

MIKROELEM EK A MEZŐGAZDASÁGBAN STIMULATÍV MIKROELEM EK

Szabó S. András–Győri Dániel–Regiusné Mócsényi Ágnes

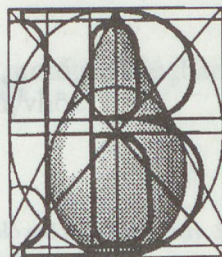
1993

28840

Ismerető

888788

BÉRES RT.



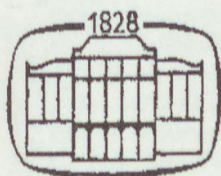
Szabó S. András, Győri Dániel, Regiusné Möcsényi Ágnes

Mikroelemek a mezőgazdaságban II. (Stimulatív hatású mikroelemek)

MTAK



0 00002 98048 5



AKADÉMIAI KIADÓ ÉS NYOMDA

1117 BUDAPEST

PRIELLE KORNÉLIA U. 19. 35.

937833



MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

ETO 631. 811

82

636.087.7

612.392. 6

ISBN 936 232 671 7

Mikroelemek a mezőgazdaságban II.
(Stimulált hatású mikroelemek)

AKADÉMIAI KIADÓ ÉS NYOMDA

M. TUD. AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

Könyvtár 216.0./19 34. sz.



Ismertető

Győri- Szabó- Mócsényiné: Mikroelemek a mezőgazdaságban II. Stimulatív mikroelemek c. könyvhöz

A könyv a mikroelemek témakörével foglalkozó összefoglaló mű második kötete. Szerzői a mikroelemek mezőgazdasági és humán élelmezéstudományi kérdéseit foglalják össze rövid, mindenki által érthető formában. Az első kötetben a létfontosságú, esszenciális mikroelemeket, jelen második kötetben a nem életfontosságú, de stimulatív hatású mikroelemeket, a harmadik kötetben pedig a mérgező hatású és jelenlegi tudásunk szerint indifferens mikroelemeket tárgyalják a szerzők. Ismertetik a mikroelemek környezetünkben való előfordulását, továbbá szerepüket és körforgalmukat a talaj-növény-állat-ember biológiai láncban.

Írta:

Szabó S. András

Győri Dániel

Regiusné Mócsényi Ágnes

Lektorálta:

Gaál Ödön

Kőrös Endre

Tartalomjegyzék

Ismertető	3
Ajánlás	12
Előszó	13
1. Biopozitív (stimulatív) hatású mikroelemek	14
1.1. Mikroelemek a talaj-növény rendszerben	15
1.2. A mikroelemek szerepe a takarmányozásban és a táplálkozásban	18
1.3. Összefoglalás	19
2. A kobalt (Co)	21
2.1. A kobalt a talajokban	21
2.2. A kobalt a növénytermesztésben	22
2.2.1. A kobalt növényélettani szerepe	22
2.2.2. Különböző növények kobalttartalma és az erre ható tényezők	22
2.2.3. A növények kobaltellátottságának optimalizálása	24
2.3. A kobalt az állati termékek előállításában	24
2.3.1. A kobalt szerepe az állatok anyagcseréjében	24
2.3.2. A takarmányok kobalttartalma és az ezt befolyásoló tényezők	26
2.3.3. A kobaltellátottság és az állatok termelése	28
2.4. Élelmiszerek kobalttartalma	29
2.5. Összefoglalás	31
3. A króm (Cr)	32
3.1. A króm a talajokban	32
3.2. A króm a növénytermesztésben	32
3.2.1. A króm növényélettani szerepe	32
3.2.2. Különböző növények Cr-tartalma és az erre ható tényezők	33
3.2.3. A növények krómellátottságának optimalizálása	34
3.3. A króm az állati termékek előállításában	34
3.3.1. A króm szerepe az állatok anyagcseréjében	36
3.3.2. A takarmányok krómtartalma és az ezt befolyásoló tényezők	37
3.3.3. A krómellátottság és az állatok termelése	38
3.4. Élelmiszerek krómtartalma	39
3.5. Összefoglalás	41
4. A nikkelt (Ni)	42
4.1. A nikkelt a talajokban	42
4.2. A nikkelt a növénytermesztésben	43
4.2.1. A nikkelt növényélettani szerepe	43
4.2.2. Különböző növények nikkeltartalma és az erre ható tényezők	44
4.2.3. A növények nikkelellátottságának optimalizálása	44
4.3. A nikkelt az állati termékek előállításában	45
4.3.1. A nikkelt szerepe az állatok anyagcseréjében	45
4.3.2. A takarmányok nikkeltartalma és az ezt befolyásoló tényezők	48
4.3.3. Nikkelellátottság és az állatok termelése	51
4.4. Élelmiszerek nikkeltartalma	54
4.5. Összefoglalás	55
5. A vanádium (V)	56
5.1. A vanádium a talajokban	56

5.2. A vanádium a növénytermesztésben	57
5.2.1. A vanádium növényélettani szerepe	57
5.2.2. Különböző növények vanádiumtartalma és az erre ható tényezők	57
5.2.3. A növények vanádiumellátottságának optimalizálása	58
5.3. A vanádium az állati termékek előállításában	58
5.3.1. A vanádium szerepe az állatok anyagcseréjében	58
5.3.2. A takarmányok vanádiumtartalma és az ezt befolyásoló tényezők	59
5.3.3. A vanádiumellátottság és az állatok termelése	60
5.4. Élelmiszerek vanádiumtartalma	60
5.5. Összefoglalás	62
6. Az ón (Sn)	63
6.1. Az ón a talajokban	63
6.2. Az ón a növénytermesztésben	63
6.2.1. Az ón növényélettani szerepe	63
6.2.2. Különböző növények óntartalma és az erre ható tényezők	63
6.2.3. A növények ónellátottságának optimalizálása	64
6.3. Az ón az állati termékek előállításában	65
6.3.1. Az ón szerepe az állatok anyagcseréjében	65
6.3.2. A takarmányok óntartalma és az ezt befolyásoló tényezők	66
6.3.3. Az ónellátottság és az állatok termelése	66
6.4. Élelmiszerek óntartalma	66
6.5. Összefoglalás	68
7. A titán (Ti)	69
7.1. A titán a talajokban	69
7.2. A titán a növénytermesztésben	70
7.2.1. A titán növényélettani szerepe	70
7.2.2. Különböző növények titántartalma és az erre ható tényezők	72
7.2.3. A növények titánellátottságának optimalizálása	72
7.3. A titán az állati termékek előállításában	73
7.3.1. A titán szerepe az állatok anyagcseréjében	73
7.3.2. A takarmányok titántartalma és az ezt befolyásoló tényezők	74
7.3.3. A titánellátottság és az állatok termelése	75
7.4. Élelmiszerek titántartalma	75
7.5. Összefoglalás	75
8. A stroncium (Sr)	77
8.1. A stroncium a talajokban	77
8.2. A stroncium a növénytermesztésben	78
8.2.1. A stroncium növényélettani szerepe	78
8.2.2. Különböző növények stronciumtartalma és az erre ható tényezők	79
8.2.3. A növények stronciumellátottságának optimalizálása	80
8.3. A stroncium az állati termékek előállításában	81
8.3.1. A stroncium szerepe az állatok anyagcseréjében	81
8.3.2. A takarmányok stronciumtartalma és az ezt befolyásoló tényezők	83
8.3.3. A stronciumellátottság és az állatok termelése	83
8.4. Élelmiszerek stronciumtartalma	84
8.5. Összefoglalás	85

9. A litium (Li)	86
9.1. A litium a talajokban	86
9.2. A litium a növénytermesztésben	87
9.2.1. A litium növényélettani szerepe	87
9.2.2. Különböző növények litiumtartalma és az erre ható tényezők	87
9.2.3. A növények litiumellátottságának optimalizálása	88
9.3. A litium az állati termékek előállításában	89
9.3.1. A litium szerepe az állatok anyagcseréjében	89
9.3.2. A takarmányok litiumtartalma és az ezt befolyásoló tényezők	92
9.3.3. A litiumellátottság és az állatok termelése	92
9.4. Élelmiszerek litiumtartalma	96
9.5. Összefoglalás	97
10. A cézium (Cs)	98
10.1. A cézium a talajokban	98
10.2. A cézium a növénytermesztésben	99
10.2.1. A cézium növényélettani szerepe	99
10.2.2. Különböző növények céziumtartalma és az erre ható tényezők	100
10.2.3. A növények céziumellátottságának optimalizálása	101
10.3. A cézium az állati termékek előállításában	102
10.3.1. A cézium szerepe az állatok anyagcseréjében	102
10.3.2. A takarmányok céziumtartalma és az ezt befolyásoló tényezők	103
10.3.3. A céziumellátottság és az állatok termelése	103
10.4. Élelmiszerek céziumtartalma	104
10.5. Összefoglalás	105
11. A fluor (F)	106
11.1. A fluor a talajokban	106
11.2. A fluor a növénytermesztésben	107
11.2.1. A fluor növényélettani szerepe	107
11.2.2. Különböző növények fluortartalma és az erre ható tényezők	107
11.2.3. A növények fluorellátottságának optimalizálása	108
11.3. A fluor az állati termékek előállításában	109
11.3.1. A fluor szerepe az állatok anyagcseréjében	109
11.3.2. A takarmányok fluortartalma és az ezt befolyásoló tényezők	111
11.3.3. A fluorellátottság és az állatok termelése	112
11.4. Élelmiszerek fluortartalma	114
11.5. Összefoglalás	117
12. A jód (I)	117
12.1. A jód a talajokban	117
12.2. A jód a növénytermesztésben	117
12.2.1. A jód növényélettani szerepe	117
12.2.2. Különböző növények jódtartalma és az erre ható tényezők	118
12.2.3. A növények jódellátottságának optimalizálása	118
12.3. A jód az állati termékek előállításában	119
12.3.1. A jód szerepe az állatok anyagcseréjében	119
12.3.2. A takarmányok jódtartalma és az ezt befolyásoló tényezők	120
12.3.3. A jódellátottság és az állatok termelése	120

12.4. Élelmiszerek jódtartalma	124
12.5. Összefoglalás	129
13. A szelén (Se)	130
13.1. A szelén a talajokban	130
13.2. A szelén a növénytermesztésben	135
13.2.1. A szelén növényélettani szerepe	135
13.2.2. Különböző növények szeléntartalma és az erre ható tényezők	136
13.2.3. A növények szelénellátottságának optimalizálása	140
13.3. A szelén az állati termékek előállításában	141
13.3.1. A szelén szerepe az állatok anyagcseréjében	141
13.3.2. A takarmányok szeléntartalma és az ezt befolyásoló tényezők	144
13.3.3. Szelénellátottság és az állatok termelése	145
13.4. Élelmiszerek szeléntartalma	150
13.5. Összefoglalás	151
14. A szilícium (Si)	152
14.1. A szilícium a talajokban	152
14.2. A szilícium a növénytermesztésben	153
14.2.1. A szilícium növényélettani szerepe	153
14.2.2. A különböző növények szilíciumtartalma és az erre ható tényezők	154
14.2.3. A növények szilíciumellátottságának optimalizálása	155
14.3. A szilícium az állati termék előállításban	157
14.3.1. A szilícium szerepe az állatok anyagcseréjében	157
14.3.2. A takarmányok szilíciumtartalma és az ezt befolyásoló tényezők	157
14.3.3. A szilíciumellátottság és az állatok termelése	158
14.4. Élelmiszerek szilíciumtartalma	159
14.5. Összefoglalás	159
Utószó	160
Függelék	161
Az interdiszciplináris mikroelem-kutatásról	161
FÜGGELÉK	173
Magyar nyelvű irodalom	174
Angol és német nyelvű irodalom	176
Orosz nyelvű irodalom	213

Ábrajegyzék

1.1. A tápelem mennyisége a növényben és a termés	14
2.1. Összefüggés a vöröshere Cu- és Co-tartalma között	28
3.1. Különböző testrészek ^{51}Cr -tartalma krómkloridot adva a mérési időpontig inkorporált ^{51}Cr százalékában	36
3.2. A tejfel, vizelettel és bélsárral ürülő ^{51}Cr megoszlása az adagolást követő 96 óra alatt	38
4.1. Nőivarú sertések testtömeg gyarapodása Ni-ellátásnál és Ni-hiánynál	48
4.2. Hímivarú kecskék testtömeg gyarapodása Ni-ellátásnál és Ni-hiánynál	49
9.1. A kontrol és Li-hiányos kecskék szóróréteg Li-tartalma	92
9.2. A litium kiegészítés és hatása a sertések testtömeg gyarapodására	

11.1. A takarmánnyal Ca, ill. Na-fluoridban adott F abszorpciójának és a csontok fluortartalmának alakulása szarvasmarhánál	109
12.1. A süldők napi takarmányfelvételének alakulása jódkiegészítés nélkül	122
12.2. A süldők napi takarmányfelvételének alakulása eltérő ásványi anyag kiegészítés mellett	123
12.3. A nőivarú kontrol és jódhiányos kecskék fehér fedőszőrének I-tartalma	125
13.1. A szelén geokémiai körforgása	132
13.2. A rét-legelő növényzetének Se-koncentrációja	137
13.3. A fehér fedőszőr Se-tartalma	145
13.4. A szelénhiányos és kontrol kecskék testtömeg gyarapodása	146
13.5. A szelénhiányos és kontrol gidák testtömeg gyarapodása	147
14.1. A szilícium körforgalma	153
14.2. A csirkék testtömeg növekedésének alakulása Si-kiegészítés hatására	155

Táblázatok jegyzéke

1.1. Néhány tápelem és nyomelem kritikus értékei	16
1.2. Indikátor növények	17
1.3. Egyes mikroelemek fontossága	18
1.4. A haszonállatok tűrőhatára néhány mikroelemre vonatkozóan	19
2.1. Néhány kultúrnövény Co-tartalma	23
2.2. A kobalt szerepe az anyagcserében	25
2.3. A juh egyes szerveinek Co-tartalma, egészséges és Co-hiányos állapotban	26
2.4. Eltérő talajról származó tesztnövények Co-tartalma	26
2.5. Zöldtakarmányok Co-tartalmának alakulása a fejlődés folyamán	27
2.6. Különböző takarmányok Co-tartalma	27
2.7. Az egyes állatfajok tejének B ₁₂ -vitamin tartalma	27
2.8. Hazai élelmiszerek átlagosnak vehető kobalttartalma	28
3.1. A króm szerepe az anyagcserében	35
3.2. Különböző takarmányok krómtartalma	37
3.3. Haai élelmiszerek átlagosnak vehető krómtartalma	40
4.1. A nikkellel szerepe az anyagcserében	45
4.2. Ca-ürülés és a csontok Ca-tartalma Ni-hiányos sertéseknél	46
4.3. Ni-hiányos kecskék bordacsontjában tárolt Zn-tartalom a kontrollhoz viszonyítva	47
4.4. Különböző élelmiszer- és takarmánynövények Ni-tartalma	49
4.5. A négy indikátornövény (vöröshere, lucerna, búza, rozs) talajspecifikus Ni-tartalma	50
4.6. Néhány élelmiszer és takarmánynövény Ni-tartalma Ni-emisszióknak kitett és normál talajnál	50
4.7. A lucerna, a vöröshere (virágzásban), a búza (bugahányásban) és a rozs (virágzásban) Ni-tartalma	51
4.8. A kecskék különböző testrészeinek, illetve szerveinek Ni-tartalom alakulása különböző ellátásnál	52
4.9. A mezőgazdasági haszonállatok egyes szerveinek Ni-tartalma Magyarországon és az NDK-ban	53
4.10. Egyes élelmiszerek átlagosnak vehető nikkeltartalma	54
5.1. Botanikai referenciaanyagként (SRM) használatos minta V-koncentrációja	56
5.2. A vanádium szerepe az anyagcserében	58
5.3. Az élelmiszerek átlagosnak vehető vanádium-tartalma	60
6.1. A növényi levelekben leggyakrabban mérhető Sn-koncentráció tartománya	63
6.2. Az ón szerepe az anyagcserében	64
6.3. Tartósított élelmiszerek Sn-tartalmának megengedett értéke	66
6.4. Tökpüré és sűrített paradicsom bébiétel konzervek óntartalma	66

7.1. Titánkezeléses szőlőkísérlet a Kecskemét-Szikrai Állami Gazdaságban	69
7.2. Titánkezeléses paradicsomkísérlet Tordason	70
7.3. Broilercsirke- és nyúlhízlalási kísérlet titán-keláttal	72
7.4. Sertés- és báránynevelési kísérlet titán-keláttal	73
7.5. A titán szerepe az anyagcserében	73
8.1 Stroncium- és kalciumtartalom a talajban és a rizs zöldtömegében	76
8.2. A talajhozadott Ca hatása a növénye ⁹⁰ Sr aktivitására	79
8.3. A stroncium szerepe az anyagcserében	80
8.4. A Sr-Ca rendszerbiológiai felezési ideje	81
8.5. Juhcsontminták Sr-tartalma	83
9.1. A litium szerepe az anyagcserében	87
9.2. Az újszülött kecskegidák testtömeg eloszlásának %-os alakulása az anyák Li-ellátásától függően	88
9.3. A Li-hiány hatása a kecskék tömeggyarapodására	88
9.4. A Li-ellátás hatása a tejtermelésre a laktáció első napjain	89
9.5. A tej Li-tartalmának alakulása a Li-ellátástól függően	89
9.6. Élelmiszer- és takarmánynövények Li-tartalma	90
9.7. Jelzőnövények Li-tartalma összehasonlítva az NDK adataival	91
9.8. A pigmentált és fehér fedőszőr Li-tartalma a feketetarka és vöröstarka teheneknél	93
9.9. Kifejlett kecskeanyák és utódai szerveinek Li-tartalma	93
9.10. A kérődzők és a ló egyes szerveinek Li-tartalma	94
9.11. Egyes szervek fajspecifikus Li-tartalma normál ellátásnál	94
10.1. A ¹³⁷ Cs-ra vonatkozó növény/talaj diszkriminációs faktor értékei különböző növényeknél	98
10.2. A talajból felvett cézium megoszlása a föld feletti és a föld alatti részek között	99
10.3. A cézium (Cs) szerepe az anyagcserében	101
10.4. A Cs-K rendszer biológiai felezési ideje	103
11.1. Egyes növények leveleinek F-koncentrációja	106
11.2. A fluor szerepe az anyagcserében	110
11.3. Különböző takarmányok átlagos fluortartalma	111
11.4. A háziállatok tűrőképessége a F-ral szemben	112
11.5. A F-ra vonatkoztatott MMK-értékek takarmányokban	112
11.6. Hazai élelmiszerek átlagosnak vehető fluortartalma	113
11.7. Egyes növények fluortartalma 1981-1983 között	114
12.1. A jód szerepe az anyagcserében	119
12.2. Zöld növények jódtartalma a fejlődés folyamán	120
12.3. Különböző takarmányok jódtartalma	120
12.4. Azonos geológiai talajról származó növények jódtartalma a tengertől való távolság függvényében	120
12.5. A jódhiány hatása az egyes szervek jódtartalmára	124
12.6. Az eltérő jódelátás hatása az egyes szervek jódtartalmára	124
12.7. Az indikátorszervek normál jódtartalma	124
12.8. A pajzsmirigy és a testtömeg gyarapodás bikáknál 126 bibikábikáknál, lterjédelátás mellett	125

12.9. Élelmiszerek jódtartalma	127
12.10. Élelmiszerek jódtartalma jóddal megfelelően ellátott, valamint jódhiányos körzetben	128
13.1. A talajok csoportosítása a talaj teljes Se-koncentrációja alapján	129
13.2. A jelzőnövények talajspecifikus szeléntartalma	130
13.3. A növények talajból való szelénfelvétele a szelén kémiai formájától függően	131
13.4. Az esővíz szelénkoncentrációja Dániában	133
13.5. Szántóföldi talajok Se-tartalma	135
13.6. Dániai gabonafélék szelénkoncentrációja	136
13.7. A gabonafélék átlagos szelénkoncentrációja Dániában	136
13.8. Szelénadagolás hatása a sárgarépa terméshozamára	138
13.9. Szántóföldi kísérletek eredményei Kanadában Se adagolásával	139
13.10. Szántóföldi kísérletek eredményei Kanadában 2 és 4 kg/ha Se-adagolással	139
13.11. A szelén szerepe az anyagcserében	141
13.12. A különböző szervek Se-tartalmának alakulása	142
13.13. Egyes takarmánynövények átlagos szeléntartalma	143
13.14. Élelmiszer- és takarmánynövények Se-tartalma normál és ipari szennyezett területeken	144
13.15. Egyes szervek Se-tartalmának alakulása kecskéknél	145
13.16. Egyes élelmiszercsoportok Se koncentrációja	149
14.1. A szilícium szerepe az anyagcserében	157

Ajánlás

Tisztelt Olvasó!

Örülök, hogy Önhöz is eljutott ez a könyv, mely a "Béres kiadványok" sorozatban jelenik meg. E sorozat elindításával több célt kívánunk szolgálni. Tervezzük tudományos és ismeretterjesztő kiadványok megjelentetését, valamint fontos kötelezettségünknek tartjuk, hogy segítsük a Béres Rt. kutatásaihoz közelálló munkák közreadását. Megtisztelőnek érezzük, hogy Szabó S. András, Regiusné Mócsényi Ágnes és Győri Dániel "Mikroelemek a mezőgazdaságban" című munkájának második, a stimulatív mikroelemekről szóló kötetének megjelenéséhez hozzájárulhatunk a magyarországi kémia, biológia, biokémia, bioszervetlen kémia és a mezőgazdaság tudományok területén oktató, kutató szakemberek javára.

A tudomány ezen területe különösen közel áll a szívemhez, hiszen képesítem szerint agrármérnök vagyok. Hosszú ideig a Nyírségi Mezőgazdasági Kutatóintézet Kisvárdai Telepén dolgoztam. Kutatási szakterületem a növények vírusos megbetegedéseinek tanulmányozása, a betegségek okainak és leküzdésének feltárása volt. Kiindulási feltevésem szerint a kórokozók jelenléte önmagában még nem elegendő feltétele a betegség szimptómák kialakulásának. Vizsgálódásaim ezért már a kezdetekben interdiszciplinárisak voltak és kiterjedtek a talajok, vizek kémiai, mikrobiológiai tulajdonságainak tanulmányozására is. A megszerzett új ismeretek a tematikai béklyók lerázására készítették és a megismerés belső szenvedélye elindított azon az úton, mely az állatvilág és az ember kórélettani jelenségeinek tanulmányozásához vezetett. Több mint négy évtizedes kutatói munkásságom eredményeit főként annak tulajdonítom, hogy a kóros és egészséges szervezetek biokémiai és környezeti adottságainak összehasonlító vizsgálatába kezdtem, a legjelentéktelenebbnek látszó tüneti jelenségeket sem hagyva figyelmen kívül. Bizonyos elemek minimumba vagy túlsúlyba kerülése ugyanis magyarázatot adhat a civilizálódó korunkban fokozottan fellépő és egyes hagyományos módszerekkel megnyugtatóan nem gyógyítható - növényi, állati és emberi - betegségek okaira és ennek felismerése megteremti a lehetőséget az okok megszüntetésére, illetve az egészség helyreállítására. A mennyiségekben eltolódott élettanilag nélkülözhetetlen nyomelemekben találtam meg a betegségek kialakulásának principiumait. Az eltolódott arányok helyreállítása érdekében született meg több mint húsz évvel ezelőtt a Béres Csepp Plusz. Amit kezdetben saját munkám alapján egyedülállónaként hirdettem, azt ma már a tudományos világ eredményei is alátámasztják.

A Béres Részvénytársaság megalakulása, 1989 óta, saját vállalatomban lelkes és tehetséges fiatal munkatársak támogatásával folytatom a kutatást. Munkánk homlokterében ma is a nyomelemek terápiás alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata áll. Termékeink között a humán készítmények mellett a növény- és állatvilágban alkalmazható termékek is szerepelnek.

Fontosnak tartom, hogy a meglévő ismeretek eljussanak, felhasználhatókká váljanak a szakemberek számára. Erkölcsei késztetést érzek azért, hogy elsősorban a fiatal magyar kutatók munkáját lehetőségünkhöz mértén segítsük a szívünkhöz közelálló és megítélésünk szerint támogatandó munkák sorában.

Dr. Béres József
a Béres Rt. elnöke

Előszó

Ismert tény, hogy a kutatások egyre újabb és újabb elemek fontos biológiai szerepéről szolgáltatnak bizonyítékokat, másrészt a környezetünkben bekövetkező, és a bioszféra kémiai összetételének módosulásában is megnyilvánuló ökológiai elváltozások számos toxikus mikroelemre is ráirányították a figyelmet.

Könyvünk előző, I. kötete, 6 mikroelemet (Mn, Zn, Fe, Cu, Mo, B) tárgyalt. Ezek növényélettani szempontból valamennyien létfontosságúak, és a bór kivételével az állati szervezetek számára is esszenciálisak. Az I. kötet 1987-ben jelent meg a Mezőgazdasági Kiadó gondozásában.

Ebben a kötetben 13 mikroelemmel (Co, Cr, Ni, V, Sn, Ti, Sr, Li, Cs, F, I, Se, Si) foglalkozunk, valamennyit önállóan, külön fejezetben tárgyalva. Először a kérdéses elemnek a talajban való előfordulását ismertetjük, majd növényélettani szerepével, a különböző növényekben mérhető koncentrációjával és az erre ható tényezők kérdésével, illetve az ellátottság optimalizálásának lehetőségeivel foglalkozunk. Ezt követően elemezzük az adott elemnek az állati termékek előállításában, ezen belül a haszonállatok metabolizmusában betöltött fiziológiai szerepét, a takarmányokban a kérdéses nyomelem koncentrációját és az ezt befolyásoló tényezőket, valamint az ellátottság és az állatok termelése közötti összefüggést. Végül adatokat közlünk egyes a néptáplálkozásban kiemelt jelentőségű élelmiszerek mikroelemtartalmáról. Minden fejezet végén rövid összefoglalást is adunk. Úgy véljük, hogy az összefoglalások megkönnyítik a tájékozódást azon olvasók számára, akik nem kívánnak részleteiben megismerkedni minden egyes mikroelemmel, viszont igénylik, hogy azokról is rövid, összesített információ álljon rendelkezésre, amelyek kívül esnek pillanatnyi érdeklődési körükön.

Kötetünk függelékét is tartalmaz, amelyben ismertetjük az interdiszciplináris mikroelem-kutatási programot. Ez a rész Pais Istvánnak, a program irányítójának, az MTA Élelmiszertudományi Komplex Bizottság Mikroelem Munkabizottsága elnökének a munkája. A Függelékhez tartozik a rövid Terminológiai kisszótár is, amely a könyvben előforduló azon szakkifejezések tömör magyarázatát adja, amelyek nem szerepeltek az I. kötet szakszótárában.

A II. kötetünk is az irodalom megadásával zárul. Az irodalomjegyzék csak olyan irodalmi hivatkozásokat tartalmaz, amelyek az I. kötetben nem fordultak elő. Ezért kötetünkben előfordulnak olyan irodalmi hivatkozások, amelyek az első kötetben kereshetők vissza.

Végezetül ezúton is szeretnénk megköszönni kollégáink, munkatársaink azon segítségét, amit a mikroelemekkel kapcsolatos kutatásaink, kísérleteink, méréseink során, valamint az eredmények diszkutálásában nyújtottak. Ezt azért is kívánjuk kihangsúlyozni, mert a könyvben többször támaszkodunk saját mérési adataira, vizsgálati eredményre. Természetesen köszönet illeti mindazokat, akik javaslataikkal, tanácsaikkal, kritikáikkal és segítségükkel hozzájárultak ahhoz, hogy könyvünk II. kötete is eljusson a T. Olvasóhoz.

A köszönetnyilvánításban az utolsó mondat a könyv lektorait, Kőrös Endrét és Gaál Ödönt, a mikroelemkutatás prominens képviselőit illeti, akiknek értékes lektori munkájáért elismeréssel és őszinte köszönettel tartozunk. Tanácsaikkal, észrevételeikkel, jobbító szándékú kritikájukkal a kézirat pontosításához rendkívül hasznos segítséget nyújtottak.

1. Biopozitív (stimulatív) hatású mikroelemek

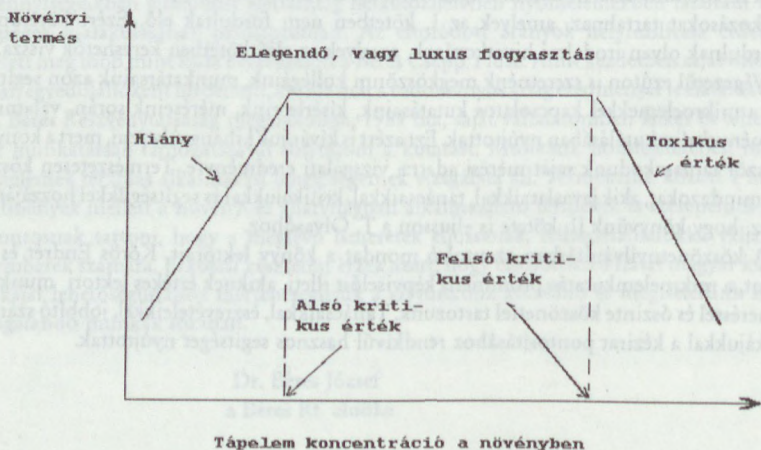
Ha a mikroelemeket valamely rendező elv alapján csoportosítani kívánjuk, akkor kézenfekvő biológiai/fiziológiai szerepüket alapul venni, és létfontosságú, stimulatív, toxikus, valamint élettanibiológiai szereppel nem bírókat megkülönböztetni. Az ilyen osztályozás azonban több szempontból is vitatható, pl. azért, mert más elemek esszenciálisak a növények, és ismét mások az állati szervezetek számára. Vagy pl. az esszenciális jelleg megítélése, illetve bizonyítása sem problémamentes, egyes elemeket ugyanis az egyértelműen esszenciális mikroelemek közé sorolunk, mások esetében viszont csak valószínűleg esszenciális jellegről beszélhetünk.

Az I. kötetben tárgyalt elemeknél meglehetősen tiszta volt a kép, hiszen mind a hat mikroelem kétséget kizáróan életfontosságú a növények számára. A kérdést az állatfiziológia szempontjából nézve azonban már eltérés adódik az 5 nehézfém mikroelem (Mn, Cu, Zn, Fe, Mo) és az egy nem fém mikroelem (B) között, hiszen közismert, hogy a bór legalábbis jelenlegi ismereteink szerint az állati szervezetek számára kifejezetten toxikus, létfontossága, vagy akár biopozitív hatása nem ismert, ezért szükségleti érték, sőt kedvező hatású koncentrációtartomány sem adható meg.

A jelen kötetben tárgyalásra kerülő 13 újabb mikroelemnél tovább bonyolódik a helyzet, hiszen ezek egy része (pl. a Cr, Ni, I) az állati szervezetek számára kis koncentrációban bizonyítottan szükséges. Vannak olyanok is (pl. Co), amelyek jelenléte a növényekre csupán stimulatív hatású, az állati

latok részére azonban létfontosságú. Van olyan mikroelem is, amely bizonyos koncentrációtartományban kedvezően hat a növényekre és állatokra egyaránt (Ti), másoknak (pl. Cs) csak a növényekre gyakorolt biopozitív hatása ismert. Egyesek pedig a valószínűleg esszenciális mikroelemek közé sorolhatók (pl. Sr), mert perdöntő bizonyítékot nem ismerünk létfontosságukról.

1.1. ábra. A tápelem mennyisége a növényben és a termés
Davis és mtsai (1978)



Összegezve tehát, az ebben a kötetben tárgyalt mikroelemekre az a jellemző, hogy jelenlétük adott koncentrációtartományban a növényi vagy állati szervezetek fejlődéséhez vagy szükséges, illetve valószínűsíthetően szükséges, vagy legalábbis a fejlődésre kedvező hatással vannak. Szűkebb értelmezés szerint természetesen a stimulatív mikroelemek közé csupán azok sorolhatók, amelyek nem esszenciálisak, viszont optimális koncentrációviszonyok között kedvező, biopozitív hatással vannak a biokémiai/fiziológiai folyamatokra.

1.1. Mikroelemek a talaj-növény rendszerben

Mint már említettük, ebben a kötetben olyan elemekkel foglalkozunk, amelyek biológiai szerepe esetenként nem teljesen tisztázott, a kísérleti adatok szerint pedig gyakran toxikus hatásúak magukra a növényekre, sőt a növényeket fogyasztó állatokra és az emberre is, azaz a táplálékláncban negatív szerepet is játszhatnak. Itt azonban meg kell említenünk, hogy az optimális koncentrációintervallum fölött az esszenciális mikroelemek is toxikus hatásúak.

Ha a kritikus értéknél kisebb mennyiségben van jelen a fontos tápelem, akkor a növények termése az elem hiánya miatt csökken, ha pedig a kritikus értéknél nagyobb a tápelem koncentrációja a növényben, akkor a termés a toxicitás miatt csökken. Ez a hatás látható az 1.1. ábrán (Davis és mtsai, 1978).

A toxikus érték közelében amely elemenként eltérő mennyiséget jelent a növények termése elsősorban a kérdéses elemnek az aktívan növekedő szövetekben levő koncentrációjától függ, és ugyanennek az elemnek a talajban vagy a tápoldatban mérhető koncentrációja csak kevésbé befolyásolja.

Érdekes összehasonlítani egyes elemeknek a növények szempontjából kritikus értékeit az állatok számára kritikus értékekkel. A toleranciaadatok Davis és mtsai (1978) után az 1.1. táblázatban láthatók.

Természetesen a kritikus érték meghatározása nem egyszerű, hiszen ez igen sok tényezőtől, sőt a többi tápelem jelenlététől és koncentrációviszonyaitól is függ. Vagy pl. a Cd, Hg, Pb esetében azt is figyelembe kell venni, hogy ezek az elemek akkumulálódhatnak, és nehezen ürülnek ki a szervezetből.

A táblázat alapján megállapítható, hogy az árpanövény számára a Cd, Hg, Mo, Pb és Se nagyobb kritikus értéknél mérgező, mint az állatok számára, vagyis az állatok látszólag egészséges, azaz toxicitási tüneteket nem mutató növények etetésével is megmérgezhetők. Az egyes elemek toxicitási problémáira egyébként a különböző ipari és kommunális szennyvizek és szennyvíziszapok egyre növekvő mezőgazdasági felhasználása irányította a figyelmet. Ezek az anyagok a talajba kerülve jelentősen megnövelik a talaj nehézfém-tartalmát. Ezáltal nő a növények nehézfémfelvétele, ami által a mikroelemek bekerülnek a biogén körforgalomba, a táplálékláncba. Ezért a talajokra kijuttatni szándékozott, nehézfémeket tartalmazó szennyvizeket és szennyvíziszapokat a felhasználás előtt feltétlenül meg kell vizsgálni mikroelem- és nehézfém-tartalom szempontjából, és csak az adatok ismeretében szabad dönteni a felhasználásról.

Könyvünk I. kötetében már szó esett az érzékeny, szűk ökológiai amplitúdójú (stenotop) és a nagy toleranciájú, tág ökológiai igényű (eurytop) növényekről, valamint arról, hogy az ún. indikátornövények tájékoztatást nyújthatnak bizonyos termőhelyi tényezők mennyiségi viszonyairól. Abból adódóan pedig, hogy egy adott területen bizonyos növények megjelenése, illetve jellegzetes elvártása egy-egy mikroelem jelenlétére utal, az indikátornövények különböző ásványi anyagok felderítésére is alkalmasak. Az ezen alapuló eljárást nevezik geobotanikus

1.1. táblázat

Néhány töpelen és nyomelem kritikus értékei

Elem	Kritikus érték alapján			Kritikus értékek
	Szövetekben sz.a. mg/kg	Egyéb irodalmi adatok	Oldatban mg/l	állatokban
Ag	4.0 (4-5)		0.50 Ag ⁺	
As	20.0 (11-26)		4.00 HAs ₃ O ₆ ³⁻	
B	80.0 (40-130)	150, 200	2.00 BO ₃ ³⁻	
Ba	500.0 (400-800)		160.00 Ba ²⁺	
Be	0.6		0.60 Be ²⁺	
Cd	15.0 (14-16)	8	0.50 Cd ²⁺	3
Co	6.0 (3-9)		1.00 Co ²⁺	50
Cr	10.0 (5-20)		8.00 Cr ³⁺	50
Cu	20.0 (18-21)	20, 30		50
Hg	3.0 (2-5)	6	4.00 Hg ²⁺	1
Li	40.0 (22-60)		1.00 Li ⁺	
Mo	135.0 (130-140)		70.00 MoO ₄ ²⁻	10
Ni	26.0 (4-26)		1.50 Ni ²⁺	50
Pb	35.0 (20-35)		25.00 Pb ²⁺	3
Sc	30.0 (7-90)		5.00 SeO ₄ ²⁻	5
Sn	63.0		110.00 Sn ²⁺	500
Te	20.0 (11-45)		0.50 Te ²⁺	
V	2.0 (1-2)		1.00	25
Zn	290.0 (160-320)	200, 400	9.00 Zn ²⁺	500
Zr	15.0 (5-18)		40.00 Zr ⁴⁺	

módszernek. Néhány, a jelen kötetben tárgyalt mikroelemre érzékeny jelzőnövényt a 1.2. táblázatban sorolunk fel (Kovács, 1975).

1.2. táblázat

Indikátor növények

Kémiai elem	Növényfaj
Co	<i>Pulsatilla patens</i>
	<i>Asplenium adnigrum</i>
	<i>A. serpentini</i>
	<i>Alyssum montanum</i> var. <i>preimanni</i>
	<i>A. argenteum</i>
	<i>A. bertoloni</i>
	<i>Dianthus tenuifolius</i>
	<i>Artemisia elongata</i>
	<i>Silene bennetii</i>
	<i>Forsythia europaea</i>
Cr	<i>Potentilla cinerea</i>
	<i>P. viscaria</i>
	<i>Linosyris villosa</i>
	<i>L. tatarica</i>
	<i>Anemone patens</i>
	<i>Pulsatilla patens</i>
	<i>Astragalus pectinatus</i>
	<i>A. pattersonii</i>
	<i>A. bisulcatus</i>
	<i>A. areolus</i>
Se	<i>A. dodgeanus</i>
	<i>A. preussi</i>
	<i>A. thomsonae</i>
	<i>A. confertiflorus</i>
	<i>Atriplex confertiflora</i>
	<i>Aster venustus</i>
	<i>Oryzopsis hymenoides</i>
	<i>Stanleya pinnata</i>

1.3. táblázat

Egyes mikroelemek fontossága

Élőlények	Mikroelemek							
	Cu	Cr	V	Sa	Se	Si	F	I
Baktériumok	++	+	+	-	+	-	-	-
Algák	+	-	+	-	-	+	-	+
Gombák	+	-	-	-	-	-	-	-
Magasabbrendű növények	+	-	-	-	+	+	-	-
Gerinctelenek	++	-	+	-	-	-	-	-
Gerincesek	++	+	+	+	++	+	-	+-

A jelölések értelmezése

- ++ mivel az elem létfontosságát az adott fajokhoz tartozó igen nagyszámú élőlénynél bizonyították, jogosan tekinthető fel, hogy az adott fajok minden egyedénél esszenciális
- + bár az elem biológiai szükségességét több esetben, több fajnál igazolták, de a bizonyítékok száma nem elegendő az általánosításához az elem biológiai létfontosságát eddig nem bizonyították, ami esetleg annak is tulajdonítható, hogy ilyen jellegű kísérletekre nem került sor
-

A most tárgyalandó elemek biológiai fontosságáról az 1.3. táblázat tájékoztat (Kőrös, 1980). Látható, hogy a mezőgazdasági termelésben döntő jelentőségű haszonállatok és a magasabb rendű növények között igen nagy az eltérés, de jelentős különbség adódik az egyes mikroelemek biológiai szerepét illetően az alacsonyabb és a magasabb rendű növények között is. Schwarz 1972-ben, a periódusos rendszer első 92 elemét (az uránnal bezáróan) vizsgálva arra a következtetésre jutott, hogy a 75 mikroelem közül leszámítva a nemesgázokat, a biológiai anyagok főkomponenseit és a makroelemeket valószínűleg csak 10 elemről állítható, hogy nincs biológiai jelentősége. Bowen (1972) pedig még ennél is tovább megy, és szerinte minden olyan elem, amely az élő szövetekben legalább egy atom/sejt koncentrációban előfordul, létfontosságú lehet. Bowen szerint elképzelhető, hogy csak a prometiumnak és a transzuránoknak nincs biokémiai jelentőségük.

1.2. A mikroelemek szerepe a takarmányozásban és a táplálkozásban

Ismert tény, hogy akár létfontosságú egy elem, akár nem, adott koncentrációjú jelenléte a szervezetben kedvezően esetleg kedvezőtlenül befolyásolhatja a termelést. Az állatok érzékenysége a hiánnyal, illetve a terheléssel szemben fajoként, fajtáinként, fejlődési állapottól, ivartól függően, sőt egyedenként is változó lehet.

Az utóbbi 10-20 év technikai fejlődése több elem (Si, V, Ni, As, Sn, Li, Cd, Pb) létfontosságának megállapítását, illetve valószínűsítését eredményezte. Ismeretes, hogy az állati

termékek gazdaságos előállítására optimális ellátást is igényel, és az optimum biztosítása a szükséglet szerinti ásványianyagellátás is fontos szerepet játszik. Az "újesszenciális mikroelemek"-re vonatkozóan a gyakorlatban hiányt eddig nem sikerült sem az állattenyésztésben, sem humán vonalon kimutatni. Azonban a toxikus terhelési szintek hatásával is foglalkozni kell, hiszen egyes elemek már a szükségletet kis mértékben meghaladó koncentrációban is mérgezőek (pl. Se), mások nagy mennyiségben etetve sem károsak (pl. Ti). Az 1.4. táblázat a haszonállatok tűréshatáráról (toleranciájáról) tájékoztat.

1.4. táblázat

A haszonállatok tűréshatára néhány mikroelemre vonatkozóan
mg/kg egységben

Elem	Szarvas- marha	Juh	Sertés	Baromfi	Ló	Nyúl
Alumínium	1 000	1 000	200	200	200	200
Króm	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
(krómklorid)	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
Króm	10	10	10	10	10	10
(krómoxid)	40-100	60-150	150	150-200	40	40
Kobalt	50	50	100		50	50
Fluor	2	2	2	300	2	2
Nikkel	2 000	2 000	-	2	-	-
Szelén	-	-	-	-	-	-
Szilícium	-	-	-	-	-	-
Ón	50	50	10	-	10	10
Titán	50	50	400	10	5	-
Vanádium	2 000	2 000	3 000	300	-	-
Jód						
Stroncium				-		

Megemlítendő, hogy a biotranszformáció révén az egyébként alig mérgező elemek (pl. Sn) is toxikussá válhatnak. Az ón metilezett formája katalizátorként elősegítheti, illetve erősítheti más elemek (pl. Hg) káros hatását (Klein és mtsai, 1983). Az egyes környezetszennyező elemek (pl. Cd, Hg, Pb) bioszférában való feldúsulása révén a mérgezés veszélye növekedett, és egyes technológiai eredetű tényezők (pl. az ón felhasználása a konzerviparban) kihatásai sem tisztázottak teljes mértékben. Megjegyezzük azonban, hogy a toxikus elemek fogyasztásának hatása nem feltétlenül kell, hogy akut mérgezési tüneteket okozzon, ugyanis kismérvű krónikus fogyasztás is kiválthatja évek vagy évtizedek múlva daganatok kialakulását, s eredményezhet vesekárosodást, csontdemineralizációt stb.

1.3. Összefoglalás

1. Az egyes mikroelemek jelenléte függetlenül attól, hogy a szervezet számára esszenciálisak-e vagy sem pozitív és negatív hatással is lehet a növényi, illetve állati produktumra. Szigorú

2. Az egyes mikroelemek biokémiafiziológiai funkcióit tekintve a magasabb rendű növények, illetve állati szervezetek között a létfontosságúnak, valamint stimulátnak ítélt elemeket tekintve jelentős eltérések vannak. Nagy különbségek lehetnek az egyes mikroelemekkel szembeni toleranciát illetően is.

2. A kobalt (Co)

A kobalt a periódusos rendszerben a VIII. csoportba, azon belül a vascsoportba tartozó elem, vegyületeiben két vagy három vegyértékű. Az állati és emberi szervezet számára egyértelműen esszenciális, növényélettani szerepéről megoszlanak a vélemények. Egyesek szerint nem csupán stimulatív, hanem a növények számára is létfontosságú elem (Young, 1979). A tengervízben átlagosan 0,02 mg/l, a felszíni édesvizekben 0,2 mg/l, a litoszférában 25 mg/kg, a talajokban 12 mg/kg (0,3 - 200 mg/kg) gyakorisággal fordul elő (Bowen, 1979, 1982).

2.1. A kobalt a talajokban

A talajok Co-tartalma többnyire 1 - 40 mg/kg érték között változik. A Co-koncentrációt döntően a talajképző kőzet ásványi összetétele határozza meg. Vizsgálataink szerint (Győri, 1972) néhány hazai talaj összes Co-tartalma 0,79 - 2,43 mg/kg közötti érték volt.

A talajképző kőzetek Kovda és mtsai (1959) adatai szerint igen eltérő Co-tartalmúak lehetnek. Legkisebb a Co-tartalom a mészkőben, a dolomitban és a homokban (1 - 4 mg/kg), a löszös üledék Co-tartalma átlagosan 8 mg/kg, a bazalt 21 mg/kg kobaltot tartalmaz. Az ásványok között az olivin Co-tartalma mintegy 125 mg/kg, a pyroxéneké kb. 50, a plagioklászok pedig többnyire 2 mg/kg-nál kisebb mennyiségben tartalmazzák (Bear, 1964).

A kobalt erős komplexképző tulajdonságú elem, ezért erősen kötődik a talaj szerves anyagaihoz és az agyagásványok felületéhez is, de nem kicserélhető formában az agyagásványok rétegrácsaiban, izomorf helyettesítéssel is szorbeálódhat. Ennek következményeként a talajok agyagfrakciójában a Co felhalmozódik. A hazai erdőtalajok agyagfrakciójában a Co-tartalom meghaladhatja a 4 mg/kg értéket (Győri, 1972). A kobalttartalom maximuma a talajok B szintjében mérhető, ahol a vasoxid-, alumíniumoxid- és az agyagtartalom a legnagyobb.

A talajok mobilis Co-tartalma 2,5%-os ecetsavoldattal vagy 0,05 mol/l EDTA-oldattal kivonva általában 0,06 - 2,0 mg/kg között változik. Ha a talaj mobilis Co-tartalma 0,1 mg/kg alatti, a talaj Co-ellátottsága nem megfelelő.

A talajok Co-tartalma más forrásokból is származhat. A műtrágyák közül a nitrogén- és káliumműtrágyák Co-tartalma általában 1 mg/kg alatt van, a foszfát műtrágyák azonban 1 - 10 mg/kg közötti mennyiségben tartalmazzák. Városi szennyvíziszapokban néha igen nagy mennyiségben fordul elő a kobalt, koncentrációja elérheti a 100 mg/kg értéket is, s ha ilyen szennyvíziszap a talajokra kerül, jelentősen megnőhet a növények Co-felvétele. Ipari körzetekben a talajokra a levegőből való leülepedéssel is jelentős mennyiségű kobalt juthat. Angliában pl. a levegőből a talajra jutó szennyezés következtében egy iparilag szennyezett területen a talaj kioldható Co-tartalma mintegy ötszöröse volt a nem szennyezett területen mérhető értéknek (Bear, 1964). Hasonló volt az arány a többi nehézfém (Ni, Pb, V, Zn) illetően is a kontaminációnak kitett és az attól mentes területek között.

