

NÖVÉNYEK NEHÉZFÉMTARTALMÁNAK VIZSGÁLATA A BÉKE-BARLANG VÍZGYŰJTŐJÉN¹

KASZALA RITA - KEVEINÉ BÁRÁNY ILONA

Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék,
6722 Szeged, Egyetem u.2. rita@geo.u-szeged.hu

Abstract: The heavy metal content of plants - principally hornbeam and oak leaves - was examined in the catchment basin of Béke-cave in Aggtelek Karst (North-East Hungary). The paper introduces some result of experiment which search the relationship between the heavy metals which available for the greenery.

1. Bevezetés

A dinamikusan fejlődő tájhasználat következtében egyre több vegyületet használ a mezőgazdaság, egyre több fémes elemmel kerülünk mindennapi kapcsolatba. Arra azonban ritkán gondolunk, hogy ezen tevékenységek következtében a fémek a természetben többféle formába kijuttatva, szennyezhetik azt, és jelenlétükkel sokféle folyamatot indíthatnak el. A növényeken keresztül a táplálkozási láncba bekerülve felhalmozódhatnak a végső fogyasztóban, illetve a talajok nehézfém terhelését is növelhetik. A fémek migrációs folyamatainak feltárása a természetvédelmi területeken különösen fontos. A tanulmány az aggteleki Béke –barlang vízgyűjtőjén gyűjtött növényminták nehézfém tartalmának elemzését mutatja be.

2. Módszerek

A vizsgált növényeket (tölgy-, som-, gyertyán levél, fű) 2003 júliusában 1 m²-es területről gyűjtöttük be a nehézfém-tartalom meghatározásához. A növénybegyűjtés helyei megegyeznek a talajmintavételi helyekkel. A növényekből az oldatokat Gerhardt típusú nyolc férőhelyes, blokkfűtésű, zárt elszívóval és visszafolyós hűtővel felszerelt feltárával készítettük az alábbi módon: kiszáritott és összetört növényi anyagokból 1-1g-ot a feltárási csövekbe mértünk be, majd hozzáadtunk 10ml cc.HNO₃ és 120°C-on 4-5 órán át tártuk fel. Lehűlés után 3-4ml 70 %-os perklórsavat adtunk az oldathoz és még addig főztük, amíg az oldat kitisztult (KABATA et al. 1984). A keletkező oldatok vas, alumínium, magnézium, kobalt koncentrációját induktív

¹ Készült a TO35020 sz. OTKA támogatásával

csatolású plazma emissziós spektrométerrel (ICP-OES), mangán koncentrációkat láng atomabszorpciós spektrométerrel, az ólom, nikkel, króm koncentrációkat grafitkályhás atomabszorpciós (GFAAS) műszer segítségével határoztuk meg. A méréseket Veszprémi Egyetem, Föld- és Környezettudományi Tanszékén végeztük.

3. A nehézfém vizsgálatok előzményei

A nehézfém vizsgálatokat először a talajokban végezték a kutatók (BAKER 1981, KABATA et al. 1984, DAVIES et al. 1987, BECK - BORGER 1999, CHANDER et al. 2001). A hazai kutatások is a talajvizsgálatokkal indultak az 1980-as években (KÁDÁR 1991, FARSANG 1996, SZABÓ 1996, 1999, SZALAI 1998).

Később indult meg a növények nehézfém tartalmának vizsgálata, ezért kevesebb is azon irodalmak száma amelyek a növények nehézfém-tartalmával foglalkoznak. A növényfiziológusok különböző stratégiájú növényeket különböztetnek meg, úgymint felhalmozó (akkumulátor), nem felvevő (excluder) és jelző (indicator) növénytípusokat (BAKER 1981). Tölgyesi és munkatársai már 1970-ben megfigyelték, hogy ugyanazon környezeti feltételek mellett a terofiton és hemikriptofiton növényeknél az egyévesek általában több nyomelemet tartalmaznak az évelőknél. Szintén ők publikálták, hogy az Asteraceae család fajai leginkább réz, a Caryophyllaceae család fajai leginkább mangán és a Salicaceae család tagjai leginkább cink-akkumulátorok (TÖLGYESI et al. 1970). A növények nyomelem-tartalmának változását elsősorban gabonaféléken vizsgálták (KÁDÁR et al. 1982, KÁDÁR-LÁSZTITY 1981). Fásszárúak esetében a ténylegesen a levelekbe szállított nyomelem-mennyiségeket SZALAI (1998) vizsgálta. PETERSON (1971, 1975) a növény/talaj fémarányát vizsgálta 12 fajnál. Vizsgálatai a Zn, Pb, Cd és Cu tartalmakra terjedtek ki.

