken in the experimental pots (2.5dm³) P1: sediment powder of quicklime factory, P2: air-borne powder of quicklime factory, C: air-borne powder of cement factory H: air-borne powder of quicklime hydrate factory, ND: no detectable value

10.táblázat: A vizsgált elemek koncentrációja a kukorica hajtásában (mg/kg⁻¹) A kísérleti edényekben (2,5 dm³) 12,5g került a vizsgált anyagból Jelölések: P1: 1. mintavételi hely a mészüzemben, P2: 2. mintavételi hely a mészüzemben, C: szálló por a cementgyárból, H: szálló por a hidrát üzemből, ND: nincs detektálható érték.

elemek H	kezelések			
	kontroll	P1	P2	C
Al	ND	ND	ND	ND
ND				
Cd	ND	ND	ND	0,10
ND				
Cr	0,35	0,48	0,32	0,25
0,26				
Fe	97,50	107,00	57,60	50,30
54,30				
Ni	0,50	1,21	0,74	0,16
0,74				

Table 10.:Concentrations of examined elements in roots of corns (mg kg⁻¹) 12.5g examined matter were taken in the experimental pots (2.5dm³) P1: sediment powder of quicklime factory, P2: air-borne powder of quicklime factory, C: air-borne powder of cement factory H: air-borne powder of quicklime hydrate factory, ND: no detectable value

11.táblázat: A vizsgált elemek koncentrációja a kukorica gyökerében (mg/kg⁻¹) A kísérleti edényekben (2,5 dm³) 12,5g került a vizsgált anyagból Jelölések: P1: 1. mintavételi hely a mészüzemben, P2: 2. mintavételi hely a mészüzemben, C: szálló por a cementgyárból, H: szálló por a hidrát üzemből, ND: nincs detektálható érték.

elemek H	kezelések			
	kontroll	P1	P2	C

elemek H	kontroll	P1	P2	C
Al	13,90	ND	45,90	
544,00	ND			
Cd	ND	ND	0,82	2,21
0,75	0,75	Cr	2,11	1,15
0,48	2,24	1,49		
Fe	398,00	274,00	158,00	
2191,00	138,00			
Ni	2,80	2,21	1,07	2,80
4,59				

Table 11.: Concentrations of examined elements in roots of corns (mg kg⁻¹) 12.5g examined matter were taken in the experimental pots (2.5dm³) P1: sediment powder of quicklime factory, P2: air-borne powder of quicklime factory, C: air-borne powder of cement factory H: air-borne powder of quicklime hydrate factory, ND: no detectable value

Annak ellenére, hogy a kétszikű napraforgó, és az egyszikű kukorica tápanyag-felvételi mechanizmusa eltérő, a felvett elemek tekintetében nem mutatkozik lényeges eltérés. Azonos körülmények között a kétszikűek nehézfém felvétele általában nagyobb, mint az egyszikűeké (Kádár, 1991). Ez a tendencia labor kísérletünkben is tetten érhető volt. A kétszikűek érzékenyebbek a rizoszféra pH-jára, már enyhén bázikus körülmények gátolják tápanyagfelvételüket azáltal, hogy a magas pH semlegesíti a gyökerek proton kiválasztását, ezért a H⁺-hoz kötött transzportfolyamatok, mint az antiport és a szimport erősen gátlódnak (Sutcliffe, 1982). A transzportfolyamatok gátlása az alapvető tápelemektől fosztja meg a növényt, így a növekedés megtorpan.

A számszerűsítéshez mértük a növények szárazanyag felhalmozását. A mérések eredményét a 12. táblázatban foglaltuk össze. A cementgyári poron kívül minden kezelés gátolta a hajtás és a gyökér növekedését mindkét növénynél. A hajtásnövekedés mérsékelt csökkenése figyelhető meg a cementgyári por alkalmazásakor, azonban a gyökérnövekedést jelentősen serkentette. A kukoricánál 1,6 - szor nagyobb volt a gyökértömeg, mint a kontrollnál. A hatás magyarázata további vizsgálatokat igényel, hiszen lényeges különbséget nem tapasztaltunk a porok paramétereinek összehasonlításakor. Az intenzívebb gyökérnövekedés kedvező, mert a növény nagyobb felületen tud vizet és tápanyagot felvenni, ezáltal nő a stressz toleranciája is (Kovda and Szabolcs, 1979). A mérési eredmények felvetik a cementgyári por felhasználásának lehetőségét, akár mikroelem trágyaként, vagy gyökérnövekedést serkentő adalékanyagként.