Co-hiány elsősorban a láptalajokon fordul elő a kevés összes Co-tartalom, illetve a szerves anyag által megkötött, és ezért nem felvehető formában lévő Co miatt, továbbá homoktalajokon, valamint karbonátos vagy túlmeszesített talajokon a Co oldhatóságának csökkenése, s ezért rossz felvehetősége miatt.

A Co erős adszorpciós képessége miatt a talajból nem mosódik ki. ⁶⁰Co izotópos vizsgálattal megállapították, hogy a Co migrációja eléggé kismérvű, két év alatt mindössze 8 - 10 cm volt az elmozdulása a talajszelvényben (KulikovPiskunov, 1969).

2.2. A kobalt a növénytermesztésben

2.2.1. A kobalt növényélettani szerepe

A Co a növényekben más nehézfémekhez hasonlóan viselkedik, ugyanis a vashoz, mangánhoz, cinkhez és rézhez hasonlóan erős komplexképző tulajdonságú. Ezért képes helyettesíteni más, fiziológiailag fontos tápelemeket a biológiailag aktív helyeken, és ezáltal csökkenti ezen tápelemek felvételét és hatását. Megállapították, hogy nagy Co-főlőleg Fe-hiányt indukál a növényekben, és azt is megfigyelték, hogy nagy főlőlegben levő Co toxikus hatása a Mn-hiányhoz hasonló tünetekkel jár. A Co-toxicitás a növények levelein klorotikus és nekrotikus foltokat hoz létre.

Néhány növény igen érzékeny a Co-toxicitásra. MacNicol és Beckett (1985) adatai szerint oldatkultúrákban, árpánál a levelekben 6 mg/kg Co mintegy 10% termésdepressziót okoz, hasonló mérvű csökkenés káposztánál kb. 10 mg/kg Co-tartalomnál következik be. Babnál már 4 mg/kg Co-tartalom fölötti koncentráció is jelentős terméscsökkenést okoz.

A növényekben a kobalt nem sorolható a mozgékony elemek közé. Bár a levelek is képesek felvenni, azokból nem szállítódik tovább. Feltételezhetően a gyökérből a hajtásba a transzspirációs árammal mozog, ezért a levelek szélein és csúcsain halmozódik föl. Nagy kobaltfőlőleg esetén a fitotoxikus hatás azzal függ össze, hogy a Co a különböző élettani reakciókból kiszorít más létfontosságú nehézfémeket.

Növényélettani szerepét tekintve bizonyított, hogy kis koncentrációban különböző mikroorganizmusok (baktériumok) molekuláris nitrogénkötéséhez nélkülözhetetlen. Algákban, gombákban, valamint a magasabb rendű növényekben szükségessége azonban nem teljesen bizonyított.

Irodalmi adatok szerint az elemi nitrogént kötő baktériumok Co-igényesek, ugyanígy a nitrogénkötőkkel szimbiózisban élő pillangósvirágú növények is, valamint a N₂-kötő algák. Szójában pl. a Co-hiány jelentősen csökkenti a N₂ megkötését. A Co a B₁₂-vitamin alkotórésze, és a növényekben a B₁₂-koenzim része, amelynek szerepet tulajdonítanak a nitrogénkötésben. A Co-igény a nitrogén megkötésében azonban nagyon kis érték, lucernánál pl. már 10 mg/kg Co elegendő a tápoldatban (Wilson, Reisenauer, 1967).

A kobalttal kapcsolatos szakirodalomban arról is vannak adatok, hogy a kobalt szerepet játszik a növények enzimatiszus folyamataiban, így pl. bizonyos biokémiai redoxi reakciókban (Mengel, Kirkby, 1978).

2.2.2. Különböző növények kobalttartalma és az erre ható tényezők

A 2.1. táblázatban néhány kultúrnövény átlagos kobalttartalmát tüntettük fel Katalymow (1969) közlése nyomán. Az I. kötetben tárgyalt esszenciális nehézfémekkel összehasonlítva megállapítható, hogy a növények Co-tartalma elég kis érték. A levelek kobalttartalma általában

2.1. táblázat

Néhány kultúrnövény Co-tartalma (mg/kg szárazanyag)
(Katalymow, 1969.)

Növény		Co-tartalom
Zab	mag	0.36
	szár	0.24
Árpa	mag	0.37
	szár	0.37
Bab	mag	0.33
	szár	0.58
Lucerna	széna	0.38
Csillagfűrt	széna	0.52
Cukorrépa	répatest	0.22
	levél	0.49
Takarmányrépa	répatest	0.32
	levél	0.51

nagyobb, mint más részeké. Többnyire a különböző mezőgazdasági jelentőségű növények Co-tartalma 0,05 - 1,00 mg/kg szárazanyag közötti érték. A termés betakarításával évente 1 - 6 g-ra becsülhető az 1 ha-ról elvitt mennyiség (Bassam, Thorman, 1979).

Némely növény a kobaltot igen nagy mennyiségben képes akkumulálni. Zaireban pl. a *Crotolaria cobalticola* 500 - 800 mg/kg kobaltot tartalmaz.

Brooks és mtsai (1978) Co- és Cu-hiperakkumuláló növényeket találtak Zaireban és Zambiában, ahol 15 kobaltofita és 12 cuprofitá növényt különítettek el a

Labiatae és a Scrophulariaceae családból. Az *Aeolanthus lififormifolius* Co-tartalma 2520 mg/kg, Cu-tartalma 432 mg/kg volt olyan metallogén övezetben, ahol a talajok Co-tartalma is nagy volt.

Jelentős mértékben dúsítják szövetekben a kobaltot a

Chetraceae növénycsalád ezek nyílt virágú cserjefélék tagjai is. Ezek leveleinek kobalttartalma az USA-ban és Japánban végzett mérések szerint mintegy két nagyságrenddel múlja felül a többi növényekét (Pais, 1984). Feltételezhető, hogy e növénycsalád tagjaiban a kobaltnak valamilyen speciális funkciója lehet, és a levelekből sikerült is kobaltot tartalmazó porfirin-vegyületet izolálni.

Számos kísérlet igazolta a kobaltnak a különböző növények fejlődésére gyakorolt biopozitív hatását. Ahmed és Evans (1960) pl. szójababbal végeztek kísérleteket és megállapították, hogy kobaltkezelés hatására jobban fejlődtek a növények, mind a nitrogéntartalmuk, mind a szárazanyag-tömegük növekedett. Co-hiány esetén a növények N-hiányos tüneteket mutattak. A CoCl_2 hatásosabb volt, mint a B_{12} -vitamin formájában adott Co, vagyis a N_2 megkötésében

nem a B₁₂-vitamin Co-tartalma játszik szerepet. Hasonló következtetésre jutottak Dilworth és mtsai (1979) is édes csillagfűrtel végzett kísérleteikben.

Reisenauer (1960) lucernával végzett tenyészedeny-kísérletben azt tapasztalta, hogy a Co hatására megkötött N 237 - 154 mg/edény volt, míg Co nélkül csupán 34 - 27 mg/edény.

Vörös herével végzett homokkultúrák kísérletben Hollsworth és mtsai megállapították (1960), hogy a Co-kezelés hatására növekedett a nitrogénmegkötés.

Burgonyával végzett kísérletekben Béres (1960) arra a következtetésre jutott, hogy Co szegény homoktalajokban a burgonya leromlása gyorsabb és nagyobb mértékű.

Belák és mtsai (1969, 1970) által szudánifűvel és zabbal végzett kísérletekben rétláp talajon megállapítást nyert, hogy nagy szervesanyag-tartalmú talajon a

Cu és a Co nehezen felvehető formában megkötődik, és ezért a szudánifű Co-tartalma nem éri el az állatok számára szükséges szintet. Ismeretes viszont, hogy levélpermetezéssel a növények ásványianyag-tartalma optimalizálható.

A széna Co-tartalma 0,1 mg/kg alatt kedvezőtlen az állatok számára; ebben az esetben Co-levéltrágyázással az eredeti kobalttartalom két-, illetve háromszorosára is növelhető.

2.2.3. A növények kobaltellátottságának optimalizálása

Bár a kobalt esszenciális jellege a magasabb rendű növények részére még vitatott, az tény, hogy hüvelyesekben (pl. lucerna, szója, vörös here) N-hiányos állapot esetében már kismérvű Co-trágyázás is jelentősen elősegítette a növények növekedését (Hennig, 1972). Tőzegtalajon végzett kísérletekben Gupta (1984) sárgarépa és káposzta esetében is azt tapasztalta, hogy 0,5 mg/kg Co adagolása szignifikánsan növelte a terméshozamot. Búzás (1983) szerint a növényi szervezetek szükségleteinek a kielégítésére a kobalt 0,01 - 0,1 mg/kg koncentrációban szükséges.

A takarmánynövények esetében van egy kritikusnak tekinthető határérték 0,1 mg/kg szárazanyag de ez nem a növény, hanem a takarmányt fogyasztó állat szempontjából érendő. A kobalttrágyázás 0,5 kg/ha elsődleges célja tehát a növények Co-tartalmának növelése az állatok optimális Co-ellátottságának megteremtésére, bár kobaltban szegény talajokon a kobaltbevitelnek a növénytermesztési hozamokra, illetve a mezőgazdasági termékek beltartalmi értékére is kedvező hatása lehet.

2.3. A kobalt az állati termékek előállításában

2.3.1. A kobalt szerepe az állatok anyagcseréjében

A Co létfontosságára 1935-ben Underwood és Filmer mutattak rá először, bár már évszázadok óta ismertek voltak a világon olyan területek, ahol a kérődzők nem bizonyultak életképesnek, míg a ló és más egygyomruak jól megéltek. új-Zélandon és Ausztráliában figyeltek fel a juhok ún. bozót-betegségére, amit hosszú időn keresztül semmivel sem sikerült gyógyítani, míg később kiderült, hogy az anémiához (vashiányhoz) hasonló betegség lényegében kobalthiány, amit Co-adagolással meg lehetett szüntetni.

A kobalt állatélettani jelentősége azonban csak akkor tisztázódott egyértelműen, amikor Rickes és mtsai (1984) a B₁₂-vitamin központi elemeként azonosították. A B₁₂-t a szervezet nem

képes szintetizálni, a kérődzők a bendőbaktériumok segítségével állítják elő. Megjegyezzük, hogy az egygyomrúak vakbelében is képződik kisebb mennyiségben a B_{12} -höz hasonló anyag, de ez nem hasznosul megfelelően, ezért a B_{12} -vitaminszükségletet a takarmányban kell fedezni. A rágcsálók koprofágiával jutnak a szükséges mennyiségű B_{12} -vitaminhoz. A nem kérődzők és a kérődzők nem egyformán reagálnak a Co-hiányra, ez utóbbiaknak a bendőbaktériumok növekedéséhez és a bakteriális B_{12} -vitamin-szintézishez is Co-ra van szükségük. Érdekes, hogy a B_{12} -vitaminnak injekció formában való bejuttatása a kérődzők szervezetébe hatástalan, a Co-szükségletet a takarmánnyal kell fedezni.

A kobalt a cianokobalamin központi magját képezi, amely vegyület a B_{12} -vitamin alkotóeleme is. A kérődzőkben a B_{12} -vitamin-tartalmú enzimnek (5-dezoxiadenozil- B_{12}) van a legnagyobb jelentősége, amely a metil-malonil-A koenzimet szukcinil-A koenzimmé alakítja. A bendőben képződött propionsavnak egy része így hasznosul az anyagcserében. Azon kívül, hogy a kobalt a B_{12} -vitamin központi fématomja, és enzimek alkotórésze, jelentős része van a vérképzésben is.

A takarmányban lévő Co általában 30 - 40%-ban abszorbeálódik, (Anke, Grün, 1982), és általában az egygyomrúaknál és az embernél a vizelettel ürül. A kérődzők főleg a májban akumulálják, nagyrészt B_{12} -vitamin formájában. Nagyobb Co-mennyiségek adagolásakor az abszorbeált mennyiség aránya ugyan erősen csökken (a kísérletek szerint 16%-ig), de a szervezet lényegében nem rendelkezik a felszívódást gátló mechanizmussal. Ezzel magyarázható, hogy a kobalttúladagolás policitémiához túlzott vörösvértest-képződéshez vezethet (Hennig, 1972; Kőrös, 1980; Vrzgula és mtsai, 1985). A kobaltnak az anyagcserében betöltött szerepéről a 2.2. táblázat tájékoztat.

2.2. táblázat

A kobalt szerepe az anyagcserében

Létfenntartás:	UNDERWOOD, FILMER, MARSTON és LINES 1935.
Biológiai jelentősége:	B_{12} -vitamin központi atomja.
Abszorpció:	Nincs korlátozva az emésztőrendszerben.
Kiürülés:	A 30%-át is meghaladja a bevitt mennyiségnek, a vese választja ki az epén keresztül.
Antagonisták:	Ismeretlenek.
Minimális szükséglet:	Kérődzők: 80 $\mu\text{g/kg}$ tak. szárazanyag.
Hiánytünetek:	Együregű gyomrúak: 50 $\mu\text{g/kg}$ tak. szárazanyag. A B_{12} vitamin hiánytünetekkel megegyeznek, csökkent takarmány felvétel, leáll a fejlődés, súlycsökkenés, anémia lép fel, abortusz következnek be.
Toxicitás:	Gyakorlati körülmények között ismeretlen. A mérgezési szint a szükséglet 300-szorosát meghaladó mennyiség felett van.
Indikátorszervek:	Patkány: 2.5 mg Co/kg testtömeg Juh: 3.0 mg Co/kg testtömeg Borjú: 0.5 mg Co/kg testtömeg Kérődzőknél a hiányt jelző határérték: máj: 0.06 mg Co/kg szá. és 10 μg B_{12} -vitamin/g eredeti anyag. tej: tehén: 4 μg B_{12} -vitamin/l juh: 1 μg B_{12} -vitamin/l
Hiánytünetek:	Gránit, porfir és máladékos homoktájak, lápterületek.

2.3. táblázat

A juh egyes szerveinek Co-tartalma, egészséges és Co-hiányos állapotban (mg/kg szárazanyag)

	Vese	Máj	Lép	Szív	Pankreász
Juh (egészséges)	0.25	0.15	0.09	0.06	0.11
Juh (Co-hiányos)	0.05	0.02	0.03	0.01	0.02

A humán szervezet a felvett Co-nak mintegy 80%-át a vizelettel üríti ki; a kérődző állatok a vesén keresztül ennél kevesebbet (10 - 65%-ot) választanak ki, feltehetően azért, mert esetükben a felszívódás is kisebb mérvű. Az egyes szervekben tárolt Co-mennyiség a 2.3. táblázat adatai szerint erősen függ az ellátástól. A tejjel, különösen a kolosztrummal sok Co ürül a szervezetből. Szárazanyagra vonatkoztatva 9 mg/kg-ot is elérhet Co-tartalom a normál tejben, és ennek 4 - 10-szeresét tartalmazhatja a kolosztrum.

A kobalthiány okozta tünetek gyakran nem specifikusak, étvágy-, illetve testtömegcsökkenés, anémia, vetelés következhet be, a szőr megvastagszik, fénytelen lesz, a gyapjú könnyen szakad, a paratuberkolózis iránti fogékonyság növekszik. Ezenkívül az izomszövet sorvadása, szív-, máj- és vesedisztrófia jelentkezhet (Underwood, 1977; Vrzgula és mtsai, 1985).

A kérődzők zavartalan B₁₂-vitamin-szintéziséhez kb. 20 ug Co/l koncentrációjú bendőfolyadék szükséges, ez alatti Co-ellátáskor B₁₂-vitamin-hiánnyal kell számolni, ami hosszabb időn át a hiány mértékétől függően elhulláshoz is vezethet.

A kobalt nagyfokú túlادagolására a policitémián kívül az állatok súlycsökkenéssel, étvágytalansággal reagálnak. Megemlítendő, hogy a szükségtelen felül etetett kobaltot az állatok viszonylag nagy mértékben képesek tolerálni, a juh pl. kb. 3 mg/nap/kg élőtömegig, a baromfi és a sertés még ennél nagyobb mennyiséget is képes minden káros hatás nélkül elviselni (Huch, Clowson, 1976). A kobaltmérgezés hatását különben a nagyobb fehérje-, illetve metioninadagok csökkentik.

2.3.2. A takarmányok kobalttartalma és az ezt befolyásoló tényezők

Már említettük, hogy a talajok Co-tartalma erősen ingadozik, és mert a homok- és gránitalajok Co-szegények, ezeken a talajokon lépett fel a kobalthiány okozta ún. bozót-betegség a kérődzőknél.

2.4. táblázatEltérő talajról származó tesztnövények Co-tartalma
(mg/kg szárazanyag)

	Szántóföldi vöröshere	Réti vöröshere	Lucerna
Lősztalaj	0.23±0.20	0.20±0.17	0.15±0.14
Homoktalaj	0.16±0.10	0.16±0.08	0.14±0.09

A növények kobalttartalma a talaj Co-tartalmától, az esetleges Co-trágyázás mértékétől, a növényfajtól (vannak Co-gyűjtők) és a talaj kémhatásától függ. A semleges, illetve lúgos

2.5. táblázatZöldtakarmányok Co-tartalmának alakulása a fejlődés folyamán
(mg/kg szárazanyag)

	V. 22.	VI. 5.	VI. 19.	VII. 3.
Vöröshere	0.12	0.11	0.03	0.02
Lucerna	0.10	0.07	0.02	0.02
Réti csenkesz	0.07	0.04	0.02	0.01

kémhatású talajokon a Co-felvétel kisebb mértékű, és a hüvelyesek általában gazdagabbak Co-ban, mint a fűfélék (2.4. táblázat).

A növények fejlődésével párhuzamosan a Co-tartalmuk csökken (2.5. táblázat), aminek következtében legeltetéses tartásban hiány következhet be. A túl későn betakarított széna etetésekor különösen Co-szegény termőterületeken hiánytünetek léphetnek fel. A takarmánynövények termesztésekor 200 g/ha kobalt-szulfát kijuttatása elegendő a Co-hiány megelőzésére (Búzás, 1983).

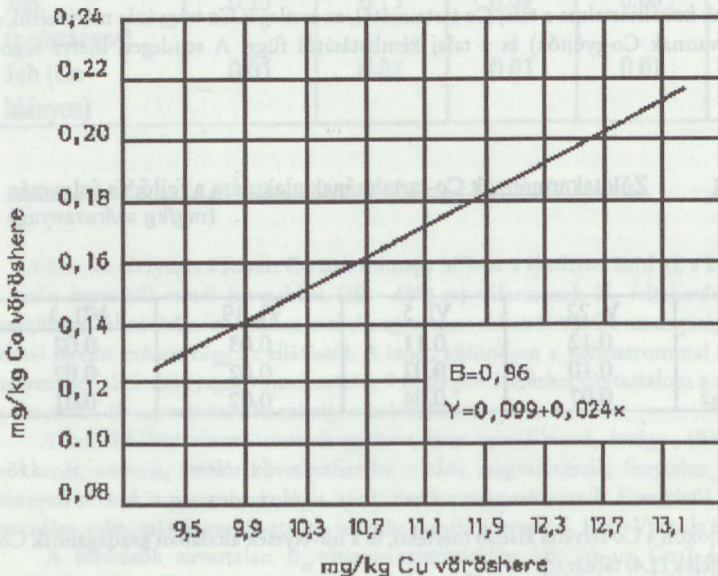
2.6. táblázat

Különböző takarmányok Co-tartalma (mg/kg szárazanyag)

Abrakfélék		Zöldtakarmányok			
		Co-szegény		Co-gazdag	
Búza	0,06	Angol perje	0,07	Répafej	0,23
Kukorica	0,07	Réti perje	0,05	Répaszelet	0,22
Árpa	0,09	Szálkás perje	0,05	Fehérhere	0,12
Extr. szójadara	0,14	Réti csenkesz	0,06	Szarvaskerep	0,12
Halliszt	0,78	Vöröscsenkesz	0,06	Vöröshere	0,11
Burgonya	0,06	Kukorica növény	0,06	Lucerna	0,14
Takarmányrépa	0,10	Legelőfű	0,08	Rétiszéna	0,10

A halliszt, az állatifehérje-liszt és a takarmányélesztő kobaltban gazdag takarmányok (2.6. táblázat), viszont pl. a kukorica, a legelőfü kobaltban szegények. Irodalmi adatok (Hennig, 1972; Anke és mtsai, 1972) szerint szoros pozitív összefüggés van a növények Co- és Cu-tartalma között. A Cu-ben gazdag takarmányok Co-ban is gazdagok (2.1. ábra), viszont Mo-ben szegények és fordítva.

2.1. ábra. Összefüggés a vöröshere Cu- és Co-tartalma között



2.3.3. A kobaltellátottság és az állatok termelése

A Co legjelentősebb szerves vegyülete a B₁₂-vitamin, amit a kérődzők a bendőbaktériumok segítségével szintetizálnak. A nem kérődzőket azonban az optimális termelés eléréséhez a tényleges szükségletnek megfelelően el kell látni B₁₂-vitaminnal. Az ellátottság tesztelésére a legalkalmasabb a máj, amely megfelelő kobalt-, illetve B₁₂-vitamin-ellátottság esetén alsó határként 0,06 mg kobaltot tartalmaz szárazanyag kg-onként.

Miután a bendőbaktériumok optimális működésükhöz kobaltot igényelnek, a csökkent termelés nemcsak a hiányos B₁₂-vitamin-szintézis következménye, hanem a nem kielégítő bakteriális fermentációé is, aminek következtében a szervezet fehérje- és energiaellátása is hiányos lesz. Co-adagolásakor javul a N-kihasználás és nő a tej zsírtartalma. Optimális cellulózemésztéshez Martinez és Church (1970) in vitro kísérleti eredményei szerint mintegy 1 - 3 mg/kg Co-ra van szükség, de már 7 mg/kg esetén mérgezéses tünetek lépnek fel.

A tej B_{12} -vitamin-tartalma szintén alkalmas a kérődzők Co-ellátottságának tesztelésére (2.7. táblázat), és a B_{12} -vitamin-ellátottság kimutat

ására a nem kérődzőknél. A kérődzők esetében az alsó és felső határ közötti eltérés jóval kisebb, mint az egygyomrúaknál, ami arra utal, hogy a kérődzők sokkal érzékenyebbek a

2.7. táblázat

Az egyes állatfajok tejének B_{12} -vitamin tartalma ($\mu\text{g}/\ell$)

Faj	Átlag	Alsó határ	Felső határ
Tehén	6.60	3.20	12.40
Juh	1.40	1.00	2.00
Kecske	0.12	0.07	0.18
Kutya	4.00	0.70	13.00
Sertés	1.05	0.03	2.70

folyamatos B_{12} -vitamin-ellátással szemben, mint a nem kérődzők. Ha a tej B_{12} -vitamin-tartalma az alsó határ alá csökken, a testtömeg és a tejtermelés is jelentős mértékben csökken.

A kobalthiányos területeken az állatok több szelént tárolnak, vagyis a szelenózissal szemben érzékenyebbek. Említésre méltó tény, hogy a fehérhúsú állatok veséjében kevesebb a kobalt.

2.4. Élelmiszerek kobalttartalma

Egyes hazai élelmiszerek kobalttartalmáról a 2.8. táblázat tájékoztat (Tarján, Lindner, 1981). A szükségleti értékek számításakor természetesen a tényleges szükséglet igen sok tényezőtől, pl. az életkortól, nemtől, testtömegtől, fizikai aktivitástól, egészségi állapottól függ a napi Co-igényt átlagosan 0,02 mg-ban határoztuk meg. Bár a növényi és állati testszövetek, illetve élelmiszerek Co-koncentrációja általában meglehetősen kis érték (többnyire 0,1 mg/kg koncentrációnál kisebb), de kobalthiányra utaló tünetek anémia, vérszegénység, gyenge fejlődés, testtömeg-csökkenés fellépésétől a nagyon kis szükségleti érték miatt nem kell tartani.

Az emberi szervezetben levő Co mennyisége mindössze 1 - 2 mg (ICRP, 1975). Az élelmiszerekkel felvett napi mennyiség minimálisan 0,02 mg, azaz meghaladja a fiziológiai szükségletet (Bowen, 1982). A felvett kobaltnak Heydorn (1984) szerint 2/3 része a vizelettel távozik el a szervezetből. Élelmiszereink közül a tej, a marhamáj és egyes fűszélkék tekinthetők gazdag Co-forrásnak.

2.8. táblázat

Hazai élelmiszerek átlagosnak vehető kobalttartalma

Élelmiszer	Kobaltkoncentráció		100 g élelmiszer kobalttartalmának a napi szükséglet-hez viszonyított %- os aránya	A napi szükség- letet fedező mennyiség, g
	mg/100 g eredeti anyag	mg/kg, száraz- anyag		
Gyümölcsök				
Kajszibarack	0.007	0.53	35.0	290
Meggy	0.010	0.71	50.0	200
Ribiszke	0.011	0.72	55.0	180
Málna	0.003	0.22	15.0	670
Sárgadinnye	0.002	0.18	10.0	1 000
Zöldség- és főzelékfélék				
Bab, száraz	0.058	0.70	290.0	34
Borsó, száraz	0.032	0.37	160.0	63
Lenese, száraz	0.032	0.36	160.0	63
Fejes saláta	0.006	1.15	30.0	330
Kelkáposzta	0.007	0.73	35.0	290
Paraj	0.020	2.94	100.0	100
Retek	0.004	0.80	20.0	500
Sárgarépa	0.005	0.43	25.0	400
Állati eredetű termékek				
Fogyasztói tej	0.008	0.68	40.0	250
Tojás	0.005	0.18	25.0	400
Sertéshús	0.008	0.19	40.0	250
Marhamáj	0.012	0.41	60.0	170

2.5. Összefoglalás

1. A kobalt komplexképző tulajdonsága miatt erősen kötődik a talaj szerves anyagaihoz, és az agyagásványok felületén való szorpciója miatt az agyagfrakcióban dúsul. A növények által felvehető kobaltban elsősorban a láptalajok, a homok-, mészkő- és gránittalajok szegények.

2. A Co az alacsonyabb rendű növények számára esszenciális pl. a pillangósvirágú növényekkel szimbiózisban élő nitrogénfixáló baktériumok esetében bizonyítottan létfontosságú de a terméshozamra gyakorolt kedvező hatás más növényeken is kimutatható. A nagy Co-fölösleg azonban fitotoxikus, a növényekben Fe- és Mn-hiányt indukál.

3. Az állati szervezetek számára a kobalt egyértelműen nélkülözhetetlen, a B₁₂-vitamin központi eleme. Co-hiány kórokozóknál fordulhat elő, amelyek Co-szükséglete nagyobb az egygyomrúakénál. Az állatok a Co-fölösleget jól tűrik, toxicitási probléma nem merül fel.

4. Élelmiszereink a szükségleti értékhez viszonyítva kielégítő, illetve bőséges mennyiségben tartalmaznak kobaltot, ezért hiánytünet emberen nem fordul elő.

3. A króm (Cr)

A króm a periódusos rendszer VI.a. csoportjába tartozó mikroelem, az un. krómcsoporthoz tartozó elem. Vegyületeiben többnyire két-, három- vagy hatvegyértékű, de nagyon ritkán négy- és ötvegyértékű formában is előfordul. A króm átlagosnak vehető előfordulási aránya a tengervízben 0,3 mg/l, a felszíni édesvizekben 1,0 mg/l, a litoszférában kb. 100 mg/kg, a talajokban 84 mg/kg (0,9 - 1500 mg/kg) (Bowen, 1979, 1982). A növények számára a króm - úgy tűnik - nem esszenciális, bár esetenként stimulatív hatású. Az állatok számára viszont létfontosságú mikroelem.

3.1. A króm a talajokban

A talajok krómtartalma általában 5 - 100 mg/kg, ultrabázikus kőzeteken (pl. serpentin) képződött talajok Cr-tartalma azonban az 1 - 2%-ot elérheti. A talajok ecetsavban oldódó Cr-tartalma többnyire 0,3 mg/kg-nál kevesebb.

Lúgos, semleges vagy gyengén savanyú talajokban a krómvegyületek oldhatósága kicsi, ezek csak erősen savanyú talajokban válnak oldhatóvá. A Cr csak III, illetve VI vegyértékű formában oldható, de a +6 oxidációs állapotú oldható Cr vegyületek az élővilág számára toxikusak, sőt karcinogén hatásúak.

Oldható krómvegyületek elsősorban ipari tevékenység következtében (galvániszap, börgyárak krómsókkal telített hulladékai) kerülhetnek a szennyvizekbe, szennyvíziszapokba és ezekből a talajba, majd innen a növényekbe. A talaj pH értéke 5,5 alatt játszik szerepet a növények esetleges Cr-toxicitásának kialakulásában.

A Cr-vegyületek nagy része a talajokban rendszerint oldhatatlan formában van jelen. Ilyen vegyületek a vas-kromát, az Al, Fe és a Cr vegyes oxidjai, amelyek a növények számára nem felvehetőek. Nem felvehető a szilikátok rácsában levő Cr sem. A Cr³⁺-ionok erősen kötődnek az agyagásványok felületén és a humuszvegyületeken. A Cr³⁺-ionok egyes kémiai tulajdonságai és ionjának mérete hasonlóak az Al³⁺- és a Fe³⁺-ionokéhoz, és a talaj agyagfrakciójában koncentrálnak. A hatértékű krómvegyületek a talajban csak lúgos, oxidációs feltételek között fordulnak elő (Allaway, 1968). Meszes talajokon a pH általában 7,2 és 8,1 közötti érték, de szikes talajokban előfordulhat 9 - 10 pH is.

3.2. A króm a növénytermesztésben

3.2.1. A króm növényélettani szerepe

A króm növényélettani szerepe még nem kellően tisztázott. Annak ellenére, hogy a növényekben mindig megtalálható, a növények anyagcseréjében való szükségessége nem bizonyított. Elsősorban negatív hatásáról vannak információk, ismert, hogy a Cr-főlősség a növényekben toxicitási problémákat, terméscsökkenést okoz. A toxikus hatás elsősorban a

gyökérzetben jelentkezik, mivel a króm elsősorban a növények gyökereiben akkumulálódik, és a levélzetben valamint a termésbe nagyságrendekkel kevesebb króm jut.

A növények a krómfőlöslegre érzékenyen reagálnak, klorózis léphet fel anélkül, hogy a zöld növényi részek Cr-tartalma jelentősen megnövekedne. Klorotikus tünetek fellépte esetén a gyökérszónában a króm szintje a normál értékhez mérten akár 20-szorosára is növekedhet.

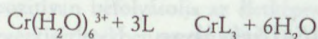
MacNicol és Beckett (1985) közlése szerint oldatkultúrában nevelt babnál kb. 10% terméscsökkenés lép fel, ha a levelek 1 mg/kg Cr-nál többet tartalmaznak, a káposztánál 2 mg/kg Cr mintegy 20%-os terméscsökkenést okoz, 18 mg/kg pedig már felére csökkentette a termést. A különböző növények krómtoleranciája egyébként nagyon eltérő, mert pl. az árpa leveleiben mért 10 mg/kg króm csupán 10%-os terméscsökkenést okozott.

A növényzet számára a króm nem létfontosságú elem, viszont megfelelő, nem túlzott krómadagolással számos növénynél (pl. burgonya, saláta, uborka, sárgarépa, paraj, szőlő) kedvező, stimulatív hatás, termésnövekedés volt kimutatható (Pais, 1980).

A króm biokémiai szerepével kapcsolatban megemlítjük, hogy a kálium-bikromát és a kalcium-kromát a *Vicia faba* gyökérsejtjeiben kromoszóma-elváltozást indukált, és e krómvegyületek egyúttal a sejtciklust is befolyásolták (Pais, 1984). A jelenség avval magyarázható, hogy a króm a nukleinsavakhoz kapcsolódik, illetve a lizoszómák sérülésekor a króm hatására a jelenséget elősegítő enzimek válnak szabaddá.

A biokémiai szerep kapcsán kihangsúlyozandó, hogy a króm (III) igen hajlamos komplexek, illetve kelátok képzésére. In vivo körülmények között a Cr (VI) Cr(III)-má való redukciója szerencsére lényegében irreverzibilis folyamat. A redukció savanyú talajban gyorsabb, mint lúgos kémhatásúban.

Egyébként a komplexképződési reakciók, pl



ahol L= valamilyen ligandum, igen lassan mennek végbe.

3.2.2. Különböző növények Cr-tartalma és az erre ható tényezők

A Cr rossz oldhatósága miatt a talajból a növények csak kevés krómot tudnak fölvenni. A növények Cr-tartalma normál körülmények között 0,02 - 3,0 mg/kg szárazanyag között változik (Mengel, Kirkby, 1978).

Ramachandran és mtsai (1980) a bab, borsó, paradicsom, kukorica és árpa növények Cr-felvételét oldatkultúrás kísérletben vizsgálták. Megállapították, hogy a növények Cr-felvétel a talajban a pH csökkenésével növekedett. A Cr^{3+} -ionok felvétele nagyobb mérvű volt, mint a kromát (CrO_4^{2-} -ionoké). A Cr^{3+} a gyökerekben halmozódott fel. A föld fölötti részben a legtöbb krómot a borsó, a legkevesebbet pedig a gabonafélék tartalmazták. Viszont radioaktív krómizotóppal végzett egyes kísérletek azt bizonyították, hogy a búza több krómot vesz fel a tápoldatból, mint a bab jelzőnövény, emellett nem volt kimutatható különbség a Cr^{3+} és a Cr (VI) formákból való felvétel szempontjából (Pais, 1984).

Más adatok szerint is jellemző a növények gyökerében folyó Cr-akkumuláció. Krómmal szennyezett vízzel való öntözés esetén a gyökerek krómakkumulációs aránya 5,1 - 14,3, míg a föld fölötti részekben (pl. a levelekben) ez az arány csupán 0,05 - 0,20 volt, ami arra utal, hogy a Cr a gyökerekben immobilizálódik, és nem szállítódik át a növény föld fölötti részébe.

Rizs növényeknél Cr-tartalmú szerveztrágyázással szabadföldi kísérletben megállapították, hogy szárazanyagra számítva a Cr-tartalom a gyökerekben volt a legnagyobb (9 - 64 mg/kg), kevesebb volt a szárban és a levelekben (0,5 - 1,97 mg/kg), és még kevesebb a magban (0,17 - 0,33 mg/kg).

3.2.3. A növények krómellátottságának optimalizálása

Az eddigi kísérleti adatok nem bizonyították, hogy a Cr esszenciális lenne a növények számára. Számos esetben azonban a kutatók kedvező, stimuláló hatásról számoltak be (Pais, 1980; Gupta, 1984). Így pl. tápoldatos kultúrában nevelt salátánál a 0,1 mg/kg krómkoncentráció hatását kedvezőnek találták, 1 m³ talajhoz adott 30 - 100 g kálium-bikromát is előnyös volt az uborka fejlődésére, szőlőtőkéként pedig 0,2 g króm-szulfátot alkalmazva, a szőlőtermés és a cukorfok is növelhető volt. Sárgarépa és paraj esetében pedig a talajhoz 2,5 mg/kg koncentrációban adott króm eredményezett terméshozamemelkedést.

A króm toxikus volta miatt azonban adagolásával óvatosnak kell lenni, mert pl. Hewitt (1966) közlése szerint homokkultúrában már 5 - 10 mg/kg króm is toxikus hatást vált ki a növényekben, és klorózist okoz. Krómfölösleg hatására pl. a kukorica megrövidül, a levelek a nyél mentén besodródznak, lilászöld színűvé válnak. A fitotoxikus hatás jó krómellátottságú talajon külön krómadagolás nélkül is jelentkezhet, ha a talaj erősen savanyú. Ilyenkor ezzel a többi nehézfém nagymérvű felvétele is meggátolható meszezésre van szükség. Lugos, homokos talajon nőtt növényeknek viszont már olyan alacsony lehet a Cr-tartalmuk, hogy takarmányozási szempontból Cr-hiány léphet fel etetésükkor.

3.3. A króm az állati termékek előállításában

3.3.1. A króm szerepe az állatok anyagcseréjében

A Cr feltehető biológiai jelentőségére először Mertz és Schwartz (1955) utaltak, majd az un. glükóztolerancia-faktorban (GTF) sikerült azonosítani jelenlétét (Schwartz, Mertz, 1959). A Cr a glükózanyagcserében játszik fontos szerepet, a GTF-nek lényeges alkotóeleme, amely az inzulinnal együtt a vércukorszintet szabályozza (Elwood, 1983). A krómnak a lipidanyagcserében való részvételét már Curran (1954) feltételezte, amit patkányokkal végzett kísérletekben később bizonyítani is sikerült (Mertz, 1967; Schroeder, 1968).

A fehérje-anyagcserében ugyancsak szerepe van a krómnak, a kóródzó Cr-hiány esetén kevésbé képesek az NPN-anyagokat értékesíteni (Hennig, 1972). Még nem tisztázott, hogy a fehérjeértékesülésben a krómnak közvetlen hatása van-e az anyagcserében, vagy csupán közvetve hat a bendőmikrobákon keresztül. A pajzsmirigy jóanyagcseréjében is szerepe van a krómnak, ez feltehetően összefügg a pajzsmirigynek a szénhidrát- és zsíranyagcserében betöltött funkciójával (Pais, 1984). A krómnak a nukleinsav-szintézisben való részvételét bizonyítja a krómhiányos állatok genetikai rendellenessége (Kőrös, 1980; Elwood, 1983; Anke, 1986), a szaruhártya-károsodás, az opálos látás (Roginski és Mertz, 1967). A krómnak az anyagcserében betöltött szerepét a 3.1. táblázatban foglaltuk össze.

3.1. táblázat

A króm szerepe az anyagcserében

Létfontossága:	MERTZ és SCHWARZ, 1955.; 1959.
Biológiai jelentősége:	szénhidrát anyagcsere, GFT (glükóz tolerancia faktor), lipid anyagcsere, aminosav- és nukleinsav szintézis.
Abszorpció:	Cr(III): Palkány: 0.5- 3.0 % Baromfi: 0.2-15.0 % Kérődzők: 0.8 % Ember: 0.1 2.1 % A Cr(VI) nagyság- rendileg nagyobb a Cr(III)-nál.
Kiürülés:	vizelet, tej, bélvár
Antagonizmus:	V
Minimum szükséglet:	haszonállatok: 300-500 µg/kg sz. ember: 50-200 µg/nap.
Hiánytünetek:	szénhidrát- és zsírananyagcsere zavarok.
Indikátor szervek:	vese, máj, csont, szőr, tej, vizelet.
Hiánytünetek:	meszes homoktalajok.

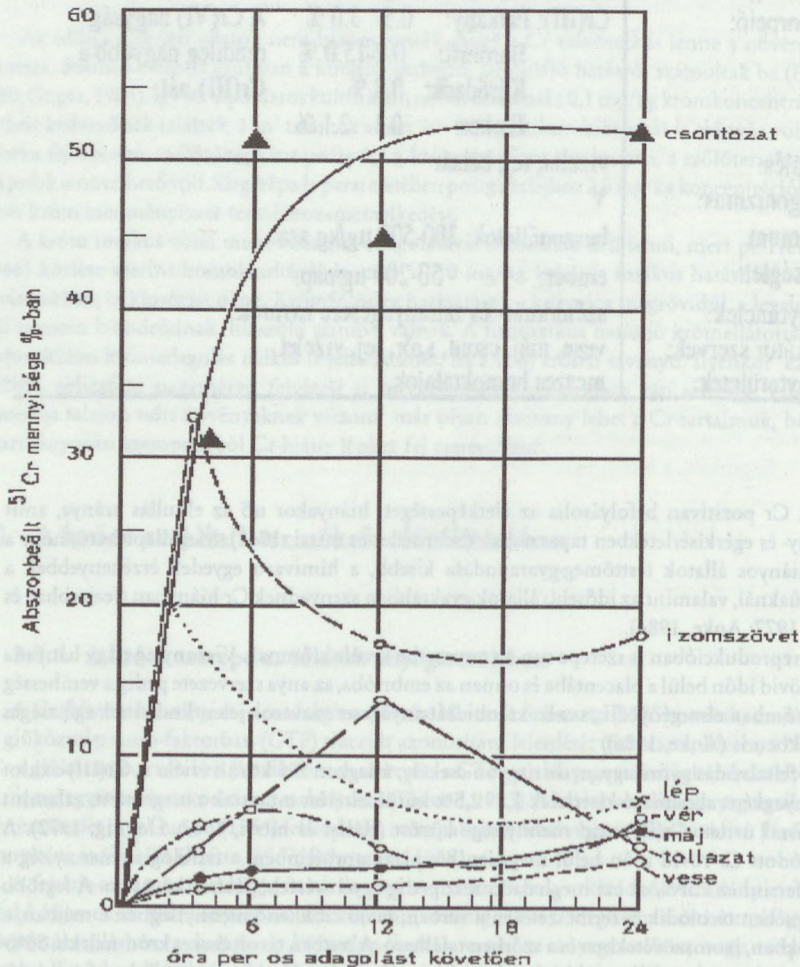
A Cr pozitívan befolyásolja az életképességet, hiányakor nő az elhullás aránya, amit patkány- és egérkísérletekben tapasztaltak (Schroeder és mtsai, 1962). Megállapítható, hogy a krómhiányos állatok testtömeg-gyarapodása kisebb, a hímivarú egyedek érzékenyebbek a nőivarúaknál, valamint az idősebb állatok gyakrabban szenvednek Cr-hiányban (Jeejeebhay és mtsai, 1977; Anke, 1986).

A reprodukcióban is szerepe van a szervezetbe került krómnak. Viszonylag nagy hányada kerül rövid időn belül a placentába és onnan az embrióba, az anya szervezete pedig a vemhesség alatt krómban elszegényedik, s ezért szénhidrát-anyagcsere zavarok jelentkezhetnek egészséges egyedekben is (Anke, 1986).

A felszívódás gyors ugyan, de nagyon csekély, átlagban 2% körüli érték. A Cr(III)-oxidot jelzőanyagként alkalmazó kísérletek 1,5 - 2,5% körüli eltérést mutattak a megetetett, valamint a bélsárral ürített Cr(III)-oxid mennyisége között (Kállai és mtsai, 1962; Hennig, 1972). A felszívódott Cr rövid időn belül megjelenik a plazmaproteinben, a fiziológiás mennyiség a transferrinhez kötve, az ezt meghaladó rész pedig egyéb vérfehérjékhez kötötten. A legtöbb Cr a vesében tárolódik és természetesen a vérben, majd csökkenő mennyiségben a májban, a csontokban, izomszövetekben és a szőrből található. A testben tárolt összes krómnak kb. 50%-át a csontok tartalmazzák, a többi szervben ehhez viszonyítva kisebb mennyiségben fordul elő, bár a vér és a máj is tárolhat krómot. Az abszorbeált króm elsősorban a vizelettel, valamivel kisebb mennyiségben a tejel és a bélsárral ürül ki (3.1. ábra).

Mind ez ideig nem eléggé ismert, hogy a Cr-abszorpció az emésztőcsatorna melyik részén folyik, és a bélfalon át való felvétel milyen mechanizmus szerint megy végbe. Nem ismert a GTF pontos szerkezeti felépítése sem (Mertz és mtsai, 1974; Mertz, 1975). Azt tudjuk, hogy a GTF

3.1. ábra. Különböző testrészek ^{51}Cr -tartalma krómkloridot
adva a mérési időpontig inkorporált
 ^{51}Cr százalékában (Hennig, 1972)



szerves makromolekula, amely nikotinsavból, glicinből, glutaminsavból és ciszteinből tevődik össze, és aktív komponense a króm. A GTF mennyisége az életkor előrehaladtával csökken.

Hill és Matrone (1970) kísérleti eredményei szerint a vanádium jelenléte a nagy mennyiségű króm káros hatását csökkenti.

Krómhiány 100 mg/kg szárazanyag alatti mennyiséget tartalmazó takarmányok etetésekor lép fel, némileg attól is függően, hogy milyen állatfajról és milyen kötésben levő krómról van szó. A Cr(III)-vegyületek (Cr_2O_3 , CrCl_3) hatástalannak bizonyultak a Cr-hiány megszüntetésére, a Cr(VI)-vegyületek azonban megnövelték az egyes szervek (máj, vese, csontok stb.) krómtartalmát. Mivel a Cr(III)-vegyületek csak mintegy 1 - 2% -ban szívódnak fel, tehát folyamatos ellátásra rendszerint megfelelnek, de ha egyszerre nagyobb mennyiség bevitelére van szükség, a jól felszívódó (és ezért gyorsan toxicitást okozó) Cr(VI)-vegyületeket kell alkalmazni.

3.3.2. A takarmányok krómtartalma és az ezt befolyásoló tényezők

A növények a króm nagy részét a gyökérzetben tárolják, és onnan csak nagyon csekély mennyiség szállítódik a növény többi részébe, elsősorban a levelekbe. A levéldús zöld növények azonban még mindig gazdagabbak krómban, mint a szemtermések vagy a gyümölcsök. A takarmányok Cr-tartalma többnyire 0,2 - 0,5 mg/kg szárazanyag között van (3.2. táblázat), kivételt képeznek az extrahált darák, amelyek közül a szója kevés, a földdidió sok krómot

3.2. táblázat

Különböző takarmányok krómtartalma
(mg/kg szárazanyag)

Abraktakarmányok		Zöldtakarmányok	
Zab	0.17	Lucerna	0.43
Árpa	0.21	Vöröshere	0.36
Búza	0.32	Legelőfű	0.37
Búzakorpa	0.42	Rétifű	0.31
Extr. repce	0.45	Rébszénna	0.59
Extr. szója	0.14	Takarmányrépa	0.21
Extr. földdidió	1.15	Répa levél	0.16
Torulaélesztő	0.52		
Halliszt	0.57		
Állatifehérje lisz	1.35		
Száritott répaszelet	1.15		

tartalmaz. Cr-ban általában gazdagok az állati termékek. A takarmánynövények és élelmiszerek krómtartalma elég tág határok között változhat, a növényeké elsősorban a talaj felvehető krómtartalmától függ, az állati termékeké pedig az állatok ellátottsági szintjétől.