A hazai kutatók közül iránymutatóak KÁDÁR (1995) eredményei, aki az általunk is vizsgált tölgyre vonatkozóan (tölgy levélben vizsgálva) a következő koncentrációkat állapította meg:

*Cu: 9ppm, Co: 0,22ppm, Ni: 1,8ppm, Cr: 1,7ppm, Zn: 44ppm,
Al: 283ppm, Fe: 487ppm, Mn: 41ppm, Pb: 16ppm.*

FÜLEKY (1999) vizsgálatai szerint a növényekben átlagosan a következő koncentrációkban található meg a vizsgált elemek:

*Cu: 2-20ppm, Co: 0,02-0,5ppm, Ni: 1-5ppm, Cr: 0,02-1ppm,
Zn: 25-150ppm, Al: 200-4000ppm, Fe: 50-250ppm,*

Mn: 20-500ppm, Pb: 10ppm

A karsztok növényzetét hazai viszonylatban először BÁRÁNY-MEZŐSI (1999) vizsgálta. A szerzők megállapítása szerint a növények nehézfém tartalma általában közelít a talajok maximális nehézfém tartalmához, s az alacsonyabb pH mellett magasabb a növények fémtartalma.

4. A vegetáció bemutatása a vizsgált területen

A Béke-barlang vízgyűjtő területe mintegy 10 km². A geológiaiilag két részre osztható. Az északi rész a fedetlen karszt, ahol gyakran triász mészkő bukkan a felszínre, rajta sekély, vörös színű terra rossa jellegű, rendzina, barnaföld és agyagbemosódásos barna erdőtalaj jött létre. Ezzel szemben a déli területeken a mészkövet vastag pannon üledék fedi, amelyen homokos-lössös, világos színű, terra fusca jellegű mélyebb szelvényű talajok alakultak ki. A vegetáció szempontjából nagyon színes, mozaikos a terület.

Az Aggteleki Karszt növényzete két fő típusra különül el. Egyik a fennsíki területeken (350-600m) előforduló, a természetes szukcesszióknak nagy vonásokban megfelelő növényzet. A másik az alacsonyabb területek növényzete (350 m alatt), amely a karszt edafikus adottságai miatt eltér a klímazonálistól. Az Aggteleki Karszt erdőtársulásai esetén, ahol a tengerszintfeletti magasság és a klíma alapján a cseres tölgyeseknek kellene megjeleníteni, azonban a gyertyános tölgyesek (*Quercus-petraeae-Carpinetum*) és a melegkedvelő tölgyesek (*Corno-Quercetum pubescentis-petraeae*) dominálnak.

A karsztfennsíkokon (500 m tengerszintfeletti magasságban) az eredeti erdőtársulás a szubmontán-szubkárpati gyertyános-tölgyes (*Quercus-petraeae-Carpinetum subcarpathicum*) volt. Az ember megjelenése után lassan ugyan de megváltozott az erdők állapota. A fa égetése és a legeltetés az erdők ritkulásához vezetett és ott ahol a szélsőséges mikroklíma kialakult (dolinák) a visszaerdősülés lassan ment végbe, vagy megmaradt a sziklagyep. Az utóbbi néhány évszázad erdőirtása a jól sarjadó gyertyán elszaporodását eredményezte. Az északi kitettségeken és a hűvösebb karsztmélyedésekben extrazonális bükkösök (*Melici-Fagetum subcarpathicum*) települtek meg. A mélyebb karsztszurdokokban a juharos-kőrises szurdokerdők (*Phyllitidi-aceretum subcarpathicum*) fordulnak elő. Helyenként a sekély termőrétegű peremeken és gerinceken a hársaskőrises sziklaerdők (*Tilio-Fraxinetum subcarpathicum*) található foltokban. Sok helyen megtaláljuk az ültetett fenyőállományokat, így a lucos (*Picea abies*), az erdei fenyő (*Pinus sylvestris*), fekete fenyő (*Pinus nigra*), valamint a vörösfenyő (*Larix*

