

Néhány ipari hulladék növényfiziológiai vizsgálata laboratóriumi körülmények között

Tóth Brigitta

Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Növénytudományi Intézet, Debrecen
btoth@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Munkám során arra akarok rámutatni, hogy a különböző ipari-, gyártási folyamatok során – esetleg a lakossági felhasználás során – keletkező melléktermékeket, hulladékokat, melyeknek nagy a szerves anyag, mikro-, makroelem - tartalma, és nem jelentenek veszélyt a környezetre, ne hulladékként, hanem tápanyag visszapótló anyagként kezeljük, melynek során csökkenne a CO₂ és más üvegházhatású gázok légkörbe kerülése. Kísérleteimben a különböző hulladékok, melléktermékek (szennyvíziszap, komposzt, mésziszap) növénytermesztési alkalmazhatóságát vizsgáltam laboratóriumi körülmények között.

Kulcsszavak: ipari hulladékok, növénytermelés, környezetvédelem

SUMMARY

I would like to draw the attention to the different side-products and wastes that contain lots of organic matter, micro and macro elements, and the fact that they do not have any harmful effect. These materials can be used as micronutrient fertilizers, therefore quantity of the produced CO₂ and other greenhouse gases will decrease. Compost, sewage sludge and lime sludge were used in our experiments. The usability of these materials in crop production was examined in crop production within laboratory conditions.

Keywords: industrial wastes, crop production, environmental protection

BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Ma Magyarország lakossága a legtöbb friss zöldséget és gyümölcsöt alig ellenőrzött formában fogyasztja, hiszen a piacok kis kertekből származó termékeiről igen gyérek a vizsgálati adatok, ha vannak is, azok a növényvédő szer tartalomra vonatkoznak. A lakosság nehézfém terhelése a jelenlegi viszonyok mellett látens veszélyforrás.

Az emberiség életében alapvető változásokat hozott az 1950-es években megindult tudományos – technikai fejlődés. Az energiaforrások feltárása, termelésbe vonása, a termelés automatizálása, a polimer anyagok széles körű felhasználása a termelékenységet megsokszorozta. Századunkban az ipari termelés 50-szeresére nőtt, és ennek 4/5-e 1950 óta történt. Az 1990-es évek ipari termelésének növekedése közel akkora, mint az 1938–40-es évek végén Európa teljes ipari tevékenysége volt (Környezet és Fejlesztés Világbizottság jelentése: Közös jövőnk, 1988). A természet- és környezetvédelem a II. Világháború utáni felgyorsuló ipari, gazdasági fejlődés hatásainak az eredménye. A természeti környezet elemeiben végbemenő kedvezőtlen változások az élet fennmaradását veszélyeztetik.

A levegőszennyezés sok helyen katasztrofális. Az erőművek, gyárak, vegyi üzemek, gépkocsik nagy mennyiségű CO₂-ot, SO₂-ot, NO_x-ot, CO-ot, vegyi anyagokat, port, nehézfémeket juttatnak a légtérbe és változtatják meg a levegő összetételét. Évente kb. 25–30 milliárd tonna szén-dioxid, 110 millió tonna SO₂, 69 millió tonna NO_x, 193 millió tonna CO, 57 millió tonna szénhidrogén kerül a légtérbe. A levegő összetételében a legnagyobb változást a fosszilis tüzelőanyagok elégetése okozza. Egyes megállapítások szerint 1860 és 1980 között a fosszilis tüzelőanyagok elégetése során kb. 185 milliárd tonna szén került a légkörbe. Napjainkban az így kibocsátott C mennyiségét 5 milliárd tonnára becsülik. A légkör CO₂ tartalma 1810-ben 260–270 ppm volt, ami 1985-re 345 ppm-re emelkedett. Egyesek szerint 550–600 ppm-et is elérheti, ha nem változtatunk termelői szokásainkon (ENSZ, 1992).