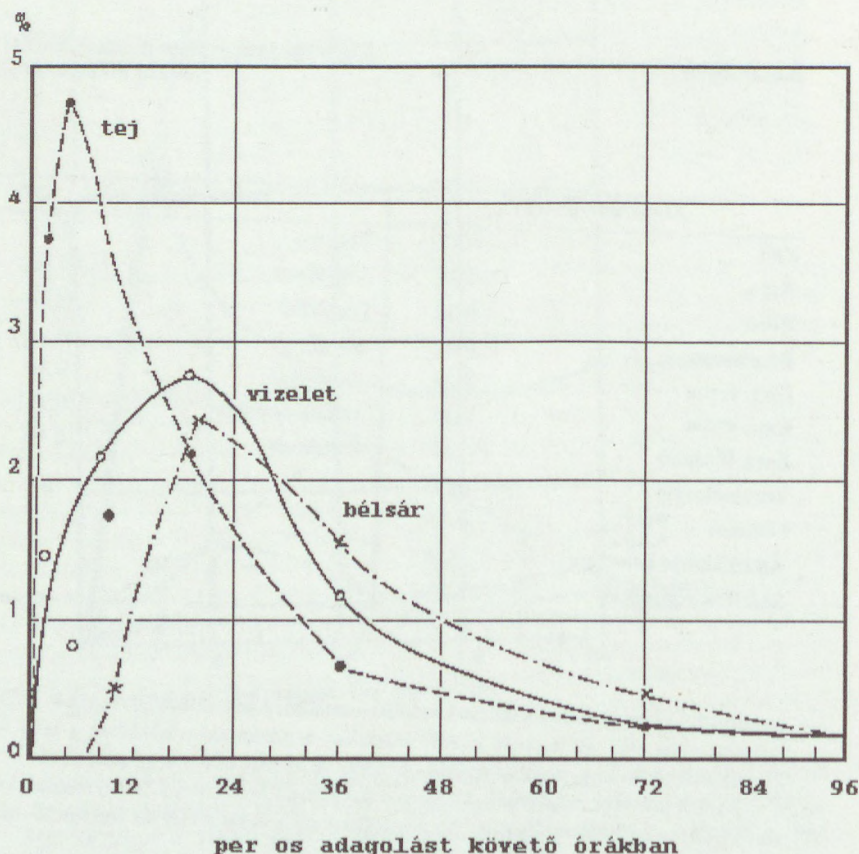
Fontos krómforrás az ivóvíz (átlagosan 0,008 mg/l krómot tartalmaz) emellett sok króm van a sör- és a sütőélesztőben is. Az állati szervezet a takarmányban szerves kötésben levő krómot tudja elsősorban hasznosítani.

3.3.2. A takarmányok krómtartalma és az ezt befolyásoló tényezők

3.3.3. A krómellátottság és az állatok termelése

Korábban a krómot csak mint mérgező elemet tartották nyilván (elsősorban koleszterin- és zsírsavszintézist gátló hatása miatt), később azonban kiderült, hogy esszenciális elem. Az újszülött állatok krómellátása rendszerint megfelelő, mert a vemhesség alatt hiány esetén az anyai szervezet szegényedik el krómban, de az embrió megfelelő mennyiséget kap. A legtöbb krómot rák (*Podophthalmus virgii*) testben találták, a koncentráció 100 - 1000 mg/kg közötti érték. A haszon- és vadonélő állatok szervezetében a lágy szervek közül elsősorban a vese tartalmaz sok krómot, de a szőrbe és a tollzatba is viszonylag gyorsan és nagy mennyiség épül be. A laktáció időszakában elsősorban a tejjel ürül, ezt követi a vizelettel, majd a bélsárral ürülő mennyiség. Kecskénél a tejjel ürülő Cr az adagolást követő 3 - 6. órában éri el a maximumot, az ürülékkel távozó pedig a 12 - 18. óra közötti időszakban (3.2. ábra).

3.2. ábra. A tejjel, vizelettel és bélsárral ürülő ^{51}Cr (krómkloridot adva) megszűrlése az adagolást követő 96 óra alatt



A krómnak a vércukorszint szabályozásában betöltött szerepe még nem egészen tisztázott, feltételezések szerint az inzulinmolekulát stabilizálja közvetlenül vagy komplex kötéssel úgy, hogy az inzulináz enzim aktivitását gátolja, esetleg kofaktorként szerepel az inzulinátvitelben. Hiányakor cukorürítés (glycosuria) lép fel, a glükóztűrés (GTF) pedig romlik.

A biológiai hatást tekintve jelentős különbség van a Cr(III) és a Cr(VI) között. Az élethossziglan 5 mg/kg Cr(III) vízben adagolva növelte az egerek testtömeg-gyarapodását és csökkentette az elhullást, ugyanez a Cr-mennyiség Cr(VI)-ként adva viszont csökkentette az állatok fejlődését. A tojótyűknek 28 napon át adott, 10 mg/kg króm CrCl₃-ként javította a tojás minőségét (Jensen és mtsai, 1978). 1 ill. 2 mg Na₂Cr₂O₇/100 g testtömeg adagolása azonban patkányokban vesekárosodást idézett elő 24 órán belül (Appenroth, Bräunlich, 1985). A Cr(III)-ból króm-oxidként 3000 mg/kg-ot, kloridként 1000 mg/kg-ot viselnek el a háziállatok minden káros hatás nélkül (Hill, Matrone, 1970). A króm nagyon eltérő bioértékesülése miatt Mertz (1977) 50-200 mg/nap közötti krómfelvételt javasol humán vonalon. Haszonállatoknál a fogyasztott takarmányra vonatkoztatva 300 - 500 mg/kg szárazanyag a krómigény, de a minimálisükséglet is meghaladja a 100 mg/kg-ot. A krómsztátus jelenleg még nem határozható meg teljes biztonsággal, a szőranalízis erre ugyanis nem egyértelműen alkalmas.

3.4. Élelmiszerek krómtartalma

A króm az élelmiszerekben meglehetősen kis koncentrációban fordul elő, a natív állapotú növényi és állati testszövetek többnyire 0,01 mg/kg körüli koncentrációban tartalmazzák (Schormüller, 1965). Az élelmiszerekből és az ivóvízből adódó napi krómfelvétel kb. 0,05 mg-ra becsülhető (Bowen, 1982), a felszívódás és kiürülés aránya azonban igen jelentős mértékben függ a Cr oxidációs fokától. A Cr(III)-nak csak kb. 0,4%-a, a Cr(VI)-nak viszont mintegy 46%-a ürül a vizelettel (Bowen, 1979).

Kiegyensúlyozott táplálkozás esetén krómiánytól nem kell tartani. A krómnak igen fontos élettani szerepe van, így pl. az inzulin kofaktora, serkenti egyes aminosavak (pl. glicin, metionin, szerin) beépülését, és pozitívan hat a növekedésre és az élettartamra. A króm hiánya fehérje-, szénhidrát- és zsírsanyagcsere zavart, cukorürítést, genetikai rendellenességeket, szem-szaruhártya-károsodást okoz. Ismerünk olyan adatokat is, hogy a nagy lipidtartalom miatt beteg azon egyéneknél, akik naponta rendszeresen fogyasztottak sütőélesztőt ennek kiemelkedően nagy a Cr-tartalma, meghaladja a 2 mg/kg-ot a vér koleszterinszintje jelentősen csökkent, a szívinfarktussal szemben védőfaktorok tartott HDL-szint pedig szignifikánsan nőtt. Ezért tehát a krómot a lipidanyagcserét is kedvezően befolyásoló mikroelemként kell értékelnünk (Pais, 1984).

Az emberi test teljes Cr-tartalma néhány mg (ICRP, 1975), és a testszövetek Cr-tartalma az életkorral általában fokozatosan csökken. Ezért az újszülöttek testszöveteiben a legnagyobb a króm koncentrációja. Összefüggést találtak a érlelmeszedéses szívbetegség különböző stádiumaiban elhalálozottak aortájának Cr-tartalma és a szívbetegség fellépte között is, az elhalálozottaknál a Cr-koncentráció csupán hatoda-harmada volt az egészséges populációra jellemző értéknek.

A szükségesnél jelentősen nagyobb krómkoncentráció viszont már toxikus hatású, máj- és vesekárosodást, növekedésgátlást okoz. A Cr(VI) sokkal mérgezőbb, mint a Cr(III).

Egyes hazai élelmiszerek krómtartalmát a 3.3. táblázat mutatja (Tarján, Lindner, 1981), a napi szükségleti értéket 0,02 mg-ban határozva meg. Krómban különösen gazdag élelmiszernek

3.3. táblázat

Hazai élelmiszerek átlagosnak vehető krómtartalma

Élelmiszer	Krómkoncentráció		100 g élelmiszer krómtartalmának a napi szükséglethez viszonyított %-os aránya	A napi szükség- letet fedező mennyiség, g
	mg/100 g eredeti anyag	mg/kg szárazanyag		
Gyümölcsök				
Kajsziarack	0.006	0.45	30.0	330
Meggy	0.006	0.43	30.0	330
Ribiszke	0.006	0.39	30.0	330
Málna	0.003	0.22	15.0	670
Sárgadinnye	0.006	0.53	30.0	330
Zöldség- és főzelék(élék)				
Bab (száraz)	0.011	0.13	55.0	180
Borsó (száraz)	0.003	0.04	15.0	670
Lenese (száraz)	0.037	0.42	185.0	54
Fejes saláta	0.004	0.77	20.0	500
Kelkáposzta	0.003	0.31	15.0	670
Paraj	0.030	4.41	150.0	67
Sárgarépa	0.005	0.43	25.0	400
Állati eredetű termékek				
Fogyasztói tej	0.013	1.10	65.0	150
Tojás	0.015	0.55	75.0	130
Sertéshús	0.002	0.05	10.0	1 000
Marhamáj	0.015	0.52	75.0	130

minősül a paraj, a teljes liszt, a tej, a tojás, a máj és az élesztő. Gazdag krómforrást jelent a sör is, amely pl. az átlagos sörfogyasztás alapján az Egyesült Államokban a szükségletnek mintegy 10%-át fedezi.

3.5. Összefoglalás

1. A növények számára a króm nem létfontosságú mikroelem, bár számos növény esetében több kutató stimulatív hatásúnak találta. Főleg a gyökérzetben akkumulálódik. Toxikussági problémák klorózis erősen savanyú talajon jelentkezhetnek.

2. Az állati (és emberi) szervezet számára a króm esszenciális, igen fontos szerepe van a szénhidrát-, zsír- és fehérje-anyagcserében. A haszonállatok minimumszükséglete a takarmányban 0,1 mg/kg szárazanyag. A meszes homoktalajokon nőtt takarmánynövényekben előfordulhat krómhiány.

3. Kiegyensúlyozott táplálkozás mellett krómhiánytól nem kell tartani. Élelmiszereink közül a paraj, a tej, a tojás, az élesztő különösen gazdag krómban.

4. A nikkelt (Ni)

A nikkelt a periódusos rendszer VIII. oszlopába, az un. vascsoporthoz tartozó elem, kémiaiilag a vashoz és a kobalthoz, valamint a rézhez áll közel. Vegyületeiben 2 vagy 3 vegyértékű, bár nagyon ritkán 1 és 4 vegyértékű nikkelt tartalmazó vegyületek is előfordulnak. A tengervízben 0,6 mg/l, a felszíni édesvizekben 0,5 mg/l, a litoszférában 75 mg/kg az átlagos nikkeltkoncentráció, a talajokban pedig 34 mg/kg (0,1 - 1520 mg/kg) gyakorisággal fordul elő (Bowen, 1979, 1982).

A nikkelt biológiai szerepe erősen vitatott, főleg ami a növényfiziológiai jelentőségét illeti, ugyanis az állati és az emberi szervezet számára egyértelműen bizonyítást nyert életfontossága. Egyes szakemberek a nikkelt a magasabb rendű növények számára is esszenciálisnak tartják, mások csupán biopozitív szerepét hangsúlyozzák.

4.1. A nikkelt a talajokban

A talajok összes nikkeltartalma elég széles határok között változik, leggyakrabban 5 - 500 mg/kg közötti értékek fordulnak elő. Az ultrabázikus kőzetek (pl. szerpentin) azonban sok nikkelt tartalmaznak, és bennük a Ni-koncentráció elérheti az 5000 - 8000 mg/kg értéket is (Swaine, 1969). Szerpentin kőzetben kialakult talajokkal viszonylag gyakran találkozhatunk.

A talajok mozgékony, vagyis ecetsavban, ill. acetátban oldható Ni-tartalma az összes nikkeltartalomnak többnyire csupán 1 - 2%-a, azaz általában 0,1 - 0,5 mg/kg közötti érték, bár nagy összes Ni-tartalmú talajokban ennél lényegesen nagyobb is lehet, és elérheti a 40 - 100 mg/kg értéket is.

A sok nikkelt tartalmazó talajok általában kevés kalciumot tartalmaznak. Ezek a talajok többnyire gazdagok Mg-ban, Fe-ban, Co-ban és Cr-ban is. A nikkelt viszonylag könnyen mozog a talajban, és a növények könnyen fel is vehetik. Nikkelben gazdag talajon növe egyes növények igen jelentős nikkelt mennyiségeket akumulálhatnak, és ez a felismerés jól felhasználható a biogekémiai kutatásokban is.

Szerpentinben kialakult vörösföldek kicserélhető Ni-tartalma a felszíni talajrétegekben eléri a 250 mg/kg-ot, ami a szokásos mezőgazdasági talajok nagyságrendileg 1 mg/kg kicserélhető nikkeltartalmaéhoz képest igen nagy érték. Ezeken a talajokon általában rendkívül kicsi a Ca/Mg arány, többnyire 0,4-nél kisebb. A zab kivételével azonban a gabonafélék elég jól tűrik ezeket a körülményeket (Krause, 1962).

A talaj meszesedésével csökkenthető a Ni mozgékonyasága és növelhető a Ca/Mg arány, bár a Ni-toxicitás megszüntetésében nagyobb szerepe van a talaj-pH emelésének, mint a Ca-koncentráció növekedésének.

Ogoleva és Cserdakova (1980) a Ni előfordulásának törvényszerűségeit tanulmányozták a zónális talajtípusokban a Szovjetunió területén. Eredményeik szerint a vizsgált talajok összes Ni-tartalma többnyire 10 - 40 mg/kg között változott, ami elsősorban a talajok mechanikai összetételével volt szoros kapcsolatban. A talaj humusztartalma és a Ni-tartalom között nem volt korreláció, bár egyes talajok humuszrétegében a nikkeltartalom nagyobb volt, mint ami a biológiai akumulációval magyarázható lenne. A nikkeltartalom alapján a talajokat 4 csoportba osztották:

1. 5 - 15 mg/kg Ni-tartalommal a homok- és homokos vályogtalajok.
2. 15 -25 mg/kg Ni-tartalommal a gesztenyeszínű közepes és nehéz vályogtalajok.
3. 25 - 35 mg/kg Ni-tartalommal a sötétgesztenye színű agyagok, szolonyekek, közönséges és déli csernozjomok.
4. 35 mg/kg-nál több nikkelt tartalmazó talajok, öntés-talajok.

4.2. A nikkelt a növénytermesztésben

4.2.1. A nikkelt növényélettani szerepe

A nikkelt növényélettani szerepéről egyre több információval rendelkezünk. Anke és mtsai (1984) pl. igen részletes irodalmi áttekintést adnak a Ni élettani szerepéről. A metánbaktériumok számára a Ni szükséges, mert Ni nélkül a növekedésük leáll. A Ni feltétlenül szükséges ezen baktériumok hidrogenáz, szénmonoxid-dehidrogenáz és a metil-CoA-reduktáz enzimének szintéziséhez. Az algák karbamid-szintéziséhez is szükséges Ni.

Izolálva a babnövény ureáz-aminohidroláz enzimjét megállapították, hogy a koenzim rész nikkelt tartalmaz. Később kimutatták, hogy a szójabab, dohány, rizs növények növekedését a Ni stimulálja és a Ni-adagolás növeli az ureáz enzim aktivitását karbamidadagolás esetén. A Ni erősen kötődik a növényi enzimfehérjékhez, s az ureáz enzim aktivitása lineárisan nő a Ni-adagolással.

Több szerző szerint a Ni a szőlő és a burgonya számára is előnyös, a híg nikkelsooldatok kedvező hatását figyelték meg a termés mennyiségére (Pais, 1980). Viszont pl. Gupta (1984) közlése szerint a talajhoz 0,5 illetve 2,5 mg/kg koncentrációban adagolt Ni nem növelte a sárgarépa terméshozamát.

Itt említjük meg, hogy Pais és munkatársai eredményes kísérleteket végeztek búza-teszt növényekkel, amelyeket nikkelionokat tartalmazó permettrágyával kezeltek. Pais a nikkelt a jonathán-foltosság ellen kidolgozott szabadalmi leírásban, mint a Ca-ionok forgalmát elősegítő mikroelemet szerepelteti (Pais, 1984).

Külön figyelmet érdemel Eskew és mtsai (1983) közlése, amely szerint a nikkelt a hüvelyesek számára és valószínűleg minden más magasabb rendű növény számára létfontosságú mikroelem.

Nagyobb koncentrációban azonban a Ni a növényekre toxikus hatású. Ahol a talaj nagy nikkel tartalmú kőzetekből képződött, a növények Ni-koncentrációja oly mértékben is megnövekedhet, hogy a növényeket legelő állatok Ni-toxicitásban szenvedhetnek (Vojnar, 1960). Hazlett és mtsai (1983) Kanadában végzett mérései szerint ipari szennyeződésnek erősen kitett területen igen jelentős lehet a levegőbe jutó fémgökökből a talajra és a növényekre jutó Ni mennyisége. Pais (1980) szerint a nikkelmérgezés szempontjából a nyírfák, a tűlevelűek és a fűvek jó indikátornövények, Anke és mtsai pedig (1984) arról számoltak be, hogy a talajok nikkel-főlönségét a vörös here, a búza és a perje jelzik jól.

A Ni fitotoxikus hatása avval függ össze, hogy kelátképző és így más, fiziológiailag fontos nehézfémeket képes kiszorítani az aktív centrumból. A túl sok nikkelt károsan hat a növények ionfelvételére, mert gátolja a tápanyag-abszorpciót. A nikkelfőlösleg egyszikűeken klorotikus csíkokat, kétszikűeken klorotikus foltokat idéz elő, súlyosabb esetben pedig nekrosis lép fel és a növény elpusztul.

Tápoldatos kísérletekben árpán pl. a klorózis tünetei 0,5 mg/kg koncentráció fölött jelentkeztek, 8 mg/kg koncentráció pedig már elpusztította a növényt. Babnál a toxikussági küszöbérték mintegy 2 mg/kg volt.

A Ni toxikus hatása jelentősen csökkenthető a növény vas és molibdénellátásának javításával. A nikkelt és a vas közötti anyagsere-kölcsonhatásokat tekintve a két fém szinergista és antagonista kapcsolatban is lehet egymással (Pais, 1984). A kapcsolat jellegét döntően meghatározza a vas oxidációs állapota, mert a nikkelt általában elősegíti a Fe^{3+} és csökkenti a Fe^{2+} fiziológiai hatását.

MacNicol és Beckett (1985) munkájában találunk adatokat arról, hogy a nikkeltotoxicitás milyen termés-csökkenést okoz. A nikkeltotoxicitás a talaj savanyúságának növekedésével súlyosbodik. Az angol perje termése mintegy 10%-kal csökken, ha a levelek Ni-tartalma 130 - 220 mg/kg-nál több, paradicsomnál már 10 - 30 mg/kg Ni azonos hatású, kukoricánál 37 - 79 mg/kg, babnál 18 - 83 mg/kg, spenótnál 10 - 45 mg/kg Ni okoz kb. 10% termés-csökkenést. Bár a Ni biokémiájáról meglehetősen hiányosak még az ismereteink, az bizonyítottan látszik, hogy a Ni a DNS- és az RNS-metabolizmusban szerepet játszik (Körös, 1984).

4.2.2. Különböző növények nikkeltartalma és az erre ható tényezők

A növények nikkeltartalma normális körülmények között 0,1 - 5 mg/kg szá. közötti érték. Szerpentinközetben kialakult talajokon azonban a növények 200 mg/kg szá.-nál nagyobb mennyiségben is tartalmazzák. Az ilyen ultrabázikus talajokon ún. nikkelflóra terem, amely fajspecifikusan alkalmazkodik a Ni-kínálathoz. Kovalskij (1977) ezeket a növényeket nikkelt-hiperakkumulátoroknak nevezi (*Pulsatilla patens*, *Lynosyris villosa*), mert előfordul, hogy több, mint 1000 mg/kg nikkelt tartalmazznak szárazanyagukra vonatkozóan. Szerpentinközetben kialakult talajokon az *Alyssum* növény család növényeinek Ni-tartalma meghaladhatja a 1%-ot is. Homokkultúrák kísérletekben növekvő nikkelt mennyiség adagolására a növények Ni-tartalma 1 - 1000 mg/kg között változott (Mengel, Kirkby, 1978).

A növények nikkeltartalma elsősorban a talajok nikkeltartalmának a függvénye, ez pedig iparvidékeken (pl. fémkohók közelében) a talajra kerülő szennyezés mértékétől is függ.

A növények Ni-tartalmát a talaj pH-értéke is jelentősen befolyásolja, a pH csökkenése növeli a növények Ni-tartalmát. A gyakoribb talajtípusok közül a növények a legtöbb nikkelt andeziten képződött talajokon tartalmazzák. A növények nikkeltartalmát a szennyvízöntözés is jelentősen növelheti.

4.2.3. A növények nikkelellátottságának optimalizálása

Miután a nikkelt növényfiziológiai szerepe vitatott, megalapozatlan lenne bizonyos optimálisnak vélt koncentráció-intervallumok megadása. Az azonban nyilvánvaló feltételezve, hogy a nikkelt valóban esszenciális mikroelem a magasabb rendű növények számára nikkelt hiánnyal növénytermesztési szempontból nem kell számolni. Ugyanis még a felvehető nikkeltben nagyon szegény talajokon nőtt növényzet számára is biztosan elegendő az a

nikkelmennyiség, amit a növények a gyökérzetten keresztül fel tudnak venni. Eddig nem írtak le egyetlen olyan tünetet sem, amely a növények nikkelihiányára utalna. Nem mond ellent ennek a ténynek a megállapítás sem, hogy bizonyos esetekben és növényeknél a nikkellkiegészítésnek stimulatív hatása van a termés mennyiségére.

Ezzel szemben a túlzott nikkelfölösleg leszámítva az ún. nikkelflóra növényeit fitotoxikus hatású. Ilyen, nem gyakran előforduló esetben a felvehető nikkeltartalom csökkentése (pl. a talaj meszezése), vagy a vas- és molibdénellátottság javítása kínál megoldást.

4.3. A nikkelt az állati termékek előállításában

4.3.1. A nikkelt szerepe az állatok anyagcseréjében

Mivel a vas és a kobalt esszenciális jellege már régóta ismert, a Fe, Co és Ni kémiai hasonlóságából kiindulva az utóbbi 10 - 15 évben több kutatócsoport is vizsgálta a Ni-ellátásnak a hatását. A Ni fiziológiai fontosságáról az első adatokat csirkék vizsgálatát során nyerték (Pais, 1980). Ha a takarmány 40 mg/kg-nál kevesebb nikkelt tartalmazott, a csirkék lábszára vékonyabb, csánkja szélesebb lett, és megváltozott a májuk szerkezete is. Az ismeretek nagyfokú bővülése ellenére is még sok a nyitott kérdés a Ni-kutatás területén. Létfontosságát kecskéknél és törpesertésnél Anke (1973), valamint Anke és mtsai (1974, 1977, 1978, 1980), patkányoknál Nielsen (1974), valamint Schnegg és Kirchgessner (1975), juhoknál Spears és mtsai (1978, 1979) állapították meg.

4.1. táblázat

A nikkelt szerepe az anyagcserében

Létfontossága:	ANKE (1973), ANKE és mtsai (1974), NIELSEN (1974), SPEARS és mtsai (1978), SCHNEGG és KIRCHGESSNER (1976).
Biológiai jelentősége:	ureáz-, hidrogenáz-, transzamináz-enzimaktivitás, RNS és DNS stabilizálás, Fe, Ca és Zn anyagcsere, fehérje és szénhidrát anyagcsere.
Abszorpció:	~10 %
Kiürülés:	bélsár (mintegy 80 %), vizelet (2 % körül), tej.
Kölesönhatás (Antagonista, szinergista elemek):	Fe, Cu, Ca, Zn.
Minimum szükséglet:	kérődzők: 300-350 µg/kg szá. egygyomrúak: 200 µg/kg szá.
Hiánytünetek:	testmegcsökkenés, elhullás, Fe-, Ca-, Zn-anyagcsere-zavarok.
Mérgeztünetek:	takarmányfelvétel-, testmegcsökkenés, anémia, vizeletürítés-növekedés, tüdőkárosodás, gyakorlatban nem fordul elő.
Indikátor szervek:	bordacsont, vese, máj, nagyagy, fedőszőr.
Hiányterületek:	ismeretlenek.

A Ni számos enzim alkotóeleme, amelyek közül az egyik legfontosabb a kérődzők bendőemésztésében jelentős szerepet játszó ureáz. Az ureáz enzim molekulánként 6 - 8 nikkelatomot tartalmaz (Spears, Hatfield, 1977; Spears és mtsai, 1978; Hansard, 1983). Ni-hiány esetén a vizeletben kiürülő Ni-mennyiség jelentősen nagyobb, mint az 5 mg Ni/kg szárazanyag tartalmú takarmányt fogyasztó állatoknál (Spears és mtsai, 1978). A nikkeltkiegészítés a bendő bakteriális ureázaktivitását növeli, és ennek következtében növekszik a N-retenció is. A zavartalan bendőemésztés nikkeligényes folyamat, és a megfelelő nikkeellátás különösen karbamid etetésekor fontos (Anke és mtsai, 1982). További enzimek, malát- és glükóz-6-foszfát-dehidrogenáz, alkalikus és savas foszfatáz, valamint transzaminázok aktivitását is befolyásolja a nikkeellátás.

A Ni-hiány a szénhidrát-anyagcserére is hatást gyakorol, mert pl. a nikkelihiányos patkányok májában tárolt glikogén mennyisége csupán mintegy 10%-át érte el a kontroll állatokénak, a trigliceridhiányad pedig kb. 40% -kal volt kevesebb. A nikkelihiányból adódó, és az enzimaktivitásban bekövetkező változások egyébként a Fe- és Zn-anyagcserével kapcsolatosak. A nikkelt az állatok anyagcseréjében betöltött szerepét a 4.1. táblázat mutatja.

A nikkelihiányos anyáktól származó patkányokon anémiaszerű tünetek jelentkeztek, amelyek vasadagolásra sem szűntek meg. Nikkelihiány esetén a hematokrit érték, a hemoglobinn mennyisége és a vasabszorpció is csökkent (Schnegg, Kirchgessner, 1975, 1980). A vasanyagcsere-zavarok mellett a Ca-anyagcserében is zavarok mutatkoztak, a vizeletben kiürült Ca mennyisége

4.2. táblázat

Ca-ürülés és a csontok Ca-tartalma Ni-hiányos sertéseknél (mg/kg szá.) (ANKE és mtsai, 1982)

	Kontroll		Ni-hiányos		P	%
	állatok					
	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s		
Vizeletben ürülő Ca mennyisége						
süldők	51	11	138	51	< 0.05	271
kocák	28	9	47	13	< 0.05	168
Az egyes csontok Ca-tartalma						
bordacsont	202	18	172	20	< 0.05	85
karpalis csontok	174	5	163	6	< 0.05	94
lábszárcsont	163	8	152	7	< 0.05	93

megnövekedett, a csontok hamu- és kalciumtartalma csökkent (Kirchgessner, Schnegg, 1980; Nielsen, 1980). A több generáción keresztül Ni-hiányosan tartott törpesertések és kecskék

másodlagos Zn-hiányban szenvedtek, ami parakeratózisszerű bőrelváltozásokat okozott (Anke és mtsai, 1982). Ezek az elváltozások a szoptatás időszakában az emlőkön is megfigyelhetők voltak. A vizsgálatok szerint a Ni-hiány következtében a csontok Ca-tartalma (4.2. táblázat) és Zn-tartalma (4.3. táblázat) is csökkent.

4.3. táblázat

Ni-hiányos kecskék bordacsontjában tárolt Zn-tartalom alakulása a kontrollhoz viszonyítva (mg/kg szá.)

	Kontroll		Ni-hiányos		P	%
	állatok					
	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s		
Gidák	139	40	98	28	< 0.05	70
Anyák	99	20	75	14	< 0.001	76

Szignifikáns mértékben csökkent az állatok testtömeg-gyarapodása Ni-szegény takarmányozáskor anélkül, hogy a takarmányfogyasztás csökkent volna (Schnegg, Kirchgessner, 1975; Anke és mtsai, 1977, 1978, 1980, 1984; Spears és mtsai, 1978). A kísérleti sertések testtömegnövekedése 6 - 20%-kal csökkent 160 napos korukig a kontroll egyedekhez képest. Érdekes módon 110 -140 napos korig az eltérés nagyon csekély volt, ami arra utal, hogy az állatok Ni-tartaléka elegendő a kezdeti fejlődéshez, amennyiben nem nikkelszegény takarmányozott anyáktól származnak (4.1. ábra). A kecskék érzékenyebbek a nikkelihiányra, a kísérleti állatok testtömeg-gyarapodása átlagban 21%-kal volt kevesebb a kontroll kecskékhöz viszonyítva (4.2. ábra).

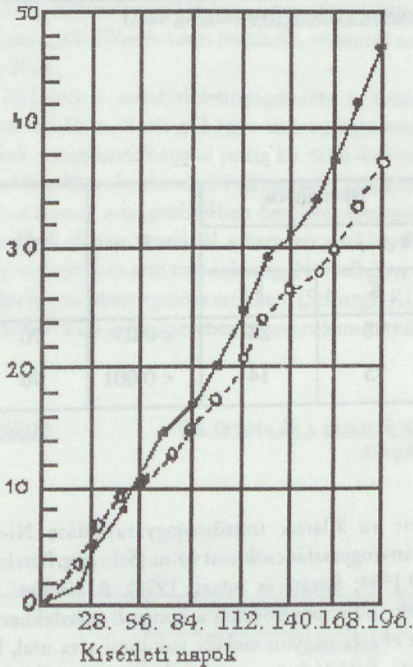
Patkányok nikkelihiányos ellátásakor csak a második generációban volt eltérés a testtömeg-gyarapodásban, ami 30 napos korig 16%-ot ért el, a harmadik generációban viszont 26%-ra növekedett (Schnegg, Kirchgessner, 1975).

Normális ivarzás mellett a nikkelihiányos kecskék és sertések csak többszöri termékenyítéssel vemhesülnek, és a nikkelihiányos anyák utódainak születési tömege kisebb, az elhullási arány pedig nagyobb a szoptatás időszakában.

A nikkelmérgezés veszélye csekély, a mérgezési szint az elem kémiai kötésétől, az etetés időtartamától, az állatfajtól, a kortól, a reprodukatív állapottól és a takarmány összetételétől függően tág határok között változhat. A Ni-klorid 100 mg/kg-os mennyiségben pl. már csökkentette a növekedés marhák étvágyát, a nikkeli-karbonát azonban csak 1000 mg/kg esetén járt étvágy- és testtömeg-csökkenéssel (O'Dell és mtsai, 1970).

4.1. ábra. Nőivarú sertések testtömeg
gyarapodása Ni-ellátásnál
és Ni-hiánynál

Testtömeg gyarapodás



- — · ♀ Kontroll
 ◇ — ◇ ♀ Ni-hiányos

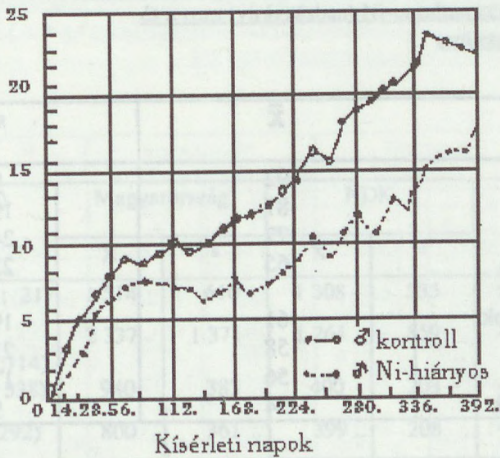
4.3.2. A takarmányok nikkeltartalma és az ezt befolyásoló tényezők

A takarmánynövények közül a hüvelyesek nagyobb mennyiségben tartalmaznak uréázt, amelynek esszenciális eleme a Ni, ezért nikkelben rendszerint gazdagok. A gabonafélék, szemestermények, gyümölcsök, gyökérfélék és a gumósok többnyire nikkelben szegények, a levéldús növényekben viszonylag több a Ni (4.4. táblázat).

Az általánosan elterjedt növényfajokat lucerna, vörös here, búza, rozs jelzőnövényként alkalmazva került sor az egyes eltérő geológiai származású talajok nikkelellátottságának felmérésére (4.5. táblázat). Általában az andezit-, szikes- és tőzeg-, illetve láptalajok növényállománya gazdagabb nikkelben, mint a lösz- vagy meszes homoktalajoké (Szentmihályi és mtsai, 1980; Regiusné és mtsai, 1982). Egyébként mint ezt a 4.6. táblázat adatai is bizonyítják

4.2. ábra Hímivarú kecskék testtömeg gyarapodása
Ni-ellátásnál és Ni-hiánynál

Testtömeg gyarapodás



4.4. táblázat

Különböző élelmiszer és takarmány növények Ni-tartalma
($\mu\text{g/kg}$ szá.)

Gabonafélék		Zöldtakarmányok	
Gumósok		Gabona és fűfélék (egész növény)	Hüvelyesek
Burgonya	560	Búza 660	Vöröshere 1 350
Répa	780	Rozs 600	Lucerna 1 400
Répafej	1 500	Legelőfű 1 900	Zöldbab (hüvelyes) 3 300
Zab	690	Kukorica 1 100	Szemesbab 2 280
Rozs	530	Káposzta 842	Cukorborsó 1 160
Búza	340	Fejes saláta 1 403	
Árpa	270		
Kukorica	197		

4.5. táblázat

A négy indikátornövény (vöröshere, lucerna, búza, rozs)
talajspecifikus Ni-tartalma a Ni-ben leggazdagabb talaj %-ában

A talaj geológiai származása	$\bar{x}$	s
Andezittalajok	92	9
Szikes talajok	87	19
Láp- és tőzegtalajok	77	24
Homokkő-, mészkő-, márgatalajok	65	23
Savanyú homoktalajok	61	19
Öntéstalajok	58	21
Lősztalajok	56	17
Meszes homoktalajok	54	9

4.6. táblázat

Néhány élelmiszer és takarmánynövény Ni-tartalma Ni-emisszióknak kitett és normál talajról ($\mu\text{g/kg}$ szá.)

Növények	Normál		Emisszióknak kitett		P	%
	talajok					
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
Sárgarépa	570	250	1 400	1 200	< 0.05	246
Burgonya	560	230	1 000	600	< 0.01	179
Takarmány-répa	780	220	2 200	1 900	< 0.01	282
Legelőfű	1 900	1 300	9 000	6 700	< 0.001	474
Kukorica, egész növény	1 100	490	2 800	2 300	< 0.01	255
Zab (szem)	690	360	1 500	570	< 0.01	217
Rozs (szem)	530	260	1 000	470	< 0.05	189
Búza (szem)	340	120	1 300	920	< 0.001	382
Árpa	270	190	400	240	< 0.05	148

ipari szennyeződések következtében tetemes mértékben, akár 2 - 5-szörösére is növekedhet az emisszióknak kitett vegetáció nikkeltartalma.

4.7. táblázat

A lucerna, a vöröshere (virágzásban), a búza (bugahányásban) és a rozs (virágzásban) Ni-tartalma két eltérő adottságú területen (µg/kg szá.)

Növényfaj (l) n	Magyarország		NDK		P	%
	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s		
Lucerna (91; 21)	1 514	610	1 308	535	> 0.05	116
Vöröshere (57; 114)	2 337	1 371	1 264	859	< 0.05	185
Búza (192; 338)	940	383	400	203	< 0.001	235
Rozs (76; 292)	800	361	399	208	< 0.001	200

A 4.7. táblázat a hazánkban termelt lucerna, vörös here, búza és rozs nikkeltartalmát hasonlítja össze az NDK-ból származó adatokkal. A lucernát kivéve, hazánkban az egyes növényfajokban az NDK-ban mért értékeknek megközelítően a kétszeresét találtuk nikkeltartalommal, ami feltehetően az erősen elterjedt bázikus-vulkanikus eredetű talajoknak tulajdonítható.

4.3.3. Nikkelellátottság és az állatok termelése

Az állatok nikkelellátottsága a takarmányok nikkeltartalmától függ; hazánkban a gyakorlati körülmények között az állatok ellátása megfelelő, mivel a növények nikkeltartalma általában meghaladja az állatok szükségletét, különösen zöld növények esetében. Az eltérő Ni-felvételt az állatok szervei többé-kevésbé jól tükrözik (4.8. táblázat). A legjobban a csontok Ni-tartalma tájékoztat az ellátásról, a szőrben azonban ellentétben más elemekkel nincs szignifikáns eltérés a hiányosan és a jól ellátott állatok között (Ling, Leach, 1979; Anke és mtsai, 1980). Érdekességgé megemlíti, hogy az emberi haj ezzel szemben Neachy és Sunderman (1973) szerint alkalmas indikátor a nikkellel való ellátottság tesztelésére. A tej nikkeltartalma is alig változik a takarmánnyal felvett nikkeltől függően (Kirchgessner, Schnegg, 1976), ezért pl. szárazanyagra számítva a 20 mg/kg és a 40 mg/kg nikkelt tartalmazó takarmányt fogyasztó patkányok tejében a nikkeltartalom koncentráció gyakorlatilag ugyanannyi volt.

A bordacsont, a máj és a vese jól tükrözik a nikkelellátottság szintjét (4.9. táblázat). A nikkellel gazdagabb takarmánynövények fogyasztása következtében szignifikánsan több e három vizsgált indikátorszerv nikkeltartalma hazánkban, mint az NDK-ban. A ló bordacsontja, veséje és mája minden esetben több nikkelt tartalmaz a másik két állatfajnál, ennek oka részben eltérő diszkriminációs képességben, másrészt a takarmányok abszolút és relatív

nikkelkoncentrációjában keresendő. Ismeretes pl., hogy a cereáliák közül a lovak takarmányozásában döntő szerepet játszó zab jelentősen több nikkelt akumulál, mint pl. az árpa vagy a búza.

4.8. táblázat

A kecskék különböző testrészeinek illetve szerveinek Ni-tartalom alakulása eltérő ellátásnál ($\mu\text{g/kg}$ szá.)

Szervek, testrészek, szövetek	Kontroll		Ni-hiányos		P	%
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
Bordacsont	907	314	174	64	< 0.001	19
Lábszárcsont	1 124	669	328	101	< 0.05	29
Vese	1 209	786	438	269	< 0.001	36
Nagyagy	948	594	465	174	< 0.05	43
Máj	1 115	650	568	338	< 0.01	49
Szívizom	591	438	288	173	< 0.05	49
Lép	576	342	367	228	> 0.05	64
Izomszövet	526	354	350	142	> 0.05	67
Fehér fedőszőr	756	361	559	250	> 0.05	74
Tüdő	764	520	591	323	> 0.05	80
Pankreasz	1 213	841	1 174	696	> 0.05	97
Kolosztrum	216	160	236	87	> 0.05	109
Tej	192	108	206	90	> 0.05	107

A hiányos nikkelellátottságú állatok (kevesebb mint 100 μg Ni/kg szá.) fejlődése lelassul, reprodukciójuk rosszabb lesz, bőr- és szőrelváltozások lépnek fel, növekszik a Ca-ürítés, csökken a Zn-abszorpció, kevesebb hemoglobint képeznek, és a bendő ureáz enzimaktivitása gyengül, ami a fehérjeszintézis gyengülését vonja maga után. Összegezve megállapítható, hogy a nikkelhiányos állatok életképessége szignifikánsan csökken, az elhullás növekszik.

Vizsgálataink szerint az átlagban 630 mg/kg Ni-tartalmú takarmányt fogyasztó hizóbikák hizlalási eredménye a takarmányban adott 5 mg/kg nikkelkiegészítéskor nem javult, bár a fehérjeértékesülés kis mértékben növekedett (Regiusné és mtsai, 1984). Irodalmi adatok szerint a kérődzők nikkelszükséglete 350 mg/kg takarmány-száranyag körüli érték, ezért a 630 mg Ni bőven fedezte az állatok szükségletét, amit az enzimvizsgálatok is alátámasztottak (Schnegg,

Kirchessner, 1977; Szilágyi és mtsai, 1982). Az 5 mg/kg szárazanyag Ni-kiegészítés hatására a máj és a here Ni-tartalma szignifikáns mértékben növekedett. A nikkellel jól ellátott fiatal állatok heréjének tömege egyébként közel kétszerese volt a nikkelhiányos takarmányon nevelt bikákéhoz képest (Regius és mtsai, 1983).

4.9. táblázat

A mezőgazdasági haszonállatok egyes szerveinek Ni-tartalma Magyarországon és az NDK-ban ($\mu\text{g/kg}$ szá.)

Faj	n	Magyarország		NDK		P	%
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
Szarvasmarha							
borda (106; 63)		724	388	416	203	< 0.001	57
vese (159; 238)		590	355	401	372	< 0.001	68
máj (164; 238)		776	499	451	288	< 0.001	58
Juh							
borda (26; 30)		1 266	501	441	423	< 0.001	35
vese (23; 36)		940	410	666	567	< 0.01	71
máj (26; 39)		740	352	526	351	< 0.05	71
Ló							
borda (26; 16)		1 683	982	997	423	< 0.05	59
vese (15; 23)		1 023	591	579	379	< 0.05	57
máj (29; 34)		1 632	316	699	400	< 0.05	43

A nikkeltúladagolás csökkenti a takarmányfelvételt és a testtömeg-gyarapodást, a legtöbb állatfajnál azonban csak 500-1000 mg/kg Ni-mennyiségeknél (Anke és mtsai, 1984). A tojóknál a túl sok Ni a tojástermelésre hat kedvezőtlenül, a tojásonkénti takarmányszükséglet a 250%-ot is elérheti a normál ellátású állatokhoz képest.

Nagy nikkeldagok (500 mg/kg) hatására az elhullás különösen a baromfiállományban nagy, a hizóbikáknál viszont az volt a tapasztalat, hogy bár az első három hónapban nehezen tudtak az állatok lábraállni, de a kísérlet további szakaszában érdekes módon rendbejöttek az állatok (Anke és mtsai, 1984).

A nikkelterhelés hatására a szőr és az egyes szervek Ni-tartalma a normál érték többszörösére emelkedik, a Zn-tartalom erősen csökken, a vesék és az epe több Zn-et választ ki. A Mn- és a rézanyagcserét csak kisebb mértékben befolyásolja a Ni-terhelés.

Mai ismereteink szerint Közép-Európában nem fordul elő Ni-hiányból vagy Ni-terhelésből fakadó termelőkiesés, a Ni-ellátás a gyakorlatban a szükséglet körüli, vagy azt legfeljebb néhányszorosan meghaladó.

4.4. Élelmiszerek nikkeltartalma

Az állati szervezetekhez hasonlóan a nikkelt az ember számára is esszenciális, több enzim (pl. karboxiláz, ureáz, argináz) aktivátora. A szervezet nikkeltartalma kb. 10 mg, s ennek több mint a fele a lágy testszövetekben található (ICRP, 1975). Az élelmiszerekkel naponta felvett Ni mennyisége kevesebb, mint 1 mg (Schormüller, 1965; Bowen, 1982), de így is bőven fedezi a mintegy 100 µg-ra becsülhető Ni-szükségletet. Néhány hazai élelmiszer átlagosnak tekinthető nikkeltartalmáról a 4.10. táblázat tájékoztat (Tarján, Lindner, 1981), a szükségleti értékek számításakor a napi Ni-igényt 0,1 mg-nak véve.

4.10. táblázat

Hazai élelmiszerek átlagosnak vehető nikkeltartalma

Élelmiszer	Nikkelkoncentráció		100 g élelmiszer nikkeltartalmának a napi szükséglethez viszonyított %-os aránya	A napi szükségletet fedező mennyiség, g
	mg/100 g eredeti anyag	mg/kg szárz- anyag		
Gyümölcsök				
Kajszibarack	0.013	0.98	13.0	770
Meggy	0.011	0.78	11.0	910
Ribiszke	0.053	3.46	53.0	190
Málna	0.033	2.43	33.0	300
Sárgadinnye	0.011	0.96	11.0	910
Zöld- és főzelékfélék				
Bab, száraz	0.35	4.17	350.0	29
Borsó, száraz	0.33	3.85	330.0	30
Lencse, száraz	0.16	1.82	160.0	63
Fejes saláta	0.015	2.88	15.0	670
Kelkáposzta	0.016	1.67	16.0	630
Paraj	0.033	4.85	33.0	300
Retek	0.019	3.80	19.0	530
Sárgarépa	0.019	1.65	19.0	530
Állati eredetű termékek				
Fogyasztói tej	0.012	1.02	12.0	830
Tojás	0.019	0.70	19.0	530
Sertéshús	0.022	0.51	22.0	450
Marhamáj	0.028	0.97	28.0	360

Az elmondottakból és a 4.10. táblázat adataiból is következik, hogy nikkelihiánnyal nem kell számolni hiánya különben májkárosodást okoz sőt, sok hüvelyeset fogyasztva a szervezetbe jutó Ni napi mennyisége a néhány mg-ot is elérheti. Vegetáriánus étrenddel egyébként több nikkelt jut a szervezetbe, mint állati eredetű termékeket is fogyasztva. Nagyon gazdag nikkeltben a tea és az osztriga (Pais, 1980).

A nikkelt a szervezetben csak kis mértékben szívódik fel, nagy része a bélsárral távozik, és a vizelettel ürített mennyiség csupán 2 - 3%-a a felvettnek (Bowen, 1979). Nagyobb koncentrációban a Ni toxikus hatású, s a toxikussági küszöbérték (kb. 10 mg/kg) jelentősen kisebb, mint a vanádium kivételével a többi létfontosságú nehézfém esetében.

4.5. Összefoglalás

1. A talajok nikkeltartalma igen széles koncentrációhatárok között változhat, szerpentinén kialakult talajok g/kg koncentrációban is tartalmazhatják. A növények által felvehető Ni az összes nikkeltartalomnak általában csupán 1 - 2%-a, a talaj pH-jának emelése csökkenti a kicserélhető Ni mennyiségét.

2. A növények esetében a Ni hiányára utaló tünetek nem ismertek. Ennek ellenére könnyen elképzelhető, hogy a hüvelyesek és esetleg a többi magasabb rendű növény számára esszenciális, és igen sok adat van stimulatív hatásáról is. A Ni-felesleg klorózist okoz, amely meszezéssel megszüntethető.

3. Az állati (és emberi) szervezet számára a Ni egyértelműen esszenciális elem, számos enzim pl. az ureáz alkotóeleme. Jól ismertek a hiánytünetek és a toxikussági tünetek is, a gyakorlati takarmányozásban azonban egyik sem fordul elő. A kérdőzök Ni-szükséglete nagyobb, mint az egygyomrú állatoké.

4. Táplálkozásunkban Ni-hiánnyal nem kell számolni, élelmiszereink közül a növényi eredetűek különösen a hüvelyesek több nikkelt tartalmaznak, mint az állati eredetűek.

5. A vanádium (V)

A vanádium az un. vanádiumcsoport névadó eleme, a periódusos rendszer V.a. oszlopába tartozó mikroelem. Vegyértéke 2, 3, 4, vagy 5 lehet, átlagos előfordulási koncentrációja a felszíni édesvizekben 0,5 mg/l, a tengervízben 2,5 mg/l, a litoszférában 135 mg/kg, a talajokban pedig 108 mg/kg (0,8 - 1000 mg/kg) (Bowen, 1982).

A vanádium fontossága bár esetenként stimulatív hatást tapasztaltak nem bizonyított a magasabb rendű növényekben. Egyes baktériumok és algák esetében azonban esszenciálisnak minősül. Ugyancsak életfontosságú az állati és az emberi szervezet számára.

5.1. A vanádium a talajokban

A talajok összes vanádiumtartalma általában 20-500 mg/kg. Savanyú talajokon elsősorban vanadil kationként, bázikus talajokban pedig inkább vanadát anionként fordul elő. A talajokból ecetsavval vagy ammónium-acetáttal többnyire 0,2 mg/kg-nál kevesebb V oldható ki; ez a mennyiség az, amit mozgékony formának tarthatunk. A V a talajokban elsősorban a vas-magnézium ásványokban és a vas-oxidok között található, főleg az agyagfrakcióban feldúsulva.