decidua) állományokat tájidegen társulásként. Ezeket az állományok 30 éve nincsenek erdőgazdasági kezelés alatt (BAROSS 1998).

Az erdőket rövid vágásfordulóval termelték le, és sokszor egymás után sarjasztatták. Ennek következtében visszaszorultak azok a fafajok, amelyeknek a sarjasztatás nem kedvez (pl. bükk), és elősegítette a jól sarjádó gyertyán eluralkodását. Ezért ma nagyon kevés helyen találunk természetközeli megjelenésű és elegyarányú gyertyános-tölgyeseket.

Az erdők és a cserjések összetételét saját növény-felvételezés során határoztuk meg 1995-ben (KEVEINÉ BÁRÁNY-HORVÁTH 1996). A felvételek alapján megállapítható, hogy a természetes vegetáció átalakulásában jelentős szerepe volt az erdőirtásoknak (tarvágásos kitermelés), a legeltetésnek, amely mind a természetes gyeptársulásokban, mind a másodlagosan kialakult gyepekben is degradációt indított el, s nem utolsó sorban az erdészeti kezelés hozzájárult az összetétel megváltozásához. A legeltetés hatására a legeléstűrő-, taposástűrő- és a nedvesebb talajviszonyokat kedvelő növények mellett a nitrogénkedvelő gyomok is megjelentek a gyepekben. Az irtás utáni talajerózió hatására a kibukkanó sziklákon a sziklagyepek megtelepedését tette lehetővé. Az erdészeti kezelés során az egyszerűbb művelés érdekében eltávolították az elegyfákat, s ez az erdők szerkezetének leegyszerűsödéséhez vezetett. Az eredeti társulás ma nem mindenütt ismerhető fel.

Az emberi tevékenység hatására a cserje típusok is megváltoztak, az alábbi *cserjés típusok* ismerhetők fel:

1. típus: Alacsony cserjés főként *Prunus spinosa* állománya, néhány fa is megjelenik. Ez a visszaerdősülés kezdeti stádiuma,
2. típus: *Crataegus monogyna* és *Cornus mas* sűrű állománya a nitrogénben gazdagabb területeken. Árnyékoló hatásuk megakadályozza más fajok megtelepedését, ez a fejlődés egyik zsákutcája.
3. típus: A *Juniperus communis* dominál, kialakulása a legeltetés következménye, s mindaddig nincs visszaerdősülés, amíg legeltetés van.

Az erdők sem természetesek, az alábbi *típusai* foglalják el a természetes erdők helyét:

1. típus: Bolygatott, zavart, kezelt *Quercus-Carpinetum* főként *Quercus petraea*-val. A zavartságot jelzi a *Juniperus* jelenléte.
2. típus: Kevéssé zavart *Quercus-Carpinetum*, melynek fiatalabb változatában *Sorbus terminalis* is előfordul.
3. típus: Bolygatott *Corno-Quercetum* főként *Quercus petraea*-val, *Quercus pubescens*-sel és sok *Cornus mas*-sal.

4. típus: Nagyobb tengerszintfeletti magasságban *Ceraso-Quercetum* állomány található, melyben a *Quercus pubescens* dominál, névadó faja hiányzik, sok viszont a *Prunus spinosa*.

5. típus: Egykori *Quercetum petraeae-cerris* állomány, az erdészet által kezelt, füves borítása magas (*Festuca rupicola*, *Brachypodium sylvaticum*).