Az égés során felszabaduló CO₂ más gázokkal együtt megnöveli a Földet körülvevő levegőréteg gáztartalmát egy üvegházhoz hasonlóan, és gátolja a Földről visszaverődő hősugarak világűrbe áramlását. Az antropogén eredetű légszennyező anyagok hozzájárulása a globális üvegházhatás kialakulásához a közvetkezőképpen alakult 1986-ban: CO₂ 50%, metán 19%, halogénezett szénhidrogének 17%, troposzférikus ózon 8%, N₂O 4%, sztratoszférikus vízgőz 2%. Becslések szerint a jelenlegi tendenciák alapján a múlt század közepéhez képest a 2030–2050-es évekre a légkör CO₂ tartalma megkétszereződhet és ez 1,5–4,5 °C-os átlaghőmérséklet emelkedést okozhat. A légkörbe jutó SO₂, NO_x, CO, CO₂, CH₄ jelentős része savas eső, savas ülepedés formájában visszakerül a Föld felszínére, és nagyban hozzájárul talajaink elsavanyodásához.

A megtermelt növények csökkentik az üvegházhatást, mert lekötik a CO₂-t, amely az üvegházhatás előidézéséhez kb. 50%-kal járul hozzá. A műtrágyák előállítása ugyanakkor nemcsak költséges, de jelentős energiaigényű folyamat is. A magas műtrágya árak mellett a keletkező hulladékok hasznosítása gazdaságilag is indokolt. Végül a műtrágya felhasználás csökkentésének másik indoka, hogy a műtrágya helytelen használata környezeti szennyeződések okozhat.

A makro elemeken kívül számos káros vagy kifejezetten mérgező elemet találunk a műtrágyáinkban. Az 1982. évi pétisóban 0,24% Sr volt kimutatható jelentősebb Mg és Ca kíséretében. A Sr szennyeződés a P tartalmú meszező anyag felhasználásából adódhat. A N- műtrágyák tehát a N-forráson kívül elsősorban Ca, - P,- és Sr források is lehetnek, legalábbis a hazai pétisók esetében (Németh és Buzás, 1990).

A P- műtrágyák %-os mennyiségben tartalmazhatnak a P- on kívül Ca, Mg, S, valamint tized %-os összetételben Al, Fe, K, Na, Si, Sr elemeket. A toxikus elemek közül meg kell említeni a hazai szuperfoszfátok 1% körüli Sr- tartalmát, mely az alapanyagul szolgáló nyersfoszfátok magas Sr- tartalmával magyarázható (Kádár, 1991).

A kólafoszfátokat és az észak-afrikai lágy foszfátokat összehasonlítva ismert, hogy a kólafoszfátok általában egy nagyságrenddel több Ca, Cr, Ni, Zn nyomelemet tartalmazhatnak, mint az észak-afrikai hyperfoszfát. Mivel az elmúlt évtizedekben jelentős mennyiségben importáltunk kólafoszfátokat szuperfoszfát gyártására, a Sr felhalmozódhatott talajainkban.

A szabadföldi műtrágyázási tartamkísérletek során végzett vizsgálatok alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a kevésbé ismert nyomelemek koncentrációja a tenyésztés során csökkent a növényben. A maximum értékek bokrosodás idején jelentkeztek, ez alól a Hg és a Mo volt kivétel. A mikroelemek többsége a szalmában akkumulálódott, Ni, Li, Sr, Ti, Be, Co. A Cd, Cr, Pb-tartalom azonos volt a fő-és a melléktermékben, míg a Mo a szemben duplája volt a szalmához viszonyítva, csernozjom talajon (Lásztity, 1986).

Néhány környezetszennyező elem hatásmechanismusának vizsgálatára több szántóföldi, kis parcellás kísérletet is végeztek. A Kádár 1991-ben a Nagyhorcsói Kísérleti Telepen, meszes vályog talajon a kukorica elemfelvételét vizsgálta 4–6 leveles állapotban. A vizsgált elemek, közül, erősen fitotoxikusnak mutatkozott az Al, Cr, Mo, Se, Cu, Ni, Zn. A Cr amelyeknek növekvő adagjai a kukorica, valamint a gyomok szinte teljes pusztulásához vezetett. Az alumíniumkezelés negatív hatása idővel mérséklődött, illetve megszűnt, feltehetően azért, mert mélyebb rétegekbe mosódott. A szántott rétegből két nagyságrenddel nőtt meg az As, Cr és Hg felvehető készlete. A Cd, Cu, Mo, Ni, Pb, Se, Zn tartalom 10–100-szorosára, a Ba és a Sr koncentrációja 4–5-szörösére emelkedett, míg az Al mérsékelt változást mutatott. A 3 hónappal később megismételt mintavétel néhány elem átlagos tartalmának csökkenését mutatja: Al, As, Cr, Hg, Mo, Sr. Ezek közül emelkedik a Cr és a Hg.