Berrow és mtsai (1978) skót podzol talajok EDTA-oldható V-tartalmát vizsgálták, és elég jelentős V-mennyiséget találtak a talajok A szintjében. A talaj agyagtartalmának növekedésével nőtt az összes extrahálható V- (valamint Fe- és Ti-) tartalom. Az agyagfrakció extrahálható V-tartalma 27 mg/kg volt. A talajból és az agyagfrakcióból extrahálható vanádium főleg $(VO)^{2+}$ formában volt jelen. Ez a forma Ljubimova (1979) szerint csak savanyú pH-nál és kis redoxipotenciál értékeknél fordul elő, a vanádium a talajokban ugyanis főleg 5 oxidációs fokú formában, mint vanadát található.

A vanadátion viselkedése a molibdátionéra emlékeztet, vagyis a molibdáthoz hasonlóan szorosan kötődik a talajban levő oxo-hidroxidokhoz. 7,7 - 8,2 pH között a vanadátiont jól adszorbeálják a vas-oxid-hidroxidok, valamint a mangán-oxid-hidroxidok. Ez a forma kicserélhető, ezért a vanadátion a foszfát- és molibdátionhoz hasonlóan hidroxidionnal kicserélhető és oldatba vihető.

Az irodalmi adatok szerint a talajban levő vanádium egy része a talaj humuszvegyületeihez kapcsolódik, amelyekkel komplexeket alkot. Ljubimova (1979) két szerves vanádiumvegyület-formát különböztet meg:

1. a vanádium humuszsavakkal képzett, illetve a Ca-, Al- vagy Fe-humátokkal alkotott vegyületei;
2. a vanádium fulvosavakkal és egyéb szerves vegyületekkel alkotott vegyületei.

A vizsgált talajokban a szerves anyaghoz kötött vanádium mennyisége 3 - 11 mg/kg között változott, amely az összes V-tartalomnak 2 - 15%-át képezte. A könnyen oldható rész 0,3 - 3,4 mg/kg értéknek adódott.

5.2. A vanádium a növénytermesztésben

5.2.1. A vanádium növényélettani szerepe

Jelenleg nincs megbízható adat arra, hogy a vanádium esszenciális lenne a magasabb rendű növények számára, bár abból adódóan, hogy bizonyos baktériumok és algák számára létfontosságú, egyes kutatók valószínűnek tartják, hogy kis koncentrációban a magasabb rendű, zöld növények számára is nélkülözhetetlen.

Arnon és Wessel már 1953-ban megállapította, hogy a V életfontosságú elem egyes zöldségfélék (*Scenedesmus obliquus*) számára.

A vanádium jelenléte elősegíti a nirtogénkötő baktériumok (*Azotobacter*, *Rhizobium*) tevékenységét. A nitrogén biológiai fixálási folyamatában a V a Mo-hoz hasonló hatású, és részlegesen helyettesítheti is a molibdént.

A magasabb rendű növényeknél egyes esetekben a vanádiumkiegészítés pozitív hatást eredményezett, más esetekben azonban különösen nagyobb adagokban negatív hatást regisztráltak.

Vaccarino és mtsai (1983) megállapították, hogy egy széntüzelésű erőmű környékén az erőműből származó hamu nagy V-tartalma toxikus hatású volt a közelben termesztett zöldségfélékre, szőlőre és citromfákra. A nekrotikus levélszövetek V-tartalma meghaladta a 200 mg/kg értéket.

MacNicol és Beckett (1985) közlése szerint oldatkultúrában az árpa, káposzta, bab, borsó termése 10%-kal csökkent, amikor a levelek V-tartalma 1-2 mg/kg-ra nőtt, a káposzta levelében 6 mg/kg V pedig már mintegy 50%-os terméscsökkenést okozott. A vas antagonizmus miatt egyébként erősen csökkenti a vanádium toxicitását.

5.2.2. Különböző növények vanádiumtartalma és az erre ható tényezők

A vanádium a legtöbb növényben szárazanyagra számítva 1 mg/kg körüli koncentrációban fordul elő. A talaj felvehető V-tartalmának növelésével nő a növényi szövetekbe beépülő V mennyisége is. Gupta (1984) mérései szerint pl. a sárgarépa gyökerében az átlagos vanádiumkoncentráció 0,91 mg/kg volt, a talajhoz adott 2,5 mg/kg vanádiumkiegészítés

5.1. táblázat

Botanikai referenciaanyagként (SRM) használatos minták V-koncentrációja légszáraz növényi anyagban

Minta	V-tartalom, mg/kg
SRM 1570 paraj	1.06 ± 0.17
SRM 1571 gyümölcsfalevél	0.598 ± 0.032
SRM 1573 paradicsomlevél	1.30 ± 0.20
SRM 1575 tűlevél	0.47 ± 0.08
IBS Bowen-féle kelkáposzta	0.341 ± 0.025

hatására viszont 1,22 mg/kg -ra nőtt. Néhány botanikai referenciaanyagként használatos növényi minta vanádiumtartalmát az 5.1. táblázat mutatja (Heydorn, Damsgaard, 1982).

Egyes növények különösen nagy vanádiummennyiségeket akumulálnak. A légyölő galóca (*Amanita muscaria*) pl. 100 mg/kg mennyiségben tartalmaz vanádiumot egy amavadin nevű, optikailag aktív vanádiumvegyület alkotórészeként (Pais, 1980).

A növények a vanádiumot természetesen közvetlenül a levélzeten keresztül is felvehetik, illetve a levegőből kiüledő vanádium felületi szennyezőként is szerepelhet. Neutronaktivációs méréseink szerint a vanádiumemissziókat kitett területeken a növények szárazanyagra számított vanádiumkoncentrációja elérheti, sőt meghaladhatja a 10 mg/kg értéket (Damsgaard és mtsai, 1986) (Szabó és mtsai, 1986).

5.2.3. A növények vanádiumellátottságának optimalizálása

Miután a növények számára a vanádium legfeljebb nagyon kis koncentrációban esszenciális elem, hiánytünetek fellépése nem várható. Welch és Huffman (1973) kísérletei szerint a kertészeti növények számára a vanádium legfeljebb 40 mg/kg koncentrációban szükséges.

Irodalmi adatok szerint azonban egyes növényeknél az adott koncentrációban jelen lévő vanádium stimulatív hatású. A legkedvezőbb hatás akkor várható, ha a tápoldat vanádiumkoncentrációja kb. 0,1 mg/l (Pais, 1980).

5.3. A vanádium az állati termékek előállításában

5.3.1. A vanádium szerepe az állatok anyagcseréjében

A vanádium aktivátora a ribonukleáz, a foszfatáz, a karboxi-peptidáz, a nitrogenáz és a nitrátreduktáz enzimek, ezenkívül a ribonukleinsav is tartalmaz vanádiumot. A V beépül a fogakba és a csontozatba, ezért hiánya különösen a fogképzés időszakában fogszuvasodást idézhet elő.

A magasabb rendű élőlények nagyon rossz hatásfokkal értékesítik a vanádiumot, Hausard és mtsai szerint (1978) csupán 0,1 - 1,0% közötti a felszívódás mértéke. Ezért a takarmánnyal felvett vanádium legnagyobb része a bélsárral ürül ki a szervezetből. Feltehetően az abszorpció mértéke a kínálattól függően változik, azonkívül a táplálékanyagok egyes egyéb faktorai is befolyásolhatják a felszívódást (Bogden és mtsai, 1982; Wiegmann és mtsai, 1982).

A felszívódott V a vesén keresztül távozik a szervezetből. A tej csak nagyon keveset tartalmaz (Phillips és mtsai, 1983; Anke és mtsai, 1984).

Vanádiumhiány esetén csontképződési zavarok jelentkeznek a fejlődő állatok szervezetében, ami arra utal, hogy szerepe van a foszfát biomineralizációjában, továbbá megfigyelhető fogszuvasodás és a vér koleszterinszintjének növekedése. A V azáltal csökkenti a vér koleszterintartalmát, hogy gátolja a koleszterin bioszintézisét (Kőrös, 1980).

Sabbioni és mtsai (1980) a vanádium és a vas kölcsönhatásáról tudósítanak, amit azonban Anke és mtsai (1984) kecskékkal folytatott kísérleteikben nem tudtak bizonyítani. Nagy V-adagok esetében azonban a vas csökkentette a mérgezés veszélyét az antagonistá hatás következtében (Nielsen és mtsai, 1983; Shuler, Nielsen, 1984).

A vanádiumnak szerepe van a zsír- és szénhidrát-anyagcserében. Az összes lipidhányad szignifikáns mértékben csökkent a vérplazmában, ha a vanádium mellett 1 mg/kg takarmányszárazanyag vaskiegészítést is kaptak az állatok (Nielsen és mtsai, 1983).

Megállapítható, hogy a vanádiumhiány következtében regisztrált változások az egyes anyagcsere-folyamatokban esetenként ellentmondásosak. Ez is alátámasztja Nielsen és Mertz (1984), valamint Anke és mtsai (1984) azon véleményét, hogy a vanádium nutritív szerepének tisztázásához további szisztematikus és átfogó kutatásokra van szükség. A vanádiumnak az anyagcserében betöltött szerepéről az 5.2. táblázat tájékoztat.

5.2. táblázat

A vanádium szerepe az anyagcserében

Létfontossága:	Nem egyértelműen tisztázott. (HOPKINS és NOHR 1971, 1974; STRAISE 1971; NIELSEN 1977; ANKE és mtsai 1984).
Biológiai jelentősége:	citrátciklus, enzim-aktivitás, zsírananyagcsere, Fe-forgalom.
Abszorpció:	1-5 %
Kiürülés:	bélsár, vizelet.
Antagonista elemek:	estleg Fe.
Minimum szükséglet:	10-25 µg V/kg tak. sza.
Hiánytünetek:	rendellenes csontképződés, vetélés, csökkent tej- és tejzsírtermelés, elhullás.
Mérgezési tünetek:	csökkent fejlődés, hasmenés, máj-, vesekárosodás, elhullás.
Indikátor szervek:	bordacsont, vese, máj, izomszövet.
Hiányterületek:	ismeretlenek (kevés adat áll rendelkezésre ezidáig).

5.3.2. A takarmányok vanádiumtartalma és az ezt befolyásoló tényezők

Ami az egyes takarmánynövények vanádiumtartalmára vonatkozó ismeretinket illeti, megállapítható, hogy igen nagy az eltérés a szélső értékek között (Schlettwein, Gsell, 1973; Mommsen, Straub, 1973). Így pl. Söremark (1967) a babban, sárgarépában, takarmányrépában és borsóban nagyon kevés vanádiumot (0,1 mg/kg-ot) talált, más esetekben mint ezt pl. az 5.1. táblázat adatai is alátámasztják a vanádiumtartalom meghaladhatja az 1 mg/kg értékét is. Abban az esetben azonban, ha a takarmánynövény vanádiumkoncentrációja jelentősen több, mint 1 mg/kg sza., külső kontamináció valószínű.

Gazdag vanádiumforrást jelentenek a növényi olajok (szója-, bab-, kukorica-, oliva-, földimogyoróolaj). Rendkívül kicsi a tej vanádiumtartalma, általában 3 - 8 mg/kg szárazanyag között változik, az ellátástól és a laktációs stádiumtól függően.

Itt említjük meg, hogy a kereskedelmi forgalomban levő trikálcium-foszfát mintegy 0,25% vanádium-pentoxidot tartalmaz, ami foszforforrásként alkalmazva vanádiumterhelést idézhet elő.

5.3.3. A vanádiumellátottság és az állatok termelése

Gyakorlati körülmények között vanádiumhiány jelenlegi ismereteink szerint nem fordul elő, s az előidézett hiánytünetek sem teljesen egyértelműek.

Azok a vanádiumkiegészítések kísérletek, amikor a normál takarmányt egészítették ki vanádiummal, nem is hoztak eredményt patkányoknál és egereknél (Schroeder, Balassa, 1967; Schroeder és mtsai, 1970). Figyelemre méltó viszont, hogy 10 mg/kg vanádiumellátás esetén csökkent a csirkék tollának növekedése (Hopkins, Mohr, 1971), és még a 30 - 35 mg/kg vanádiumellátás mellett is gyengébb volt a növekedés (Nielsen és mtsai, 1977). A vanádiummentes szemszintetikus takarmányadagnak 50 - 100 mg/kg szárazanyag mértékű vanádiumkiegészítése növelte a patkányok testtömeg-gyarapodását (Schwartz, Milne, 1971; Straisa, 1971; Schwartz, 1974). Kérődzőkkel Anke és mtsai (1983, 1984) végeztek először vanádiumhiányos kísérleteket, s csökkent testtömeg-gyarapodást, tej- és tejszírttermelést, a tej és a vizsgált szervek vanádiumtartalmának nagyfokú csökkenését, az anyák és bárányaik 30 - 40%-os elhullását állapították meg.

A hiány, a szükséglet és a terhelés különbözőképpen alakult az egyes kísérletek eredményei szerint, így pl. míg Nielsen és Ollerick (1973) még 35 ug V/kg szárazanyag ellátásnál is hiánytüneteket regisztráltak, Schwartz és Milne (1971) 10 ug V/kg szárazanyagnál (VOSO_4 alakban) 4%-os testtömeg-gyarapodás-növekedést értek el patkánykísérletekben.

A vanádium már viszonylag kis koncentrációban is mérgező lehet. A foszforműtrágyázás következtében jelentősen feldúsulhat a talaj vanádiumban, ami a legeltetéskor, vagy a talajjal szennyezett takarmánynövények fogyasztásakor mérgezést idézhet elő. Hőörömvégek közelében ugyancsak nagyfokú lehet a vanádium feldúsulása a növényekben, ami károsan befolyásolhatja az állattartás gazdaságosságát. Az ilyen jellegű veszély teszteléséhez pl. Ammerman és Hausard (1979) végeztek kísérleteket juhokkal, megállapítva, hogy a 0 - 200 mg/kg vanádium NH_4VO_3 formában a testtömeg-gyarapodást, a takarmányfelvételt és -értékesülést nem befolyásolta, 400, illetve 800 mg/kg-nál azonban már egy nap után nem ettek a juhok. 5 - 8 nap alatt azonban miután vanádiumkiegészítést nem kaptak teljesen helyreállt az állatok egészsége. A vanádiumkiegészítés hatására az egyes szervek csont, vese, máj, izomszövet vanádiumtartalma is megnövekedett. Elhullást a testtömeg -kg-onként egyszeri adagban kapott 40 mg V okozott az adagolást követő 68 - 80 óra alatt, hasmenés pedig már 15 óra után jelentkezett. A vese, a máj és az emésztőrendszer nem mutatott elváltozást, a mikroszkópos vizsgálat azonban hepatitisre és májfajfúlásra utaló tüneteket tárt fel. Hasonló eredményekre jutottak Hausard (1975), valamint Romoser és mtsai (1961) is.

Borjaknál és bárányoknál a vanádiummérgezés hasmenést, csökkent fejlődést, ataxiát és elhullást okozhat. A takarmányok kis vanádiumtartalma miatt azonban ilyen veszéllyel csak az ipari szennyezések körzetében kell esetenként számolni.

5.4. Élelmiszerek vanádiumtartalma

Bár a vanádium fiziológiai szerepe és a szükségesleti érték is meglehetősen vitatott, az bizonyosnak tűnik, hogy fontos szerepe van a lipidanyagcserében, gátolja a koleszterin bioszintézist, és jelenléte csökkenti a fogszuvasodás előfordulását. Valószínűleg szerepe van a csontozat és a fogak Ca-ellátottságának biztosításában is. Egyes vizsgálatok szerint szignifikáns negatív korreláció van az ivóvíz vanádiumtartalma és egyes szívbetegségek gyakorisága között.

Néhány élelmiszer vanádiumkoncentrációja az 5.3. táblázatban látható (Heydorn, Damsgaard, 1982; Bowen, 1982). Bár az állati testszövetek V-koncentrációja általában jelentősen kisebb, mint a növényeké, megemlítendő, hogy a tengeri puhatestűek sok vanádiumot tartalmaznak. A tengervízhez képest pl. a kagylókban 1000 - 5000-szeresére dúsul a vanádium (Kőrös, 1980).

5.3. táblázat

Az élelmiszerek átlagosnak vehető vanádiumtartalma

Élelmiszer	Vanádiumkoncentráció		100 g élelmiszer vanádiumtar- talmának a napi szükséglethez viszonyított %-os aránya	A napi szükség- letet fedező élel- miszertömeg, g
	mg/100 g eredeti anyag	mg/kg száraz- anyag		
Növényi cre- detű élelmi- szerek:				
Fejes saláta	0.010 4	2.00	5.2	1 920
Retek	0.001 8	0.36	0.9	11 110
Zöldborsó	0.003 6	0.14	1.8	5 550
Spenót	0.008 0	1.18	4.0	2 500
Kelkáposzta	0.003 7	0.38	1.9	5 410
Sárgarépa	0.010 5	0.91	5.0	2 000
Állati eredetű élelmiszerek:				
Fogyasztói tej	0.000 07	0.006	0.04	286 000
Marhamáj	0.002 0	0.07	1.0	10 000

Az élelmiszerekből és az ivóvízből naponta felvett vanádium mennyisége 1 mg körüli érték, az emberi szervezetben levő teljes vanádiumtartalom pedig ennek túlnyomó többsége a csontozatban van mintegy 20 mg (ICRP, 1975). A vanádium egyébként igen rosszul szívódik fel a béltraktusból, a táplálékkal felvett vanádiumnak mintegy 99%-a bélsárral távozik (Heydorn, 1984).

Hiányától kiegyensúlyozott, változatos táplálkozás esetén nem kell tartani, a táplálékkal felvett mennyiség biztosan fedezi a 0,2 mg-ra becsülhető napi szükségletet. A vanádiumnak különben meglehetősen kicsi a toxikussági határértéke, és 5 mg/kg koncentráció fölött már

mérgező a szervezetre (Pais, 1980). Küszöbértéke tehát a táplálékláncban jelentősen alacsonyabb, mint a többi esszenciális nehézfémé.

5.5. Összefoglalás

1. A talajból a növények számára felvehető vanádium mennyisége annak ellenére, hogy a talajok összes vanádiumtartalma általában 20 és 500 mg/kg közötti érték nagyon csekély, mivel a vanádiumnak csak igen kis hányada van mozgékony, kicserélhető formában. Savanyú talajokban főleg vanadil kationként, semleges és lugos kémhatású talajokban viszont elsősorban vanadát anionként fordul elő.

2. A növények 1 mg/kg körüli koncentrációban tartalmazzák szárazanyagra számítva, és ez a koncentráció jelentősen több, mint az esetleges igény. A magasabb rendű növények esetében esszenciális jellege nem bizonyított (esetenként stimulatív hatású), egyes alacsonyabb rendű növények számára viszont életfontosságú. Fontos szerepe van a biológiai nitrogénkötésben, a molibdént részben helyettesíteni is képes.

3. Az állatok számára életfontosságú mikroelem, de a gyakorlati takarmányozásban hiánya nem fordul elő. Több enzim katalizátora, szerepe van a lipidanyagcserében és a csontképzésben is. Vanádiumexpozíciónak kitett, erősen szennyezett területeken esetenként toxikussága okozhat gondot.

4. Az emberi táplálkozásban vanádiumhiánnyal nem kell számolni. A növényi eredetű élelmiszerek vanádiumban sokkal gazdagabbak, mint az állati eredetűek.

6. Az ón (Sn)

Az ón a periódusos rendszer IV.b. oszlopába sorolt, vegyületeiben 2 vagy 4 vegyértékkal előforduló mikroelem. A felszíni édesvizekben átlagosan 0,009 mg/l, a tengervízben 0,004 mg/l, a litoszférában 2,0 mg/kg, a talajokban 5,8 mg/kg (0,1 - 40 mg/kg) koncentrációban fordul elő. Növényfiziológiai szerepéről keveset tudunk, az állati szervezetek részére azonban minden bizonnyal esszenciális elem.

6.1. Az ón a talajokban

Az ón a litoszférában a vulkáni kőzetekben dúsul fel. A talajok általában 1 - 20 mg/kg ónt tartalmaznak, a 2,5%-os ecetsavban, illetve 1 mólos ammónium-acetátban könnyen oldódó mennyiség pedig nagyságrendileg mindössze 0,1 mg/kg (Swaine, 1969). Mozgékonyága a talajban igen kis mértékű, elsősorban a szerves- és agyagfrakciókban akkumulálódik, illetve a műveletlen talajokban főleg a felső, szerves anyagokban gazdagabb rétegben dúsul.

Az ónvegyületek elég rosszul oldódnak, bár a talaj kémhatásának savanyodásával az oldhatóság, és ezáltal a növények önfelvétele is növekedhet. Az ónról Coughtrey és mtsai (1983) állítottak össze monográfiát, bemutatva az ón előfordulását a talajképző kőzetekben, talajokban, növényekben, állatokban, emberben és vízi ökoszisztémákban.

6.2. Az ón a növénytermesztésben

6.2.1. Az ón növényélettani szerepe

Az ón növényélettani szerepéről meglehetősen kevés megbízható információ áll rendelkezésre. Jelenlegi ismereteink alapján úgy tűnik, hogy sem az alacsonyabb, sem a magasabb rendű növények számára nem esszenciális. Stimulatív hatása sem ismert. Régebbi munkák (Micheels, 1906; Cohen, 1940) ugyan stimulációs hatást tulajdonítanak az ónnak, a későbbi munkák azonban ezt nem erősítették meg.

Egyedül toxikusságáról van adat, tenyészedényes talaj és tápoldatos kísérletek alapján.

6.2.2. Különböző növények óntartalma és az erre ható tényezők

A növények az ónt általában csak nagyon kis koncentrációban (1 mg/kg szárazanyag alatt) tartalmazzák, bár ónban gazdag talajok esetében egyes növények hamujában az óntartalom elérheti az 50 mg/kg értéket is (Bowen, 1982). Az mindenesetre tény, hogy a növények elég nehezen veszik fel, és a szárazföldi növények átlagos óntartalma bár van néhány növényfaj, amely képes az ón dúsítására többnyire 0,3 mg/kg-nál kisebb érték szárazanyagra számolva (Pais, 1984). A tengeri növények óntartalma valamivel nagyobb. Néhány növény levelében mérhető óntartalomról a 6.1. táblázat adatai nyújtanak információt (Pais, 1980).

Növényfaj	Leggyakoribb Sn-koncentráció intervallum mg/kg sza.
Tölgyfa	0.2-1.2
Nyírfa	0.1-1.0
Kukorica	0.3-1.5

Romney és mtsai (1975) fehér babbal és árpával végeztek tenyészedény-kísérleteket savanyú és meszes talajokon. A talajra vonatkoztatva legnagyobb dózisként 500 mg/kg ónt adtak SnCl_2 formájában, és ennél a dózissnál már termésnövekedést tapasztaltak.

A vizsgálatok szerint az ón a levelekben kissé nagyobb mennyiségben volt jelen, mint a szárbán. A kontrollnövényeknél az óntartalom 1 mg/kg érték körül ingadozott. Savanyú talajon a nagyobb óntartalom a mérések szerint csökkentette a levelek Fe-tartalmát. A talaj savanyú kémhatása esetén az 500 mg/kg SnCl_2 az árpa növényre erősen toxikus volt, de a szárból nagyon kevés ón jutott.

A tápoldatos kísérleteket 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} és 10^{-3} mol/l SnCl_2 koncentrációjú tápoldatokkal végezték mészadagolással és anélkül. Mész nélkül már a 10^{-3} mol/l ónklorid erősen toxikus hatású volt. A szár és a levelek óntartalma egyébként a kontrollhoz képest alig növekedett, a felvett ón nagy része a gyökerekben maradt.

Takahashi és mtsai (1976) is végeztek különböző növényekkel ónfeldvételi vizsgálatokat 1, 5 és 10 mg/l ónt tartalmazó oldatokkal. Megállapították, hogy a növények felső részében az ón viszonylag kevés volt, 20 és 200 mg/kg között változott, a gyökerekben viszont 2000 - 20000 mg/kg mennyiséget is mértek. A növények növekedése a nagyobb ónadagok hatására csökkent.

MacNicol és Beckett (1985) adatai szerint árpánál oldatkultúrában 63 mg/kg ón levelben 10% termésnövekedést okozott, míg talajban az Sn gyakorlatilag nem toxikus hatású.

6.2.3. A növények ónellátottságának optimalizálása

Mivel az ón a növények számára se nem életfontosságú, se nem stimulatív elem, hiányáról, ill. optimális koncentráció-tartományról nem beszélhetünk. Abból adódóan, hogy csak nagyon gyengén toxikus elem, gyakorlati körülmények között fitotoxikus hatással nem kell számolni.

6.3. Az ón az állati termékek előállításában

6.3.1. Az ón szerepe az állatok anyagcseréjében

Bár az ón esszenciális voltát eddig csak patkányokon állapították meg egyértelműen (Schwartz és mtsai, 1970), és a többi állatfajnál, ill. az embernél még nincs perdöntő bizonyíték létfontosságára vonatkozóan, valószínűnek látszik, hogy minden emlős számára nélkülözhetetlen elem. A szintetikus ónmentes takarmányhoz adott 2 mg/kg ón (ón-szulfát alakjában) 59%-kal növelte a patkányok testtömeg-gyarapodását, az 1 mg/kg koncentráció pedig 31 - 53%-ban. Az egyéb kémiai kötésben ugyanilyen mennyiségben a szintetikus takarmányhoz adagolt ón hatása kisebb volt, 14 - 22% közötti mértékben növelte az állatok gyarapodását.

A szervetlen ónvegyületek felszívódása nagyon csekély, átlagban 3%-nál kisebb, és a kiürülés révén 24 órán belül ez a mennyiség is mintegy a felére csökken. Az abszorpció, a kiürülés és a biológiai aktivitás nagy mértékben függ az ónhoz kötött ligandumok számától és fajtájától (Klein, Woggan, 1982). Az ón feltehetően zsírsavakhoz kötött, a redoxifolyamatokban játszik szerepet.

A szervezetbe jutó nagy mennyiségű ón hatására a cinkértékesülés szignifikánsan csökken, a szelénürülés növekszik, a bélnyálkahártya sejteinek vasfelvétele a kontrollhoz képest csökken (Klein, Woggan, 1982). Az állatok fejlődése, a táplálóanyagok értékesülése erősen korlátozott, anémia, valamint bél-, máj- és pankréaszkárosodások jelentkezhetnek, ideg- és immunrendszeri zavarok léphetnek fel.

Különösen a szerves ónvegyületek lehetnek károsak, pl. a trimetil-ón-klorid mintegy 10 mg/kg koncentráció esetén mérgező (de Groot, 1973; Stevenson és mtsai, 1974; Klein, Woggan, 1982). Az ón biológiai metilezése rendkívül fontos az élő szervezetek különböző toxikus komponensek iránti érzékenysége szempontjából, mert az ilyen kötésben jelenlevő ón olyan folyamatokat is elősegíthet, mint pl. a szervetlen higanynak metil-higannyá való átalakulása.

6.2. táblázat

Az ón szerepe az anyagcserében

Létfontossága:	SCHWARZ és mtsai (1970 (patkánynál)).
Biológiai jelentősége:	növekedés csökkenés, szerepet játszik a redoxi-folyamatokban, zsírsavakhoz kötött.
Abszorpció:	< 3 % a felszívódás.
Kiürülés:	vizelettel, bélsárral epén keresztül ürül.
Antagonista elemek:	részben ismeretlen, Fe és Zn csökkenti a mérgezés veszélyét.
Minimum szükséglet:	2 mg/kg tak. sza.
Hiánytünetek:	patkányok fejlődése csökken.
Toxicitás:	Zn-, Fe- és Se kollagén anyagcsere zavarok, fejlődési depresszió, bél, máj pankréaszkárosodás savas és bázis-sós foszfatáz aktivitása csökken.
Indikátor szervek:	csont, máj, vese.
Hiányterületek:	ismeretlenek.

A szervetlen ónvegyületek kevésbé mérgezőek, bár hosszú időn keresztül adagolva az ón(II)-klorid (5 mg ón/kg takarmány) gátolta a kollagéneképződést és csökkentette a foszfatázok aktivitását. Az ónnak az anyagcserében betöltött szerepét a 6.2. táblázat mutatja.

6.3.2. A takarmányok óntartalma és az ezt befolyásoló tényezők

A talajok óntartalma amely végső soron a takarmánynövények óntartalmát is meghatározza eléggé eltérő lehet, a legkevésbé a homok- és mészkőtalajok átlagosan 0,5 mg/kg-ot tartalmaznak, az ónnal erősen szennyezett területek talajában azonban esetenként 800 mg/kg ón is előfordul. Egyébként annak ellenére, hogy az ón felhasználása számos területen (pl. fungicidként és fertőtlenítőszerként) az utóbbi évtizedekben nagy mértékben megnövekedett, a környezet ónszennyezettsége csekély.

A takarmánynövények óntartalma általában 0,1 - 0,2 mg/kg szárazanyag közötti érték, feldúsulásról kevés adat van. A legelők füve többnyire 0,3 - 0,4 mg/kg ónt tartalmaz szárazanyagra vonatkoztatva, azonban egyes zúzmókban a zúzmók többnyire nagyon jól dúsítják a különböző nehézfémeket 70 mg/kg-ot meghaladó koncentrációkat is mértek, ami szélsőségesen nagy érték.

Bár savanyú talajon megnövelhet az ónfeldvétel, de ettől függetlenül az állatok ónterhelésének veszélye egészen minimális. Kifejezetten kicsi az állati eredetű takarmányok óntartalma is.

6.3.3. Az ónellátottság és az állatok termelése

Az állatok termelésében elsősorban az ónterhelésnek, az ón toxikus hatásának lehet jelentősége. De mert az ónabszorpció csekély, gyakorlati körülmények között az állatokra gyakorolt veszélye is az. Kísérleti feltételek mellett különböző kémiai formában és koncentrációban etettek az állatokkal ónt, ami eltérő változásokhoz vezetett az egyes anyagcsere-folyamatokban. Ezek a terheléses kísérletek azonban szinte kizárólag kis állatokkal patkány, egér, tengerimalac, baromfi, nyúl folytak, laboratóriumi körülmények között. Nagy testű, gazdasági állatokkal folytatott kísérletekről nincsenek irodalmi adatok.

Az biztos, hogy a takarmányokból és kisebb arányban az ivóvízről az állatok szervezetébe jutó ón mennyisége elégséges az anyagcsere-folyamatok optimális lefolyásához, ezért ónhíánnyal a takarmányozásban nem kell tartani. Más szóval, ha az ón egyértelműen esszenciálisnak is bizonyulna a haszonállatoknál, a szükségleti értéket feltétlenül meghaladja az ellátottság. Mivel az újszülött állatok testében elenyészően kicsi az óntartalom, ez egyrészt arra utal, hogy az ón legfeljebb igen kis mennyiségben szükséges, másrészt arra is, hogy hatékony placentaszűrő működik az anyaállat és a méhben fejlődő magzat között, azaz a köldökzsinóron az ón csak igen kis mértékben hatol át (Chmielnicka, Szymanska, 1981).

6.4. Élelmiszerek óntartalma

Az emberi szervezetben lévő ón teljes mennyisége lévén az izomzat és a belső szervek óntartalma csupán 0,1 - 0,2 mg/kg, a csontozaté pedig 0,5 - 1,0 mg/kg mintegy 15 - 20 mg (ICRP, 1975). A napi ónfeldvétel kb. 4 mg-ra becsülhető, és a nagyon kismérvű abszorpció miatt ennek is csak mindössze 1%-a távozik a vizelettel (Heydorn, 1984). Sok konzerv fogyasztása

esetén azonban a szervezetbe nagyságrendileg több ón is bejuthat, ugyanis az ónt a konzervdobozok felületének bevonására használják korrózióvédelem céljából. A konzervek óntartalma függ a tárolási időtől, a termék pH-jától és konzisztenciájától, valamint a tárolási hőmérséklettől. A nagyobb arányú konzervfogyasztás miatt az USA-ban a lakosság jóval több ónt fogyaszt, mint pl. Afrikában.

6.3. táblázat

Tartósított élelmiszerek Sn-tartalmának megengedett mértéke (MSZ 3612/10)

Tartósított élelmiszer	Maximális óntartalom mg/kg
Italok	50
Zöldség- és gyümölcskészítmények	200
Sűrítvények	250
Száritott főzelék- és gyümölcskészítmények	100
Hús- és halkészítmények	200

Kismérvű toxikussága, valamint jellegzetes, kellemetlen fémes íze miatt koncentrációja a tartósított élelmiszerekben határértékhez kötött (6.3. táblázat). Polarográfiás méréseink

6.4. táblázat

Tökpüré- és sűrített paradicsom bébiételkonzervek ón tartalma

Vizsgált bébiétel	Koncentráció mg/kg	
	átlag	szélső értékek
Tökpüré	15	2 - 31
Sűrített paradicsom	42	20 - 110

szerint (6.4. táblázat) a vizsgált hazai bébiételkonzervek óntartalma meg sem közelítette a határértéket (Szabó, 1977). Viszont mind a hazai, mind a külföldi szakirodalomban számos adat van meglehetősen magas nagyságrendileg 100 mg/kg ónkoncentrációkról is, sőt Schormüller (1965) olyan esetet is megemlít, amikor a pH 3 kémhatású ananászlé kb. 2000 mg/liter ónt tartalmazott. Ennek fogyasztása egyébként már megbetegedéshez vezetett, annak ellenére, hogy az emberi szervezet elég jól tolerálja az ónt.

Az ember önterhelésének veszélye többszöröse az állatokénak, mert a konzervdobozokból az élelmiszerek eredeti óntartalmát sokszorosan meghaladó mennyiségek is a konzervált élelmiszerekbe, illetve onnan a szervezetbe juthatnak. A több ónt felvevő egyének szervezetükben is nagyobb mennyiségű ónt kötnek meg, és egyidejűleg a vizelettel is többet ürítenek (Pais, 1984). A táplálékkal a szervezetbe jutó nagyobb mennyiségű 50 mg/kg ón már befolyásolja

a többi mikroelem metabolizmusát is, pl. jelentősen növeli a széklettel ürülő szelén mennyiségét, és akadályozza a vas felvételét. Megjegyezzük, hogy káros hatást még napi 100 mg ön rendszeres fogyasztása sem okoz, igaz, ettől jelentősen megnő a Zn-ürülés. Jó vas- és rézellátás egyébként a minimálisra csökkenti az ónmérgezés veszélyét (de Groot, 1973).

6.5. Összefoglalás

1. A talajokban az ön mozgékonyága igen kismérvű, a növények számára felvehető óntartalom nagyságrendileg mindössze 0,1 mg/kg körüli. A növények számára az ön nem esszenciális és nem is stimulatív, koncentrációja a növényekben többnyire 1,0 mg/kg szárazanyagnál kisebb.

2. A patkányok számára az ön bizonyítottan létfontosságú, és valószínűleg a haszonállatok és az ember számára is szükséges. Hiánya azonban nem fordul elő, s a béltraktusból való nagyon kismérvű felszívódása miatt a gyakorlatban toxikussági problémák nem jelentkeznek.

3. Az élelmiszerek közül a konzervált élelmi anyagok óntartalma lehet nagy, abból adódóan, hogy a konzervdobozok óntartalmú bevonatának egy része belekerülhet az elfogyasztott élelmiszerbe, italba. A szervezetbe jutó nagy mennyiségű ön elsősorban a vas-, cink- és szelénhasznosulást gátolja.

7. A titán (Ti)

A titán a periódusos rendszer IV.b. oszlopának, az un. titáncsoportnak névadó eleme, vegyületeiben leggyakrabban 4, ritkábban 2 vagy 3 vegyértékű. Átlagos koncentrációja a felszíni édesvizekben 5 mg/l, a tengervízben 1 mg/l, a litoszférában 5700 mg/kg, a talajokban pedig 5000 mg/kg (150 - 25000 mg/kg) koncentrációban fordul elő (Bowen, 1979, 1982). A titán mind a növényi, mind az állati szervezetek számára tipikusan stimulatív hatású, de nem esszenciális mikroelem.

7.1. A titán a talajokban

A titánt igen jelentős mennyiségben találjuk a litoszférában, és a Föld anyagát alkotó elemek sorában a tizedik leggyakoribb elem. Trópusi talajokban a Ti fő alkotórész is lehet, és ennek megfelelően ezekben gyakran elég nagy mennyiségben található (Swaine, 1969). A Hawai-szigeteken pl. a talajok titántartalma nagyon nagy; 1,7 -13,2% közötti értékeket mértek (Sherman, 1952). A mérsékelt éövi talajokban azonban nem ez a helyzet, illetve legfeljebb a régebbi korokban képződött trópusi reliktum talajokban nő meg a Ti mennyisége ebben az övezetben is.

A titán ásványai nem mállékonyak, ezért a talajképződés folyamán helyben maradnak. A trópusi talajokon, ahol a nagy meleg és a bőséges csapadék következtében intenzív a mállás és a mállástermékek kimosódása, a titántartalom jelentősen megnő. Ez abból adódik, hogy a titánásványok rendkívül ellenállnak a mállásnak, viszont más elemek kimosódnak a talajból, így a Ti feldúsul. A talaj titántartalma 2 - 20%-ra is emelkedhet.

Normál talajok többnyire 1000 - 10 000 mg/kg titánt tartalmaznak, amiből a könnyen oldható frakció általában 1 mg/kg-nál (ez az ecetsavban, illetve az acetátban oldható mennyiség) kevesebb.

Néhány hazai talajban a titántartalom 500 és 5000 mg/kg közötti értéknek adódott.

A titán a talajokban mint finomkristályos TiO_2 (rutil és anatáz), vagy mint vastitanát (FeTiO_3 - ilmenit) fordul elő. A talajok agyag- és porfrakciójából a rutil- és anatázkristályok izolálhatók (Jackson, 1964). Kis mennyiségben a Ti a vasat és az alumíniumot is helyettesítheti a különböző szilikátokban, ezért az oxidokon kívül a titán elsősorban a szilikátokhoz kötötten fordul elő.

A Ti nem tartozik a mozgékony elemek közé, ezért a talajból a növények Ti-felvétele többnyire nem jelentős. Bár a legtöbb talajban a Ti rendkívül stabil formában van jelen, és nem mosható ki, különleges esetekben (pl. a skót podzoltalajok) az extrahálható Ti-tartalom meghaladhatja a 100 mg/kg értéket is (Bowen, 1982). A titán mobilizációját nagy mértékben elősegítik a szerves savak.

7.2. A titán a növénytermesztésben

7.2.1. A titán növényélettani szerepe

A Ti nem sorolható az esszenciális elemek közé, és a publikációk többsége a titánt mint élettanilag érdektelen, lényegében ballasztelmet tárgyalja.

7.1. táblázat

Titánkezeléses szőlőkísérlet a Kecskemét-Szikrai Állami Gazdaságban 1978-1979-ben (kezelés: 3*1 l/ha)

Fajta	Mustfok	%-os mustfoknövekedés
Olaszrizling		
kontroll	15.50	
kezelt	16.45	6.1
SZD _{5%}	0.20	
Kadarka		
kontroll	13.80	
kezelt	16.05	16.3
SZD _{5%}	0.06	
Kövidinka		
kontroll	15.58	
kezelt	16.53	6.1
SZD _{5%}	0.18	

A hazai kutatások viszont (Pais, 1974, 1983, 1984; Pais és mtsai, 1978, 1979; Fehér és mtsai, 1980, 1984) egyértelműen azt mutatták, hogy a legkülönbözőbb tesztnövényeknél is kedvező eredmények kaphatók titánnal való kezelés hatására. A titánt kelát formájában tartalmazó lombtrágya eredményesen használható a különböző szántóföldi és kertészeti növények terméshozamának növelésére és minőségének javítására. Az aszkorbinsavas Ti-keláttal való kezelés hatására nőtt a levelek klorofilltartalma, felgyorsult a fotoszintézis, növekedett a szénhidrát- (cukor) és gyakran a fehérjetartalom is. A Ti biokémiai szerepének felderítésével kapcsolatos kísérletek eredményei szerint a Ti jelentősen növeli több enzim (nitrát-reduktáz, kataláz, polifenol-oxidáz, fruktóz-biofoszfátáz) aktivitását. A leírtak következtében erőteljesebbé válik a növekedés, intenzívebb a tápanyagfelvétel, és mindez elősegíti az alptrágya, illetve műtrágya hatékonyságának javulását is.

A titán-aszkorbát-oldat hatására a termesztett növények esetében mintegy 5 - 15%-os terméshozam-növekedés volt elérhető, egyúttal javultak a beltartalmi paraméterek is (Pais, 1983, 1984). Ennek bizonyítására néhány adatot közlünk a 7.1. és a 7.2. táblázatokban.

7.2. táblázat

Titánkezelés paradicsomkísérlet Tordason, 1981-ben
(kezelés: 5 ppm koncentrációjú titán-kelát-oldatos;
permetezés 3 alkalommal, 2-2 hét időkülönbséggel)

Fajta		Átl. darabsúly, g	Refrakció, %	Szárazanyag- termelés, t/ha
K-509	kontroll	77	7.2	3.02
	kezelt	91	7.6	3.67
K-815	kontroll	100	6.8	2.30
	kezelt	111	7.8	3.38
K-407	kontroll	142	7.6	1.99
	kezelt	166	8.9	2.22
K-bíbor	kontroll	111	7.0	2.39
	kezelt	100	8.4	2.39
K-VPR	kontroll	100	7.1	1.88
	kezelt	125	8.4	2.14
K-529	kontroll	111	7.3	2.04
	kezelt	125	7.7	2.48
K-jubileum	kontroll	100	7.3	2.85
	kezelt	111	9.4	3.58
ES-24	kontroll	111	7.6	1.67
	kezelt	125	8.7	2.64

A titán ha a szövetekben könnyen mobilizálódó, vízoldható kelátkomplex alakjában kerül alkalmazásra a biokémiai folyamatokat irányító enzimek aktivitásának növelése útján fejt ki stimulatív hatását. A Ti korábban tapasztalt, látszólagos fiziológiai hatástalansága avval magyarázható, hogy a talajban levő különböző titánvegyületek oldhatatlanná, ezáltal inaktívvá, biológiailag hatástalanná válnak a hidrolízis következtében (Kőrös, Tóth, 1978). A növények leveleire kelát formájában permetezett titán a sejtek kloroplasztiszaiban lokalizálódik.

A titán-kelátos kezelés számos kedvező jelenséget is indukál (Pais, 1983; Fehér és mtsai, 1984). így pl. javult a faiskolákban a jobb minőségű facsemeték aránya, nőtt a paprika C-vitamin-tartalma és a sárgarépa karotintartalma, jelentősen javultak azok a jellemzők, amelyek alapján a zöldborsót zsenegének minősítik, és nőtt az alma tárolhatóságának ideje.

Pais (1980) arról is beszámol, hogy a Ti-kezelés amelyet kizárólag levéltrágyázként tart helyesnek jelentősen növelte a különböző növények K-, Mg-, Mn-, Cu- és Mo-tartalmát. Ezen biokémiai fontos tápelemek felvételét elősegítő hatást a szerző a Ti szinergetikus hatásaként értékeli. Ez a megállapítás az eddigi ismeretekhez elég körülményesen illeszthető, hiszen eddigi felfogásunk szerint az azonos töltésű ionok (anionok vagy kationok) között tapasztalható ilyen szinergetikus hatás. Az ellentétes töltésű ionok között antagonizmus lép fel, erre jó példa a Zn-P antagonizmus. A problémát az okozza, hogy a B és a Mo mindig anion formában van jelen a tápoldatban, míg a többi, előbb említett elem kationként. Ebből viszont az következik, hogy ha a Ti mindkét csoport elemeire szinergetikus hatást gyakorol, akkor a mechanizmus nem lehet

azonos. Egy időben két ellentétes mechanizmus hasonló végeredménye azonban meg lehetőszen nehezen értelmezhető.

7.2.2. Különböző növények titántartalma és az erre ható tényezők

Az a tény, hogy a növényekben a Ti csak nagyon kis koncentrációban fordul elő - többnyire 1 mg/kg szárazanyag körüli értékben azzal függ össze, hogy a leggyakoribb titánvegyületek pH 4 és 8 között gyakorlatilag oldhatatlanok. Ezért tehát a titán csak az erősen savanyú talajokban oldódik annyira, hogy csekély felvétellel lehessen számolni. Ebből adódóan a tápanyaglácncba való bekerülése elsősorban szennyezés (pl. az atmoszférából leülepedő pernye) kövekezménye.

Elképzelhető viszont, hogy a Ti Földünk régebbi korszakaiban természetesen a jelenlegitől törvényszerűen eltérő ökológiaigeokémiai viszonyok között jelentős szerepet játszott az életfolyamatokban. Ezt a feltevést azok a vizsgálati eredmények támasztják alá, amelyek szerint az idősebb szenek nagy részében a szerves kötésben levő titán mennyisége nagyságrendekkel nagyobb, mint amennyi a ma élő növények átlagos titánkonzentrációja alapján várható lenne (Pais, 1980).

A növények eredeti titántartalmának egyébként Pais és mtsai nem tulajdonítanak túlzott jelentőséget, ők a növények levéltrágya formájában való titánkezelésének hatását tanulmányozzák. Hogy az alkalmazott titán-komplex okozza-e a stimulatív hatást, vagy a komplexből a Ti kikerülve vesz részt az enzimatisus folyamatokban, még nem tisztázott. További vizsgálatokat igényel azon mechanizmus feltárása is, hogy a titán miképpen helyettesíthet más aktiváló ionokat az enzimekben. Néhány növényi levél hamujában a következő titánkonzentrációkat mérték (Pais, 1980):

cukorrépa	7 mg/kg,
szőlő	19 mg/kg
alma	43 mg/kg.

7.2.3. A növények titánellátottságának optimalizálása

Bár a Ti nem létfontosságú mikroelem, abból következően azonban, hogy a szervezet biokémiaifiziológiai folyamatait szabályozó enzimek aktivitását befolyásolja, számos esetben nagyon kedvező, stimulatív hatása van.

A TITAVIT lombpermetező szerrel ez kémiaiilag kálium-aszkorbino-titanát(IV) komplex a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Kémiai Tanszékén végzett kísérletek szerint a titán-kelet hatóanyagot tartalmazó permettrágya optimális mennyisége a következő (Fehér, 1981):

búza, cukorrépa	1 liter/ha
lucerna, silókukorica, nap- raforgó, hüvelyesek, szőlő, gyümölcs	1 - 2 liter/ha
csemegekukorica, zöldség- növények	1 - 5 liter/ha
paprika, paradicsom	2 - 10 liter/ha

A permetezést 0,1 - 0,5%-os oldattal célszerű végezni. Jelentős előny, hogy a TITAVIT bármilyen növényvédő szerrel és más lombtrágyákkal is keverhető, és ilyen koncentrációban toxikus hatása biztosan nincs. A kezelés hatására egyébként mérsékelten nő a növény

titántartalma is, pl. egy kísérletben a kontroll almalével szárazanyagra számítva 0,66 mg/kg, a kezelt pedig 1,03 mg/kg titánt tartalmazott (Fehér és mtsai, 1984).