A dolinák növényzete is megváltozott. A korábbi erdőirtások hatására a dolinákban szélsőséges mikroklíma alakult ki, így az igénytelenebb borókás (*Juniperus*) társulás foglalta el az egykori erdők helyét.

A vizsgált terület északi, nyílt karsztos területén főként büккеlegyes gyertyános-tölgy erdőkkel (gyér aljnövényzettel), illetve néhány helyen a melegkedvelő tölgyerdőkkel találkozunk. A fátlan részeken boróka (*Juniperus communis*) és kökény (*Prunus spinosa*) alkot áthatolhatatlan bozótost. A déli, fedett karsztos terület nagy részén lejtős sztyeppréteket találunk helyenként boróka betelepülésekkel, és domináns a melegkedvelő somos tölgyes.

A gyertyán, és a kocsánytalan tölgy domináns erdőalkotóként, vagy elegyfaként a vízgyűjtő terület döntő hányadán megtalálható, vizsgálataink középpontjába ezért került ez a két fafaj.

5. Eredmények

A különböző növények eltérő módon veszik fel vagy tárolják a talaj fémtartalmát. Jelen vizsgálatunkban a gyertyán és a tölgy nehézfém felvételét értékeltük, s csak utalunk az összehasonlításban a korábbi vizsgálatainkra (pl. a som és a fűfélék esetén).

A kapott nehézfém adatok alapján (*I, II. táblázat*), megállapítottuk, hogy a gyertyánban mért Pb, Cu, Ni, Cr, Mn koncentrációk az összes vizsgált növényfaj (som, tölgy, gyertyán, fű) között a legmagasabbak, a többi 5 elem koncentrációja a füvekben mért koncentrációkat követően a második helyen áll. A tölgyekben mért koncentrációk átlag értékei minden elem esetében elmaradnak a gyertyánban mért koncentrációktól (a táblázatban negatív értékkel szereplő adatok a kimutatási határ alatti koncentrációkat jelentik).

A táblázatokban szereplő mintaszámok a területen a 96 talajmintavételi helynek megfelelő értéket kaptak. Ezek közül a fedetlen karsztos területről származnak az 1-31, 40, 41, 49-56, 93, 94, 96 átmeneti zónából a 32-39, 42- 48, 81, 82, 84, 86, 87, 91, 92, 95 a negyedidőszaki üledékkel fedett területről az 57-80, 83, 85, 88-90 számú minták.

I. táblázat
Table I.

Gyertyán levél fémtartalma
Metal content of *Carpinus betulus* leaves

mintaszám	Pb [ppm]	Cu [ppm]	Zn [ppm]	Co [ppm]	Ni [ppm]	Cr [ppm]	Fe [ppm]	Al [ppm]	Mn [ppm]	Mg [ppm]
19	3,99	5,72	12,55	2,13	4,60	0,00	111,9	141,7	583,9	1579,7
22	2,30	5,89	30,89	2,10	5,45	0,19	92,4	96,8	1058,4	1572,9
23	3,71	6,64	75,87	2,07	7,74	0,27	154,5	229,8	1362,5	1427,3
24	1,44	6,19	18,56	2,20	5,65	0,15	117,3	170,8	984,3	1359,0
26	2,98	5,42	44,23	13,71	21,27	7,10	122,2	79,4	893,1	2309,8
27	4,71	6,57	9,61	0,38	1,31	0,58	169,7	97,6	756,1	1959,8
28	4,87	5,56	7,99	0,00	0,31	0,42	162,4	105,1	459,2	2481,6
29	4,45	6,33	13,19	0,00	0,30	0,49	146,7	101,3	559,9	1403,8
35	6,16	7,68	8,97	0,00	4,37	1,35	132,8	412,9	2390,3	1915,3
36	2,40	5,38	32,41	0,00	2,74	1,24	115,7	250,3	2041,4	1376,4
40	1,20	6,01	31,18	7,57	1,03	0,71	289,9	228,2	1046,5	2523,9
41	1,17	6,59	37,90	13,14	0,82	3,37	230,4	199,0	1803,2	2271,2
42	1,12	9,45	39,07	10,85	1,30	0,58	225,7	158,6	1601,9	1696,4
44	1,14	7,58	40,95	8,98	3,57	0,68	208,8	326,7	2972,4	2420,6
46	1,26	10,51	58,46	9,64	7,78	0,58	214,2	371,4	2435,4	2510,9
47	0,93	18,99	46,26	7,14	1,09	4,54	226,3	167,1	863,8	1821,3
48	1,07	14,68	46,65	8,13	3,99	2,07	237,6	204,5	2627,0	1537,8
49	1,12	7,86	37,16	12,23	2,83	1,47	208,7	194,4	2654,8	2256,0
50	0,99	5,20	33,97	36,89	1,12	1,01	186,9	187,3	1203,6	1994,2