Tomócsik et al. (2009) szennyvíziszap komposzttal végzett kísérletükben megállapították, hogy a megengedett határértékeket a kukoricában mért As, Hg, Cu, Co, Cr, Ni, Pb, Se értékek egyik esetben sem haladták meg.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleti növényként kukoricát (*Zea mays* L. cvs. Norma) használtam. A magvak felületének kezelését 5×-ös hígítású H₂O₂-dal végeztem el. A fertőtlenített magvakat desztillált vízzel többször öblítettem, majd 10 mM-os CaSO₄ oldatban 4 óráig áztattam a jobb csírázás érdekében. A magvakat nedves szűrőpapír között csíráztattam, úgy, hogy a csíranövények polaritása természetes legyen. A termosztát hőmérséklete 22 °C volt. A 4 cm-es hipokotilú kukorica csíranövényeket tápoldatra helyeztem. A növények neveléséhez az alábbi összetételű tápoldatot használtam: 2,0 mM Ca(NO₃)₂, 0,7 mM K₂SO₄, 0,5 mM MgSO₄, 0,1 mM KH₂PO₄, 0,1 mM KCl, 10 μM H₃BO₃, 1 μM MnSO₄, 1 μM ZnSO₄, 0,2 μM CuSO₄, 0,01 μM (NH₄)₆Mo₇O₂₄. A növények a vasat 10⁻⁴ M FeEDTA formában kapták. A környezeti feltételek szabályozottak voltak: a fényintenzitás 300 μmol/m²/s, a hőmérséklet periodicitása 25/20 °C (nappal/éjjel), a relatív páratartalom (RH) 65–75%, a megvilágítás/sötét periódus 16 óra/8 óra volt. A komposztot 91 ml/dm³, a szennyvíziszapot 97 ml/dm³, a mésziszapot 100 ml/dm³ koncentrációban adtam a tápoldathoz. A különböző koncentrációk az eltérő oldódási képességből adódnak. A vizsgált hulladékok és a növényi minták elemtartalmának meghatározásához egy OPTIMA 3300 DV típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert (ICP-OES) használtak. A relatív klorofill tartalmat SPAD 502 (MINOLTA, Japán) klorofill mérővel mértem. A száraz tömeg meghatározásához a mintákat 85 °C-on tömegállandóságig szárítottam, majd szobahőmérsékletre történő visszahűtés után analitikai mérleggel (OHAUS) mértem.

A mésziszap, kohászati mésziszap és a B. É. M. Zrt. bocsátotta rendelkezésemre. A komposzt és a szennyvíziszap az Alkaloida Zrt.-től származik, a komposzt szennyvíziszap komposzt.

EREDMÉNYEK

A vizsgálatok elvégzéséhez szükség volt a vizsgált hulladékok elemtartalmának előzetes meghatározása. A vizsgálat eredményét az 1. táblázat mutatja be.

Az alumínium koncentrációja kiugróan magas volt a szennyvíziszapban, kb. 5-ször volt nagyobb, mint a mésziszapban, és 2, 5-szer, mint a komposztban. A króm mennyisége a mésziszapban 6-szor volt nagyobb, mint

a komposztban. A réz, vas, nátrium koncentrációja szintén a mésziszapban a legmagasabb. A cink mennyisége a szennyvíziszapban volt a legnagyobb mennyiségben kimutatható; 1, 8-szor volt nagyobb, mint a komposztban és kb. 4,5-szer, mint a mésziszapban.

1. táblázat

A vizsgált elemek koncentrációja (Al, Cr, Cu, Fe, Na, Sr, Zn) a vizsgált anyagokban (komposzt, szennyvíziszap, mésziszap) (mg/kg)

Elemek(1)	Komposzt(2)	Szennyvíziszap(3)	Mésziszap(4)
Al	7 227,00	17 349,00	3 440,00
Cr	25,50	41,30	169,00
Cu	53,00	109,00	185,00
Fe	9 883,00	21 098,00	118 500,00
Na	1 475,00	2 163,00	5 419,00
Sr	102,00	195,00	157,00
Zn	251,00	473,00	106,00