7.3. A titán az állati termékek előállításában

7.3.1. A titán szerepe az állatok anyagcseréjében

Eddigi ismereteink szerint a titán az állati (és emberi) szervezet részére nem esszenciális mikroelem (Beliles, 1979; Pais, 1980, 1984). A takarmánnyal a szervezetbe került titán felszívódása elég csekély mértékű, általában kisebb, mint 3%, és az abszorbeált titán legnagyobb

7.3. táblázat

Brojlercsirke- és nyúlhízalási kísérlet titán-keláttal

A vizsgálat éve	Állat	Testtömeg, g	Fajlagos takarmány-felhasználás, kg
1980	broiler		
	kontroll	1 327.5	2.98
	kezelt	1 395.2	2.89
1983	broiler		
	kontroll	1 930.0	2.22
	kezelt	2 060.0	2.04
1981	nyúl		
	kontroll	2 108.0	4.21
	kezelt	2 226.0	3.97

hányada a vizelettel ürül ki a szervezetből. A felvett és felszívódott titán elsősorban a májban akumulálódik, a legnagyobb titánkoncentrációk mégis többnyire a tüdőben mérhetők, ahova inhaláció révén kerül. A belelegzett titánnak jelentős hányada ugyanis hosszú időn keresztül a tüdőben tárolódik. Bár a nagy mennyiségben és hosszú időn át belelegzett titán-oxid enyhe, szilikózishoz hasonló titanikózist okozhat, összességében az állapítható meg, hogy gyakorlatilag nem, vagy csak alig káros az élő szervezetre (WHO, 1982; Kimura és mtsai, 1984).

A titánnak az állati anyagcsere-folyamatokban betöltött szerepe mind ez ideig nem ismert. Feltehető, hogy a növényekhez hasonlóan az állatok között is egyes enzimek aktivitása növekszik néhány létfontosságú elem (Mn, Zn, Cu) jobb felszívódása révén, amit a Ti szinergista hatása idéz elő. A titánnak a takarmányozásban betöltött szerepe mint ezt pl. a 7.3. és a 7.4. táblázat (Pais és mtsai, 1982; Bokori és mtsai, 1984) adatai is bizonyítják a fokozott tömeggyarapodás és a fajlagos takarmányhasznosítási mutatók javulásában mutatkozik meg. Az anyagcserében betöltött szerepéről a 7.5. táblázat nyújt tájékoztatást.

Kiemelkedő, hogy a TITAVIT titán-keláttal végzett állatkísérletek során egyetlen esetben sem volt tapasztalható olyan kóros klinikai tünet, illetve kórbonctani elváltozás, ami a titán-kelát toxikus hatására utalt volna (Pais és mtsai, 1982).

7.4. táblázatSertés- és báránynevelési kísérlet titán-keláttal 1981-ben

Állat	Átlagos testtömeg- gyarapodás, g/nap	Fajlagos takarmány- felhasználás, kg
Sertés		
kontroll	463.2	2.72
kezelt	536.4	2.38
Bárány		
kontroll	277.0	6.20
kezelt	342.0	5.15

7.5. táblázatAz titán szerepe az anyagcserében

Létfontossága:	nem esszenciális elem.
Biológiai jelentősége:	kiegészítéskor növekszik a testtömeggyarapodás és takarmány értékesülés.
Abszorpció:	< 3 %.
Kiürülés:	bélsár, vizelet.
Antagonista elemek:	-
Minimum szükséglet:	-
Hiánytünetek:	-
Toxicitás:	nem mérgező, hosszan, nagy mennyiségben belélegezve szilikózisszerű elváltozást, titanikózist okozhat.
Indikátor szervek:	tüdő, máj, vese.
Hiányterületek:	-

7.3.2. A takarmányok titántartalma és az ezt befolyásoló tényezők

Már említettük, hogy a növények általában 1 mg/kg szárazanyag körüli mennyiségben tartalmazzák a titánt. Mitchell (1975) pl. vörös herében 0,7 - 3,8 mg/kg (átlag: 1,8 mg/kg), angol perjében 0,9 - 4,6 mg/kg (átlag: 2,0 mg/kg) titánt talált. A takarmánynövények titántartalmát növelheti a levegőből kiülepedő és közvetlenül a levélzetre jutó titán mennyisége; ezenkívül az erősen savas ($\text{pH} < 4$) talajokon is nagyobb mérvű Ti-abszorpció várható a gyökérzetten keresztül. A növényiekhez hasonló koncentrációban tartalmazzák a titánt az állati eredetű

takarmányok is. Bokori és mtsai (1984) közlése szerint pl. a csirketápok titántartalma 1 - 6 mg/kg közötti érték.

7.3.3. A titánellátottság és az állatok termelése

Bár a titán nem esszenciális mikroelem az állatok számára, viszont ahogy ezt a 7.3. és a 7.4. táblázatban közölt adatok is alátámasztják a takarmány vizoldható titánvegyületekkel való, kedvező koncentrációjú (0,1% titán-kelát keverése a takarmányhoz) kiegészítése igen előnyös lehet a testtömeg-gyarapodás és a takarmányfelhasználás szempontjából. A sertés-, broiler- és nyúl kísérleteken kívül egyébként Bokori és mtsai (1984) eredményes vizsgálatokat folytattak üsző- és bikaborjakkal is, amelyek szerint a 24–24 borjúval a kezelés 123. napján végzett testtömeg-mérések szerint TITAVIT-adagolás esetén az üszőknél átlagosan 4,2 kg, a bikáknál 13,4 kg volt az átlagos testtömeg-gyarapodás többlete a kontroll állatokhoz képest.

Külön hangsúlyozzuk azonban, hogy a mérsékelt titánadagolás (18, illetve 45 mg Ti/kg takarmány) kedvezően befolyásolta a haszonállatok testtömeg-növekedését és csökkentette a fajlagos takarmányfogyasztási mutatót, az extrém nagy titánkoncentrációk azonban 450, illetve 2250 mg Ti/kg takarmány negatívan hatottak a fiziológiai folyamatokra. Nagy titánbevitel esetén negatív korreláció volt megfigyelhető a takarmány titánkoncentrációja és az ürülék Fe-tartalma között (Bokori és mtsai, 1984).

7.4. Élelmiszerek titántartalma

A Ti szárazanyagra számítva a zöldség- és főzelékfélékben 0,02 - 3,0 mg/kg, az állati húsban többnyire 1 - 2 mg/kg, a halban általában 0,2 mg/kg körüli koncentrációban fordul elő (Bowen, 1979). 1985-ben vett különböző salátaminták titántartalmára 160 - 280 mg/g hamu értéket kaptunk (Fodor, 1986). Az emberi szervezetben a titánból Hamilton és mtsai (1972, 1973) a tüdőben mérték a legtöbbet, átlagosan 3,7 mg/kg szárazanyag koncentrációt. Losee és mtsai (1973) szárazanyagra számítva az emberi testszövetekben 0,1 - 4,8 mg/kg titánt mértek, átlagosan 0,46 mg/kg értéket. Ez az adat elég jól egyezik az ICRP (1975) jelentésben megadottal, amely szerint az átlagos emberi szervezetben összesen mintegy 10 mg Ti található, és ennek nagy része főleg a lágy szövetekben akumulálódik. A tüdőn kívül elsősorban a máj az a szerv, amelyben a Ti feldúsulhat.

A napi titánfelvétel mintegy 0,8 mg-ra becsülhető, és ennek kb. 40%-a távozik a vizelettel (Bowen, 1979). A titánnak extrém koncentrációktól eltekintve semmiféle toxikus hatása nincs (WHO, 1982).

7.5. Összefoglalás

1. A titán a talajokban igen jelentős mennyiségben fordul elő, azonban a titánvegyületek oldhatatlansága miatt a talajból a növények általában csak nagyon kis mennyiségben tudják felvenni.

2. A titán vízzoldható kelátként alkalmazva mind a növényi, mind az állati szervezetekre stimulatív hatású, ami a fiziológiai folyamatokat irányító enzimrendszerek aktiválásának növekedésével magyarázható. Növényekben növeli a terméshozamot és kedvezően befolyásolja a beltartalmi paramétereket, állatokban serkenti a testtömeg-gyapapodást és javítja a takarmányértékesülést.

3. Toxikussági problémáktól sem a növénytermesztésben, sem a takarmányozásban, sem a táplálkozásban nem kell tartani.

8. A stroncium (Sr)

A stroncium a periódusos rendszer II.a. oszlopába tartozó két vegyértékű elem, kémiai jellemzőit tekintve a kalciumhoz nagyon hasonló alkáliföldfém. Átlagos koncentrációja a tengervízben 7900 mg/l, a felszíni édesvizekben 70 mg/l, a litoszférában 375 mg/kg, a talajokban 280 mg/kg (3 - 3500 mg/kg) (Bowen, 1979, 1982).

A Sr fiziológiai szerepe nem egyértelműen tisztázott, a szakemberek egy része esszenciálisnak tartja, mások csupán stimulatív szerepét hangsúlyozzák.

A stroncium biokémiai szerepével, a bioszféra egyes elemeiben való eloszlásának kérdésével kapcsolatos kutatások akkor kaptak külön hangsúlyt, amikor kiderült, hogy a nukleáris robbantási kísérletekre visszavezethető radioaktív szennyeződés jelentős hányadát a különböző radioaktív stronciumizotópok (elsősorban a ^{89}Sr és a ^{90}Sr) aktivitása képezi. E kérdésekkel itt nem kívánunk foglalkozni részletesebben, mivel a témakört pl. a talaj mechanikai szerkezete, kémiai összetétele és az alkalmazott agrotechnika és agrokémia összefüggése a talajnövény rendszer radioaktív szennyezettségével, az állati testszövetek radioaktív kontaminációját befolyásoló tényezők kellő mélységben tárgyaltuk korábbi két monográfiánkban (Szabó, 1985, 1987).

8.1. A stroncium a talajokban

A mezőgazdasági művelés alatt álló talajok összes stronciumtartalma általában 50 és 1000 mg/kg közötti érték, ennek azonban csak kis hányadát képezi a növények számára is felvehető Sr-tartalom. Az ammónium-acetátos kivonásos módszer szerint a talajok felvehető Sr-koncentrációja többnyire 1 - 30 mg/kg között van (Pais, 1980). Viszonylag nagy a tözegtalajok stronciumtartalma.

8.1. táblázat

Stroncium- és kalciumtartalom a talajban és a rizs
zöldtömegben

Kísérleti variáns	Talaj			Rizs		
	Ca	Sr	Ca:Sr	Ca	Sr	Ca:Sr
	mg/100 g talaj			mg/100 g légszáraz növényi anyag		
kontroll (trágyázás nélkül)	51.0	0.60	85	204.4	2.44	84
NPK	57.0	0.88	65	271.7	3.70	73
NPK+szervestrágya	64.5	1.16	56	218.7	2.71	81
Ca	102.0	0.50	204	223.1	1.24	180
NPK+Ca	108.0	1.32	82	292.4	3.04	96
NPK+Ca+szervestrágya	130.5	1.26	104	223.4	2.28	98

A talajok általában két nagyságrenddel kisebb koncentrációban tartalmazzák a stronciumot, mint a vele közös transzportrendszer képező kalciumot. Mint azt a 8.1. táblázat adatai is bizonyítják, a növényekben a Sr:Ca arány hasonló a talajban mérhető arányhoz, azaz a növények a Ca és a Sr között lényegében nem diszkriminálnak (Minajev, 1984). Kovalevszkij (1969) közlése szerint pl. Tadzsikisztánban a vizsgált növényekben a Ca:Sr arány átlagosan 80:1 volt, míg ugyanez az arány a nagy stronciumtartalmú talajokon 10:1 alá csökkent.

Szántóföldeken a talaj felső 20 - 25 cm-es rétegének radiostroncium szennyezettsége a rendszeres talajforgatás következtében közel azonos szintű. Rét és legelő esetén azonban a 0 - 5 cm-es talajszelvényből vett minták radioaktivitása lényegesen több, mint az alsóbb szelvényekre jellemző érték, s ez arra utal, hogy az atmoszférából a talajfelszínre jutó radiostroncium migrációja a mélyebben fekvő talajrétegek irányába kis sebességgel megy végbe (Darab és Kalmár, 1980). A talajok radiostroncium-szennyezettsége jelentősen függ a csapadékvízviszonyoktól is, Magyarországon pl. a Duna-Tisza közében, ahol a legkevesebb a csapadék mennyisége, mérhető a legkisebb ^{90}Sr -kontaminációs szint (Török, 1972; Török, Kovács, 1973).

8.2. A stroncium a növénytermesztésben

8.2.1. A stroncium növényélettani szerepe

A stronciumnak a növényfiziológiában betöltött szerepe nem kellően ismert, ezért nem állítható teljes biztonsággal, hogy jelenléte nélkülözhetetlen az életfolyamatokban. Tény, hogy a növények jelentős mennyiségben tartalmazzák, és pl. az általunk vizsgált növények (sóska, spenót, saláta, bab, búza, kukorica) esetében a Sr-tartalom 1 - 4%-át képezte a kalciumtartalomnak. A viszonyítás alapja azért a Ca, mert kémiaiilag a Sr rendkívül hasonlóan viselkedik a kalciumhoz, és bizonyos határig lévén a Ca és a Sr növényen belüli iontranszportja közös a Sr a kalciumot helyettesíteni is képes.

Méréseink szerint (Szabó, 1981) a talajból való ionfelvétel esetén a növény/talaj diszkriminációs faktor a stroncium esetében:

$$D_s = \frac{\text{Sr/Ca a növényben} \quad ^{90}\text{Sr/Ca a növényben}}{\text{Sr/Ca a talajban} \quad ^{90}\text{Sr/Ca a talajban}} = 0,92 \pm 0,24$$

azaz a növények gyakorlatilag nem diszkriminálnak a stronciumra, hiszen a növényi szövetekben a talajhoz hasonló Sr:Ca arány mérhető. Azonban a

$^{90}\text{Sr/Ca}$ a növényben	
$^{90}\text{Sr/Ca}$ a talajban	

hányados csak akkor lesz azonos a

hányados értékével, ha a növény kizárólag a talajból veszi fel az inaktív és az aktív stronciumot, illetve kalciumot. De mert a ^{90}Sr izotópot a növény szántóföldi körülmények között pl. a csapadékvízből a levélzeten át is felveheti, ezért a $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ arány jelentősen nagyobb is lehet, mint a Sr/Ca arány. Ezért a szántóföldi talajok és az ott nőtt növények ^{90}Sr kontaminációja alapján nem, ill. csak bizonyos hibával számíthatók a diszkriminációs faktorok.

Több tény utal arra, hogy a stroncium a növények vagy legalábbis egyes növények számára esszenciális lehet (Skolnik, 1974). Például megállapították, hogy a klorózisban szenvedő őszibarackfák leveleit híg SrCl_2 -oldattal lepermetezve a klorózisra jellemző tünetek megszűntek. A levélanalízisek azt mutatták, hogy a klorotikus levelek hamujában mérhető stronciumkoncentráció nagyságrendileg volt kisebb, mint az egészséges fák leveleiben mérhető. A növények egy része stronciumgyűjtő, a barnamoszatok pl. különösen nagy mértékben dúsítják (Kőrös, 1980). A Sr biokémiai jelentőségét mutatja az is, hogy kalciumhiány esetében stronciumadagolással kivédhető a fölöslegben levő magnézium hatása (Pais, 1980).

Több szerző pl. Péterfi (1956), Vecsey, Harmat (1962), Tölgyesi (1969), Underwood (1977) szerint egyes növények növekedését híg oldatban a stroncium stimulálja. Nagy stronciumkoncentráció azonban a növényi szövetekre toxikus hatású. A stronciumtoxicitás miatt a növények idősebb levelei megbarnulnak és nekrotikussá válnak. Mivel a Ca jelenléte gátolja a Sr felvételét, a talaj meszesedésével azaz a $\text{Ca}:\text{Sr}$ arány növelésével csökkenthető a talajból a növények által felvett Sr mennyisége (Mengel, 1978).

8.2.2. Különböző növények stronciumtartalma és az erre ható tényezők

A növények stronciumkoncentrációja döntő mértékben a talaj Sr-tartalmának, illetve Sr/Ca arányának függvénye. Általában a növényi szövetek Sr-tartalma mintegy 1/100 része a kalciumkoncentrációnak. Ebből adódóan meghatározó, hogy a kérdéses növény mennyire kalcifil, illetve milyen mértékben tartalmaz kalciumot. Pl. a pillangósvirágú növények szárazanyag-tartalomra vonatkozóan jelentősen több stronciumot akkumulálnak, mint a kalászosok. Viszont ha a stronciumkoncentrációt nem szárazanyagra, hanem Ca-tartalomra vonatkoztatjuk, a mérhető értékek hasonló talaj- és meteorológiai viszonyok között közel azonosak. A növények stronciumfelvételének mértéke a talaj-pH függvénye is, alacsonyabb pH értékek mellett a felvétel nagyobb mérvű.

Jelentős eltérés van az egyes növényi részek stronciumtartalma között is, pl. a vegetatív részekben sokkal több a Sr, mint a reproduktív szervekben, a termésben. Ez csak kisebb mértékben magyarázható avval, hogy a gyökérzetből a termésbe való iontranszport során némileg csökken a Sr relatív mennyisége, a fő ok az, hogy a szemtermés Ca-tartalma jelentősen kisebb, mint a vegetatív növényi részeké.

Lángfotometriás Sr-méréseink (Szabó és mtsai, 1976; Szabó, 1979) szerint a különböző élelmiszer- és takarmánynövények vegetatív részeiben 27 - 82 mg stronciumot találtunk 100 g szárazanyagra számítva. 1985-ben végzett borsóvizsgálatok szerint a hamuban 350 - 600 mg/g volt stronciumkoncentráció, és ez kb. 1/200 része volt a kalciumkoncentrációnak (Fodor, 1986).

Részletesen vizsgáltuk, hogy a talajból felvett Sr hogyan oszlik meg a növény föld fölötti és föld alatti részei között (Szabó, Kovács, 1975, 1976, 1977). Azt tapasztaltuk, hogy búzánál a növény teljes Sr-tartalmának

8.2. táblázat

A talajhoz klorid formában adott Ca
(1.00 g Ca 100 g talajhoz) s a Ca+K+Na
(100 g talajhoz 0.333 g Ca + 0.333 g K + 0.333 g Na)
hatása a növények földfeletti részének ^{90}Sr aktivitására

Növény	^{90}Sr aktivitás Bq/g szá.		
	kontroll	Ca	Ca+K+Na
Kukorica	13.7 ± 3.0	8.1 ± 1.1	10.7 ± 1.5
Bab	22.9 ± 3.3	11.1 ± 1.9	13.7 ± 2.6
Búza	15.2 ± 3.0	8.5 ± 1.5	10.4 ± 1.9

$82 \pm 4\%$ -a volt a föld fölötti részben. A talajból felvett stronciumnak tehát nagy része a szárba, a levélzetbe jut. Judinceva és Guljakin (1968) vizsgálatai szerint a különböző növények föld fölötti részei a teljes növényben levő stronciummennyiségnek ha a felvétel a talajból történt 77-92%-át tartalmazzák, a föld alatti részekben pedig 8-23% található.

Számos kísérletet végeztünk annak vizsgálatára is, hogy a talaj Ca-, valamint K- és Na-tartalma hogyan befolyásolja a növények talajból felvett Sr-mennyiségét, illetve ^{90}Sr -aktivitását (Szabó, 1981). Megállapítottuk, hogy a talaj Ca-tartalmának növelésével jelentősen csökkenthető a talajból felvett Sr mennyisége (8.2. táblázat). 100 g talajhoz 1,00 g kalciumot adva a növények által felvett ^{90}Sr mennyisége a kontroll 50 - 60%-ára csökkent. A ^{90}Sr felvétele a talaj inaktív stronciumtartalmának növelésével is csökkenthető.

A talaj stronciumtartalmának növelésével párhuzamosan jelentősen nő a növények által felvett Sr mennyisége is, azaz csökken a Ca:Sr arány. Méréseink szerint pl. a kontroll növényeknél 1 - 4%-os Sr:Ca arányt találtunk, viszont sok stronciumot tartalmazó talajon nevelt növények Sr-tartalma elérte a Ca-tartalom 10 - 18%-át is, azaz a Ca-tartalom jelentős hányadát a Sr helyettesítheti.

8.2.3. A növények stronciumellátottságának optimalizálása

Miután egyértelműen nem bizonyított a Sr létfontossága, hiányáról sem beszélhetünk, legalábbis kivételes esetektől eltekintve nem volt regisztrálható a gyakorlati növénytermesztésben Sr-hiány. Ez természetesen avval is összefügghet, hogy a stroncium viszonylag nagy mennyiségekben fordul elő a talajokban, és így a növények a fiziológiailag esetleg szükséges mennyiséget általában probléma nélkül fel tudják venni. A stroncium szükségességére utal viszont az a korábban említett tény, hogy egyes gyümölcsfák klorózisa megszüntethető volt stronciumot tartalmazó oldattal való permetezéssel. Több adat támasztja alá a Sr stimulatív

hatását. Stronciumos permettrágyázással pl. Tölgyesi (1969) szerint jelentősen növelhető a bab terméshozama.

Nagy stronciumkoncentrációk azonban fitotoxikus hatást váltanak ki. Búzával, kukoricával és babbal végzett vizsgálataink (Szabó és mtsai, 1977; Szabó, 1979) szerint a talajhoz 1 g Sr/100 g talaj koncentrációban adott Sr már mindhárom növény növekedésére erősen toxikus volt. A fitotoxikus hatás a búza és a kukorica esetében 0,1 g Sr/100 g talaj koncentráció fölött már észlelhető volt, a bab viszont úgy tűnik kevésbé érzékeny a talaj viszonylag nagy Sr-tartalmára.

8.3. A stroncium az állati termékek előállításában

8.3.1. A stroncium szerepe az állatok anyagcseréjében

A stroncium létfontosságát tekintve eltérőek a vélemények, az eredmények egy része azt bizonyítja, hogy esszenciális. Így pl. egyes korábbi kísérletek (Rygh, 1949) szerint a szintetikus, Sr-mentes takarmányt fogyasztó patkányok és tengerimalacok növekedése csökkent, a csontok és a fogak kalcifikációjában zavarok mutatkoztak, és nagyobb volt a fogszuvasodás aránya a normál ellátású állatokéhoz képest. Számos szerző számol be arról, hogy a Sr részben helyettesítheti a kalciumot, ha a Ca-ellátás a szükségletet nem fedezi (Bartley, Reber, 1961; Colvin, Creger, 1967; Colvin és mtsai, 1972). Az állatok szervezetében a Sr a Ca-hoz hasonlóan viselkedik. Ca-hiány és Sr-bőség esetén azonban a Ca-hoz kötött különböző fiziológias folyamatok elsősorban az abszorpció mértéke az emésztőrendszerben, a bélsárral és a tejfel való kiürülés és a placenta végbemenő embrionális szállítás lelassulnak (Comar, Wassermann, 1964). A stronciumnak az anyagcserében betöltött szerepéről a 8.3. táblázat ad tájékoztatást.

A kalciumanyagcsere hatékonyságához valószínűleg bizonyos szintű Sr ellátottság szükséges. A két elem közötti homeosztatikus szabályozási mechanizmus következtében a Ca felvétele és beépülése esetén a Sr kiürülése kerül előtérbe a szervezetben.

8.3. táblázat

A stroncium szerepe az anyagcserében

Létfontossága:	nem egyértelműen bizonyított.
Biológiai jelentősége:	növekedésben, valamint a csont és a fogak kalcifikációjában lehet szerepe.
Abszorpció:	a kalcium tartalomtól függően változó az abszorpció mértéke.
Kiürülés:	bélsár, vizelet, izzadság, tej.
Antagonista elemek:	a Sr felszívódását a Ca csökkenti.
Minimum szükséglet:	ismeretlen (nagyon elterjedt elem).
Hiánytünetek:	ismeretlenek, ill. nem bizonyítottak.
Toxicitás:	kevésbé mérgező (2000 mg/kg-ig veszélytelen, tojótyúknál 30000 mg/kg-ig).
Indikátor szervek:	csontok.
Hiányterületek:	ismeretlenek.

Az állati szervezetek különböző mértékben ugyan, de rendkívül jól diszkriminálnak a stronciumra, azaz a testszövetek relatív Sr-tartalma jelentősen kisebb, mint az állatok által fogyasztott takarmányoké. Vizsgálataink (Szabó, Mezei, 1978, 1979) szerint a tej/takarmány diszkriminációs faktor értéke Sr esetében:

$$D_{Sr} = \frac{\text{Sr/Ca a tejben}}{\text{Sr/Ca a takarmányban}} = \frac{{}^{90}\text{Sr/Ca a tejben}}{{}^{90}\text{Sr/Ca a takarmányban}} = 0,103 \pm 0,019$$

Látható, hogy a tej stroncium- (és radiostroncium)-tartalma nagyságrendileg kisebb, mint a szarvasmarha által fogyasztott takarmányé. Hasonlóan számítható pl. a hús és a takarmány közötti diszkrimináció is. Szarvasmarha, juh és sertés esetében egyébként a stroncium (${}^{90}\text{Sr}$) diszkriminációs faktora izomszövetre vonatkozóan 0,18 és 0,24 közötti érték, de a belső szervekben (máj, vese) az átviteli tényező (transfer factor) ennél nagyobb is lehet (Sztanyik, 1979).

A biológiai felezési idő a szervezetet felépítő komponensek kicserélődésének sebességét reprezentálja. Kifejlett állatot és anyagcsere-egyensúlyt tekintve a biológiai felezési idő ($t_{1/2}$) a következőképp számítható ki (Szabó, 1981, 1982):

$$T_{1/2 \text{ biol}} = -\ln 2 \frac{a}{b}$$

ahol a = az adott elem teljes mennyisége a szervezetben

b = az átlagos napi szükséglet, illetve a szervezetbe való tényleges beépülés.

Számításaink szerint a Ca-Sr rendszer jellemző biológiai felezési ideje haszonállatokra vonatkozóan a 8.4. táblázatban látható. Az adatokból megállapítható, hogy pl. a szarvasmarha és a baromfi között nagyságrendnyi a különbség, szarvasmarhánál a Ca-Sr rendszer kicserélődési üteme lényegesen lassabb. Ennek következtében pl. a szarvasmarha testszövetének ${}^{90}\text{Sr}$ -aktivitása lényegesen nagyobb késéssel követi a takarmány radioaktív kontaminációs szintjének a változását, mint pl. a baromfié.

A szervezetbe beépült Sr affinitása a csontrendszerhez rendkívül erős, mintegy 99% a csontozatban és a fogazatban tárolódik. A kifejlett, idősebb állatok Sr-felvétele csekély, a legtöbb Sr a bélsárban ürül ki, a vizelettel és a tejjel csupán kisebb hányad távozik. Fialat,

8.4. táblázat

A Sr-Ca rendszer átlagosnak tekinthető biológiai felezési ideje

Állatfaj	Biológiai felezési idő (nap)
Szarvasmarha (500 kg)	137
Sertés (100 kg)	35
Juh (60 kg)	83
Nyúl (3 kg)	30
Baromfi (1 kg)	14

fejlődésben levő állatoknál azonban amikor a metabolizmuson belül a katabolizmussal szemben az anabolizmus dominál a stronciumbeépülés (a kalciummal együtt) fokozott mérvű.

A stroncium csupán kis mértékben toxikus, ha azonban hosszabb időn keresztül Ca-hiányos és Sr-ban gazdag a növendékállatok ellátása, a csontrendszer deformáltsága, ún. stronciumos angolkór jelentkezhet (Bartley, Reber, 1961; Colvin, Cregar, 1967; Colvin és mtsai, 1972), valamint másodlagos P-hiány léphet fel, mert a P oldhatatlan kötésben levő hányada megnövekszik a szervezetben. A Sr rachitiszkeltségű hatása az adag Ca- és P-tartalmától és arányától függően eltérő. Ha az etetett takarmányadagban a szükségletet fedező mennyiségű kalcium van, az állatok minden káros hatás nélkül képesek nagyobb Sr-adagokat is elviselni. A fiatal egyedek azonban érzékenyebben reagálnak a Sr-ra, mint a kifejlettek. A kérődzőknél általában 2000 mg/kg Sr-ig nem tapasztalható káros hatás hosszabb időn keresztül etetve sem. Ha a Ca-ellátás nem hiányos, a sertés és a baromfi 3000 mg/kg-ot képes tolerálni, a tojótyúkrok pedig még 30 000 mg Sr/kg takarmány koncentrációt is jól tűrnek.

8.3.2. A takarmányok stronciumtartalma és az ezt befolyásoló tényezők

A takarmánynövények Sr-tartalma a talaj Sr-tartalmától, kémhatásától, Ca- és Mg-tartalmától, valamint a növényfajtától függően nagy ingadozást mutathat. Általában a savanyú kémhatású talajokon nőtt növények több stronciumot tartalmaznak, és a zöldtakarmányok Sr-koncentrációja meghaladja a szemestakarmányokét.

Az eltérő Ca-tartalom miatt igen nagy különbség lehet az egyes növényfajok stronciumtartalma között. A hüvelyes növények Sr-tartalma pl. többszöröse is lehet a gabona- vagy fűféléknek. Mitchell (1975) pl. a vörös herében szárazanyagra vonatkoztatva 53 - 115 mg/kg stronciumot talált, átlagban 74 mg/kg-ot, angol perjében azonban csupán 5 - 18 mg/kg közötti mennyiséget, átlagban 10 mg/kg-ot.

Az állati eredetű takarmányok viszonylagos (Ca-ra vonatkoztatott) Sr-koncentrációja többnyire nagyságrendileg kisebb, mint a növényi takarmányoké. Ennek oka az állati szervezetek Sr-ra vonatkozó jó diszkrimináló képessége.

8.3.3. A stronciumellátottság és az állatok termelése

Eddigi ismereteink szerint stronciumhiányból adódóan az állattenyésztésben nem fordul elő termeléseszkökenés. A stronciumnak a túladagolásból származó hátrányok, illetve a radioaktív stronciumizotópok sugárveszélye miatt van jelentősége az állati termelésben. Különösen káros lehet a szervezetbe jutott nagy mennyiségű stroncium Ca-hiány esetében, illetve fiatal, fejlődésben levő állatoknál, mivel csontfejlődési rendellenességet, angolkórszerű tüneteket idéz elő.

Knight és mtsai (1967) eltérő Ca- és Sr-adagokkal végeztek kísérleteket növendékbikákkal 100 napos periódusban. Ennek során megállapították, hogy a nagy mennyiségű Ca (3,1%) csökkentette a testtömeg-gyarapodást, valamint a szárazanyag- és energiaértékesülést, a takarmányhoz adott 13, 200 és 2000 mg/kg Sr semmilyen káros következményekkel nem járt. A csontthamuban azonban a takarmány növekvő Sr-koncentrációjával arányosan növekedett a Sr-tartalom.

3 - 8 hetes korú malacokkal végzett kísérletekben a nagymennyiségű stronciumnak (6700 mg/kg) a káros hatása kis Ca-kiegészítés esetén (0,16%) az ellenállóképesség csökkenésében, poszterialis paralízis kialakulásában jutott kifejezésre, míg 0,89%-os Ca-adagolás után ezek a

tünetek elmaradtak (Bartley, Weber, 1968). Csirkéknél a 6000 mg/kg stronciumadagok alacsony Ca-szint esetén csökkentették a növekedést és a kalciumretenciót, és növelték a csontthamú Sr-tartalmát.

A tojótyúkók Sr-tűrése meghaladja az összes többi állatfajét, a 4 héten keresztül 3000 - 30 000 mg/kg közötti Sr-nak 2,9%-os kalciumellátás mellett semmilyen káros hatása nem volt (Dobernez és mtsai, 1969). A tojástermelés, a takarmányfogyasztás, a testtömeg változatlan maradt, a tojáshéj Sr-tartalma azonban nagymértékben megnövekedett.

Az állatok csontjában levő stronciummennyiség az ellátástól függően változhat, a fiatal állatoké kisebb, mint a kefelett egyedeké. Vizsgálataink (Szabó, Bende, 1981) szerint az egyes haszonállatfajok csontthamujának Sr-tartalma 0,08 - 0,19% közötti érték. A kérődzőkben több stronciumot találtunk, mint a sertésben és a baromfiakban, ami valószínűleg a takarmányozással van összefüggésben. A fiatal, szopós állatok csontjainak stronciumkoncentrációja egyébként azért lényegesen alacsonyabb az idősebb állatokénál, mert az anyaállat tejének stronciumkoncentrációja nagyságrenddel kisebb a fogyasztott takarmányénál, tehát pl. a szopós borjú esetében kettős diszkriminációs hatás érvényesül.

8.5. táblázat

Juhcsontminták Sr-tartalma

Minta	Sr-koncentráció mg/g hamu
Bordacsont	0.70 ± 0.15
Csigolyacsont	0.69 ± 0.15
Combcsont	0.76 ± 0.16
Lábközépcsont	0.68 ± 0.13

A 8.5. táblázat 96 juhcsontminta röntgenfluoreszcenciás vizsgálatának adatait mutatja (Szabó és mtsai, 1984). Látható, hogy a különböző testtájokról származó csontok között a Sr-koncentráció tekintetében nincs szignifikáns különbség.

8.4. Élelmiszerek stronciumtartalma

Irodalmi adatok (ICPR, 1975; Bowen, 1982) szerint az emberi szervezet teljes stronciumtartalma mintegy 300 - 400 mg, a napi stronciumfelvétel pedig 1,5 - 2,0 mg. Méréseink szerint a szervezetbe jutó Sr mennyiségét döntően az határozza meg, hogy milyen arányban kerül fogyasztásra növényi és állati eredetű élelmiszer (Szabó, Bende, 1975). Mivel az állati eredetű termékekben a Sr/Ca aránya szignifikánsan kisebb, ezért a Sr-felvétel szempontjából az elfogyasztott növényi táplálék mennyisége a domináns tényező. Nagy mennyiségű és nagy Ca-tartalmú növényi élelmiszer fogyasztása esetén a napi Sr-felvétel meghaladja a 10 mg-ot is.

Kolomijceva és Gabovics (1970) közlése szerint a zöldség- és főzelékfélék stronciumtartalma 4 - 80 mg/kg. A tápcsatornából a stronciumnak átlagosan csupán 18%-a szívódik fel és ürül ki a vizelettel (Bowen, 1979).

Hiányától akkor sem kell tartani, ha esszenciális, viszont egyes területeken (Kelet-Szibéria, É-Kína, É-Korea) a talajban és a növényzetben olyan nagy koncentrációban fordul elő, hogy az anyagcserét megzavarva relatív Ca-hiányt előidézve csontképződési rendellenességeket, izületi elváltozásokat okoz. Ez az ún. KasinBek-féle, vagy más néven Urovi-betegség. A táplálékban ~150 mg/kg a toxikussági szint (Pais, 1980), azaz a stroncium csupán gyengén toxikus.

8.5. Összefoglalás

1. A stroncium élettani szerepe nem kellően tisztázott, egyes adatok szerint a növények, illetve állatok számára is esszenciális, illetve esetenként stimulatív hatású mikroelem.

2. A stroncium felvehetősége a talajból a pH és a Ca-tartalom függvénye. Transzportrendszere a kalciuméval közös, a növények általában 2 nagyságrenddel kisebb koncentrációban tartalmazták, mint a kalciumot, amelyet részben helyettesíteni képes.

3. Az állati szervezetek nagyon jól diszkriminálnak a stronciumra, ezért az állati testszövetek és az állati eredetű élelmiszerek relatív (Ca-tartalomra vonatkoztatott) stronciumkoncentrációja jelentősen, gyakran nagyságrendileg kisebb, mint a növényekben.

9. A litium (Li)

A litium egy vegyértékű, a periódusos rendszer I.a. oszlopába sorolt alkáli fém. Kémiai jellemzőiben nagyon hasonlít a nátriumhoz és általában a többi alkálifémhez. Átlagos koncentrációja a felszíni édesvizekben 2 mg/l, a tengervízben 180 mg/l, a litoszférában 20 mg/kg, a talajokban 31 mg/kg (1,5 - 530 mg/kg) (Bowen, 1979, 1982).

Az újabb kutatások szerint a litium az állati szervezetek számára létfontosságú, a növények között azonban nem ismert esszenciális jellege. Gondot okozhat viszont a geológiai viszonyoktól függően az a tény, hogy litiumban gazdag talajon a növények toxikus mennyiségű litiumot is akumulálhatnak.

9.1. A litium a talajokban

A talajok összes litiumtartalma általában 5 - 200 mg/kg értékek között változik (Swaine, 1969). Hazai talajokban (csernozjom és erdőtalajok) Tölgyesi (1983) vizsgálatai szerint 10,9 - 55,8 mg/kg összes Li található, az átlagértékre és a szórásra $28,4 \pm 9,0$ mg/kg koncentráció adódott. A 0,1 n HCl-ban oldható Li mennyisége $0,67 \pm 0,21$ mg/kg volt, a szélső értékek 0,38 és 1,07 mg/kg. Nem volt kimutatható korreláció az oldható és az összes litiumtartalom között, viszont szoros összefüggés áll fenn a növények litiumtartalma és a talaj oldható litiumkoncentrációja között.

A litium a talajkolloidok felületéről a nátriumhoz hasonlóan könnyen kicserélhető, és a 0,1 n HCl-ban oldható litiumnak kb. 50%-a van kicserélhető formában. Bradford és Pratt (1961) 1 mólos ammónium-acetáttal vonta ki a talajból a litiumot, ez a Li-koncentráció lényegében a kicserélhető litiumtartalmat jelenti. Az e módszerrel kapott értékek amerikai talajok esetében 0,07 - 0,90 mg/kg között változtak, az átlagérték 0,29 mg/kg volt.

A talaj összes litiumtartalmának nagy része szilikátásványokban található nem oldható formában. A talajásványok közül az olivin, az augit és a biotit tartalmaznak nagyobb mennyiségű litiumot. A Li főleg ezen ásványoknak a mállásakor kerül oldható formába, és válik a növények számára hozzáférhetővé. A csapadék elsősorban a savanyú magmás kőzetekből oldja ki, és főleg azok a talajok gazdagok litiumban, amelyek nagy vas-magnézium-tartalmú kőzetekből vagy kvarccsillám rétegekből képződtek (Pais, 1980). Az agyagban gazdag üledékes talajokban mindig több a Li, mint a vulkáni eredetű talajokban.

A talajok litiumtartalma, s a növények litiumellátottsága döntően a geológiai eredet függvénye. Elsősorban a tőzeges, lápos és a hordalék-agyagos talajok szegények litiumban (Szentmihályi és mtsai, 1983). Hazánkban az andezit és a triász mállástalajok növényzetet litiumban gazdag, a lösztalajoké általában szegényebb.

9.2. A litium a növénytermesztésben

9.2.1. A litium növényélettani szerepe

Bár a litiumot több szerző stimulatív hatásának tartja, esszenciális jellegéről nem tudunk. Növényélettani szerepét tekintve a szakirodalomban főleg a toxicitás fellépéséről vannak információk.

Bingham és mtsai (1964) különböző növények litiumtűrését vizsgálták tenyészedény-kísérletekben. A növényeket a következőképp csoportosították:

- a litiumtoxicitást igen gyengén tűrő növények: citromfélék, körte, szójabab,
- a litiumtoxicitást gyengén tűrők: szőlő, paradicsom,
- a litiumtoxicitást közepesen tűrők: gyapot, Dallis-fű,
- a litiumtoxicitást jól tűrők: Rhodes-fű, édesgyökér.

A toxikussági küszöb Dallis-fűnél 300 - 500 mg/kg szárazanyag, a Rhodes-fűnél 2500 - 3000 mg/kg, vagyis ez utóbbi rendkívül nagy litiumkoncentrációval szemben is toleráns, hiszen a növények normális litiumtartalma többnyire 5 - 10 mg/kg alatti érték.

Gupta (1982) adatai szerint a litiumra érzékeny növények csupán kb. 5 mg/kg litiumot tűrnek el, a gabonafélék azonban még 20 - 40 mg/kg-nál is jól fejlődnek.

A növények litiumtoxicitása nagyon hasonló a Na-mal szembeni érzékenységhöz, vagyis a nátriumra érzékeny növények többnyire a litiumra is érzékenyek. A növények közül a citrusfélék nagyon érzékenyek a litiumfölslegre, ezért jó indikátornövények.

A már fitotoxikus litiumfölsleg vizuálisan is jól érzékelhető, bár a tünetek többsége nem eléggé specifikus, nagyon hasonlít más rendellenességek fellépésekor tapasztalható elváltozásokhoz.

9.2.2. Különböző növények litiumtartalma és az erre ható tényezők

Tölgyesi (1983) hazai vizsgálatai szerint a vadon termő növényfajok litiumtartalma jelentős eltéréseket mutat. A fűfélékben átlag 0,66 mg/kg litiumot, a pillangósokban 2,70 mg/kg-ot talált. Különösen nagy litiumtartalmat mért a Duna-Tisza közti szikes-sós talajokról gyűjtött növényekben, így pl. a *Carduus arvensis* 99,6, a *Holoschoenus vulgaris* 226,4 mg/kg litiumot tartalmazott. A vizsgált növények litiumtartalma 0,2-226 mg/kg között változott, és a litiumot akkumuláló növényfajok a Compositae és a Solonaceae családba tartozók voltak.

Tölgyesi vizsgálatai szerint a 0,1 mol/l HCl-oldattal a talajból kivont litiummennyiség és a növények litiumtartalma között szoros pozitív összefüggés áll fenn. A növények számára jól felvehető az öntözővizek litiumtartalma is, ezért - az esetleges fitotoxikus hatás elkerülése végett ismerni kell az öntözésre felhasznált vizek litiumkoncentrációját. Bradford (1963) Kaliforniában végzett vizsgálatai szerint a minták jelentős része 0,1 mg/l litiumnál kevesebbet tartalmazott, az öntözővizek 2,5%-ának litiumkoncentrációja azonban az 0,5 mg/l értéket is meghaladta.

Litiumban gazdag talajból a növények a litiumot nagyon könnyen felveszik, a túl nagy mérvű litiumfelvétel meszesítéssel akadályozható meg. Nitrogén-műtrágyázás hatására a litiumfelvétel egyes szerzők szerint (Lambert, 1983) növekszik, mások (Tölgyesi, 1983) ilyen

változást nem tapasztaltak. Megemlítendő, hogy a rétegelő növényei fiatal korban tartalmazzák a legtöbb litiumot, később a Li koncentrációja a negyedére is csökkenhet (Pais, 1984).

9.2.3. A növények litiumellátottságának optimalizálása

A növények számára a litium nem létfontosságú elem, ezért hiánya nem ismert. Stimulatív hatását látszik bizonyítani, hogy a nagyon híg LiCl-oldat serkentette egyes növények (pl. árpa, cukornád) növekedését, sőt irodalmi adatok szerint az élesztősejtek is jobban nőnek litiumtartalmú táptalajon (Pais, 1980). Kedvező tapasztalatokról számoltak be bizonyos virágok (pl. szegfű) esetében is. Egyes megállapítások szerint a litium profilaktikus hatású különböző növényi betegségekkel és kórokozókkal szemben, pl. a paradicsomban a *Bacterium tumefaciens* vagy a zellernél a *Cercospora* kártétele ellen.

9.1. táblázat

A litium szerepe az anyagcserében

Létfontossága:	ANKE és mtsai. (1981).
Biológiai jelentősége:	csökkent enzimaktivitás (pl. monoamin-oxidáz, egyes dehidrogenázok), nitrogén és szénhidrátanyagcseré, stresszérzékenység növekedése.
Abszorpció:	gyors, felszívódás közel 100 %-os.
Kiürülés:	kortól függő; újszülöttek 50 % a bélsárral, a fenmaradó részt a vizelettel, később 80-90 % ürül a vizelettel, 10-20 % a bélsárral.
Antagonista elemek:	(Na).
Minimum szükséglet:	> 3 mg/kg tak. sza.
Hiánytünetek:	testtömeg csökkenés, ivararány eltolódás a nőivar javára, csökkent reprodukció, anyák és utódaik elhullása.
Toxicitás:	hasmenés, szív működési rendellenesség, strummaképződés, ödémás megbetegedés, pszoriázis és egyéb bőrelváltozások stb.
Indikátor szervek:	vér, szőr, vese, máj, nagyagy.
Hiányterületek:	ismeretlenek (egyoldalú abrak takarmányozás során esetlegesen hiány).

A litium fitotoxikus hatása ellen a talaj meszeszésével, a pH emelésével lehet védekezni. Tenyészedény-kísérletek szerint, ha a talaj növények számára felvehető litium koncentrációja meghaladta a 30 mg/kg értéket, a növényeken károsodás volt megfigyelhető.

9.3. A litium az állati termékek előállításában

9.3.1. A litium szerepe az állatok anyagcseréjében

Az állattenyésztésben a Li létfontosságú, biológiai jelentőségét Anke és mtsai (1981) állapították meg kecskékkel végzett kísérletekben. A Li szerepéről a 9.1. táblázat tájékoztat. A litiumsükséglet >3 mg/kg takarmány szárazanyag, és pl. 2 mg/kg litiumtartalmú takarmány fogyasztásakor az újszülött állatok tömege kisebb volt a kontrollhoz képest (9.2. táblázat).

9.2. táblázat Az újszülött kecskegidák testtömeg elosztásának %-os alakulása az anyák Li-ellátásától függően (ANKE és mtsai. 1981)

Testtömeg születéskor, kg	n	Kontroll	Li-hiányos	P
< 2.0	2; 4	5	13	> 0.05
2.0 - 2.5	9; 11	22	35	> 0.05
2.6 - 3.5	19; 13	48	42	< 0.05
3.6 - 4.0	2; 3	5	10	< 0.05
> 4.0	8; 0	20	0	> 0.05
Összesen	40; 31	100	100	-

9.3. táblázat A Li-hiány hatása a kecskék tömeg gyarapodására (állat/nap/g értékek átlagában) (ANKE és mtsai 1981.)

Év	Kísérleti napok száma	Kontroll		Li-hiányos		P	%
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
1976-77	196	67	41	49	34	> 0.05	76
1977-78	173	97	32	68	30	> 0.05	70
1978-79	168	118	23	66	57	> 0.05	49
1979-80	165	115	24	84	38	> 0.05	73
1980-81	196	135	38	109	57	> 0.05	81

A szervezet litiumtároló-képessége elmarad a többi mikroelemet (pl. Mn, Mo) tároló képesség mögött, ezért a fejlődés folyamán már néhány napon belül is csökken a litiumhiányos állatok tömeggyarapodása (9.3. táblázat). A kísérleti évek átlagában mintegy 25 - 30%-os különbség mutatható ki. A nagy litiummennyiségek egyébként ugyancsak kisebb születéskori testtömeget és növekedéscsökkenést okozhatnak (Rider és mtsai, 1978).

A Li fontos szerepet tölt be a termékenyülésben. Li-hiány esetén a termékenyítések száma csökken a kontrollhoz képest, és az ivararány a nőivar felé tolódik el (Anke és mtsai, 1981). Ez utóbbi oka egyelőre ismeretlen.

9.4. táblázat

A Li-ellátás hatása a tej és tejszírtermelésre a laktáció első 56 napja átlagában kecskéknél

	Kontroll		Li-hiányos		P	%
	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s		
Tej ℓ /nap	1.6	0.8	1.3	0.5	> 0.05	81
Zsír %	4.4	1.2	4.2	1.0	> 0.05	95
Zsír g/nap	71.0	45.0	52.0	22.0	< 0.05	73
4 %-os zsírtart. tej ℓ /nap	1.8	1.1	1.3	0.55	> 0.05	72

A litiumhiányos anyaállatok tej- és tejszírtermelése mintegy 20%-kal kisebb a laktáció első 56 napja átlagában a kontrollhoz képest (9.4. táblázat). A tej Li-tartalma a kolosztrumot kivéve jelentősen kevesebb a litiumhiányos anyáknál a kontrollhoz viszonyítva (9.5. táblázat). Fleischmann és mtsai (1974) összefüggést találtak a litiumellátás és a zsíryanycsere között, Voss és Schober (1979) szerint a nagy litiummennyiségek hatására csökkent a patkányok zsírbeépítése.