II. táblázat
Table II.

Kocsánytalan tölgy levél fémtartalma
Metal content of *Quercus petraea* leaves

Mintaszám	Pb [ppm]	Cu [ppm]	Zn [ppm]	Co [ppm]	Ni [ppm]	Cr [ppm]	Fe [ppm]	Al [ppm]	Mn [ppm]	Mg [ppm]
2	3,68	6,81	16,75	0,00	0,00	0,65	96,4	63,5	343,9	1375,8
9	2,89	5,56	18,45	0,00	0,00	0,83	81,1	36,8	901,9	1564,3
10	4,59	7,10	23,12	13,57	17,08	0,00	69,9	33,3	503,4	2266,9
11	0,95	3,23	93,73	0,00	0,00	0,61	51,6	19,9	543,8	758,6
13	1,10	6,83	19,78	0,00	0,00	0,42	61,7	13,6	175,5	1177,0

II. táblázat folytatása

20	1,14	4,96	70,65	0,04	2,05	0,60	120,0	43,1	955,0	1159,4
21	2,85	4,64	22,86	0,00	0,00	1,01	117,8	64,0	942,7	938,6
35	2,09	5,69	33,75	0,00	1,85	1,30	91,7	60,7	1889,8	1503,7
39	1,93	5,52	24,26	0,00	0,46	1,04	87,9	51,5	1380,4	1549,5
40	0,89	11,35	39,49	0,00	2,46	1,12	44,6	13,5	2112,1	1360,6
41	0,93	3,33	22,78	0,00	1,25	0,97	17,6	-30,3	2668,8	432,5
42	0,72	1,85	23,52	0,00	0,59	0,95	40,6	-8,9	2378,1	350,5
43	0,69	2,59	27,26	0,00	-0,16	0,82	46,0	-39,2	654,3	291,6
45	0,54	5,27	34,70	0,00	0,63	0,61	38,6	-59,2	1034,2	783,3
47	0,90	1,44	26,08	0,00	0,58	0,60	14,7	-46,3	913,0	202,8
49	0,78	2,16	23,58	0,00	3,39	1,09	10,8	-76,9	3093,3	714,8
57	0,74	3,96	24,61	0,00	3,79	0,73	12,8	-4,7	2283,9	1061,6

Táblázatban (III, IV. táblázat) tüntettük fel a vizsgált elemek korrelációs koefficienseit, amelyek megmutatják a vizsgált fémek megjelenése közötti kapcsolatok meglétét vagy hiányát. A vizsgálatnál viszonyítási alappul szolgáltak a növények számára esszenciális elemek eredményei, de a vizsgálatok főként a nehézfémekre koncentrálnak.

Két változó mennyiség közötti kapcsolat szorosságának kifejezésére sokféle mérőszám létezik, ezek közül a legelterjedtebb a korrelációs együttható. Ez a mérések közötti lineáris kapcsolat szorosságát adja meg. Értéke mindig 0 és ± 1 között van (OBÁDOVICS 2001). A 0 és az ahhoz közeli értékek arra engednek következtetni, hogy nincs korreláció a két mennyiség között, a 0-tól távol eső értékek pedig bizonyos korrelációra utalnak.