Table 1: The contents of examined elements (Al, Cr, Cu, Fe, Na, Sr, Zn) in the examined materials (compost, sewage sludge, lime sludge) (mg kg⁻¹)

Elements(1), Compost(2), Sewage sludge(3), Lime sludge(4)

Bármely elem fiziológiai hatása akkor közvetlen, amennyiben azt a növény felveszi. A felvett ionokat a növény a hajtás különböző részébe szállítja a transzspirációs árammal (Schupp et. al., 1991). A toleráns növényekre jellemző, hogy a számukra veszélyt jelentő elemeket az anyagcseréjükben kirekesztik, azáltal, hogy kiválasztják azokat a vakuólumba (Wink, 1993). Az érzékeny növények viszont még a gyökereikből sem minden esetben tudják a toxikus elemeket kiválasztani. Ezért a már említett elemek koncentrációját vizsgáltam a kukorica hajtásában és gyökerében (2. és 3. táblázat).

2. táblázat

A vizsgált elemek (Al, Cr, Cu, Fe, Na, Sr, Zn) koncentrációja a kukorica gyökerében (mg/kg) komposzt, szennyvíziszap, mésziszap hatására

Elemek(1)	Kezelések(2)			
	Kontroll(3)	Komposzt(4)	Szennyvíziszap(5)	Mésziszap(6)
Al	62,43	1 486,00	242,66	717,00
Cr	2,91	6,00	1,67	19,56
Cu	24,43	33,63	23,96	30,26
Fe	264,33	1 051,33	357,33	602,33
Na	1 407,00	1 221,33	1 018,66	1 121,66
Sr	8,91	10,70	6,70	6,92
Zn	159,00	143,33	126,00	108,30

Table 2: The concentration of examined elements (Al, Cr, Cu, Fe, Na, Sr, Zn) in the roots of maize (mg kg⁻¹) effecting by compost, sewage sludge, lime sludge

Elements(1), Treatments(2), Control(3), Compost(4), Sewage sludge(5), Lime sludge(6)

3. táblázat

A vizsgált elemek (Al, Cr, Cu, Fe, Na, Sr, Zn) koncentrációja a kukorica hajtásában (mg/kg) komposzt, szennyvíziszap, mésziszap hatására

Elemek(1)	Kezelések(2)			
	Kontroll(3)	Komposzt(4)	Szennyvíziszap(5)	Mésziszap(6)
Al	23,07	20,83	13,29	10,57
Cr	0,72	0,39	0,73	0,65
Cu	16,06	16,16	16,96	15,43
Fe	71,86	73,80	63,60	57,43
Na	217,00	254,33	259,00	234,00
Sr	6,26	7,25	6,70	5,04
Zn	89,10	63,73	69,96	59,53

Table 3: The concentration of examined elements (Al, Cr, Cu, Fe, Na, Sr, Zn) in the shoots of maize (mg kg⁻¹) effecting by compost, sewage sludge, lime sludge

Elements(1), Treatments(2), Control(3), Compost(4), Sewage sludge(5), Lime sludge(6)

A szennyvíziszapnál az alumínium koncentrációja kb. 18-szor nagyobb volt a gyökérben, mint a hajtásban. A mésziszappal kiegészített tápoldaton nevelt kukorica gyökerében az alumínium koncentrációja még nagyobb volt – 67-szer – mint a hajtásban, ez az érték a komposzt alkalmazásakor 71-szer nagyobb mennyiségben volt kimutatható a gyökérben, mint a hajtásban. A gyökerek magas Al koncentrációja a növény pusztulását okozza az esetek többségében. Az Al által okozott erdőpusztulások okaként a lombozatba került nagy mennyiségű alumíniumot említik. Feltételezzük, hogy az alumínium inaktiválódott a gyökérben és ezért nem tudta kedvezőtlen fiziológiai hatást kifejteni. Ásványi talajokon az oldható alumínium koncentrációja kevesebb, mint 1 mg/dm³. Ha a pH 5,5 fölé emelkedik, ez az érték jelentősen csökken. A növények egy része képes elviselni a szöveiteiben, a talajban, vagy a tápoldatban is a magas alumínium koncentrációt. Foy (1983) kimutatta a talaj, és a tápoldat alacsony alumínium koncentrációjának kedvező hatását. A kukorica, a cukorrépa növekedésére a 71,4–185 µM alumínium koncentráció kedvező volt. A tea cserjénél – a leginkább alumínium toleráns növény – 1000 µM-nél Matsumoto et al. (1976) határozott növekedést figyeltek meg. Konishi et al. (1985) 6400 µM- nál is hasonló hatást tapasztaltak.