12.táblázat: Kukorica és napraforgó hajtásának és gyökerének száraz tömege (g növény⁻¹) Jelölések: P1: 1. mintavételi hely a mészüzemben, P2: 2. mintavételi hely a mészüzemben, C: szálló por a cementgyárból, H: szálló por a hidrát üzemből,

kezelések	kukorica		napraforgó	
	hajtás	gyökér	hajtás	gyökér
kontroll	0,11	0,17	0,12	
0,34				
1,25H	0,03	0,10	0,04	
0,11	12,5H	0,01	0,09	
0,04	0,06			

1,25C	0,09	0,28	0,07
0,37			
12,5C	0,08	0,26	0,07
0,41			
1,25P1	0,07	0,24	0,05
0,10			
12,5P1	0,01	0,07	0,02
0,07			
1,25P2	0,04	0,11	0,05
0,11			
12,5P2	0,05	0,09	0,04
0,07			

Table 12.: Dry matter of corn and sunflower of roots and shoots (g plant⁻¹) P1: sediment powder of quicklime factory, P2: air-borne powder of quicklime factory, C: air-borne powder of cement factory H: air-borne powder of quicklime hydrate factory,

A növények szerves anyag felhalmozása bonyolult biokémiai folyamatok összessége. Alapvetően a fotoszintézis és a légzés különbsége adja azt a szerves anyag tömeget, ami pl. egy vegetációs periódus végén a termést jelenti. A környezeti tényezők mindkét folyamat intenzitását meghatározzák, miközben a növény ultrastruktúrája, annak aktivitása a környezeti hatások érvényesülésének a feltételei (Vigh et al., 1983). Hatékony szerves anyag felhalmozás nem lehetséges a fotoszintetikus folyamatok nélkülözhetetlen alkotója, a klorofill nélkül. Az alkalmazott kezelések hatására csökkent a szárazanyag - felhalmozás, ami mögött a csökkent fotoszintetikus aktivitást, illetve a klorofill tartalom változását feltételeztük. Méréseink szerint a kezelések befolyásolták a klorofill tartalmat (13. táblázat).

A kezelések bár hatottak a klorofill tartalomra, de ez a hatás korántsem olyan kifejezett, mint a száraztömeg alakulására gyakorolt hatás. A cementgyári por ebben az esetben is a kontroll feletti klorofill tartalmat eredményezett. A mérési adatok alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy klorofill szintézis kevésbé érzékeny a kezelések okozta kedvezőtlen hatásokra.

13. táblázat: Kukorica és napraforgó növények relatív klorofill tartalmának alakulása (Spad unit) $n=35 \pm s.e.$ (kontrollhoz viszonyítva $p<0,05^*, p<0,01^{**}$) Jelölések: P1: 1. mintavételi hely a mézszüzemben, P2: 2. mintavételi hely a mézszüzemben, C: szálló por a cementgyárból, H: szálló por a hidrát üzemből,

kukorica			
napraforgó	kezelések	2.levél	3.levél
<u>1.lomblevél</u>			
	kontroll	44,53 \pm 2,9	39,38 \pm 3,2
43,62 \pm 1,1			
	1,25H	39,90 \pm 1,4	27,70 \pm 7,7*
32,63 \pm 1,2*			
	12,5H	35,06 \pm 3,9*	29,43 \pm 3,6*
28,55 \pm 1,9*			
	1,25C	40,90 \pm 1,8	35,80 \pm 1,8
43,43 \pm 2,3			
	12,5C	45,70 \pm 4,6	36,30 \pm 3,1
44,75 \pm 1,1			
	1,25P1	35,43 \pm 1,5*	29,58 \pm 1,3
29,30 \pm 3,6*			
	12,5P1	28,05 \pm 7,6**	27,65 \pm 7,7*
27,67 \pm 3,6*			

1,25P2	35,33 ± 0,6*	27,10 ± 3,0**
31,45 ± 2,0*		
12,5P2	36,50 ± 0,6	32,00 ± 4,1
34,87 ± 2,9*		

Table 13.: Relative chlorophyll contents of corn and sunflower leaves (Spad units) P1: sediment powder of quicklime factory, P2: air-borne powder of quicklime factory, C: air-borne powder of cement factory H: air-borne powder of quicklime hydrate factory,

A viszonylag magas értékeket az magyarázhatja, hogy a meglehetősen stabil klorofill szintézis a csökkent tömegű hajtásban magasabb relatív értéket mutat. A táblázat adatai alapján az is valószínűsíthető, hogy a klorofill tartalomban bekövetkező mérsékelt csökkenés is a szárazanyag felhalmozás számottevő csökkenését eredményezi. Ezt az állítást megerősíti a 13. valamint a 12. táblázat összehasonlítása.

A különböző helyekről vett porminták növényfiziológiai vizsgálati alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a közel azonos kémiai összetételű porok hatásai között lényeges különbségek vannak. A porokkal kiegészített tápoldaton nevelt növények tápelem összetételében ugyanakkor nem mutatkozott számottevő különbség. Ebből arra a következtetésre jutottunk, hogy a növény a tápoldatból nem vette fel, illetve nem akkumulálta a porban található elemeket, ezért a növekedés gátlása más okra, így például pH-, vagy ozmotikus stresszre vezethető vissza.