9.5. táblázat

A tej Li-tartalmának alakulása a Li-ellátástól függően a laktáció 56 napja alatt (mg/kg sza.)

Laktáció	n	Kontroll		Li-hiányos		P	%
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s		
Kolosztrum	(29; 19)	5.2	3.8	3.4	1.8	> 0.05	65
14. napon	(25; 16)	7.2	3.3	2.2	1.0	< 0.001	31
28. napon	(17; 13)	8.8	4.0	2.7	1.9	< 0.001	31
56. napon	(16; 13)	12.0	5.7	4.1	2.9	< 0.001	34

A litiumhiány következtében egyes dehidrogenáz enzimek aktivitása a vérben szignifikánsan csökken, a legnagyobb mértékben a glutamát-dehidrogenázé (Szilágyi és mtsai, 1983). A keratin-kináz (CK) aktivitása ugyanakkor növekedett. A monoamin-oxidáz aktivitása a májban csökkent, és ennek következtében lassúbbodott a szénhidrát- és a nitrogénmetabolizmus

sebessége is. A CK-enzimaktivitás növekedése egyébként valószínűleg összefüggésben van a stresszérzékenység növekedésével.

A litiumürítés fiatal állatoknál kb. fele-fele arányban oszlik meg a vizelet és a bélsár között (Kersten, Barth, 1983), az idősebbeknél az arány 80 - 90% a vizeletben és 10 - 20% a bélsárban.

A Li abszorpciója rendkívül gyorsan, és közel teljes mértékben végbemegy, a felszívódás helye elsősorban a jejunum és az ileum. Az egyes szervekbe való beépülés eltérő, az egyensúlyi állapot elérése után a csont és az izomzat többet tartalmaz az egyéb szerveknél.

Nagy litiummennyiségek tartós etetése következtében csökken a takarmányfelvétel és a testtömeg-gyarapodás, és ez különösen fiatal állatok között elhulláshoz vezethet.

Bokori és Tölgyesi (1983) a litium hatását vizsgálták a szarvasmarhák nátrium- és kálium-anyagszeréjére. A Na és a K vizeletben való kiürüléséről megállapították, hogy 100 mg Li egyszeri adagolása után a Li ürülése 7 - 10 óra múlva érte el a maximumot. A Na-ürülés az első órákban növekedett, majd 30 - 60%-kal csökkent a kontrollhoz képest. A vizelet K-tartalma rövid emelkedés után a kontroll szintjét mutatta.

A litium több biokémiai folyamatban képes a nátrium helyettesítésére, a $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ionpumpában viszont a káliumot helyettesíti a külső oldalon (Pais, 1984). A sejtek belsejében a litiumtartalom kicsi, és a $\text{Na}^+ - \text{Li}^+$ kicserélési rendszer összefügg a $\text{Na}^+ - \text{H}^+$ kicserélési rendszerrel. A Na és Li kölcsönhatásából következik, hogy Na-hiánynál a Na és a Li reabszorpciója nő, és ezáltal litiummérgezés következhet be, amikor a litiumot izjavitóként alkalmazzák Na-szegény takarmányozás esetén (Beliles, 1979).

9.6. táblázat

Élelmiszer- és takarmánynövények Li-tartalma Li-gazdag és Li-szegény termőhelyről (mg/kg szá.)

Növényfaj	n	Li-gazdag		Li-szegény		P	%
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
Fejessaláta	(13; 30)	17.0	8.0	4.5	6.1	< 0.001	28
Répa	(36; 26)	14.0	10.0	3.6	1.4	< 0.001	26
Répafej	(38; 24)	12.0	9.0	3.5	1.7	< 0.001	29
Paradicsom	(20; 7)	14.0	10.0	7.7	2.3	> 0.05	55
Silókukorica	(32; 23)	13.0	10.0	3.0	3.0	< 0.001	23
Karalábé	(21; 8)	12.0	12.0	2.8	2.4	< 0.05	23
Sárgarépa	(18; 16)	10.0	7.0	5.8	4.7	> 0.05	58
Káposzta	(21; 11)	9.9	7.7	1.7	1.0	< 0.01	17
Lucerna	(31; 22)	6.2	4.5	3.0	1.9	< 0.05	44
Szántóföldi vöröshere	(11; 16)	3.0	3.1	1.4	0.7	> 0.05	47
Gabonamagvak							
Kukorica	(30; 24)	5.0	2.8	1.8	0.5	< 0.01	36
Rózsa	(16; 28)	4.1	2.5	1.0	0.4	< 0.001	24
Búza	(35; 35)	2.9	2.8	0.7	0.4	< 0.001	24
Árpa	(40; 66)	1.1	1.1	0.7	0.4	< 0.01	64
Zab	(34; 37)	1.0	0.9	0.5	0.3	< 0.01	50

9.3.2. A takarmányok litiumtartalma és az ezt befolyásoló tényezők

A takarmánynövények és élelmiszerek litiumtartalmának meghatározására szisztematikus méréseket folytattunk (Szentmihályi és mtsai, 1983; Regiusné és mtsai, 1983). A vizsgálatok szerint a zöld növényi részek általában gazdagok litiumban, a szemestermények viszont szegények. A talajból felvehető litiummennyiség a talaj kémhatásától függ, a savanyú talajok növényállománya többnyire több litiumot tartalmaz a semleges vagy alkalikus talajokon termesztettekhez képest.

A növények litiumkoncentrációja és a talaj litiumellátottsága között szoros pozitív összefüggés áll fenn, azaz a litiumban gazdagabb talajokon több litiumot tárolnak a növények (9.6. táblázat).

A jelzőnövényként alkalmazott vörös here-, lucerna-, rozs- és búzaminták átlagos litiumtartalmát összehasonlítottuk az NDK hasonló adataival (9.7. táblázat). Látható, hogy Magyarországon a hüvelyesek kevesebb litiumot tartalmaznak, mint az NDK-ban, a rozs és a búza ezzel szemben hazánkban gazdagabb litiumban. Ezek az adatok is azt bizonyítják, hogy a geológiai származáson túl a talaj kémhatása is befolyásolja a növények litiumtartalmát. Az NDK adatokkal való ellentétes litiumalakulásra egyértelmű magyarázatot nem tudunk adni. Feltehető, hogy az eltérő kémhatáson túl a fajtakülönbőség, sőt a műtrágyázás mértéke is indokolhatja a litiumtartalom ellentétes alakulását.

9.7. táblázat

Jelzőnövények Li-tartalma összehasonlítva az NDK hasonló adataival (mg/kg szá.)

Növényfaj	n	Magyarország		NDK		P	%
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s		
Rétivöröshere	(20; 712)	5.0	4.2	8.5	6.0	< 0.05	59
Vöröshere	(54; 1212)	6.1	4.8	9.6	5.8	< 0.001	64
Lucerna	(84; 58)	5.9	4.6	6.2	3.8	> 0.05	95
Rozs	(72; 286)	12.0	9.4	7.0	7.1	< 0.001	171
Búza	(168; 341)	13.0	8.5	11.0	12.0	> 0.05	118

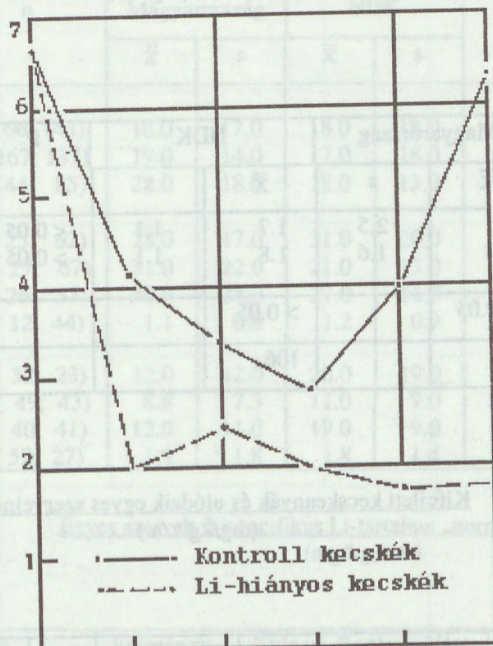
Megállapítható, hogy Közép-Európában a háziállatok között elsődleges litiumhiánnyal a gyakorlati takarmányozásban nem kell számolni, bár az egyoldalú abraktakarmányozásnál sertés, baromfi előfordulhat, hogy az ellátás jóval a 3 mg/kg takarmány szárazanyag igény alatt marad. A levélben gazdag tömegtakarmányok litiumtartalma a kérődzők ellátására bőségesen elegendő, és csak szélsőséges takarmányozás esetén merülhet fel a litiumhiány veszélye.

9.3.3. A litiumellátottság és az állatok termelése

Az állatok litiumellátottságát mérési adatok szerint a vérszérum után a szőr tükrözi a legjobban (9.1. ábra). Nagyszámú vizsgálat alapján az is megállapítást nyert, hogy a szőr színe

9.1. ábra. A kontroll és Li-hiányos
kecskék szőrének
Li-tartalma

mg Li/kg szőr



VI.30. IX.2. XI.18. I.19. III.9. V.25.

i d ő

erősen befolyásolja a litiumtartalmat. Ez feltehetően annak a következménye, hogy a Li nagy mértékben a szőr pigmentjéhez kötötten fordul elő (9.8. táblázat).

A litiumellátottság teszteléséhez a szőranalízisen kívül az egyes indikátorszervek vizsgálata is alkalmas. A szervezet litiumstátusát az állatok kora alig befolyásolja. Mint a 9.9. táblázat adatai alapján is megállapítható, a kontroll és a hiányosan ellátott állatok egyes szerveinek litiumtartalma szignifikáns eltérést mutat.

A gazdasági haszonállatok egyes szerveinek litiumtartalmát a 9.10. táblázatban tüntettük fel.

A litiumot nyugtató hatása miatt hozamfokozóként is felhasználták a sertéstakarmányozásban, anyajuhoknál és a bárányhízlalásban (Anke és mtsai, 1982; Latvietis és mtsai, 1983; Ruvalds, Latvietis, 1983; Regiusné és mtsai, 1985). A serteshízlaló tápot Ruvalds és Latvietis (1983) 5 és 15 mg/kg litiummal egészítették ki. 17%-kal nagyobb testtömeggyarapodást kaptak az 5 mg/kg, és 31%-ot a 15 mg/kg litiumkiegészítés hatására (9.2. ábra). Az

így takarmányozott állatokban azonban a vérkép változását, valamint a vérszérum és a hús aminosav-összetételének módosulását is megállapították.

9. 8. táblázat

A pigmentált és fehér fedőszőr Li-tartalma feketetarka és vöröstarka teheneknél, azonos Li-ellátottság ($> 3 \text{ mg Li/kg}$ tak. szá.) mellett

(mg/kg.)

Szőrszín	Magyarország		NDK		P	%
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
Pigmentált szőr	4.1	2.5	1.7	1.1	< 0.05	41
Fehér szőr	1.8	1.6	1.8	1.1	> 0.05	100
P	< 0.05		> 0.05			
%	44		106			

9.9. táblázat

Kifejlett kecskeanyák és utódaik egyes szerveinek Li-tartalma (mg/kg szá.)

Szervek	Kontroll		Li-hiányos		P	%
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
Szőr						
Anyák	4.6	2.3	1.4	0.9	< 0.001	30
Gidák, újszülött	7.1	2.8	2.1	1.4	< 0.05	30
91 napos	4.0	2.6	1.3	0.5	> 0.05	32
Máj						
Anyák	23.0	13.0	11.0	11.0	< 0.05	48
Gidák, újszülött	22.0	10.0	7.8	5.6	> 0.05	35
91 napos	12.0	7.0	11.0	5.0	> 0.05	92
Vese						
Anyák	35.0	25.0	17.0	17.0	> 0.05	49
Gidák, újszülött	30.0	19.0	12.0	8.0	> 0.05	40
91 napos	28.0	13.0	11.0	11.0	< 0.05	39
Bordacsont						
Anyák	24.0	22.0	10.0	5.0	< 0.05	42
Gidák, újszülött	37.0	31.0	25.0	9.0	> 0.05	68
91 napos	30.0	23.0	9.6	8.6	> 0.05	32

9.10. táblázat

A kérődzők és a ló egyes szerveinek Li-tartalma
Magyarországon és az NDK-ban (mg/kg sz.a.)

Szerv	n	Magyarország		NDK		P	%
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s		
Szarvasmarha							
Vese	(166; 143)	18.0	17.0	18.0	18.0	> 0.05	100.0
Máj	(167; 137)	19.0	14.0	17.0	18.0	> 0.05	89.4
Nagyagy	(144; 85)	22.0	18.0	18.0	13.0	> 0.05	81.8
Juh							
Vese	(25; 62)	28.0	17.0	31.0	20.0	> 0.05	111.0
Máj	(27; 67)	31.0	22.0	21.0	13.0	< 0.01	68.0
Nagyagy	(26; 57)	40.0	24.0	27.0	16.0	< 0.01	68.0
Gyapjú	(12; 44)	1.1	0.8	1.2	0.9	> 0.05	109.0
Ló							
Vese	(32; 23)	12.0	12.0	20.0	19.0	< 0.05	167.0
Máj	(49; 43)	8.8	7.3	11.0	9.0	> 0.05	125.0
Nagyagy	(40; 41)	12.0	11.0	19.0	9.0	< 0.01	158.0
Sörény szőr	(52; 27)	1.9	1.8	1.8	1.4	> 0.05	74.0

9.11. táblázat

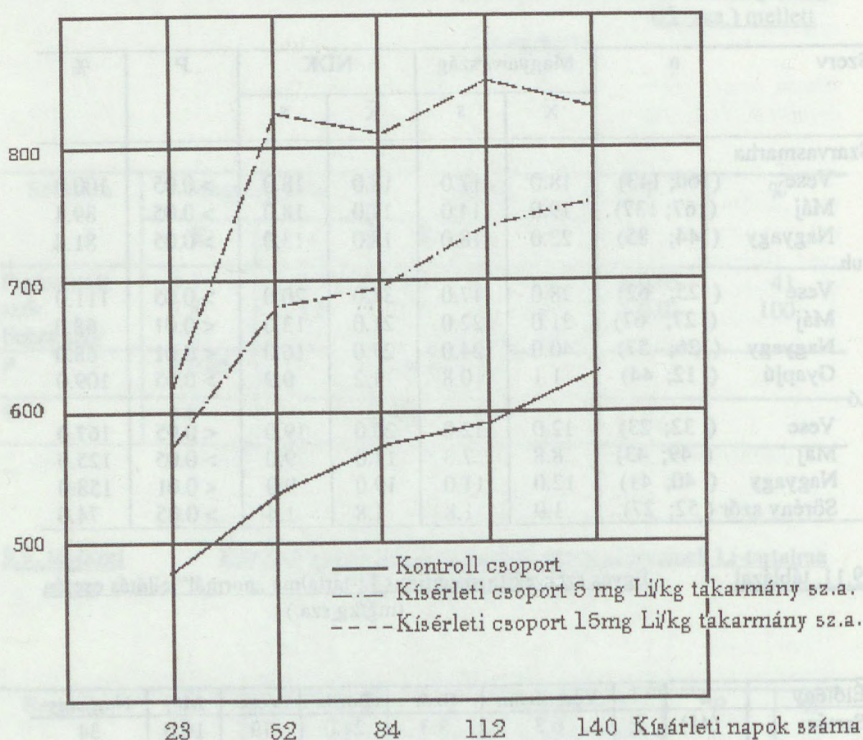
Egyes szervek fajspecifikus Li-tartalma „normál” ellátás esetén
(mg/kg sz.a.)

Élőlény	n		Vérszérum	Szőr	Borda	Vese	Máj	Nagyagy
Sertés	(41)	$\bar{X}$	6.3	3.3	24.0	19	16.0	34
		s	3.8	2.1	19.0	6	7.0	21
Szarvasmarha	(414)	$\bar{X}$	5.6	4.9	12.0	18	18.0	19
		s	3.9	7.4	9.0	16	15.0	15
Juh	(109)	$\bar{X}$	-	1.1	-	30	23.0	31
		s	-	0.9	-	19	16.0	19
Ló	(92)	$\bar{X}$	-	1.7	8.6	20	9.9	19
		s	-	1.7	4.3	19	8.2	9
Ember	(222)	$\bar{X}$	-	2.6	21.0	28	22.0	28
		s	-	2.1	14.0	20	14.0	14

Anke és mtsai (1982) 108 mg Li/kg takarmány szárazanyag adagolásakor kisebb testtömeggyarapodást és a takarmányértékesülés romlását állapították meg. Hasonló eredményeket kaptunk mi is bárányhizlalási kísérletben (Regiusné és mtsai, 1985). A 9.11. táblázatban az ellátás ellenőrzéséhez az egyes állati szervek fajspecifikus lítiumtartalma szerepel (Anke és mtsai, 1982).

9.2. ábra. A litium kiegészítés hatása a sertések testtömeg
gyarapodására

Testtömeg gyarapodás g/nap



9.4. Élelmiszerek litiumtartalma

Az emberi szervezetben levő litium mennyisége mintegy 70 mg, a napi litiumfelvétel pedig kb. 2,0 mg (ICRP, 1975). A litiumfelvétel azonban ennél több is lehet, hiszen a növényi élelmiszerek általában 10 mg/kg szárazanyag körüli koncentrációban tartalmazzák a litiumot.

Viszonylag jelentős mennyiségű Li található az állati eredetű élelmiszerekben is. Pl. Latvietis és mtsai (1983) szárazanyagra számítva disznóhúsból $12,8 \pm 2,6$, csirkehúsból $1,2 \pm 0,2$ mg/kg litiumkoncentrációt mértek. Gyógyvizek, ásványvizek is elég nagy koncentrációban 1-10 mg/l tartalmazhatják. A felvett Li mintegy 40%-a ürül a vizelettel (Bowen, 1979).

Megemlítjük, hogy a litiumot terápiás célokra főleg az ideggyógyászatban már hosszú évtizedek óta eredményesen alkalmazzák. Nagy adagú, hosszú időn keresztül való adagolása azonban több kedvezőtlen mellékhatást, pl. a pajzsmirigy működésének zavarát, csontkárosodást, a szénhidrát-anyagcseré zavarát, vese-rendellenességeket okozhat.

9.5. Összefoglalás

1. A növények számára a Li nem esszenciális elem, stimulatív szerepét azonban többen kimutatták. Mivel a talajból a kicserélhető formában levő litiumot a növények igen könnyen felveszik, litiumban gazdag talajokon a fitotoxikusság jelenthet problémát, ami a talaj meszesésével küszöbölhető ki.

2. Csak a legújabb kutatások derítettek fényt arra, hogy az állati szervezetek számára létfontosságú elem a Li. Egyoldalú abraktakarmányozás esetén előfordulhat, hogy a szemetakarmány litiumkoncentrációja nem éri el a mintegy 3 mg/kg szárazanyag nagyságú minimumszükségletet. Kérődzőknél, tömegtakarmányok etetésekor litiumhiánnyal nem kell számolni.

10. A cézium (Cs)

Kémiai tulajdonságait tekintve a cézium a többi alkálifémhez rendkívül hasonló, egyvegyértékű, a periódusos rendszer I.a. oszlopába tartozó fém. A felszíni vizekben átlagosan 0,2 mg/l, a tengervízben 0,3 mg/l, a litoszférában 3,0 mg/kg cézium fordul elő, a talajokban mérhető koncentrációja 4,0 mg/kg (0,3 - 20 mg/kg) (Bowen, 1979, 1982).

A cézium élettani szerepéről nem sokat tudunk, esetenként stimulatív, nagyobb koncentrációban toxikus hatása figyelhető meg. A cézium a környezet radioaktív szennyeződésének növekedése következtében került az érdeklődés homlokterébe. Az atomfegyver-kísérletekből, reaktor-balesetekből és a nukleáris létesítmények emissziójából eredő sugárszennyezettség tekintélyes hányadát ugyanis a cézium két radioaktív izotópja a 30 év felezési idejű ^{137}Cs , valamint a 2,2 év felezési idejű ^{134}Cs okozza. Mint hasadási termék, mindkettő jelentős mennyiségben képződik bizonyos magreakciók során, és a csernobili atomreaktor balesetet követő hetekben ezek az izotópok a meteorológiai viszonyoktól, elsősorban a csapadékvízviszonyoktól függően viszonylag jelentős mennyiségben jutottak a talajfelszínre és a növényzetre Magyarországon is. Ezzel a speciálisan radioökológiai kérdéssel azaz a radiocézium transzportjával a biológiai láncfolyamatban nem kívánunk részletesen foglalkozni, csupán felhívjuk a figyelmet a témakört átfogóan tárgyaló két korábbi monográfiánkra (Szabó, 1985, 1987).

10.1. A cézium a talajokban

A Cs a litoszférában Swaine (1969) szerint átlagosan mindössze 3,2 mg/kg koncentrációban fordul elő, a talajok céziumtartalma pedig többnyire 1 - 10 mg/kg közötti érték (Judinceva, Guljakin, 1968).

A Cs a talaj agyagásványaihoz igen jól kötődik, és ennek következtében a talajból a növényzetbe csak igen kis mennyiségben jut. Mojszejev és mtsai (1982) közlése szerint a különböző talajok (csernozjom, podzol, szikes talaj stb.) teljes céziumtartalmának csupán 0,05 - 0,85%-a van kicserélhető, azaz a növények számára felvehető formában. Ezért a növények a talajból csak igen korlátozott mennyiségben képesek felvenni a radioaktív céziumot is.

A Cs mozgékonyasága a talajban kismérvű, ez a szivacsos struktúrájú agyagásványokhoz való erős kötődéssel magyarázható. A talajból a növényekbe jutó Cs mennyisége korrelációban van a talaj szervesanyag-tartalmával. Olyan talajokon ugyanis, amelyek felső rétege sok szerves anyagot tartalmaz, a Cs felszívódása nagyobb mérvű lehet, mivel a szerves anyagok gátolják a céziumnak az agyagásványokon való megkötődését. Jól kimutatható az összefüggés a talaj mechanikai frakcióinak szemcsemérete és a talajból a növényekbe jutó Cs mennyisége között is. Homoktalajokon pl., ahol az agyagtartalom csekély, a növények ^{137}Cs -felvétele nagyobb mérvű, mivel a Cs a talajban elsősorban az agyagásványok rétegrácsai között adszorbeálódik.

Az agyagásványok (pl. illit), amelyek a káliumot is erősen adszorbeálják, főleg nem kicserélhető formában kötik meg a céziumot. A K^+ -ionok ennek megfelelően nagy koncentrációban jelentősen csökkentik a Cs^+ adszorpcióját. ^{137}Cs izotóppal végzett mérések szerint a Cs agyagásványokon való adszorpciójának mértéke a következő sorrendben csökken:

illit > montmorillonit > kaolinit

10.2. A cézium a növénytermesztésben

10.2.1. A cézium növényélettani szerepe

Úgy tűnik, hogy a cézium nem esszenciális elem a növényi szervezet számára. Egyes szerzők (Péterfi, 1956) szerint azonban kis koncentrációban különböző növények növekedését stimulálja, nagyobb koncentrációban ($> 1 \text{ g Cs/kg talaj}$) viszont negatív hatással van a növekedésre.

Miután a cézium kémiaiilag a káliumhoz hasonló, a céziumra vonatkozó, és a talajból a növénybe irányuló anyagtranszportra jellemző diszkriminációs tényezőt a következő kifejezés adja:

$$D_{\text{Cs}} = \frac{\text{Cs/K a növényben}}{\text{Cs/K a talajban}}$$

Látható, hogy a talajból való céziumfelvételt a talaj K-tartalma döntően befolyásolja. Tanúságát az egyvegyértékű kationok ($^{86}\text{Rubidium}$, $^{137}\text{Cézium}$) talajból való felvehetősége a talaj kicserélhető K-tartalmával fordítottan arányos, azaz nagyobb mérvű Cs-felvétel kis K-tartalom esetén várható.

A talajból a növénybe irányuló radiocézium-transzport összefügg a talaj inaktív Cs-tartalmával is. A talaj Cs⁺-ra vonatkozó adszorpciós kapacitása általában viszonylag kicsi a Cs⁺-szorpció az agyagásványok kristályrácsában levő specifikus helyekre korlátozódik így ha ezen specifikus helyek inaktív céziummal már le vannak kötve, a talaj a szennyeződést okozó radioaktív céziumból kevesebbet tud megkötni, s így a növények által felvehető radiocézium mennyisége megnő. Ezért ellentétben pl. a Sr-mal a Cs⁺-ionok talajon való megkötődése nem tekinthető egyszerű kicserélődési adszorpciónak, hiszen a cézium szorpciójában egyes

10. 1. táblázat

A ^{137}Cs -ra vonatkozó növény/talaj diszkriminációs faktor értékei különböző növényeknél

Növény	Diszkriminációs faktor
Búza	0.004-0.020
Zab	0.001-0.004
Borsó	0.001-0.020
Répa	0.007-0.040
Lóhere	0.004-0.008

agyagásványok fizikai-kémiai tulajdonságai, valamint a kristályszerkezet sajátosságai is szerepet játszanak.

A növények talajból való Cs-felvételét a talaj K- és Cs-tartalmán kívül jelentős mértékben befolyásolja a talaj kémhatása, nedvességtartalma és ioncserélő képessége is (Magnaval, 1973). A növények a talajból nehezen, oldatból viszont igen könnyen veszik fel a céziumot. Tápanyagból való ionfelvételnélkor ugyanis elsősorban ionantagonizmusok, az ionok kompetíciója és az oldatkonzentráció a meghatározó, a talaj esetében viszont az oldékonyság.

A céziumra vonatkozó méréseink, illetve számításaink (Szabó, 1981, 1985) szerint a növény/talaj diszkriminációs faktor értéke:

$$D_{Cs} = 0,014 \pm 0,003$$

Ez arra utal, hogy a növények a céziumra rendkívül jól diszkriminálnak, és miután a Cs jól kötődik a talajhoz, a növényekben a Cs:K arány feltételezve a talajból való ionfelvételt 2 nagyságrenddel is kisebb lehet, mint a talajban mérhető arány. Ezt a megállapítást támasztják alá a 10.1. táblázat adatai is, amelyek a különböző növényekre jellemző diszkriminációs faktorok értékeit mutatják (Judinceva, Guljakin, 1968).

Bár a növények a céziumot a talajból csak nagyon kis mennyiségben veszik fel, a talajok már viszonylag kis cézium-konzentrációja esetén is fitotoxikus hatás figyelhető meg. Búzával, kukoricával és babbal végzett kísérleteink szerint a talajhoz klorid formában adott 10 mg Cs/100 g talaj adag hatására a kukorica és a búza sápadtabb, kissé megdőlő hajtásokat hozott (Szabó és mtsai, 1977; Szabó, 1979). A 100 mg Cs/100 talaj koncentráció tehát már erősen toxikusnak tekinthető. Mindez azt is bizonyítja, hogy a Cs még kis mértékben sem képes a K helyettesítésére.

10.2. táblázat

A talajból felvett cézium megoszlása a föld alatti és föld feletti részek között 6 hetes növényeknél

Növény	% -os megoszlás	
	Gyökérzet	Hajtás
Kukorica	58 ± 7	42 ± 6
Búza	61 ± 5	39 ± 5
Bab	68 ± 4	32 ± 3

10.2.2. Különböző növények céziumtartalma és az erre ható tényezők

A Cs a növényi anyagokban Nadkarni (1977) közlése szerint általában 0,1 mg/kg szá. koncentrációnál kisebb mennyiségben fordul elő. Saját lángfotometriás vizsgálataink szerint (Szabó és Bende, 1975; Szabó és Kovács, 1975) a cézium ennél valamivel nagyobb koncentrációban található; a növények hamujában 0,1 mg/kg nagyságrendű céziumkoncentrációt találtunk. Egyébként mivel a cézium nem esszenciális, és a növényi szövetekben csak nagyon kis

koncentrációban található a különböző körülmények között nőtt azonos fajtájú növények céziumtartalma között nagyságrendi, sőt akár 2 nagyságrendet kitevő különbség is lehet a talajok kicserélhető, illetve oldható céziumkoncentrációjától függően.

A talajból felvett ^{137}Cs eloszlását vizsgálva (10.2. táblázat) azt tapasztaltuk, hogy a cézium nagyobb része a gyökérzetben maradt, és a föld fölötti részekbe csak kisebb hányad jutott (Szabó és mtsai, 1977; Szabó, 1981). Itt említjük meg, hogy a gyökérzet és a hajtás, illetve szár és levélzet között mért arányok a növények fejlődése, növekedése során természetesen módosulhatnak. Sőt, a föld feletti és alatti részek mennyiségi arányaira a vízellátás is hatással van. Bő vízellátás esetén a gyökérzet tömege kisebb, ezért a teljes növényt tekintve nagyobb hányad jut céziumból a növény föld feletti részeibe is.

Méréseink szerint a talaj K-tartalmának vagy inaktív Cs-tartalmának növelésével mérsékelhető a ^{137}Cs felvétele, és a talaj céziumkoncentrációjának emelése természetesen együttjár a növényzetben mérhető Cs-tartalom növekedésével.

A növényzet föld feletti és föld alatti részeinek Cs:K arányát összehasonlítva azt találtuk, hogy a szárban a Cs:K arány valamivel kisebb, mint a gyökérzetben. Így tehát a gyökérből a szárba, illetve a levelekbe irányuló anyagtranszport során a Cs relatív koncentrációja némileg csökken. A növények céziumtartalmát tekintve azonban az a döntő, hogy a kérdéses növényi anyagban mekkora a K-koncentráció. Káliumban gazdag növényi részekben várhatóan a Cs-tartalom is nagyobb.

10.2.3. A növények céziumellátottságának optimalizálása

A cézium a növények számára nem létfontosságú elem, ezért szükséges koncentrációról nem beszélhetünk. Szántóföldi körülmények között a növények a talajból csak igen kis mennyiségben veszik fel, így toxikusságra utaló tünetek nem fordulnak elő. Optimalizálásról csak a növények radiocézium felvételét illetően beszélhetnénk, s az optimum itt nyilván a minimumot jelenti, azt, hogy a növényi szövetekbe a lehető legkevesebb radioaktív cézium (^{134}Cs , ^{137}Cs) jusson. Bár a különböző agrotechnikai, agrokémiai eljárások befolyással vannak a növények talajból való cézium- és radiocézium-felvételére, ennek gyakorlati szempontból mégis csak alárendelt jelentősége van. A növények radiocézium-szennyeződésének döntő hányada (esetenként 95%-a is) a levélzeten keresztül jut a szövetekbe. Az is igaz azonban, hogy bizonyos mértékig a talaj kémiai összetétele is befolyásolja a növények levélzeten át végbemenő anyagfelvételét. Káliummal jól ellátott talajokon pl. a növények a levélzetükön keresztül kisebb mennyiségű ^{137}Cs -izotópot vesznek fel.

A szerves anyagok mennyiségének növekedése elősegíti a talajban megkötött ^{137}Cs deszorpcióját. Malikov és mtsai (1982) mérései szerint a csernozjom talajok karbonáttartalmának növelésével jelentősen nőtt a növények talajból való ^{137}Cs -felvétele. A karbonátionok ugyanis a szerves anyagokkal jól oldódó komplex vegyületeket képeznek, elősegítve ezáltal a Cs leoldódását és a növények általi felvételét.

10.3. A cézium az állati termékek előállításában

10.3.1. A cézium szerepe az állatok anyagcseréjében

Eddigi ismereteink szerint a Cs nem esszenciális elem, bár bizonyos anyagcsere-folyamatok szabályozásában biokémiai szerepe nem kizárt (Sato, 1983; Pais, 1984). A szervezetbe került Cs jól felszívódik, és elsősorban a testnedvekben, a vesében és a májban tárolódik. A csontozat csak nagyon kevés céziumot tartalmaz (10.3. táblázat).

10.3. táblázat

A cézium (Cs) szerepe az anyagcserében

Létfontossága:	Nem létfontosságú
Biológiai jelentősége:	Biológiai szerepe edig nem tisztázott.
Abszorpció:	A szervezetbe kerülő Cs jól abszorbeálódik
Kiürülés:	Elsősorban a vizeletben, és a tejben ürül ki.
Antagonista elemek:	K
Minimum szükséglet:	Ismeretlen.
Hiánytünetek:	Ismeretlenek.
Mérgezés:	Természetes formában való feldúsulása révén toxikus hatása eddig nem ismert.
Indikátor szervek:	Vörösvérsejtek, vese, máj, tej.
Hiányterületek:	Ismeretlenek.

A szervezetből főleg a vizelettel ürül, a káliumbevitel növelése elősegíti a Cs kiürülését. Kísérleti körülmények között Cs adagoláskor az állati szervezetben a táplálékkal és az ivóvízzel felvett Cs (és ^{137}Cs) nagy része igen gyorsan felszívódik, és a káliummal, nátriummal együtt velük közös transzportrendszert képezve főleg az izomzatban akkumulálódik (Györgyi, Kanyár, 1972). Teheneknél a naponta felvett céziumnak a tejebe literenként mintegy 1-2%-a választódik ki, de más állatoknál ettől jelentősen eltérő arányok is mérhetők (Nedelkovits, 1968). Kecskéknél pl. a tejebe literenként kiválasztott céziummennyiség elérheti a naponta felvett mennyiség 9%-át is.

Több mint egy évtizeden át rendszeresen és párhuzamosan vett tej- és takarmányminták vizsgálata alapján meghatároztuk a tejben és a takarmányban mérhető Cs:K, illetve ^{137}Cs :K arányokat, és ennek alapján számítottuk a diszkriminációs faktorokat (Szabó, 1981, 1983; Szabó, Sebestyén, 1981). A D_{Cs} -faktor értékeire a következőket kaptuk:

$$D_{\text{Cs}} = \frac{{}^{137}\text{Cs}/\text{K a tejben}}{{}^{137}\text{Cs}/\text{K a takarmányban}} = 0,90 \pm 0,40$$

$$D''_{Cs} = \frac{Cs/K \text{ a tejben}}{Cs/K \text{ a talajban}} = 0,83 \pm 0,18$$

Megállapítható tehát, hogy a szarvasmarhák által fogyasztott takarmány és a tehéntej Cs/K, illetve $^{137}\text{Cs}/\text{K}$ aránya hasonló a diszkriminációs faktor nem különbözik szignifikánsan az 1,0-től tehát lényegében a cézium és a kálium között nincs diszkrimináció.

Irodalmi adatok pl. Nedelkovits (1968); Nevsztrujeva és mtsai (1972); Marej (1980) szerint azonban a céziumra vonatkozó diszkriminációs faktor 1 és 5 közötti érték, azaz a Cs/K arány vagy azonos, vagy nagyobb az állati szövetekben, mint a takarmányokra jellemző relatív Cs-tartalom. Ez úgy magyarázható élettani szempontból, hogy a céziumfelszívódás határfoka közel 100%, viszont a káliumfelszívódása a takarmány káliumkoncentrációjának függvénye. Minél nagyobb a takarmány káliumtartalma, annál kisebb mértékben szívódik fel a kálium, és ezért a testszövetekben mérhető Cs/K arány annál nagyobb lesz. Ez esetben tehát az állati szervezet nem a céziumra diszkriminál a káliummal szemben, hanem éppen fordítva, azaz a Cs relatív mennyisége nőhet.

Különösen jól dúsítja a céziumot a halak szervezete. Miután a halaknál a $^{137}\text{Cs}/\text{K}$ diszkriminációs faktor $> 1,0$ a ragadozó halak ^{137}Cs -kontaminációja meghaladja a növényevőkéét (Kulikov, Kulikova, 1977).

Ha a cézium nagyobb koncentrációban jut az állati szervezetbe, kedvezőtlen hatás is előfordulhat. Kísérleti körülmények közötti Cs-adagoláskor a Cs feltehetően részben helyettesítette a káliumot, ennek következtében az állatok ellenállóképessége csökkent, és pl. az idegszövetek érzékenyebben reagáltak a külső zavaró hatásokra.

10.3.2. A takarmányok céziumtartalma és az ezt befolyásoló tényezők

Ismert, hogy a növények által a talajból felvett cézium nagy része a gyökérzetben tárolódik, és ezért a zöld részek és a termések kevesebbet tartalmaznak. A gabonafélék termése csupán kb. 0,002 mg/kg körüli mennyiségben tartalmazza, az állati eredetű takarmányok céziumkoncentrációja azonban jelentősen több is lehet.

Az állatok szervezetébe jutó Cs mennyisége a földrajzi helytől és a takarmány fajtájától függően változó. A takarmánynövények céziumtartalma a talaj kicserélhető Cs-koncentrációjának függvénye. A K és a Cs közötti közös iontranszport következtében nagyobb Cs-tartalom a nagy K-tartalmú takarmányokban várható, mivel a Cs/K arány kisebb mértékű ingadozást mutat, mint az abszolút Cs-tartalom.

10.3.3. A céziumellátottság és az állatok termelése

A Cs nem esszenciális elem, ezért hiányáról sem beszélhetünk, és a takarmányozásban túlzott Cs-felvételből származó mérgezéseket sem azonosítottak. A kérdés főleg sugárbiológiai szempontból a takarmány radiocézium koncentrációjának szemszögéből vetődik fel, nyilvánvalóan az a cél, hogy lehetőleg szennyezésmentes takarmányt fogyasszon az állat. Az állati testszövetek radiocézium-szennyezettsége a stronciummal összehasonlítva sokkal kisebb késleltetéssel követi a takarmány szennyezettségének változását, ugyanis a Cs/K rendszer biológiai felezési ideje viszonylag rövid. A 10.4. táblázat adatai alapján azonban az is

megállapítható, hogy a különböző állatfajok között a Cs/K rendszer biológiai felezési idejét tekintve jelentős különbségek adódhatnak (Szabó, 1982, 1983).

10. 4. táblázat

A Cs-K rendszer biológiai felezési ideje

Állat	Biológiai felezési idő (nap)
Szarvasmarha	30
Sertés	20
Juh	16
Baromfi	7
Nyúl	4

Mivel az állati testszövetekben a bioszférát szennyező radioaktív izotópok közül elsősorban a ^{137}Cs akkumulációja várható, már régóta keresik azokat az eljárásokat pl. izotóphigitás, kelátképzők, diuretikumok alkalmazása, a takarmány K-koncentrációjának növelése amelyekkel a felszívódott radiocézium a szervezetből gyorsan eltávolítható, illetve a szövetekbe való beépülése megakadályozható. Keresztes és Juhász (1980) pl. sertésekkel és patkányokkal végzett céziumanyagcsere-vizsgálatok során megállapították, hogy vas-cianid komplexet $\text{KFe}(\text{Fe}(\text{CN})_6)$ alkalmazva vívdanyagként, a vizeletben a bélsárral ürített Cs-mennyiségnek csupán 1 - 2%-a távozik, holott védőanyag hiányában a Cs túlnyomó részét az állatok a vizelettel ürítették. Védőanyag alkalmazásával tehát meggátolható a cézium bélfalon át való felszívódása. A védőanyaggal szemben azon kívül, hogy a takarmányhoz keverve a céziumot szelektíven és kvantitatíve kell, hogy megkösse természetesen az is elvárás, hogy ne legyen a szervezetre toxikus, és ne befolyásolja károsan az emésztést.

10.4. Élelmiszerek céziumtartalma

Az élelmiszerek inaktív Cs-tartalmáról összehasonlíthatatlanul kevesebb adat áll rendelkezésünkre, mint az élelmi anyagok radiocézium-szennyezettségéről. Ez érthető is, hiszen a világ legtöbb országában csaknem 40 éve rendszeresen méri a mezőgazdasági termékek és élelmiszerek ^{137}Cs -tartalmát. A radioaktív szennyezettséget tekintve egyébként Magyarországon 1961 és 1964 között volt kiemelkedően magas kontaminációs érték, majd az 1963-ban Moszkvában aláírt atomsorompó egyezménynek megfelelően a légközi atomrobbantási kísérletek beszüntetéséből adódóan csökkent a szennyezettség, és lényegében 1986-ig (1976 kivételével, amikor a kínai atomrobbantási kísérletek hatására átmenetileg ismét emelkedett a szennyezettség) viszonylag alacsony értéken stabilizálódott. A csernobili atomreaktor-baleset környezetszennyező hatása miatt azonban 1986-ban a korábbinál jelentősen nagyobb kontaminációs szintek voltak mérhetők (Andrási és mtsai, 1986; Szabó, 1986).

Ami az élelmiszerek inaktív Cs-tartalmát illeti, megállapítható, hogy a Cs-koncentráció többnyire nagyon kicsi. Shacklette és mtsai (1979) szerint a déligyümölcsök Cs-tartalma 0,003 és 0,35 mg/kg között változik, a legkisebb értéket az ananászban, a legnagyobbat a kókuszdióban mérték. A szemes bab Cs-koncentrációját átlagosan 0,005 mg/kg-nak

találták. IzakBiran és Guinn (1979) mérései szerint a különböző tengeri halak Cs-koncentrációja 4-62 mg/kg közötti érték. Bowen (1979) szerint a cézium a főzelékekben 0,001 - 0,08 , az állati testszövetekben 0,07 - 1,6 mg/kg koncentrációintervallumban fordul elő szárazanyagra számítva.

A napi átlagos Cs-felvétel Bowen (1982) szerint 13 mg-ra becsülhető, Clemente (1976) szerint Olaszországban kb. 20 mg. Japánban 20 mg-nak, az USA-ban 80 mg-nak vehető a napi átlagos Cs-felvétel (Pais, 1984).

Az emberi szervezetben levő Cs teljes mennyisége mintegy 1,5 mg, s ennek túlnyomó többsége a lágy szövetekben van (ICRP, 1975). A táplálékkal felvett céziumnak kb. 90%-a távozik a vizelettel, tehát igen jó a felszívódás aránya (Heydorn, 1984).

10.5. Összefoglalás

1. A Cs sem a növényi, sem az állati (emberi) szervezet számára nem létfontosságú elem, bár a növények számára egy jellemző koncentráció tartományban stimulatív lehet. Miután nagyon jól kötődik az agyagásványokhoz, a talajból a növények csak igen kis mennyiségben képesek felvenni. A növénytermesztés és állattenyésztés gyakorlatában toxikussága nem ismert.

2. A cézium élelmiszergazdasági jelentőségét az adja, hogy a bioszféra tartós radioaktív kontaminációjának tekintélyes hányada a cézium radioaktív izotópjaira (^{134}Cs , ^{137}Cs) vezethető vissza.

mg I/kg takarmány szá. jódeállítás esetén a 8% repcedara sem csökkentette a fehérjéhez kötött jóde mennyiségét, a tej jóde tartalma azonban kevesebb volt a kontrollhoz képest.

11. A fluor (F)

A fluor a priódusos rendszer halogén csoportjának (VII.b. oszlop) első eleme. Vegyértéke 1, a felszíni édesvizekben átlagosan 100 mg/l, a tengervízben 1300 mg/l, a litoszférában 625 mg/kg, a talajokban 270 mg/kg (6 - 7070 mg/kg) koncentrációban fordul elő (Bowen, 1979, 1982).

A fluor a növények számára nem esszenciális elem, viszont kis koncentrációban stimulatív hatású. Az állati és az emberi metabolizmust tekintve viszont úgy tűnik, létfontosságú, és abból adódóan, hogy az élettani minimum és a már toxikus koncentráció között nincs nagy különbség, a fluorinak mind hiánya, mind túlzott mennyisége gyakran okoz gondot.

11.1. A fluor a talajokban

A talajokban a fluortartalom többnyire 100 - 500 mg/kg között változik. Ahol a közelben pl. apatitleőhely van, illetve fluorszennyezést kibocsátó ipari üzem található, az átlagnál több nagyságrenddel nagyobb fluortartalmat is mértek (Pais, 1984).

A talajok természetes eredetű fluortartalmát elsősorban a talajképző kőzet összetétele határozza meg. Több, mint 100 fluortartalmú ásvány ismert, közülük a legnagyobb F-tartalmú a kriolit (54,3% F), ezt követi a fluorit (48,7% F), kevesebb fluort tartalmaznak a fluorapatitok (3,4 - 3,8% F), de nem elhanyagolható más ásványok, pl. a biotit, a muszkovit fluortartalma sem.

A talajok F-tartalmát jelentősen befolyásolja még a talaj mechanikai összetétele. A talaj agyagtartalmának növekedésével nő a F-tartalom, különösen, ha a talaj vas- és alumíniumoxidokban gazdag. Ezek ugyanis megkötik a fluort és ezzel megóvják a kimosódástól. A fluor megkötődése a vas- és alumíniumoxidokon, valamint a szerves komplex F-vegyületek kialakulása savanyú talajokon intenzívebb, mint meszes vagy meszesett talajokon (Pasova, 1980). Meszes talajokban a F főleg kalcium - fluorid formában fordul elő. Az agyagtalajok F-koncentrációja általában jelentősen nagyobb, mint a homoktalajoké. A talajok F-tartalma többnyire a mélységgel nő, és a fluor főleg a talajkolloidokban koncentráldódik.

Jelentősen növelheti a talajok fluortartalmát a foszfátműtrágyázás, különösen a szuperfoszfát alkalmazása, amelynek jelentős a fluortartalma. Különösen nagy adagok alkalmazása esetén (pl. feltöltő trágyázáskor) kell figyelembe venni az ilyen módon a talajba jutó F mennyiségét. Foszfátműtrágyákban a F:P arány általában 10% körüli érték, de egyes esetekben meghaladhatja a 20%-ot is (Minejev, 1984). A foszfátműtrágyákkal tehát 1 t foszfor talajba juttatása 100 - 200 kg F bevitelét is jelenti.

A szuperfoszfát gyártásakor a F egy része a levegőbe kerülhet, s onnan leülepedve a környező növényzetre és talajra jutva növeli azok F-tartalmát. Ausztráliában pl. ipari szennyezésnek kitett környezetben a fluorszennyeződés meghaladta a 20 kg/ha értéket évente, ugyanakkor a nem szennyezett környezetben az atmoszférából a talajra jutó F mennyisége átlagosan csupán 0,9 kg/ha/év értéknek adódott.

Svájcban Polomski és mtsai (1982) vizsgálták egy alumíniumkohó környékén a fluorszennyezés mértékét és megállapították, hogy a szennyező forrástól való távolsággal jelentősen csökken a talaj fluorszennyezettsége. A kohó közelében a talaj 2700 mg/kg fluort tartalmazott, a koncentráció 8,8 km távolságban 616 mg/kg-ra csökkent. A vízdoldható

fluortartalom 292-ről 10 mg/kg értékre, a talajoldat fluortartalma pedig 8,2 mg/l-ről 0,3 mg/l-re mérséklődött.

11.2. A fluor a növénytermesztésben

11.2.1. A fluor növényélettani szerepe

A fluor növényélettani szerepéről meglehetősen ellentmondásos adatokat találunk a szakirodalomban. Bár a fluor eléggé elterjedt elem a természetben, növényfiziológiai szerepe nem eléggé tanulmányozott. úgy tűnik azonban, hogy speciális körülmények között nagyon kis koncentrációban számos növényre (pl. gabonafélék, mustár, lucerna, paradicsom, citromfélék) kifejezetten stimulatív hatású, tehát a biopozitív jelleg dominál (Bunce, 1985). Sokkal jobban ismert viszont a növényekre gyakorolt negatív hatása, az ún. fluortoxicitás.