A króm mennyisége a kontroll értéke alatt marad a hajtásban; kivéve, amikor szennyvíziszapot adtunk a tápoldathoz, ebben az esetben a kontrollhoz hasonló értéket mértünk. A króm koncentrációja a mésziszappal kezelt kukorica gyökerében volt a legmagasabb (19,56 mg/kg). A réz koncentrációját vizsgálva nem volt lényeges különbség a kontrollhoz viszonyítva se a gyökérben, se a hajtásban.

A vas koncentrációja a gyökérben többszöröse volt a hajtásban mértnek. A komposzt alkalmazásakor kb. 14-szer, a szennyvíziszapnál kb. 5,5-ször és a mésziszapnál kb. 10-szer volt nagyobb a vas mennyisége a gyökérben, mint a hajtásban. A vas a Földkéreg egyik lényeges alkotója. A magas pH-jú talajokon a vas a növények számára felvehetetlen. Vashiányos körülmények között a növények levele megsárgul, a növekedés mérséklődik, a termés csökken (Pushnik és Miller, 1989). A vashiányos körülmények között élő növények gyökereinek válaszreakciói segítik a vas felvételét, ilyen reakció pl. a fokozott proton kiválasztás vagy a kelátképző szerves anyagok kiválasztása, mint a fitoszideroforok. Mészben gazdag talajokon „mészklorózis” jelentkezik, mert a magas kalcium semlegesíti a vas mobilizálásához szükséges protonokat, így romlik a vas felvehetősége (Mengel et al., 1984). Fűféléknél ez a hatás nem figyelhető meg, mert ezek a növények oxidált állapotban is képesek a vasat felvenni.

A stroncium mennyisége komposztkezelést kivéve, a kontroll értékek alatt maradt. Komposzt alkalmazásakor a Sr mennyisége 83%-kal emelkedett a gyökérben és 86%-kal a hajtásban. A cink koncentrációja a kontroll növényben volt a legmagasabb, a kezelések csökkentették a kukorica cink felvételét.

Kádár (1992) kísérleteiben a kukorica elemfelvételét vizsgálta különböző műtrágyaadagok hatására, mészlepedékes csernozjom talajon. A gyökérben 1821 mg/kg, míg a hajtásban 124,5 mg/kg alumínium koncentrációt mért. Kísérleteimben 1468 mg/kg volt a gyökér Al koncentrációja komposzt kezelés hatására, míg a hajtásoknál egyik kezelés hatására sem emelkedett az Al koncentráció a Kádár által mért mennyiségek felé. A Sr esetében szintén a műtrágyázás hatására mért átlag érték jóval meghaladta a komposzt, szennyvíziszap, mésziszap kezelés hatására mért koncentrációt a gyökérben és a hajtásban is.

A transzport folyamatok gátlása az alapvető tápelemektől fosztja meg a növényt, így a növekedés megtorpan. A számszerűsítéshez mértem a növények száraz anyag felhalmozását (4. táblázat).

4. táblázat

A kukorica gyökerének és hajtásának száraz tömege (növény/g) különböző kezelések hatására (komposzt, szennyvíziszap, mésziszap) n=6± s.e.

Kezelések(1)	Gyökér(6)	Hajtás(7)
Kontroll(2)	0,101±0,05	0,318±0,11
Komposzt(3)	0,080±0,02	0,309±0,13
Szennyvíziszap(4)	0,121±0,04	0,411±0,10
Mésziszap 5)	0,104±0,01	0,361±0,02

Table 4: Effects of different matters (compost, sewage sludge, lime sludge) on the dry matter accumulation of shoots and roots of maize seedlings (g plant⁻¹) n=6± s.e.

Treatments(1), Control(2), Compost(3), Sewage sludge(4), Lime sludge(5), Roots(6), Shoots(7)

A 4. táblázatban látható, hogy a kezelések hatására a gyökér és a hajtás száraz tömege emelkedett a szennyvíziszap és a mésziszap alkalmazásakor. A legkisebb szerves anyag felhalmozást a komposztkezelésnél mértem. A szennyvíziszap alkalmazásakor 20%-kal, a mésziszap használatakor 3%-kal nőtt a gyökér szerves anyag felhalmozása. A hajtásnál ez az érték a szennyvíziszapnál 23%, a mésziszapnál 12%. Nincs szignifikáns különbség a száraz anyag felhalmozódások között, a kontrollhoz viszonyítva.