III. táblázat
Table III.

A vizsgált fémek korrelációs együtthatói a gyertyán levélben
Correl coefficient of the examined metals in *Carpinus betulus* leaves

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Fe	Al	Mn	Mg
Pb	-0,37	-0,55	-0,57	0,07	-0,17	-0,57	-0,08	-0,36	-0,16
Cu		0,37	0,01	-0,14	0,32	0,47	0,16	0,25	-0,06
Zn			0,31	0,36	0,27	0,35	0,26	0,40	0,06
Co				0,05	0,28	0,37	0,02	0,16	0,33
Ni					0,56	-0,38	-0,05	0,00	0,08
Cr						0,10	-0,18	-0,02	0,25
Fe							0,25	0,33	0,51
Al								0,75	0,23
Mn									0,20

IV. táblázat

Table IV.

A vizsgált fémek korrelációs együtthatói a tölgy levélben
Correl coefficient of the examined metals in *Quercus Petrea* leaves

	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Fe	Al	Mn	Mg
Pb	0,36	-0,29	0,82	0,52	-0,29	0,60	0,67	-0,40	0,75
Cu		-0,02	0,39	0,24	-0,06	0,36	0,45	-0,21	0,70
Zn			0,10	-0,10	-0,11	0,13	0,08	-0,17	-0,09
Co				0,56	-0,51	0,65	0,73	-0,56	0,83
Ni					-0,52	-0,04	0,06	0,00	0,58
Cr						-0,02	-0,01	0,65	-0,26
Fe							0,86	-0,52	0,54
Al								-0,41	0,68
Mn									-0,27

A két táblázatban dőlt betűvel szedtük a 0,5 abszolút értéknél nagyobb együtthatókat, amelyeknél már mérhető összefüggés mutatkozik. Néhány esetben negatív előjelű értékeket is találunk, ami a fordított korrelációra utal az adott elempárnál.

A Pb-Co, Ni-Cr, Pb-Fe korrelációja mindkét növényenél megfigyelhető, előjelük azonban ellentétes. A tölgyben mért fémkoncentrációk esetében sok helyen pozitív korreláció mutatható ki, ami azt jelenti, hogy a következő elempárok: Pb-Co, Pb-Ni, Pb-Fe, Pb-Al, Al-Fe, Mg-Fe segítik egymás felvételét, ezáltal „feldúsulását” is.

6. Összefoglalás

A nehézfémek növény és talajbeli mozgása sok tényezőtől függ. Egy részük a talajban marad, megfelelő körülmények között azonban a növények számára felvehetővé válnak (pl. talaj pH megváltozása). A tanulmány bemutatja, hogy a növények által felvett egy-egy nehézfém mennyisége szoros kapcsolatban van más fémes elemek jelenlétével.

Korreláció mutatható ki a gyertyán és a tölgy esetében az Pb-Co, Ni-Cr és az Pb-Fe elempároknál, ami azt jelenti, hogy együttes jelenlétük elősegíti felvételüket.

A tölgnél 6 elempár esetén figyeltünk meg szoros korrelációt. A fenti eredmények felhasználhatóak olyan prognózisra, amely valamely terhelésben megjelenő elem esetén előre jelezheti az adott elemmel szoros kor-

relációban lévő elem(ek) felvételét is, ezzel a növénybeli koncentrációjának növekedését.