A fitotoxikus hatás azzal magyarázható, hogy nagyobb koncentrációban a F a legtöbb enzimre gátló hatású, és ez általában anyagcserezavarokhoz vezet. A fluor gátolja a sejtsztódást és a gyökérnövekedést, károsan hat a transzspirációra, csökkenti a növények légzését és a fotoszintézist. A fluortoxicitást elsősorban iparvidékeken tapasztalták, és különösen fluorhidrogén hatására.

A növények nem egyformán érzékenyek a fluor, illetve a HF hatására. Különösen érzékenyek a szőlő és a gyümölcsfák (11.1. táblázat) (Pais, 1980). Azok a növények, amelyek a fluort jól akkumulálják, kevésbé érzékenyek a fluortoxicitásra (Mengel, Kirkby, 1978).

11.2.2. Különböző növények fluortartalma és az erre ható tényezők

A növények F-tartalma általában 1 - 10 mg/kg szá. A tealevél fluortartalma azonban 50 - 400 mg/kg szá. közötti érték, és hasonlóan sok fluort akkumulál a kamilla is. Sőt, a kamilla díszcserje levele > 1000 mg/kg szá. fluort is tartalmazhat.

A növényi részek közül a levelek tartalmazzák a legtöbb fluort (3 - 14 mg/kg), a kéregben és a fás részekben kevesebb van (0,36 - 1,7 mg/kg) (Pasova, 1980). A növények a fluort a

11.1. táblázat

Egyes növények leveleinek F-koncentrációja

Növényfaj	F-tartalom mg/kg szárazanyag	
	Általában mérhető intervallum	Fitotoxikus koncentráció
Sárgabarack	1 - 5	50
Szőlő	2 - 8	50
Szilva	6-10	50
Alma	10-30	80
Lucerna	5-15	100
Kukorica	6-10	150
Burgonya	15-25	150
Bab	10-20	200
Paraj	40-60	200

levélzetten át is képesek felvenni, különösen iparvidékek (alumíniumkohók, széntüzelésű erőművek, téglagyárak, szuperfoszfát-üzemek, üveggyárak) környékén jelentős az így felvett fluor mennyisége. Ezeken a területeken a növények fluortartalma a természetes értéknek tíz, esetenként akár százszorosára is növekedhet. A szántóföldi növények azonban elsősorban a talajba kerülő szuperfoszfátból veszik fel a fluort, és különösen intenzív trágyázás esetén lehet nagy ez a mennyiség.

Pasova (1980) részletes irodalmi áttekintést ad arról, hogy a szuperfoszfátban levő fluor milyen mértékben növeli a növények fluortartalmát, és milyen mérvű termésdepressziót okoz. A nagy adagú, 1,6% fluortartalmú szuperfoszfát adagolása a növények levelein klorózist okozott. A zab terméshozama pl. egyenes arányban növekedett az alkalmazott foszforműtrágya fluortartalmának csökkenésével homoktalajokon. Agyagtalajokon azonban a növények gyakorlatilag nem reagáltak a fluortartalomra. A növényeknek a foszfortrágyák fluortartalmával szembeni érzékenysége eltérő. Cukorrépával végzett kísérletek eredményei szerint a levelek átlagos F-tartalma 9,07 mg/kg -ról a P-trágya hatására 14,32 mg/kg-ra nőtt, de ez nem volt semmiféle hatással a cukorrépa termésére, ugyanis ez a növény kevésbé érzékeny a fluorkoncentráció növekedésére. Ugyanakkor a kukorica pl. igen érzékenyen reagál a fluortartalom növekedésére.

A fluortoxicitás kis feleslegű Al, Ca, Mg-sókkal megszüntethető, mert ezekkel rosszul oldódó vegyületek képződnek. A Ca-sók különösen kedvezőek, hiszen a F oldhatatlan CaF_2 formájában kicsapódik, és a növények gyökereibe ez a vegyület már nem juthat be. A paradicsom és kukorica levéltrágyázása fluorral egyébként kevésbé volt kedvezőtlen, mintha a fluort a talajba adták volna.

A mérgezéseket tekintve elsősorban vízdoldható vegyületekben levő fluoridion (F^-) a veszélyes. A talajban a fluor nagy része oldhatatlan formában van jelen, és a növények által felvehető, illetve a talaj összes fluortartalma között nincs közvetlen összefüggés. A F mozgékonyságában a talaj kémhatás, valamint a Ca- és a P-tartalom a meghatározó tényező. Erősen savanyú talajon erőteljesebb a növények fluorfelvétele, és esetenként toxikus hatás is megfigyelhető, ahhoz hasonlóan, ahogy a HF hat a levélzetre. Fluormérgezés esetén az erek mentén klorózis lép fel, a levelek széle elhal. Ha azonban a talaj megfelelően meszesített (tehát nagy a Ca tartalma, a pH-ja lugos, semleges vagy csak gyengén savas), akkor még a sok fluort tartalmazó talaj, illetve nagy F-koncentrációjú foszforműtrágya felhasználása esetén sem kell fitotoxikus hatástól tartani.

Rao és Pal (1978) egy indiai alumíniumkohó körzetében a fluoremisszió következtében a növényzet nagymérvű károsodását figyelték meg. Az üzem néhány km-es körzetében a talaj fluorkoncentrációja többszöröse volt az emissziótól mentes területen mérhetőnek, a növények fluortartalma pedig 1-2 nagyságrenddel haladta meg a kontroll területről származó növényekét. A vizsgálat kimutatta, hogy a talajban, illetve a növényzetben mérhető fluortartalom és a talaj szervesanyag-tartalma között kb. 5 km-es körzeten belül korreláció van. Ez úgy magyarázható, hogy a nagy mennyiségű fluor gátolja a talajlakó mikroorganizmusok tevékenységét, és így a talajban a szerves anyagok lebomlási folyamatai is lefékeződnek.

11.2.3. A növények fluorellátottságának optimalizálása

A növények szempontjából fluorhiányról nem beszélhetünk, de hatása a koncentrációtól függően lehet pozitív vagy negatív. A fluor rendkívül erősen fitotoxikus légszennyező, és káros hatása mind a szántóföldi növényzetre, mind a fákra már meglehetősen kis koncentrációban is

kimutatható. Toxikussági küszöbértéke ugyanis 1-3 nagyságrenddel kisebb, mint a "közönséges" légszennyező, illetve környezetszennyező komponensek közé sorolt kén-dioxidé, nitrogén-oxidoké vagy különböző peszticideké. Egyes különösen érzékeny növényeken (pl. szőlő, barack) a kumulatív hatás miatt a levegőben 1 mg/kg fluorkoncentráció is nekrozist okozhat (Perkins, 1974).

A F igen kis koncentrációban viszont kedvezően hat a növényekre. Bunce (1985) adatai szerint, ha a fluorkoncentráció a levegőben 0,8 mg/m³ alatti érték, az erdei fák növekedése felgyorsul. A 2-3 mg/m³ koncentráció viszont már erősen negatív hatással van a fahozamra.

A mezőgazdasági művelés alatt álló talajokban a talaj fluorra vonatkozó MMK értéke 500 mg/kg-ra tehető (Kloke, 1974). A növények nagymértékű fluorfelvétele meszezéssel, a talaj pH-jának emelésével gátolható meg.

11.3. A fluor az állati termékek előállításában

11.3.1. A fluor szerepe az állatok anyagcseréjében

Bár a fluor állandó jelenlétét a csont- és fogállományban már 1805-ben megállapították, létfontossága nem volt teljesen egyértelműen bizonyított, mert tökéletesen fluormentes környezetet még kísérleti feltételek mellett sem sikerült biztosítani (Shupe és mtsai, 1979). Ugyanakkor régóta ismert a fogszuvasodás és a fluorellátás közötti összefüggés (NRC, 1974). A fluor beépülése a fogzománc apatitrácsába csökkenti a fogszuvasodás mértékét, a savakkal szembeni rezisztencia növekszik, a fogzománc felületének remineralizációja javul, és a poliszacharid-szintézis, amely a szuvasodásban fontos szerepet játszik, csökken (Anke, 1986). A poliszacharid-szintézissel kapcsolatban megemlítjük, hogy a fogazat rontásával gyanúsított baktériumok által termelt anyagról van szó, amelynek "védelmében" az összefoglalóan *Streptococcus mutans*nak nevezett baktériumok a fogakból veszik a számukra szükséges ásványi anyagokat (Gaál, 1987).

Mindezek ellenére sem lehetett fluorspecifikus anyagcserefolyamatokat biztonsággal azonosítani. Egyes kísérletekben (McCledon, Gershon, 1953; Messer és mtsai, 1972, 1973) a testtömeg-gyarapodás és a fertilitás csökkenését állapították meg un. fluormentes, illetve mindössze 0,1-0,3 mg/kg fluort tartalmazó adagok etetésekor egereken és patkányokon. Más kísérletekben viszont a kontrollhoz (2 mg/kg F-ellátás) mérten a kísérleti állatoknál 0,005-0,007 mg/kg fluortartalmú takarmány etetésekor sem tapasztaltak semmilyen negatív hatást (Maurer, Dai, 1957; Doberenz és mtsai, 1963; Tao, Suttie, 1976).

A tápanyagokkal felvett fluor mintegy 80-90%-ban abszorbeálódik, aktív szállítórendszere nem ismert, a felszívódás az emésztőrendszerben rendkívül rövid idő alatt megy végbe. A vér F-tartalmának mintegy 75%-a a plazmában (nagyobbrészt ionos formában), és kb. 5%-a fehérjékhez kötötten fordul elő. A vérplazma F-koncentrációjának homeosztatikus regulációjában a vesék és a csontok vesznek részt, a fluor nagy része kiürül a vizelettel, beépülése a csontozatba lassú folyamat.

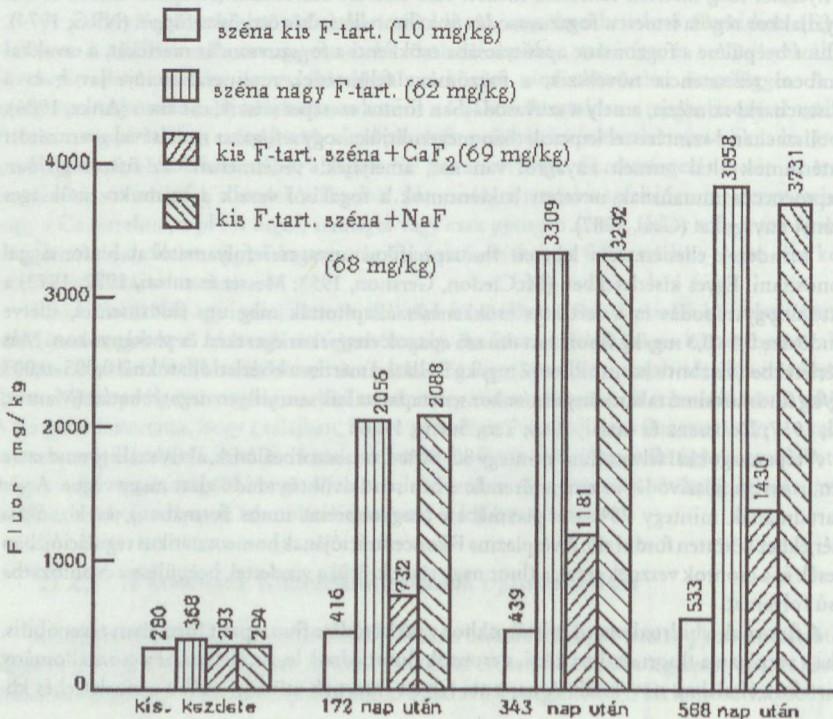
A fluornak a hidroxilapatit kristályokhoz való kötődése fluorapatit formában reverzibilis, és ha a vérplazma fluortartalma kicsi, a csontok fluort adnak le. Az életkorral a csontállomány F-tartalma általában növekszik. A naponta felvett fluornak mintegy 60%-a a vizelettel és kb.

10%-a a bélsárral ürül. A csontokban tárolt F mennyisége egyébként nemcsak a bevitel nagyságától, hanem a csontok felvevő kapacitásától is függ, a felszívódott hányad legfeljebb 50%-a épül be. Mivel a terhelés jól tükröződik a megnövekedett ürülésben, a vizeletvizsgálat az ellátottság ellenőrzésére is alkalmazható (Kirchgessner, ReichlmayrLais, 1983; Anke, 1986). Az egyes szervekben elég kevés fluor található, csupán a szív és a placenta tárol többet (Armstrong, Singer, 1970; NRC, 1980). Nagy fluorbevitelnél a vese fluortartalma is megnövekszik.

A tej fluortartalma kevésbé függ a felvett mennyiségtől, bár kis mértékben növekszik a takarmánnyal adott mennyiségek hatására (NRC, 1980). Greenwood és mtsai (1964) 10, 29, 55 és 109 mg/kg fluort adtak 3 hónaptól 7 és fél éves korig Hf teheneknek, és átlagosan 0,06, 0,10, 0,14 és 0,20 mg/kg fluort találtak a tejben. Miután a F a placentán áthatol, az újszülött állatok csontjának fluortartalma az anya ellátottságával összhangban alakul. Ugyanakkor a nagy F-mennyiségeket fogyasztó tehenek borjaiban a csontok fluortartalma viszonylag kicsi.

A csont- és a fogállomány fluortartalma nagyon eltérően alakulhat, nagy fluortartalmú takarmány fogyasztásakor erősen megnövekszik a F mennyisége. A 11.1. ábra szerint azonban egyes komponensek (pl. Ca, Mg, Al) jelentősen befolyásolják a csontokban tárolt F mennyiségét (Shupe és mtsai, 1979). A NaF-ban adott vagy a szénában levő fluor jobban értékesül, mint az, amit CaF_2 formában kapnak az állatok. A F eredményesen alkalmazható a csonttritkulás

11.1. ábra A takarmánnyal Ca-, ill. Na-fluoridban adott F abszorpciójának és a csontok fluortartalmának alakulása szarvasmarhánál



(oszteoporozis) elleni védekezésben. Akut fluormérgezés viszonylag gyakran fordul elő, 5-10 g NaF szervezetbe jutása már halálos lehet. A toxikus szintet az jelzi, ha a plazma fluorkoncentrációja a 2 mg/l-t meghaladja; ilyenkor csökken a vérnyomás és kóma lép fel.

Krónikus fluorózis alakulhat ki hosszabb időn át tartó pozitív F-mérleg esetén, amely a fogak sötét foltosságában és csontkárosodásokban juthat kifejezésre. A fluorózt ipari szennyezés és ivóvíz is okozhatja. A fluorózis gyakran gerincmerevedésben jelentkezik, esetleg végtagfájásban nyilvánul meg. Ha az ivóvíz 4 mg/l, vagy ennél több fluort tartalmaz, fennáll a mérgezés veszélye. Egyes területeken pl. az USA-ban és Indiában a víz túl sok fluort tartalmaz (10-15 mg/l koncentrációt is elér), amittől az állatok krónikus fluorózt kaphatnak (Pais, 1980). A F-toxikózis ellen Indiában Mg-metaszilikát adagolásával védekeznek, amely a fluor kiürítését segíti a szervezetből (Anke, 1986).

A 11.2. táblázatban a fluornak az anyagcserében betöltött szerepét foglaltuk össze.

11.2. táblázat

A fluor szerepe az anyagcserében

Létfontossága:	Valószínűleg létfontosságú elem, bár esszencialitása mind ez ideig nem egyértelműen bizonyított
Biológiai jelentősége:	Csont és fogképződés, fogszuvasodás (fogzománc felületén védőréteg)
Abszorpció:	Rendkívül gyors mintegy 80 %-os lehet.
Kiürülés:	Nagyrésze a vizelettel ürül, de a bélsár, az izzadság, a tej és a nyál is tartalmaz F-t.
Antagonista elemek:	Ca, Al, Cl, Mg, Se, foszfátok csökkentik az abszorpció mértékét.
Minimum szükséglet:	Feltehetően 1-10 mg/kg közötti (pontosan nem ismert), ivóvízben 1-2 mg/l.
Hiánytünetek:	Fogszuvasodás, fog és csontképződési zavarok.
Indikátorszervek, ill. anyagok:	Csontok, fogak, vizelet.
Hiányterületek:	Kifejezetten hiányos területek nem ismertek, a takarmány általában fedezi a szükségletet.
Mérgezés:	A takarmány fogyasztás és a testtömeg gyarapodás csökken, citrátermelés a májban, és a vér citrát tartalma növekszik, a tiroxintermelés és a jódszorbpció csökken, bénulás következhet be.

11.3.2. A takarmányok fluortartalma és az ezt befolyásoló tényezők

A takarmánynövények fluortartalma a talajban levő oldható F-mennyiségétől, a növényfajtától, a növény korától és az atmoszféra, illetve a csapadék F-tartalmától függően alakul. A levél- és a szárazrészecskék általában többet, a magvak kevesebbet tartalmaznak (11.3. táblázat). Az extrahált darák és a répafej gazdagok F-ban, és a tengervíz nagy fluortartalma következtében a tengeri állatok is sok fluort tárolnak. Ez utóbbit a halliszt nagy fluorkoncentrációja is bizonyítja. A

csontokban tárolt nagymennyiségű F következtében az állati fehérjeliszt is gazdag fluorforrást jelent.

11. 3. táblázat

**Különböző takarmányok átlagos fluortartalma mg/kg
száranyagban**

Abrakfélék és fehérjetakarmányok		Zöld- és egyéb takarmányok	
Kukorica	0.7	Kukorica egész növény	3.3
Árpa	4.7	Vöröshere	6.1
Búza	1.7	Legelőfű	3.7
Búzakorpa	3.9	Rétifű	3.4
Extrahált repcedara	20.0	Rétiszéna	3.4
Extrahált szójadara	8.5	Répafej	28.0
Halliszt	232.0	Burgonya	5.9
Állati fehérje liszt	45.0	Répa	3.3
Élesztő	7.0	Répaszelet	6.0

Az egyes növények fluortároló képessége és fluorral szembeni érzékenysége, illetve toleranciája eltérő. A tipikus fluorózisos területeken a zöldtakarmányok fluortartalma 60 - 200 mg/kg szá. közötti értékeket is elérhet. A fluorózis fellépésének határa a takarmányokban mért mennyiség alapján állatfajonként eltérő: szarvasmarhánál kb. 40, juhoknál 60, sertésnél 150, baromfinál 200 mg/kg száranyag (Adriano, 1984).

11.3.3. A fluorellátottság és az állatok termelése

Az állatok fluorszükséglete nem egyértelműen definiálható, a feltételezések szerint 1 - 10 mg/kg közötti érték, amit a takarmánnyal és az ivóvízzel felvett fluormennyiség általában fedez. Már említettük, a fluorhiányos kísérletek eredményei nem voltak egyértelműek. Egyesek a szaporodásban bekövetkező zavarokról, anémiáról számoltak be, mások ugyanazon fluormennyiség etetésekor nem tudtak semmilyen káros hatást kimutatni.

A hiánynál nagyobb veszélyt jelent a fluormérgezés az állati termelésben (fluorózis), amely tömegveszteséggel, étvágytalansággal, izomgyengeséggel, bénulással és végső esetben elhullással járhat. Mérgezés esetén a csontállomány F-tartalma a normál mennyiségnek akár a 40-szeresét is elérheti (300 - 600 mg/kg helyett 15 - 20 g/kg). Ilyen esetben a tojásban és kisebb mértékben a tejben is megnő a fluortartalom, a vizeletben kiürülő mennyiség pedig a terheléstől függően akár 80 mg/l értékre is emelkedhet. Ahogy a 11.4. táblázatból is kitűnik, az egyes állatfajok érzékenysége a fluorral szemben eltérő. Fluorózis esetén a zsírsav-oxidáz aktivitása csökken, és a szénhidrát-anyagcserében kedvezőtlen elváltozások következnek be, mivel a dehidrogenázok aktivitásának csökkenése a glikogén-anyagcserében idéz elő zavarokat. Befolyással van a fluorszint a foszfatáz enzim aktivitására is.

11. 4. táblázat

A háziállatok tűrőképessége a takarmánnyal felvett F-al szemben (mg/kg)

Faj	NaF vagy egyéb jól oldódó formában lévő F-tartalom	Ca-foszfátban vagy egyéb nyers foszfátban lévő F-tartalom
Tejelő tehén	30- 50	65-100
Hízómarha	40- 50	65-100
Juh	70-100	100-200
Sertés	70-100	100-200
Baromfi	150-300	300-400

Túl sok fluor esetén a fogzománc elveszti eredeti fényét, sötét foltok jelennek meg rajta, a fogak töredeznek, lecsiszolódnak. A fluormérgezés veszélye egyébként az iparosodás fejlődésével egyre jobban nő, a mérgezésre utaló tünetek megközelítően azonosak a különböző állatfajoknál. A túlzott fluorellátottság kimutatásának a legegyszerűbb módja a vizelet fluoranalízise.

A 9003/83 sz. MEM-EÜM-OVH rendelet több elemre határértékeket szab meg a takarmányokban. A fluorra vonatkozó adatok a 11.5. táblázatban láthatók.

11. 5. táblázat

A F-ra vonatkozó MMK érték takarmányokban

Takarmány	Határérték (mg/kg)
Állati eredetű takarmánykomponensek, ill. kiegészítők:	500
Foszfor és egyéb ásványi takarmánykiegészítők (8 % foszfortartalom felett):	2 000
Egyéb takarmánykomponensek, ill. kiegészítők:	150
Ipari abrakkeverékek:	
tejelő szarvasmarha-, -juh- és -kecske-táp:	50
nem tejelő szarvasmarha-, -juh- és -kecske-táp:	30
sertéstáp	100
csibetáp	250
egyéb baromfitáp	350
egyéb ipari abrakkeverék	150

11.4. Élelmiszerek fluortartalma

Néhány élelmiszer átlagosnak tekinthető fluorkoncentrációját a 11.6. táblázatban gyűjtöttük össze (Schormüller, 1965; Kolomijceva, Gabovics, 1970). Látható, hogy a szükséglethez képest a F-koncentrációk meglehetősen kicsik. Az is tény viszont, hogy a szervezetbe jutó fluor nagyobb hányada általában az ivóvízből származik. A 11.6. táblázat szükségleti értékeinek

11. 6. táblázat

Hazai élelmiszerek átlagosnak vehető
fluortartalma

Élelmiszer	Fluorkoncentráció		100 g élelmiszer fluortartalmának a napi szükséglethez viszonyított %-os aránya	A napi szükség- letet fedező mennyiség, g
	mg/100 g eredeti anyag	mg/kg szárazanyag		
Gyümölcsök:				
Szőlő	0.026	1.24	2.6	3 850
Meggy	0.010	0.71	1.0	10 000
Eper	0.009	0.88	0.9	11 110
Alma	0.008	0.84	0.8	12 500
Körte	0.014	0.89	1.4	7 140
Őszibarack	0.021	1.81	2.1	4 760
Cseresznye	0.018	1.10	1.8	5 560
Zöldség- és főzelékkészítek:				
Bab	0.024	2.02	2.4	4 170
Borsó	0.030	1.20	3.0	3 330
Sárgarépa	0.027	2.35	2.7	3 700
Paradicsom	0.024	3.81	2.4	4 170
Retek	0.011	2.20	1.1	9 090
Cereáliák:				
Búza	0.111	1.27	11.1	900
Rizs	0.115	1.31	11.5	870
Rizs	0.023	0.26	2.3	4 350
Fehér kenyér	0.061	0.92	6.1	1 640
Állati eredetű termékek:				
Fogyasztlói tej	0.020	1.61	2.0	5 000
Sertéshús	0.059	1.37	5.9	1 690
Marhahús	0.110	4.28	11.0	910
Csirkehús	0.100	3.94	10.0	1 000
Tojás	0.027	0.99	2.7	3 700
Folyami hal	0.022	1.04	2.2	4 550

számításakor a napi átlagos fluorigényt 1,0 mg-nak tekintettük. Gasztonyi (1979) szerint a napi F-szükséglet 0,5 - 1,5 mg, Kolomijceva és Gabovics (1970) szerint 2 - 3 mg, USA adatok (Food and Nutrition Board, 1980) szerint 1,5 - 4,0 mg.

A F a csontozatban és a fogakban akkumulálódik, a szervezet teljes fluortartalmának mintegy 99%-a itt található. A többi testszövet F-koncentrációja igen kicsi, csupán 10^{-2} - 10^{-5} közötti érték (Kolomijceva, Gabovics, 1970). Az emberi test összes fluortartalma egyébként mintegy 3 g, a napi átlagos fluorfelvétel pedig 1,8 mg-ra becsülhető (ICRP, 1975). Bowen (1982) szerint kb. 2,0 mg a napi felvétel, s ennek nagy hányada mintegy 1,7 mg a vizelettel ki is ürül. Heydorn (1984) szerint a szervezetbe jutó fluornak kb. 55%-a távozik a vizelettel, s a fennmaradó hányad főleg az izzadsággal választódik ki.

Hazánkban Tóth (1984) szerint az élelmiszerekből naponta csupán 0,1 - 0,6 mg F jut a szervezetbe, és a hiány ellensúlyozására a fogszuvasodás, csontritkulás megelőzése végett a konyhasó fluorral való dúsítását javasolja 350 mg F/kg só formájában. Ismeretes a NaF-tartalmú Dentocar tableta, és a fejlődő szervezetek fogazatának helyes kialakulása fluortartalmú fogkérmekek használatával is elősegíthető. Egyes országokban egyébként az ivóvizet és a konyhasót fluorral dúsítják.

Nagyon vigyázni kell azonban a fluor adagolásával, hiszen ha a szervezetbe sok kerül, akkor fluorózis léphet fel. Fluorózis előfordulására akkor kell számítani, ha az ivóvíz fluortartalma $> 1,0$ mg/l. Magyarországon egy 1979-1980-ban végzett KÖJÁL felmérés szerint a lakosság túlnyomó többsége 0,6 mg/l-nél kisebb F-koncentrációjú ivóvizet fogyaszt, bár vannak olyan körzetek is, ahol az ivóvíz fluortartalma meghaladja a 2 - 3 mg/l értéket is (Tóth, Sugár, 1983). Egyébként a világnak elég sok táján az alapkörzetek s így az ivóvíz is fluorban meglehetősen szegények, és ezért fluorkiegészítésről külön kell gondoskodni.

Az élelmiszerek közül fluorban különösen gazdagok a tengeri halak, és a teát vagy kávé rendszeresen fogyasztók is biztos, hogy nem szenvednek fluorhiányban. Egy-egy csésze tea, illetve kávé ugyanis a napi fluorszükséglet mintegy 40 - 60%-át fedezi (Pais, 1984). Igen gazdag fluorban az ásványvizek egy része is. Így pl. az Apenta ásványvíz F-tartalma az Országos Közegészségügyi Intézet 1980-ban végzett vegyelemzése szerint 2,8 mg/l.

Az élelmiszerek F-tartalma jelentős mértékben függ a környezet fluorszennyezettségétől. Az OÉTI 1981-ben széleskörű felmérést kezdett annak tisztázására, hogy az ajkai és az inotai alumíniumkohó fluoremissziója milyen hatással van a növények fluorakkumulációjára. Nagyszámú mintát gyűjtöttek olyan kiskertekből, amelyek a kohók 1200 méteres körzetében voltak. E vizsgálat néhány adatát a 11.7. táblázat mutatja, kontrollnak a Pápa környékén

11.7. táblázat

Egyes növények fluortartalma 1981-1983 között Ajka, Inota, és Pápa körzetében

Növény	Átlagos F-tartalom mg/kg sz.a.			A kontrollhoz (Pápa) viszonyított %-os arány
	Ajka	Inota	Pápa	
Uborka	1.4	2.7	0.4	350- 675
Karalábé	12.7	1.8	0.9	200-1 411
Káposzta	5.5	3.7	2.8	132- 196
Sóska	6.5	10.1	4.9	133- 206
Petrezselyem	7.3	19.1	4.9	149- 390
Hagyma	9.0	28.4	5.8	155- 490

mintázott hasonló növényi élelmiszerek F-tartalmát tekintve (Sóos és mtsai, 1984). Szerencsére Ajka és Inota körzetében az ivóvíz kifejezetten fluorszegény ($< 0,2$ mg F/l), ezért a fluorózis veszélye az élelmiszerek megnövekedett fluortartalma ellenére is csekély.

11.5. Összefoglalás

1. A növények által a talajból felvehető F mennyisége elsősorban a talaj kémhatásának és kalciumtartalmának függvénye. A növények számára nem létfontosságú elem, bizonyos koncentrációhatárok között azonban stimulatív lehet. Fitotoxikus hatásával akkor kell számolni, ha erősen savanyú a talaj és kicsi a kalciumtartalom. Igen jelentős fluor jut a talajba a foszfátműtrágyákból.

2. Az állati (és emberi) szervezetben elsősorban a csontokban és a fogazatban található F, hiánya esetén rendellenes, gyenge fogazat fejlődik, és nő a csonttritkulás, s a fogszuvasodás valószínűsége. A takarmányozásban hiánya általában nem fordul elő, viszont pl. ipari eredetű szennyezés vagy az ivóvíz túl nagy fluorkoncentrációja következtében fluorózis léphet fel.

3. Táplálkozásbiológia szempontból hiánya és fölöslege is gondot okozhat. A napi felvétel jelentős hányada általában az ivóvízből származik, ezért ahol nagyon alacsony az ivóvíz fluorkoncentrációja, ott F-kiegészítés indokolt.

12. A jód (I)

A I a periódusos rendszer VII.b. oszlopának eleme, a fluorral, klórral, brómmal együtt a halogén csoport tagja. Legfontosabb oxidációs állapota -1 és +5, a felszíni vizekben 2 mg/l, a tengervízben 60 mg/l, a litoszférában 0,5 mg/kg az átlagos koncentrációja, a talajokban 7,1 mg/kg (0,1 - 210 mg/kg) arányban fordul elő (Bowen, 1979, 1982).

A jód a növények számára valószínűleg nem esszenciális elem, de túlzott felvétele toxikus hatású is lehet. Az állati (és emberi) szervezet számára viszont létfontosságú, a megfelelő ellátottság a gyakorlati takarmányozásban is problémaként jelentkezhet.

12.1. A jód a talajokban

A talajok jódtartalma nagyon változó, általában 0,1 - 50 mg/kg közötti érték. Mivel a talajok legalább egy nagyságrenddel több jódot tartalmaznak, mint a talajképző kőzetek, valószínű, hogy a talajokban levő I elsősorban az atmoszférából származik (Katalymov, 1969). Az eruptív kőzetek I-tartalma mindössze 0,1 - 0,8 mg/kg, s nagyon kicsi a jódtartalom a homokkőben, a kvarcitban és a mészkőben is. A tengeri iszapok jódtartalma viszont igen jelentős, többnyire 10 - 300 mg/kg.

A talajok jódtartalma a mechanikai összetétel függvénye. A könnyű mechanikai összetételű talajokból a I könnyebben kimosódik, mint a vályog- és agyagtalajokból, ezért az előbbiek jódban általában szegényebbek. Azok a talajok viszont, amelyeknek a szervesanyag-tartalma nagyobb, jódban is gazdagabbak. A savanyú talajokból a jód könnyebben kimosódik, mint a semleges kémhatásúakból. A talajszelvényben a I megoszlására jellemző, hogy a felső, humuszos réteg jódtartalma jelentősen nagyobb, mint az alapkőzeté. A talajok jódtartalmának nagyobb része általában szerves kötésben van.

Az atmoszféra jódtartalma elsősorban a tengervízből származik. Erre utal az is, hogy a levegő jódtartalma az óceánok fölött lényegesen nagyobb, mint a szárazfölkék fölött. Egy liter esővízben általában 1 - 2 ug I mérhető. A csapadékkal így a talajokra kb. 10 - 50 g/ha jód kerül évente, és a jódfeldúsulás mértéke annál nagyobb, minél közelebb van a tenger.

A talajban a jód jelentős hányada oldható formában van, s a könnyen kimosódó rész aránya a kémhatás függvénye. A I migrációját a talajban a karbonátréteg gátolja. A jód főleg az agyagfrakcióban dúsul, s abból adódóan, hogy nem csupán alumínium- és vas-oxidokon, de a szerves anyagokon is jól abszorbeálódik, a tözegtalajoknak általában nagy a jódkoncentrációjuk.

12.2. A jód a növénytermesztésben

12.2.1. A jód növényélettani szerepe

Arról, hogy a növények számára valóban fontos elem-e a jód, megoszlanak a vélemények. Kasin (1981) monográfiájában nagyszámú irodalmi adatra hivatkozva megállapítja, hogy a jód

kedvező hatást gyakorol a növények nitrogén-anyagcseréjére, a fotoszintézisre, a szövetek víztartalmára, a szénhidrát-anyagcserére és a sejtekben lejátszódó redoxifolyamatokra. A jóđ ugyanis az egyes aminosavakhoz és fehérjékhez szorosan kapcsolódik, és mint szabad ion részt vesz a sejtek víztartalmának szabályozásában. A jóđ elektrondonorként és elektronakceptorként is szerepel a redoxifolyamatokban. A legtöbb növényben 0,02%-os KI-oldattal való magcsávázással optimális jóđkoncentráció érhető el a pozitív hatás szempontjából.

A jóđfőlöslég a legtöbb növényre toxikus hatású. Ez a hatás akkor lép fel, ha a növény levelei 0,5 - 1 mg/kg szá. jódnál többet tartalmaznak; 8 mg/kg szá. jóđ a levélben pedig már egyértelműen klorotikus tüneteket okoz. Az egészséges levelek többnyire 0,5 mg/kg szá.-nál kisebb koncentrációban tartalmaznak jódot. A klóridadagolás általában csökkenti a jóđtoxicitást (Mengel, Kirkby, 1978). Egyes növények pl. bab, kukorica nagyon érzékenyek a jóđfeleslegre, mások viszont pl. fejes saláta jól tűrik a jóđfőlösléget (Pais, 1980).

12.2.2. Különböző növények jóđtartalma és az erre ható tényezők

A növények jóđtartalma döntően a talaj oldható jóđtartalmától és a növényfajtától függ. A jóđtartalom általában 1,0 mg/kg értéknél kisebb, bár egyes tengeri moszatokban (pl. *Laminaria*) több nagyságrenddel nagyobb koncentrációban is előfordulhat. Kőrös (1980) szerint a jódot a legnagyobb mértékben a barnamoszatok és a kovamoszatok dúsítják.

Katalymov (1969) közli Dragomirova adatait, amelyek szerint a jóđhiányos területeken a növények lényegesen kevesebb jódot tartalmaznak, mint a jóddal megfelelően ellátottakon. Pl. a kukoricában 38, illetve 64 mg/kg, a zabban 20, illetve 120 mg/kg átlagos értékeket mértek a talaj jóđtartalmától függően.

A növények jóđfelvétele ^{131}I izotóppal tanulmányozva megállapították, hogy a klóriddtartalmú műtrágyákban levő klóríd jelenléte erőteljesen gátolja a növények jóđfelvételét. A savanyú podzoltalajok meszeszése szintén csökkenti a jóđfelvételt; a saláta jóđfelvétele meszeszés hatására pl. jelentősen csökkent, 1,92 mg/kg szá.-ról 1,00 mg/kg szá. koncentrációra.

Mojszejev és mtsai (1984) borsó és zab növények radioaktív jóđ felvételét tanulmányozták a különböző talajokból. Megállapították, hogy a talajok összes I-tartalmának 12 - 30%-a van vízdoldható, azaz a növények számára könnyen felvehető formában. A legnagyobb vízdoldható jóđtartalom arányt a laza homoktalajokban találták, a legkisebbet pedig a csernozjomban és a lateritokban. A legkisebb mértékben a borsó és a zab magja vette fel a jóđizotópot, és legnagyobb mértékben a levelek halmozták fel azt.

A talajhoz adott szerves anyag (tőzeg) jelentősen csökkentette a növények jóđfelvételét. A műtrágyázás (NPK) gyepek podzol talajon csökkentette a zab jóđfelvételét, sárgaföldön és szürkeföldön azonban növelte azt. A meszeszés podzoltalajon csökkentette a növények jóđfelvételét, trópusi sárgaföldön azonban nem volt rá hatással.

12.2.3. A növények jóđellátottságának optimalizálása

A növények jóđtartalma elsősorban az állatok és az ember számára fontos, mert a jóđhiány pajzsmirigy-megbetegedéshez vezet. Ezért a növények jóđtartalmának, mint elsődleges jóđforrásnak, a táplálékláncban jelentős szerepe van.

A talajból a növényekbe irányuló jóđfelvétel gyors, a jóđ egy része szinte azonnal beépül a különböző szerves vegyületekbe. A növények a talajból viszonylag könnyen veszik fel a jódot,

és a jódban gazdag területeken fitotoxikus hatása is ismert. A rizsnél pl. az un. Akagare-betegség oka a nagymérvű jódfelevétel (Pais, 1984).

Arra nincs egyértelmű bizonyíték, hogy a jód esszenciális lenne a magasabb rendű növények számára, bár egyes adatok szerint stimulatív hatású, mert jódkiegészítéssel pl. a gabona-, burgonya- és cukorrépatermés növelhető (Pais, 1980).

12.3. A jód az állati termékek előállításában

12.3.1. A jód szerepe az állatok anyagcseréjében

A jód biológiai jelentőségét már a XIX. század közepén felismerték, és a jódhány okozta pajzsmirigy-elváltozások a legismertebb és legjobban azonosítható nyomelem-hiánytünetek közé tartoznak. Mezőgazdasági haszonállatokban (és emberben) a kontinens számos területén, pl. az Alpok egyes részein lép fel jódhány. A jód abszorpciója gyors és közel teljes; a sertésekben elsősorban a vékonybélből (és részben a gyomorból), a kérődzőkben 70 - 80%-ban a bendőből szívódik fel. A szállítás a vékonybél bizonyos szakaszaiban aktív folyamatként megy végbe, jodid formában változatlanul, a más kötésben levő jód azonban előbb jodiddá redukálódik és csak úgy értékesül (Anke, 1972; Underwood, 1977). Egyértékű anionok, mint pl. a perklorát, rodanid és a nitrát csökkenthetik a jódakumulációt, s a repcében és a káposztafélékben levő glükoszínolátok is befolyásolhatják a jód értékesülését.

A jód az emésztőrendszerbe a nyállal, gyomor- és vékonybélfolyadékkal választódik ki - de ennek a mennyiségnek tetemes része reabszorbeálódik. A kiürülés a vizelettel megy végbe, és hiány esetén is folyamatos. Az izzadsággal ugyancsak ürül jód, ezen az úton az anorganikusan kötött jódnak mintegy 10 - 15%-a ürül ki. Az embriók ellátása az anyai ellátástól függően alakul, a szervezetbe került jód gyorsan eljut a magzathoz.

A felvett és abszorbeált jód a vérbe kerül, onnan főleg a pajzsmirigybe és a vesékbe. A pajzsmirigy jódfelvételének mechanizmusában döntő a jodid oxidációja és a tiroxin hormonba való beépülése. A felvett mennyiség több tényezőtől (a takarmány jódkoncentrációja, energiatartalma, a takarmányban levő antagonistá anyagok) függ. Pajzsmirigyanyagcsere-zavarok tényleges vagy másodlagos jódhány következtében léphetnek fel, pajzsmirigy-nagyobbodást vonva maguk után, ami már az embrióban is kialakulhat. Strumaképződés minden állatfajnál előfordulhat; következménye a csökkent fehérje- és megnövekedett zsírszintézissel jár.

A jód a pajzsmirigyhormonok révén a növekedésben létfontosságú, hiánya esetén törpenövekedés és struma alakulhat ki. A jódkiegészítés csökkenti a struma kialakulásának valószínűségét, és a növekedés is javul. A szaporaság is összefügg a jódelátással, az elsődleges jódhány vetélést és szőrtelen utódok születését okozhatja.

Hiány esetén a himivaru egyedek szaporodási készsége, spermájának minősége csökken, ami jódkiegészítésre javul. A pajzsmirigyblokkoló anyagok nitrát, tiocianát, glükoszínolátok másodlagos jódhányt hoznak létre. A glükoszínolát a jód oxidációját gátolja, kedvezőtlen hatása jódkiegészítéssel csak némileg mérsékelhető.

A jódtúladagolás okozta zavarok is régóta ismertek, ezek egy része hasonlít a hiányjelenségekhez. Az étvágy és a testtömeg-gyarapodás csökken, a tejtermelés elmarad a

kontroll tehenekeitől, a vemhesülés rosszabbodik, a vetelési hányad nagyobb lesz (Newton és mtsai, 1974; Fisch, Swanson, 1977). A mérgezéssel szemben az egyes fajok érzékenysége eltérő; a sertés pl. kevésbé szinli meg a jódtúladagolását, mint a szarvasmarha.

A jódmérgezés következtében pajzsmirigytúltengés, petefészekzavarok, a tejhozam és a tojástermelés csökkenése figyelhető meg. A keltethetőség romlik, a tojás, a tej jódtartalma erősen megnő, csökken a vér hemoglobintartalma és a tiroidhormon szintézise.

12.1. táblázat

A jód szerepe az anyagcserében

Létfontossága:	CHATIN (1851).
Biológiai jelentősége:	A pajzsmirigy hormonok (tiroxin, trijótironin) alkotó-eleme.
Tárolás helye:	Pajzsmirigy, nyálmirigyek, bél, vese, bőr, szőr.
Abszorpció:	Nagyon gyors és nagymértékű a vékonybélben, bendőben, gyomorban és a bőrön át.
Kiürülés:	A vizeletből, a tejből, a tojásból, a nyálból és a bélfolyadékból reszorbeálódik.
Antagonisták:	A repceszélekben glükózinnál (L-5-vinil-2-tio-oxazolidon), Ca, tiocianát, nitrát.
Minimum szükséglet:	Fejlődő állatok: 0.2 mg /kg szá. Reprodukálók: 0.3 mg /kg szá.
Hiánytünetek:	Reprodukciós zavarok – vetelés, struma, szőrtelenség, csökkent születési tömeg, tejtermelés csökkenés.
Indikátorszervek:	Vérszérum, szőr, tej.
Hiányterületek:	Alpok, Középhegység, stb. (összefüggésben van a glükózinnal kénalattal), homokos talajok.
Mérgezés:	Csökkenő takarmány felvétele, testtömeg változás, zavar a tojástermelésben, strumahajlam.

A jódnak az anyagcserében betöltött szerepét a 12.1. táblázatban összesítettük.

12.3.2. A takarmányok jódtartalma és az ezt befolyásoló tényezők

A jódtartalom alakulását a növények fejlődési állapota is szignifikánsan befolyásolja, ahogy ezt a 12.2. táblázat adatai jól szemléltetik (Groppel, Anke, 1986). Az abrakfélék jódtartalma kisebb, mint a zöldtakarmányoké vagy a répacejé (12.3. táblázat). A legtöbb jódot a hallisztben találjuk, ezért a hallisztartalmú takarmányadagok biztosan fedezik az állatok szükségletét.

12. 2. táblázat

Zöld növények jódtartalma a fejlődés folyamán ($\mu\text{g/kg}$ szá.)

Növényfaj		Fejlesztési állapot			
		IV. 30.	V. 12.	V. 26.	VI. 11.
Lucerna	$\bar{x}$	359	294	158	149
	s	84	90	50	38
Búza	$\bar{x}$	215	168	69	18
	s	51	38	18	4
Angol perje	$\bar{x}$	185	79	31	20
	s	25	21	9	4
Rozs	$\bar{x}$	305	197	77	43
	s	108	42	13	20

12. 3. táblázat

Különböző takarmányok jódtartalma ($\mu\text{g/kg}$ szá.)

Kukorica (szem)	29- 60	Repce (teljes növény)	185-270
Búza (szem)	40- 110	Legelőfű	80-150
Árpa (szem)	35- 95	Silókukorica	190-430
Korpa	70- 250	Vöröshere	180-270
Extrahált repcedara	100- 120	Lucerna	190-350
Extrahált szójadara	70- 100	Répafej	250-590
Halliszt	3 450-8 250	Búzaszalma	140-310

12. 4. táblázat

Azonos geológiai talajról származó növények jódtartalma a tengertől való távolságtól függően ($\mu\text{g/kg}$ szá.)

Távolság a tengertől		Vöröshere	Búza	Rozs
10- 50 km	$\bar{x}$	272	89	179
	s	108	8	74
51-100 km	$\bar{x}$	218	90	131
	s	65	57	46
101-200 km	$\bar{x}$	137	77	79
	s	53	47	62
201-300 km	$\bar{x}$	132	57	101
	s	55	30	70

Ugyanazon geológiai származású talajon termesztett vörös here, búza és rozs jódtartalmában Groppe és Anke (1984) vizsgálatai szerint a tengerőtől való távolság függvényében szignifikáns volt az eltérés (12.4. táblázat). A talajvizek jódtartalma ugyancsak összefüggést mutat a tengerőtől való távolsággal, és ez is befolyással van a jódezellátás mértékére. A tárolás folyamán a jódtartalom jelentősen csökkenhet a takarmányokban, és pl. a szántóföldön való szárításkor tetemes veszteségek következhetnek be. A szakszerűen végzett (mesterséges) szárítás és silózás azonban alig befolyásolja a jódtartalmat.

Összehasonlítva a tengeri és a szárazföldi növények jódkoncentrációját megállapítható, hogy a tengervíz jelentősen nagyobb jódtartalma következtében a tengeri növények jódtartalma többnyire messze meghaladja a szárazföldiekét. A tengeri növények közvetlenül a sejtmembránon keresztül veszik fel a jódot.

12.3.3. A jódezellátottság és az állatok termelése

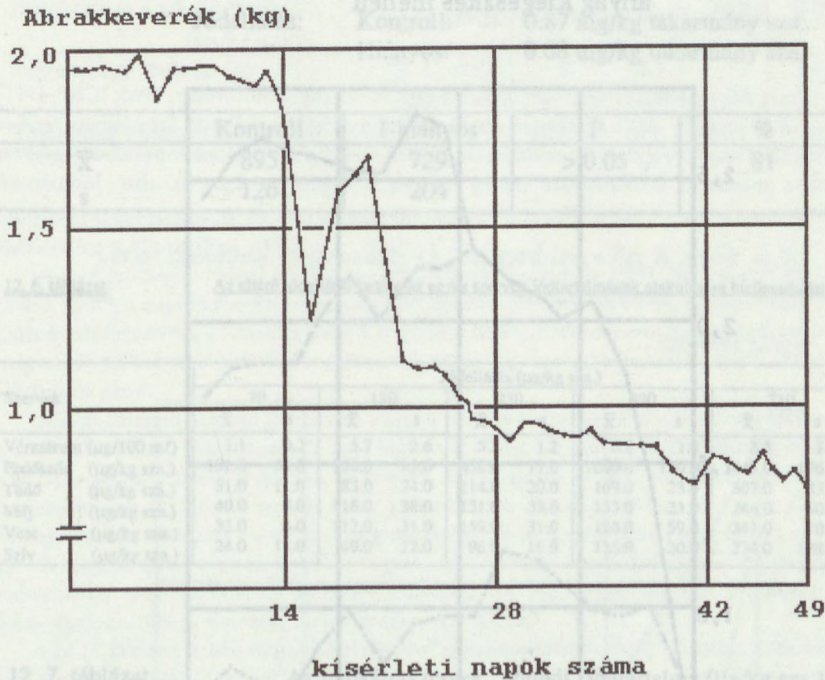
A jód a tiroxin (T_4) és a trijódironin (T_3) pajzsmirigyhormonok alkotóeleme, lényegében ez határozza meg az anyagcserében betöltött szerepét. A jódhányi elsődleges, ha kevés a takarmánnyal, illetve ivóvízzel a szervezetbe jutó jód mennyisége, s másodlagos, ha a takarmány elegendő jódtartalma mellett a pajzsmirigy jódfelvétele gátolt. A jódszükséglet irodalmi adatok szerint 0,1 - 0,8 mg/kg takarmány (Groppe, 1983), s a környezet hőmérséklete, az állatok fejlődési állapota, vemhesség, laktáció, de legfőképpen a takarmányokban levő gátló anyagok mennyiségétől függően változik. A jódananyagcserét gátló anyagok nélkül a fejlődésben levő szarvasmarha és sertés jódigénye 0,15 - 0,20 mg/kg jóddal kielégíthető, vemhes és szoptató anyáknak 0,20 - 0,30 mg/kg elegendő, gátló anyagok jelenlétekor azonban 3 - 5-szörösre is növekedhetnek a szükségleti értékek.