Hatékony szerves anyag felhalmozás nem lehetséges a fotoszintetikus folyamatok nélkülözhetetlen alkotója, a klorofillok nélkül. Az alkalmazott kezelések hatására nem csökkent a szárazanyag-felhalmozás, így mértük a relatív klorofill tartalom alakulását. Méréseim szerint a kezelések befolyásolták a klorofill tartalmat (5. táblázat).

A relatív klorofill tartalom meghaladta a kontroll értéket a komposzttal kezelt kukorica második és harmadik levelében a kísérlet 6. napján. A 9. és a 11. napon a mért értékek a kontroll alatt maradtak. A 9. napon a 3. levél relatív klorofill tartalma szignifikánsan csökkent komposzt kezelés hatására a kontrollhoz képest. A szennyvíziszap és a mésziszap hatására a relatív klorofill tartalom növekedett. A szennyvíziszap kezelésnél 2 Spad Unit-tal, a mésziszap alkalmazásakor 3 Spad Unit-tal emelkedett a relatív klorofill tartalom. A 9. napon az értékek csökkentek a kontrollhoz képest, majd a 10. napon újra emelkedtek a harmadik levelében. Ellenőrzött feltételek mellett a vas 80%-a található a kloroplasztiszban. A vas a növényi sejtekben képes raktározódni, mint fitoferritin (Seckback, 1982). A fitoferrin nem kötődik szorosan a kloroplaszthoz, kimutatható a xylem-ben és a phloem-ben is (Smith, 1984). A vas koncentrációja magas az etiolált levelekben, de a visszazöldülés folyamán a vas egy része elszállítódik és a zöld levelekben a vastartalom alacsonyabb (Mark et. al., 1981). Magas vas koncentrációnál Alcaraz et al. (1986) magasabb klorofill tartalmat figyelt meg. A mésziszappal kezelt kukorica levelében a vas tartalom 57,43 mg/kg volt, a kontrollhoz képest alacsonyabb relatív klorofill tartalmat mértünk a második levelében. A harmadik levél klorofill tartalma a kontroll érték körül volt, vagy kissé meghaladta azt (Tóth et al., 2010).

5. táblázat

A 6., 9. és a 11. napos kukorica második és harmadik levelében mért relatív klorofill tartalmának változása a különböző kezelések (korom, közsűrűiszap, cementpor) hatására (Spad Units) n=35± s.e

2. levél(6)			
Kezelések(1)	6 napos(7)	9 napos(8)	11 napos(9)
Kontroll(2)	38,14±4,95	48,20±2,85	49,31±5,12
Komposzt(3)	41,26±5,82	43,07±4,68*	47,37±3,60
Szennyvíziszap(4)	34,07±7,75	47,27±4,08	47,92±4,10
Mésziszap(5)	38,10±4,76	44,05±2,08*	47,40±2,86
3. levél(10)			
Kezelések(1)	6 napos	9 napos	11 napos
Kontroll(2)	30,06±6,06	43,43±2,49	45,87±1,98
Komposzt(3)	32,11±6,85	38,85±3,50**	44,83±3,27
Szennyvíziszap(4)	32,13±5,19	41,77±4,60	46,75±4,30
Mésziszap(5)	33,69±3,64	42,88±3,39	47,71±1,62

Megjegyzés: szignifikáns differencia a kontrollhoz viszonyítva: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Table 5: Relative chlorophyll content of maize 2nd and 3rd leaves on the measurement of 6th, 9th and 10th days (Spad Units) n=35± s.e. Treatments(1), Control(2), Compost(3), Sewage sludge(4), Lime sludge(5), On 2nd day(6), 6days old(7), 9 days old(8), 11 days old(9), On 3rd day(10), Note: significant difference comparison to the control: *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001

A jelen eredmények alapján a keletkezett ipari melléktermékek nehézfém tartalmukat tekintve nincsenek káros hatással a növények fiatalkori növekedésére, fejlődésére. Sőt, ezen anyagok felhasználásával csökken a hulladékok, hulladéknak minősített anyagok mennyisége, az ipari termelés során kibocsátott CO₂ és egyéb káros anyagok aránya.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezúton is szeretnék köszönetet mondani az Alkaloida Zrt.-nek és a BÉM Zrt.-nek (Borsodi Érc, Ásvány- és Hulladék Hasznosító Mű Zártkörűen Működő Részvénytársaság), hogy a vizsgálati anyagok biztosításával segítették munkámat. Valamint dr. Kovács Béla egyetemi tanárnak, aki az ICP mérések elvégzésében nyújtott segítséget.