IRODALOM

- BAKER, A. J. M.* (1981): Accumulators and Excluders-Strategies in the Response of Plants to Heavy Metals. - *Journal of Plant Nutrition*, 3(1-4). p. 643-654.
- BAROSS G.* (szerk.) (1998): Az Aggteleki Nemzeti Park. - Mezőgazda Kiadó, Bp., p. 256-270.
- BÁRÁNY-KEVEI, I. - HORVÁTH A.* (1996): Survey of the interaction between soil and vegetation in a karstecological system /at Aggtelek, Hungary/. - *Acta Geogr. Szegediensis*. Tom. XXXV. p. 81-87.
- BÁRÁNY-KEVEI, I. - MEZŐSI, G.* (1999): The relationships between soil chemistry and the heavy metal content of vegetation on karsts. - In.: *Essays in the ecology and conservation of karst.* (Ed. Bárány-Kevei, I. – Gunn, J.) p. 47-53.
- BECK, R. K. - BORGER, H.* (1999): Soils and relief of the Aggtelek karst: A record of the ecological impact of paleoweathering effects and human activity. - *Essays in the ecology and conservation of karst* (ed.: I. Bárány-Kevei – J. Gunn), Special Issue of *Acta Geographica Szegediensis*, *Acta Geographica Tomus XXXVI*, Szeged, p. 13-30.
- CHANDER, K. - DYCKMANC, J. - HOEPER, H. - JOERGEUSEN. R. G. - RANBUCK, M.* (2001): Long term effects on soil microbial properties og heavy metals from industrial exhaust deposition. – *Journal of Plant Nutrient and Soil Science*, 164 (3), p. 657-663.
- DAVIES, B. E. - LEAR, J. M. - LEWIS, N. J.* (1987): Plant availability of heavy metals in soils. – In: *Pollutant transport and fate in ecosystems* (ed.: Coughtrey, P. J. et. al.), Backwell Scientific Publications, Oxford, London etc., p. 267-275.
- FARSANG A.* (1996): Talaj nehézfém tartalmának térbeli eloszlása mátrai mintaterületen, különös tekintettel az antropogén szennyezésre.- Doktori Értekezés, JATE Természetföldrajzi Tanszék, Szeged
- FÜLEKY GY.* (1999): Tápanyag-gazdálkodás. - Mezőgazda Kiadó, Bp., p. 60-80.
- KABATA-PENDIAS A. - PENDIAS H.* (1984): Trace elements in soil and plants. – CRC Press, Boca Raton, p. 315.
- KÁDÁR I.* (1995): Környezet- és Természetvédelmi Kutatások. - MTA Agrokémiai és Talajtani Kutató Intézet, Budapest, p. 131-132.

- KÁDÁR I.; LÁSZTITY B.* (1981): Az őszi búza tápelemarányainak változása tenyészidő folyamán. - *Agrokémia és talajtan*, 30. p.291-303.
- KÁDÁR I.; LÁSZTITY B.; SZEMES I.* (1982): Az őszi rizs ásványianyag-felvételének vizsgálata szabadföldi tartamkísérletben II. Levélanalízis; Na, Fe, Zn, Cu. - *Agrokémia és talajtan*, 31. p.17-25.
- OBÁDOVICS J. GY.* (2001): Valószínűségszámítás és matematikai statisztika – Scolar Kiadó p. 298.
- PETERSON, P. J.* (1971): Unusual accumulations of elements by plants and animals. - *Sci.Prog., Oxf.*59, p. 505-526.
- PETERSON, P. J.* (1975): Element accumulation by plants and their tolerance of toxic mineral soil. *Proc.Int. Conf. On Heavy metals in the Environment. Vol.II*, p.39-54. Totonto, Canada.
- SZABÓ GY.* (1996): Nehézfémek a talajban.- *Földrajzi Közlemények CXX.(XLIV.)* 4. p. 253-266.
- SZABÓ GY.* (1999): Talajok és növények nehézfém-tartalmának földrajzi vizsgálata egy bükkaljai mintaterületen. – *Doktori Értekezés, KLTE Alkalmazott Tájföldrajzi Tanszék, Debrecen*
- SZALAI Z.* (1998): Nehézfémek teljes ülepedésének meghatározási lehetőségei talaj- és növényminták analízisének segítségével. - *Földrajzi Értesítő*, 48. p. 515-523.
- TÖLGYESI GY., KÁRPÁTI I., KÁRPÁTI I-NÉ* (1970): Savanyú és meszes homokpuszták növényzetének makro- és mikrotápanyagfelvétele. - *Agrokémia és talajtan*, 19. p. 55-65.