IRODALOM

Birkás M. :2009. A klasszikus talajművelési elvárások és a klímakár csökkentés kényszere. *Növénytermelés*, 58, 2, 123-134 pp.

Bollard, E.G. :1983. Involvement of unusual elements in plant growth and nutrition. In 'Encyclopedia of Plant Physiology, New Series' (A. Läuchli and R.L. Bielski, eds. Vol. 15B, pp. 695-755. Springer Verlag, Berlin and New York.

Duxbury, T.:1985. Ecological aspects of heavy metal responses in microorganisms. *Adv. Microb. Ecol.* 8: 185-235

Filep, Gy., Dániel, P., Kovács, B., Loch, J.:1998. Effect of various extractants and extractant/ soil ratio on detected Cu, Pb and Cd concentration. *Soil Pollution*. pp.113-123

Foy, C.D. :1983. The physiology of plant adaptation to mineral stress. In 'The Plant Root and its Environment' (E.W. Carson ed.), pp. 601-642. University press Virginia, Charlottesville.

Horak, O.: 1985. Zur Bedeutung des Nickels für *Fabaceae*. II. Nickelaufnahme und Nickelbedarf von *Pisum sativum* L. *Phyton* (Austria) 25, 301-307.

Kádár, I., Morvai, B., Szabó, L. :1998. Phytotoxicity of heavy metals in long-term field experiments. *Soil Pollution*. pp.138-143

Kádár, I. :1991. A talajok és növények nehézfém tartalmának vizsgálata. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium MTA Talajtani és Agrokémiiai Kutató Intézete

Konishi, S., Miyamoto, S. and Taki, T. :1985. Stymulatory effects of aluminium on tea plants grown under low and high phosphorus supply. Soil. Sci. Plant Nutr. (Tokyo) 31. pp. 361-368.

Kovda V. A. and Szabolcs I.: 1979. Modelling of soil sanilization and alkalization. Agrochemia and Talajtan, Budapest, pp. 207

Lehoczky, É., Szomolányi, A., Marth, P., Szabados, I.:1997. A talaj Cd-tartalmának hatása a fokhagymára. 3. Veszprémi Környezetvédelmi Konferencia és Kiállítás, 1997. május 26-28. Tanulmánykötet 397-402

Matsumoto, H., Hirasawa, E., Morimura, S., and Takahashi, E.:1976. Localization of aluminium in tea leaves. Plant Cell Physiol. 17, 627-631.

Miller, G.W., I.J. Huang, G.W. Welkie, and J.C. Pushnik:1995. Function of iron in plants with spetial emphasis on chloroplasts and photosynthetic activity. In: Iron Nutrition in Soil and Plants. Ed. J. Abadia, 19-28. Kluwer Academic Press, Dordrecht.

Murach, D. and Ulrich, B.: 1988. Destabilization of forest ecosystems by acid deposition. Geo J. 17.2, 253-260.

Nagy J.: 2006. Az évjárat hatásának értékelése a kukorica termésére. Növénytermelés, 55. 5-6. 299-307 pp

Pinto, A.P., Mota, A.M., de Varennes, A., Pinto, F.C.:2004. Influence of organic matter on the uptake of cadmium, zinc, copper and iron by sorghum plants. Sci. Tot. Environ., 326: 239-247

Simon, L., Vágvolgyi, S., Győri, Z.:1999. Kadmium akkumuláció vizsgálata napraforgó (*Helianthus annuus* L.) növényben. Agrochemia és Talajtan, 48(1-2): 99-108

Sutcliffe, J.F.: 1982. A növények és a víz. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 30-60 pp.

Vér, Zs. :2006. Talajok különböző oldhatóságú nehézfém-tartalmának vizsgálata a Keszthelyi Országos Műtrágyázási Tartamkísérletekben. Doktori (PhD) értekezés, Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely

Vigh L, Horváth I és Farkas T. 1983.: A növények fagytűrő képességének és membránlipidjeinek fázisállapotának kapcsolata. A biológia aktuális problémái 26. pp 120-201. Medicina Könyvkiadó, Budapest

TÓTH BRIGITTA- VERES SZILVIA- BÁKONYI NÓRA-GAJDOS ÉVA-
MAROZSÁN MARIANNA- LÉVAI LÁSZLÓ

DEBRECENI EGYETEM
AGRÁR - ÉS MŰSZAKI TUDOMÁNYOK CENTRUMA
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
Növénytudományi Intézet

Mezőgazdasági Növényteni és Növényéletteni Tanszékcsopot

H-4032 Debrecen, Bösörményi út 138.

e-mail: btoth@agr.unideb.hu , szveres@agr.unideb.hu ,
nbakonyi@agr.unideb.hu , egajdos@agr.unideb.hu ,
marozsanm@nyirerdo.hu , levai@agr.unideb.hu