IRODALOM

- Alcaraz, C.–Martinez, F.–Sánchez, F.–Sevilla, F.–Hellin, E. (1986): Influence of ferredoxin levels on nitrate reductase activity in iron deficient lemon leaves. J. Plant Nutrient. 9: 1405–1413.
- ENSZ Környezet és Fejlődés Konferenciája (1992): Az ENSZ Keretegyezménye az éghajlatváltozásról. ENSZ Környezet és Fejlődés Konferenciájának Magyar Nemzeti Bizottsága. Budapest.
- Foy, C. D. (1983): The physiology of plant adaptation to mineral stress. [In: Carson, E. W. (ed.) 'The Plant Root and its Environment'.] University Press. Virginia. Charlottesville. 601–642.
- Kádár I. (1991): A talajok és a növények nehézfém tartalmának vizsgálata. KÖTEM-MTA TAKI. Budapest.
- Kádár I. (1991): A talajok és a növények nehézfém tartalmának vizsgálata. Környezet- és természetvédelmi kutatások. Akaprint. Budapest.
- Kádár I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest.

- Konishi, S.–Miyamoto, S.–Taki, T. (1985): Stymulatory effects of aluminium on the plants grown under low and high phosphorus supply. *Soil. Sci. Plant Nutrient.* 31: 361–368.
- Környezet és Fejlesztés Világbizottság Jelentése (1988): Közös jövőnk. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Lásztity B. (1986): Néhány elem koncentrációjának változása a tenyészidő folyamán őszi búzában. *Növénytermelés.* 36: 367–372.
- Mark, F. van der–Lange, T. de–Bienfait, H. F. (1981): The role of ferritin in developing primary bean leaves under various light conditions. *Planta.* 153: 338–342.
- Matsumoto, H.–Hirasawa, E.–Morimura, S.–Takahashi, E. (1976): Localization of aluminium in tea leaves. *Plant Cell Physiol.* 17: 627–631.
- Mengel, K.–Breiniger, M. T.–Bübl, W. (1984): Bicarbonate, the most important factor inducing iron chlorosis in vine grapes on calcareous soil. *Plant Soil.* 81: 333–344.
- Németh, T.–Buzás, I. (1990): Influence of nitrogen fertilization on the NO₃-N content of soil profiles. *Swedish–Hungarian Seminar on Environmental Problems in Agriculture.* Stockholm.
- Puchnik, J. C.–Miller, G. W. (1989): Iron regulation of chloroplast photosynthetic function: mediation of PS I development. *J. Plant Nutr.* 12: 407–421.
- Seckback, J. (1982): Ferreting out the secters of plant ferritin- a review. *J. Plant Nutr.* 5: 369–394.
- Smith, B. N. (1984): Iron in highest plants: storage and metabolic rate. *J. Plant Nutr.* 7: 759–766.
- Schupp, R.–Glavec, V.–Rennenberg, H. (1991): Thiol composition of xylem sap of beech trees. *Phytochemistry.* 30: 113–117.
- Tomócsik T.–Makádi M.–Orosz V. (2009): Szennyvíziszap komposzttal kezelt homoktalaj toxikus elemtartalom változása. [In: Iszállyné Tóth J. (szerk.) *Tartamkísérletek a mezőgazdaság szolgálatában – 80 éves a Westsik vetésforgó.*] 193–203.
- Tóth, B.–Veres, Sz.–El-Rodeny, M. W.–Lévai, L. (2010): Effects of sewage sludge and lime sludge on the early development of corn under laboratory conditions. [In: Jug D.–Sorič, R. (eds.) *Agroglas.*] 194–199.
- Wink, M. (1993): The plant vacuole: a multifunctional compartment. *J. Exp. Bot.* 44: 231–246.