A kérődzők kevésbé érzékenyek a repcedarában levő glükoszínolátra, mint a sertések, mert a bendőmikrobák lebontják a gátló anyagokat. Ennek ellenére a 0,17 mg I/kg takarmány sz. adagokhoz adott 2% repcedara (5,4 g/kg mustárolaj-tartalom) 4-6 nap alatt már észrevehetően csökkentette az extrahálható jódmennyiséget és a tiroxinkötő képességet a kontrollhoz képest. Állatonként 20 mg/nap jódadagolással javultak az eredmények, de a kontrollcsoporthoz képest még mindig volt lemaradás. A strumával született borjak száma azonban mind a kísérleti, mind a kontroll csoportban arra utal, hogy ilyen jódkoncentrációjú takarmány etetése eleve jódhányos ellátást jelent, amit a repcedara okozta másodlagos hiány még tovább súlyosbított. Kielégítő 0,4 mg I/kg takarmány sz. jódezellátás esetén a 8% repcedara sem csökkentette a fehérjéhez kötött jód mennyiségét, a tej jódtartalma azonban kevesebb volt a kontrollhoz képest.

A repcében levő glükoszínolát a tejjel kiválasztott jód mennyiségét csökkenti, és mérsékli a vér T_4 -tartalmát is. Szarvasmarha-hizlalási tapasztalatok szerint megfelelő jódezellátás mellett a repce jelenléte a takarmányban megnövelte a pajzsmirigy tömegét, májproblémák és fehérjeanyagcsere-zavarok jelentkeztek. A testtömegtermelés és a takarmányértékesülés azonban az 5 hónapos kísérleti szakasz alatt lényegében nem változott.

A sertésnél a repce etetésének a jódananyagcserére gyakorolt hatása a jódezellátástól és az etetett repce mennyiségétől függően eltérő. Így pl. 8 % repce megfelelő jódkiegészítés mellett nem volt káros, de 0,2 mg/kg takarmány sz. jódkoncentráció esetén a kocasüldők ellési eredményei és a malacok életképessége erősen csökkent. Repcedara etetésekor a másodlagos jódhányi következtében a takarmányfelvétel és testtömeg-gyarapodás jelentős mérvű csökkenése mellett (12.1. ábra) pajzsmirigy túltengés, parakeratózis, bőr- és sörtekarosodás, a T_3 és T_4 ,

12.1. ábra. A süldők napi takarmányfelvételének alakulása 18 % repcedara-tartalmú takarmányadagok etetésekor, jódkiegészítés nélkül



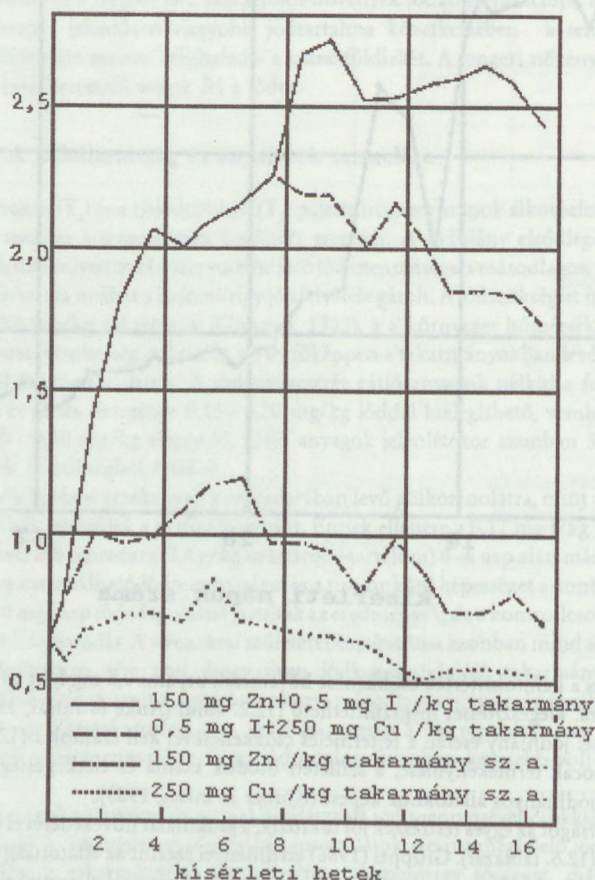
valamint a Zn- és a hemtokritérték csökkenése következik be, ami 0,5 mg I/kg és 150 mg Zn/kg takarmány sz. kiegészítéssel megszüntethető (12.2. ábra) (Anke és mtsai, 1983).

A teheneknél jódhiány esetén a tejtermelés csökkenésével kell számolni (12.5. táblázat), az üszők és a kocák termékenyülése, a született utódok száma és életképessége ugyancsak elmarad a nem jódhiányos állatokhoz képest (Körber és mtsai, 1983).

A jódelátottságot az egyes testrészek jól tükrözik, a jódkínalat növekedésével egyes szervek I-tartalma is nő (12.6. táblázat). Groppel (1986) eredményei szerint az ellátottság teszteléséhez a vérszérum, a fedőszőr, illetve a gypajú és a tej alkalmasak. A normál ellátottsági szintet jelző jódtértékeket a 12.7. táblázat tartalmazza. A szőr jódtartalma a hiányos ellátás következtében már néhány nap után csökken (12.3. ábra) (Anke, Risch, 1979), és a többszörösére nő nagyobb jódmennyiségek adagolásakor. A jódelátás a pajzsmirigy tömegét és a testtömeg-gyarapodás alakulását szignifikánsan befolyásolja (12.8. táblázat).

A takarmányozási gyakorlatban kiegészítés nélküli jód túladagolás nem fordul elő. A I-preparátumok alkalmazásakor azonban előfordulhat túladagolás, ezért az előírásokat szigorúan be kell tartani, mert nemcsak a hiány, de a túladagolás is termelékieséshez vezet, hiszen az

12.2. ábra. A szűdők napi takarmányfelvételének alakulása
18 % repcedarával az adagban, eltérő ásványi
anyag kiegészítés mellett



anyagcsere felgyorsulásával pajzsmirigy-működési zavarok járnak együtt, majd a testtömeggyarapodás is csökken.

Az egyes állatfajok a kortól függően eltérően reagálnak a jódtúladagolásra (Underwood, 1977). A tojástermelés csökken (Roland és mtsai, 1977), a bárányok visszamaradnak a fejlődésben (McCanely és mtsai, 1973), a tejtermelés csökken és a tej jódkoncentrációja jelentősen megnő (Fisch, Swanson, 1977), a sertésben a fejlődési zavarok mellett a máj

12. 5. táblázat A jódtartalom hatása a tehén tejtermelésére a laktáció első 56 napja alatt (1 tej 3.5 % zsírtart.)

Jódtartalom: Kontroll: 0.87 mg/kg takarmány szá.
Hiányos: 0.08 mg/kg takarmány szá.

	Kontroll	I-hiányos	P	%
$\bar{x}$	895	729	> 0.05	81
s	126	204		

12. 6. táblázat Az eltérő jódtartalom hatása az egyes szervek jódtartalmának alakulására hizomaráhánál

Szervek	Jódtartalom (µg/kg szá.)									
	70		150		230		390		710	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Vérszérum (µg/100 ml)	1.1	0.2	5.7	2.6	5.3	1.2	6.8	1.4	8.5	1.6
Fedőszőr (µg/kg szá.)	151.0	33.0	316.0	83.0	458.0	77.0	1080.0	130.0	1645.0	176.0
Tüdő (µg/kg szá.)	31.0	11.0	83.0	24.0	114.0	20.0	169.0	23.0	307.0	83.0
Máj (µg/kg szá.)	40.0	9.0	116.0	38.0	151.0	33.0	153.0	23.0	244.0	60.0
Vese (µg/kg szá.)	32.0	4.0	112.0	31.0	159.0	31.0	196.0	59.0	341.0	70.0
Szív (µg/kg szá.)	24.0	11.0	69.0	12.0	96.0	16.0	135.0	20.0	274.0	108.0

12. 7. táblázat Az indikátorszervek „normál” jódtartalma (µg/kg szá.)

	Vérszérum	Fedőszőr/gyapjú	Tej
Szarvasmarha	40- 90	100-200	30- 80
Juh	40-100	>150	50-100
Sertés	40- 80	>150	-

vastartalma csökken (Newton, Clawson, 1974). Különösen érzékeny a ló a nagy adagú jóddal szemben, mert mind az anyáknál, mind utódaiknál nagymértékű a strumaképződés aránya (10 - 50%-os), ha 5 mg/kg jódnál többhez jutnak az állatok valamilyen takarmányozási hiba folytán.

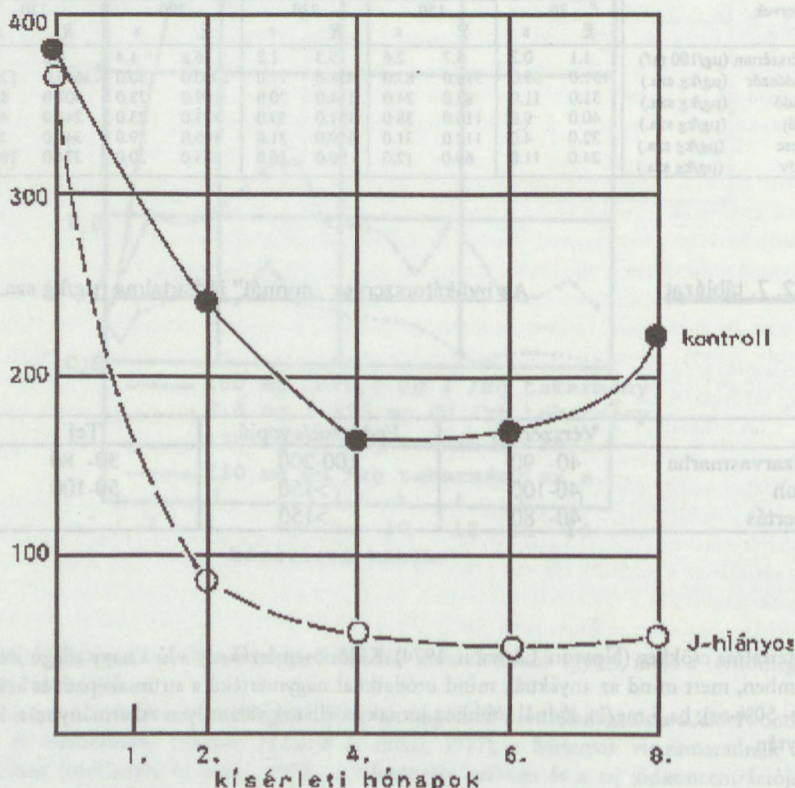
Itt említjük meg, hogy Kalifornia államban a korábbi évtizedekben mért adatokhoz képest jelentősen nőtt a tej és a tejtermékek jódtartalma (Pais, 1984). A növekedés oka, hogy az állatgyógyászatban elterjedten alkalmaznak különböző jódegyületeket.

12.4. Élelmiszerek jódtartalma

Az emberi szervezet teljes I-tartalma mintegy 10 - 15 mg (Schormüller, 1965; ICRP, 1975), s ennek mintegy 70 - 80%-a található a pajzsmirigyben, részben jodidion formájában, részben különböző szerves vegyületekhez kötött állapotban. Jódszegény területeken a jódhány gyakori, hiánya golyvát és kreténizmust, esetleg süketiséget, süketnémaságot okozhat. Jódhiányról

12.3. ábra. A nőivari kontroll és jódhányos kecskék fehér fedőszőrének I-tartalma

$\mu\text{g/kg}$ fedőszőr



12. 8. táblázat

A pajzsmirigy-tömeg és a testtömeg gyarapodás alakulása
hízó bikáknál, eltérő jódezellátás mellett

Jódtartalom a takarmányban ($\mu\text{g/kg}$ szá.)		70	150	230	390	710
Pajzsmirigy tömege (g)	$\bar{x}$	257	47	53	57	68
	s	91	19	20	20	23
Testtömeg gyarapodás (g/nap)	$\bar{x}$	1059	1070	1079	1065	960

egyébként akkor beszélünk, ha a vér jódkoncentrációja $< 0,1 \text{ mg}/100 \text{ ml}$, illetve, ha a napi vizelet jódtartalma $< 40 \text{ mg}$ (Pais, 1980).

A napi szükséglet jódból $0,1 - 0,2 \text{ mg}$ körüli érték (Gasztonyi, 1979; Food and Nutrition Board, 1980), a napi jódfelvétel átlagosan $0,2 \text{ mg}$ -ra tehető (Bowen, 1982). A szervezetbe jutó jódnak mintegy 85%-a a vizelettel távozik (Heydorn, 1984). Érdekes párhuzamosság figyelhető meg a jód és a kobalt metabolizmusa között, ugyanis ha a szervezetbe kevés Co jut, akkor a I felvétele is gátolt.

A 12.9. táblázat Schormüller adatai alapján néhány élelmiszer jódtartalmáról tájékoztat, a szükséges adatok számításakor a napi I-igényt $0,15 \text{ mg}$ -nak vettük. Jódban gazdag növény a paraj, a sóska, a saláta, a gomba, az uborka, a fokhagyma és igen sok jódot tartalmaz a csukamájolaj és általában a tengeri halak jódtartalma is magas. Japánban pl. a nagy tengeri halfogyasztásra vezethető vissza, hogy a geológiaiailag kis jódszint ellenére igen kicsi a golyva gyakorisága. Magyarországon egyébként ugyancsak csekély a talaj, az ivóvíz és az élelmiszerek jódtartalma, ezért hazánkban jódozott konyhasó (20 mg KI/kg só) van forgalomban. Természetesen túlzott felvétele, az ún. jodizmus is káros.

A 12.10. táblázat jóddal megfelelően ellátott "egészséges" területekről, valamint kifejezetten jódhiányos körzetekből gyűjtött élelmiszerek átlagos jódkoncentrációját mutatja (Kolomijceva, Gabovics, 1970). Látható, hogy a jódkoncentrációk között igen nagy lehet a különbség, az eltérés többnyire egy nagyságrend.

A stronciummal és a céziummal kapcsolatban már említettük, hogy a radioaktív szennyezettség zömét általában e két elem izotópjai okozzák. Korai kiszóródás (esetleg reaktorbaleset) esetén azonban előfordulhat, hogy a viszonylag rövid felezési idejű izotópok idézik elő a szennyezés jelentős hányadát. A csernobili balesetet követően néhány hétig a radioaktív jód (főleg a ^{131}I) jelentette a legnagyobb sugárzási veszélyt. Rövid felezési ideje ($8,1 \text{ nap}$) miatt azonban a radiojód-szennyezés nagy része azonban csupán felületi porszennyezésből ered, és így vízzel jelentős részben lemosható.

Legeltetés takarmányozás esetén a radiojód a fűből közvetlenül a szarvasmarha szervezetébe kerülhet, és igen gyorsan kiválasztódik a tejben. A takarmánnyal és ivóvízzel felvett ^{131}I -nak átlagosan 8%-a választódik ki szarvasmarhánál naponta a tejbe (Nedelkovits, 1968). Ha a tej ^{131}I szennyezettsége igen nagy, a tejet közfogyasztásra bocsátani nem lehet, tejporrá vagy más tejtermékké kell feldolgozni, s néhány hét múlva az aktivitás lecsengése után már fogyasztható. A ^{131}I jelentős hányada egyébként a pajzsmirigybe jut, ahol akkumulálódik, s ezért jelent viszonylag rövid fizikai felezési ideje ellenére nagy veszélyt, mert biológiai felezési ideje hosszú, így a pajzsmirigyben marad gyakorlatilag egész radioaktív élettartama alatt.

12. 9. táblázat

Élelmiszerek jódtartalma

Élelmiszer	Jódkoncentráció		100 g élelmiszer jódtartalmának a napi szükséglethez viszonyított %- os aránya	A napi szükség- letet felelő mennyiség, g
	µg/100 g eredeti anyag	mg/kg száraz- anyag		
Gyümölcsök:				
Kajszi, barack	1.0	0.076	0.7	15 000
Körte	1.0	0.064	0.7	15 000
Eper	1.0	0.098	0.7	15 000
Zöldség- és főzelékfélék:				
Bab, száraz	3.0	0.036	2.0	5 000
Zöldborsó	4.2	0.168	2.8	3 570
Paraj	20.1	2.960	13.4	750
Gomfha	18.1	1.640	12.0	830
Paradicsom	1.7	0.270	1.1	8 820
Sárgarépa	3.8	0.330	2.5	3 950
Cercáliák:				
Fehér kenyér	5.8	0.087	3.9	2 590
Rozskenyér	8.5	0.128	5.5	1 760
Állati eredetű termékek:				
Fogyasztói tej	11.3	0.958	7.5	1 330
Tojás	9.7	0.357	6.5	1 550
Vaj	5.6	0.069	3.7	2 680
Marhahús	3.0	0.117	2.0	5 000
Disznóhús	3.0	0.069	2.0	5 000
Pisztráng	3.2	0.152	2.1	4 690
Ponty	4.0	0.190	2.7	3 750
Hering	52.0	2.480	34.7	290

12. 10. táblázat

Élelmiszerek jódtartalma jóddal megfelelően
ellátott, valamint jóddhiányos körzetben

Élelmiszer	Jód tartalom (mg/kg natív állapotú élelmiszer)	
	Jóddal ellátott körzet	Jóddhiányos körzet
Búza	0.059	0.011
Fehér kenyér	0.010	0.003
Róz	0.035	0.010
Rozskenyér	0.014	0.004
Kukorica	0.067	0.011
Bab	0.024	0.014
Káposzta	0.037	0.004
Burgonya	0.032	0.006
Sárgarépa	0.035	0.003
Tehéntej	0.045	0.004
Tojás	0.060	0.008
Marhahús	0.035	0.002

12.5. Összefoglalás

1. A talajok jódtartalmának általában csak kisebb hányada vezethető vissza a geológiai eredetre, a nagyobb rész az atmoszférikus csapadékból származik, s összefüggésben van a kerdéses területnek a tengertől való távolságával.

2. A növények részére a jód valószínűleg nem esszenciális elem, bár stimulatív hatását több szerző is bizonyította. A növények viszonylag könnyen veszik fel, gazdag jódkínálat esetén fitotoxikus hatás figyelhető meg.

3. A takarmányozás gyakorlatában fölösleggel nem, de hiányával gyakran kell számolni, s ahol a növényzet jódtartalma kicsi és az ivóvíz is kevés jódot tartalmaz, jódkiegészítés szükséges. Az állati szervezet számára a jód létfontosságú elem, a pajzsmirigy hormonok alkotórésze. Hiánya esetén csökken a hús-, tej- és tojástermelés.

4. A jóddhiány a humán táplálkozásban is gyakran jelentkező gond. Magyarországon a jóddhiány kiküszöbölésére jódzott konyhasó kerül forgalomba.

13. A szelén (Se)

A szelén kémiai tulajdonságaiban a kénhez hasonló, a periódusos rendszer VI.b. oszlopába sorolt, 2-, 4- vagy 6- vegértékű mikroelem. Felszíni édesvizekben és a tengervízben egyaránt átlagosan 0,2 mg/l koncentrációban fordul elő, a litoszférában 0,05 mg/kg, a talajokban 0,4 mg/kg (0,03 - 2,0 mg/kg) az átlagos előfordulási aránya.

A szelén az utóbbi 2 évtizedben került az érdeklődés homlokterébe, s a mikroelemekkel kapcsolatos publikációk igen tekintélyes hányada a szelénnel foglalkozik. Ennek oka, hogy egyértelműen bizonyítást nyert, hogy a szelén az állati (és emberi) szervezet számára esszenciális elem, és hiánya gyakran okoz gondot. Másrészt a fiziológiai minimum-szükséglet és a már toxikus koncentráció közötti intervallum nagyon szűk, s így a probléma a toxikusság, illetve a környezetszennyezés szempontjából is felmerül. A növények számára ugyan nem tűnik életfontosságúnak, de tipikusan stimulatív hatású, optimális koncentrációban nagyon kedvező hatással van a legkülönbözőbb növények fejlődésére.

13.1. A szelén a talajokban

A litoszféra átlagos szeléntartalmához mérten a talajokban többnyire jelentős a Sefeldúsulás, ugyanis a talajok szelénkoncentrációja általában 0,1 - 2,0 mg/kg érték. Vannak azonban olyan területek is, ahol a talajok Se-tartalma lényegesen nagyobb, és eléri a 20 - 40 mg/kg értéket. Ennek egyik következménye, hogy Se-toxicitás mutatkozik a növényeken, és ez a toxikusság még nagyobb gondot okozhat a nagy szeléntartalmú növényeket fogyasztó állatoknál, főleg a kérődzőknél. Szelénben gazdag területek találhatók pl. az Egyesült Államokban, Venezuelában; ugyanakkor Új-Zéland és a skandináv államok területe pedig kifejezetten Se-hiányos (Schwaine, 1969; Gissel-Nielsen, 1977; Pais, 1984).

Hamdy és GisselNielsen (1976) mérései szerint a dániai szántóföldi talajok összes szeléntartalma $0,34 \pm 0,09$ mg/kg, és a vízzeloldható szeléntartalom $(0,008 \pm 0,002$ mg/kg) csupán $2,4 \pm 0,5\%$ -át képezte a talaj összes Se-tartalmának. Összehasonlításként pl. Quienche (1983) 20 svájci talajmintában 0,11 és 0,45 mg/kg közötti összes Se-tartalmat talált, s az átlagérték 0,27

13. 1. táblázat

A talajok csoportosítása a talaj teljes Se-koncentrációja alapján

A szeléntartalom szerinti kategória	Összes szeléntartalom (mg/kg)
Nagyon magas	> 1.5
Magas	0.9 - 1.5
Közepes	0.5 - 0.9
Alacsony	0.3 - 0.5
Nagyon alacsony	< 0.3

mg/kg volt. Szeléntartalmuk alapján Wells (1967) a talajokat a 13.1. táblázatnak megfelelően csoportosította. Látható, hogy pl. a dániai talajok a nagyon gyenge vagy a gyenge Se-ellátottságú kategóriába tartoznak.

13.2. táblázat

A jelzőnövények talajspecifikus szeléntartalma a szelénben
leggazdagabb talajon nőtt növények szeléntartalma %-ában
Közép-Európában

A talaj geológiai származása	%
Lösztalajok	100
Meszes máladéktalajok	50
Diluvialis homoktalajok	50
Kristályos pala (földpát, csillámpala) (NDK)	49
Homokkő máladéktalaj	38
Gránit máladéktalaj	37
Pala máladéktalaj	37
Kristályos pala (Csehszlovákia, Sumova)	30

A 13.2. táblázat egyes jelzőnövények talajspecifikus relatív Se-tartalmát mutatja Közép-Európában végzett vizsgálatok adatai alapján (Anke és mtsai, 1983). Látható, hogy a lösztalajok növényei szignifikánsan több szelént tartalmaznak, mint a más talajokon nőtt növények.

Savanyú és semleges talajokban a Se felvehetősége rossz, mert az oldhatósága nagyon kicsi; a savanyú talajokban általában Fe(III)-szelenitként megkötődik. A szelén a humuszanyagokkal szerves komplexeket képez, amelyek szintén erősen megkötődnek.

A szelén különböző vegyértékű formában fordulhat elő a talajban, és ezeknek a formáknak az aránya és koncentrációja függ a talaj redoxipotenciájától, a pH-tól, a talaj mikrobiológiai állapottól és más ionok jelenlététől is (Allaway, 1968).

A talajban, amely a növények számára jól felvehető, csak jól szellőzött talajokban, aerob feltételek között és lugos közegben fordul elő. Ez a magyarázata annak, hogy nagy, oldható Se-tartalmú talajok elsősorban száraz, arid klíma alatt és lugos kémhatású területeken találhatók. Ezek a talajokon elterjedtek az ún. szelénindikátor növények (pl. *Astragalus bisulcatus*, *Astragalus pectinatus*), amelyek nagy mennyiségű szelént akumulálnak anélkül, hogy ez a növekedésükre kedvezőtlen lenne. Ezeknek a növényeknek a Se-tartalma néhány ezer mg/kg is lehet, míg más növények ugyanazon a talajon csak néhány mg/kg szelént tartalmaznak (Mengel, Kirkby, 1978; Haraszi, Vetter, 1986).

Mivel a Se tulajdonságai nagyon hasonlítanak a kén tulajdonságaihoz, a talajból a növények Se-felvételét a szulfát akadályozza. Ez a tény a SeO_4^{2-} - SO_4^{2-} kompetíció felhasználható a sok szelént tartalmazó talajokon a növények Se-felvételének csökkentésére.

A mikroelemekkel kapcsolatban eddig leírtak során már többször rámutattunk arra, hogy döntő jelentősége van, illetve lehet annak, hogy a kérdéses mikroelem milyen kémiai formában és oxidációs fokkal fordul elő és vesz részt a különböző talajkémiai és biokémiai folyamatokban. A szelén talajból való felvételét tekintve néhány valóban figyelemre méltó adat a 13.3. táblázatban látható, amely a talajhoz adott szelén kémiai formája függvényében mutatja az egyes növények szelénfelvételét (Gissel-Nielsen, Bisbjerg, 1970). A szerzők radioaktív indikációs (^{75}Se) mérés technikával határozták meg a felvett Se mennyiségét, elemi szelént és 9 különböző kémiai

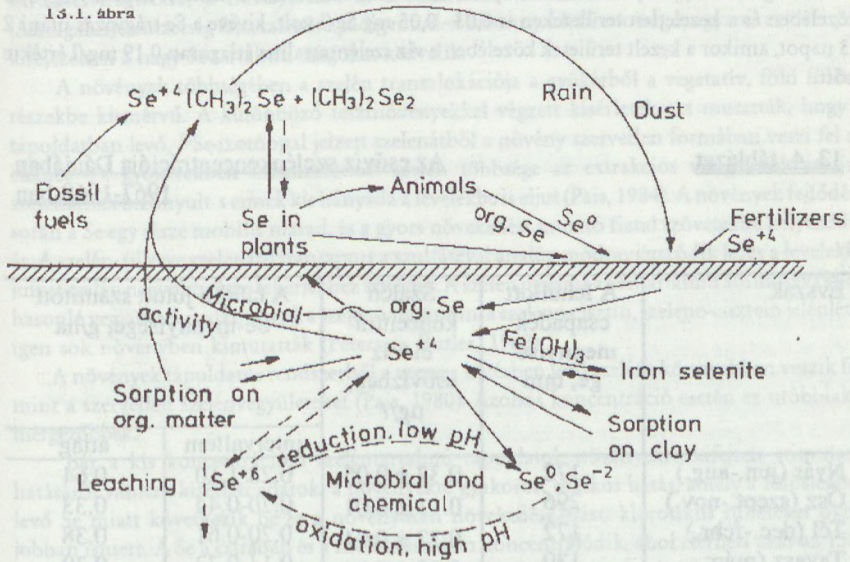
A növények talajból való szelénfelvételét a szelén kéniai forrásától függően

12. táblázat

Növény	A ökoló- ria idő- pontja	Szárz- nyagra száritott állagok huzam. (g/ny. részeg)	A talajhoz adott Se kéniai forrása és mennyisége ($\mu\text{g/kg}$)									
			Se	SiO ₂	CaO	Na ₂ O	SiO ₂	CaO	Na ₂ O	FeSO ₄	CaO	Na ₂ O
Szelénfelvétel, $\mu\text{g/g}$ szárítottanyag			2,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Lóhere, 1. vágás	VII. 7.	34,4	0,05	1,43	1,55	1,33	0,87	1,08	0,70	36,7	22,6	21,9
Lóhere, 2. vágás	VIII. 10.	48,5	0,02	1,00	1,19	1,13	0,75	0,82	0,43	27,2	23,1	13,6
Árpa, 1. vágás	VIII. 8.	55,5	0,13	0,78	0,89	1,04	0,57	0,51	0,47	13,3	5,9	7,7
Árpa, 2. vágás, szemléltetés	VIII. 17.	30,0	0,03	0,84	1,03	0,81	0,77	0,70	0,48	9,8	4,5	6,4
Árpa, 2. vágás, szór	VIII. 17.	42,7	0,03	0,61	0,55	0,54	0,75	0,46	0,27	6,9	3,3	7,9
Malor, 1. vágás	VII. 7.	31,7	0,05	1,80	1,56	1,85	1,00	1,11	0,53	29,0	16,3	24,6
Malor, 2. vágás, meg	VIII. 16.	17,8	0,12	1,18	1,91	1,60	1,06	1,52	0,98	25,6	15,4	15,2
Malor, 2. vágás, szór	VIII. 16.	20,5	0,05	1,05	0,65	0,45	0,54	0,38	0,22	8,9	5,1	5,1
Az átlagos Se felvétel, $\mu\text{g/g}$ szárítottanyag												
Lóhere			0,05	1,00	1,00	1,00	0,90	1,10	0,80	25,0	63,0	53,0
Árpa			0,03	0,90	1,10	1,00	0,90	1,00	0,80	12,0	27,0	28,0
Malor			0,07	1,20	1,50	1,10	0,90	1,10	0,70	25,0	61,0	48,0

formájú szelénvegyületet használva fel. Látható, hogy a növények az elemi állapotú szelént gyakorlatilag nem tudják felvenni a talajból, a szelenát formájában adott szelént viszont igen gyorsan és nagyon jó hatásfokkal veszik fel és építik be a növényi szövetekbe. Ezért ha szelénben hiányos termőterületeken szelenát formájú kiegészítést alkalmaznak, nagyon óvatosan kell eljárni, mert a takarmánynövények a gyorsan felszívódó szelénből olyan mennyiséget tartalmazhatnak, amely már toxikus lehet az állati szervezetek számára. Ha a talajhoz a szelént SeO_2 vagy szelenit formájában adagolják, a növények szelénfelvétele kisebb mérvű. Ilyen

13.1. ábra



esetben a szelén a talajban akkumulálódik, és a növények szelénfelvétele hosszabb időre (több év) terjedhet.

A 13.1. ábra a szelén geokémiai körforgását mutatja (GisselNielsen, 1977). Az ábra alapján is látható, hogy a Se az atmoszférában részben az ipari tevékenység következtében, részben a talajból eltávozó illékony szelénvegyületek pl. $(\text{CH}_3)_2\text{Se}$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Se}$, $(\text{CH}_3\text{C}_2\text{H}_5)\text{Se}$, $(\text{CH}_3)_2\text{Se}_2$ révén jut. A levegőből a talajra, illetve ezáltal a trofikus láncba száraz kiüledés (dry out) vagy nedves kihullás (rain out, wash out) során kerül. Jelentős mennyiségű szelén juthat a talajba a műtrágyázással és a szerves trágyázással is. A talajba jutó szelén (illetve szelénvegyületek) azután meglehetősen bonyolult fizikai, kémiai és mikrobiológiai interakciók (szorpció, deszorpció, oxidáció, redukció, alkileződés stb.) következtében a talaj mechanikai szerkezete, pH-ja, kémiai összetétele, szervesanyag-tartalma és egyéb tényezők függvényében részben megkötődik, részben pedig újra kezdve a ciklust kimosódás, illékony szelénvegyületek képződése és a növényzet szelénfelvétele következtében eltávozik a talajból. Az ábrán a szaggatott vonalak olyan reakciókat jelölnek, amelyek csak speciális körülmények között mennek végbe.

A talajból gáz alakjában és a kimosódással eltávozó szelén témakörével Ylänta (1982) foglalkozott. Sásos láptalajon a laboratóriumi kísérletben a talajhoz adott szelenit és szelenát 2,1 - 4,5 %-a gáz alakjában veszteségként távozott a talajból. A kimosódásos veszteségeket a

talajhoz 0,2 %-ban adott Na-szelennel, illetve Na-szelénáttal vizsgálták. A szelénitek 7 %-a, a szelénátnak 84 %-a mosódott ki a talajból 500 mm vízkapacitáson felül adott víz hatására. A vizsgálatok szerint a meszezés finom homok- és agyagtalajokban nem befolyásolta a kimosódás mértékét, a sásos láptalaj esetében azonban jelentősen csökkentette a kimosódásos veszteséget.

Watkinson és Hupkens (1980) Új-Zélandon folyóvizek Se-tartalmát vizsgálták a vízgyűjtő területen kb. 1 % Se-tartalmú szelénérccel végzett trágyázás után. A talajra kijuttatott Se-mennyiség 17 g/ha volt átlagosan, ennek kb. 1 %-a jutott be a folyókba. A több mint egy évig tartó vizsgálat eredményei szerint a folyók vizének szeléntartalma a kezelést kapott vízgyűjtő közelében és a kezeletlen területeken is 0,03 - 0,05 mg Se/l volt, kivéve a Se-trágyázás utáni 2 - 3 napot, amikor a kezelt területek közelében a víz szeléntartalma átlagosan 0,19 mg/l értékre nőtt.

13. 4. táblázat

Az esővíz szelénkoncentrációja Dániában 1967-1968-ban

Évszak	A lehullott csapadék mennyisége, mm	Szalén koncentráció az esővízben, $\mu\text{g}/\ell$	A talajra jutott számított Se-mennyisége, g/ha	
			intervallum	átlag
Nyár (jun.-aug.)	172	0.37 ± 0.05	0.28-1.10	0.64
Ősz (szept.-nov.)	296	0.11 ± 0.01	0.20-0.44	0.33
Tél (dec.-febr.)	172	0.22 ± 0.04	0.20-0.61	0.38
Tavaszi (márc.-máj.)	130	0.30 ± 0.06	0.13-0.72	0.39
Teljes évről számolva	770	0.23 ± 0.11	0.81-2.87	1.74

Norvégiában végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a talajok szeléntartalma a nyugati és a déli tengerparti övezetben a legnagyobb. A tengerparttól való távolsággal csökkent a talajok Se-tartalma, ami arra utal, hogy a Se (valamint az As és Sb) felhalmozódása a talajok humuszos rétegében a talajra hulló csapadékkal van szoros összefüggésben (Steinnes, 1980).

A 13.4. táblázat az esővíz Dániában mért szelénkoncentrációjáról tájékoztat (Gissel-Nielsen, 1978). Az adatok arra utalnak, hogy van összefüggés negatív korreláció a csapadék mennyisége és az esővíz Se-koncentrációja között. Ez úgy magyarázható, hogy minél nagyobb a csapadék hullás, annál jobban kimosódik a légtérben levő szelén. Abból adódóan viszont, hogy az 5 - 10 mm-t meghaladó csapadék esetében a felhő alatti légtér gyakorlatilag teljesen kimosódik, kitisztul (wash out), ezért a csapadékvíz Se-koncentrációjának kialakulásában lényegében nem is a csapadék tényleges mennyisége, hanem inkább a csapadék hullás gyakorisága a meghatározó.

13.2. A szelén a növénytermesztésben

13.2.1. A szelén növényélettani szerepe

A szelén valószínűleg a legtöbb növényfaj számára nem esszenciális elem, bár a növényi szövetekben is előforduló enzimek alkotórésze. Kis koncentrációban azonban a keresztesvirágúakra, a hüvelyesekre és a fészkesekre kedvező hatást gyakorol. A csüdfű (*Astragalus*) nemzetség fajai számára pedig minden bizonnyal létfontosságú, ugyanis e növények kifejezetten a nagy Se-tartalmú talajokat kedvelik.

A növények többségében a szelén transzlokációja a gyökérből a vegetatív, föld fölötti részekbe kismérvű. A különböző tesztnövényekkel végzett kísérletek azt mutatták, hogy a tápoldatban levő, ^{75}Se -izotóppal jelzett szelénátból a növény szerves formában veszi fel az elemet - a gyökerekben lokalizálódott szelén többsége az extrakciós vizsgálatok szerint szelénátnak bizonyult s ennek kis hányada a levelekbe is eljut (Pais, 1984). A növények fejlődése során a Se egy része mobilis marad, és a gyors növekedést mutató fiatal szövetekbe helyeződik át. A szelén- (illetve szelénát-) transzport a szulfáttal analóg módon játszódik le, és a levelekbe jutott szelén nagyobb része fehérjéhez kötődik. A szelén ugyanis a kéntartalmú aminosavakhoz hasonló vegyületeket alkot, és pl. a szeleno-metionin, a szeleno-cisztin, szeleno-cisztein jelenlétét igen sok növényben kimutatták (Petersen, Butler, 1962).

A növények tápoldatos rendszerből a szerves kötésben levő szelént könnyebben veszik fel, mint a szervesetlen szelénvegyületeket (Pais, 1980). Azonos koncentráció esetén ez utóbbiak a mérgezőbbek.

Bár a kis koncentrációjú szeléntartalmú tápoldatok növényekre kifejtett stimulatív hatásáról vannak kísérleti adatok, a növényekre gyakorolt toxikus hatás, amely a főlegesen levő Se miatt következik be és a növényeken növekedésgátlást, klorotikus tüneteket okoz, jobban ismert. A Se a csirában és a merisztémában koncentrálódik, ahol elérheti akár az 1500 mg/kg értéket is. Jelentősen feldúsulhat a magokban is. A Se-toxicitás oka teljesen ma sem tisztázott. Egyik feltételezés szerint a Se a növények kénanyagcseréjét zavarja meg, bár a Se nem képes helyettesíteni a ként annak valamennyi biofunkciójában.

A Se-akkumuláció, a nagy Se-koncentrációt jól tűrő növények és az érzékeny növények szelénrel szembeni reakciója közötti különbség oka sem ismert még minden vonatkozásban. Az tűnik elfogadható véleménynek, hogy a nem akkumuláló növények a szelént a fehérjéhez kötik, az akkumuláló növények pedig olyan, a fehérjébe nem beépülő aminosavakat képesek szintetizálni, amelyek a szelént megkötik, és ezzel elejét veszik a mérgezés kialakulásának.

Brown és Shrift (1982) vizsgálatai szerint a szelént akkumuláló növények nagyobb mennyiségű metil-szeleno-cisztein és szeleno-cisztionin, nem fehérje aminosavakat képesek szintetizálni, amelyeket a növényekből izolálni tudtak. A nem akkumuláló növényekben ilyen vegyületeket alig, vagy csak nyomokban találtak. Valószínűleg ezeknek a vegyületeknek van szerepük a Se-toxicitás gátlásában, megakadályozásában.

A Se növényélettani jelentőségének megítélésében a toxikus hatás játszik szerepet. Szelénfólság esetén pl. a gabonafélékben a leveleken fehér szegélyklorózis, a gyökérzetben pedig rózsaszín elszíneződés tapasztalható. Az egyes növények esetleges fokhagymaszaga is a nagy szelénkoncentrációra utal.

13.2.2. Különböző növények szeléntartalma és az erre ható tényezők

Ismeretes, hogy néhány növényfaj (a már említett *Astragalus* fajokon kívül pl. a *Conopsis*) fitotoxikus tünetek nélkül is képes igen jelentős mennyiségű szelén felvételére. A szárazanyag-tartalomra vonatkoztatott legnagyobb Se-koncentráció növényben 1,5 % volt, de erős klorózt mutató búzában is mértek 0,1 %-nyi szelént, ami nagyságrendekkel nagyobb a gabonafélékben általában mérhető szelénkoncentrációnál (Pais, 1984).

Hamdy és GisselNielsen (1976) a különböző talajjellemzők, valamint a szántóföldi talajok és a növények Se-koncentrációja közötti összefüggést vizsgálták Dániában, 28 különböző talaj és a rajta termesztett árpa analízisét végezve el (13.5. táblázat). Az adatfeldolgozás többszörös regresszióanalízissel néhány érdekes következtetésre vezetett, amelyek közül a lényegesebbek a következők:

13. 5. táblázat

Szántóföldi talajok Se-tartalma s egyéb mechanikai és kémiai talaj-jellemzők

A talaj jellemző paraméterei	
Összes Se-tartalom, mg/kg	0.34 ± 0.09
Vízoldható Se-tartalom, mg/kg	0.008 ± 0.002
Vízoldható Se aránya az összes Se-hez, %	2.4 ± 0.5
Durva homok,frakció szemcseméret > 0.2 mm, %	33.5 ± 15.3
Finom homok,frakció szemcseméret 0.2-0.02 mm, %	45.5 ± 12.0
0.02-0.002 mm szemcseméret közötti frakció, %	10.3 ± 4.4
Agyag frakció, szemcseméret, < 0.002 mm, %	6.9 ± 3.2
pH	6.4 ± 0.6
Szervesanyag tartalom, %	3.4 ± 1.4
Összes Fe-tartalom, %	0.75 ± 0.34
Ammónium-acetátban oldható Fe-tartalom, mg/kg	4.50 ± 1.60
A vizsgált talajokon termesztett árpa Se-tartalma, mg/kg	0.016 ± 0.005

1. A talaj összes szeléntartalma, valamint a talaj mechanikai és kémiai jellemzői között külön-külön nincs direkt összefüggés, a tényezők hatásukat együttesen fejtik ki. A tényezők közül a talaj szervesanyag- és vastartalma a leglényegesebb, mivel az összes variáció 54 %-át a két faktor képezi. Mindez azzal magyarázható, hogy a szelén valószínűleg főleg vastartalmú kolloidokhoz kötötten fordul elő a talajban. A talaj szervesanyag-tartalmának egyébként meghatározó szerepe van a talajban levő szelén megtartásában, ugyanis egyrészt jelentősen csökkenti a Se talajban való mozgását, másrészt megakadályozza a különböző illékony Se-vegyületek képződését.

2. A talajok szeléntartalma és agyagtartalma között nem volt összefüggés. Ez azonban nem jelenti azt, hogy az a felismerés, mely szerint a talaj agyagfrakciói jelentős szerepet játszanak a Se szorpciójában, s ezáltal döntően befolyásolják a növényzet által felvehető Se mennyiségét, hibás. Inkább arról van szó, hogy valamennyi vizsgált talaj agyagásvány-tartalma meglehetősen kis érték volt, és ezért az agyagtartalom szerepét a többi módosító tényező hatása elfedte.

3. A termesztett árpa szeléntartalma és a talaj szelénkoncentrációja között sem az összes, sem a vízoldható szeléntartalmat tekintve nem volt szignifikáns korreláció. Ez az eredmény

bármennyire is meglepőnek tűnik összhangban volt a várakozással. A vizsgált talajok ugyanis mind az összes szeléntartalom, mind a vízdoldható szeléntartalom szempontjából viszonylag homogének voltak, azaz a szelénkoncentráció intervalluma meglehetősen szűk volt. Mivel a különböző talajok szeléntartalma között nem volt nagyságrendnyi különbség, a növények tápanyagfelvételét befolyásoló más tényezők is érvényre juthattak. Ilyen tényező pl. az, hogy a Se milyen kémiai formában fordul elő a kérdéses talajban. További módosító faktor lehet az egyes talajkomponensek közötti abszorpció-deszorpció egyensúly is.

4. Abból adódóan, hogy szántóföldi növények és talajok vizsgálatáról van szó, a talaj-növény rendszer szeléntartalmával kapcsolatos esetleges korreláció elemzésekor azt sem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a növények tápanyagokat a mintázott talajrétegeken kívül, olyan mélyebben fekvő rétegekből is felvehetnek, amelyek fizikakémiai jellemzői jelentősen eltérhetnek a felszíni rétegektől.

Az elmondottak tehát azt bizonyítják, hogy önmagában sem a talaj összes szeléntartalma, sem a vízdoldható szeléntartalom nem tekinthető egyrételmű és kizárólagos paraméternek az adott talajon termesztett növények szelénfelvételét illetően. Mindez persze nem jelenti azt, hogy pl. kevés vízdoldható szelént tartalmazó talajon is előfordulhat a növényekben toxicitás, vagy hogy a sok vízdoldható szelént tartalmazó talaj esetében attól kellene tartani, hogy a termesztett takarmánynövények Se-koncentrációja nem fogja kielégíteni a takarmányozás során támasztott igényt.

13. 6. táblázat

Dániai gabonafélék szelénkoncentrációja 1973-ban

Termesztett növény	Vizsgált minták száma	Szelénkoncentráció, ppb	
		intervallum	átlag
Őszi búza	40	7- 87	21
Tavaszi búza	41	4- 67	20
Rozs	25	6- 72	16
Zab	44	3- 54	16
Árpa	178	2-110	18

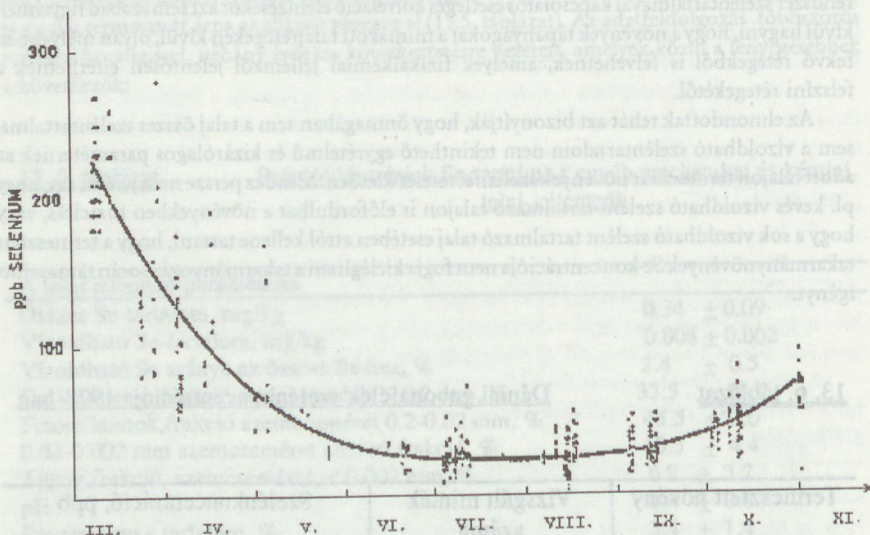
13. 7. táblázat

A gabonafélék átlagos szelénkoncentrációja Dániában 1973-ban a talaj típusának függvényében

Talajtípus	Árpa		Búza		Zab	
	minta-szám	ppb Se	minta-szám	ppb Se	minta-szám	ppb Se
Agyag	73	27	51	23	21	18
Homokos agyag	18	24	5	21	4	14
Homok	60	12	11	13	19	14

A növények kis szeléntartalma csak állat- és humánélettani szempontból okozhat problémát. Mint említettük, ez a gond jelentkezik pl. a skandináv országokban, ahol a talajok Se-koncentrációja nagyon kicsi. A 13.6. és a 13.7. táblázat dániai gabonafélék Se-tartalmát mutatják, a 13.2. ábra pedig a rét-legelő növényzetének Se-koncentrációját vázolja 1973-ban végzett mérések alapján (GisselNielsen, 1975).

13.2. ábra. A rét-legelő növényzetének Se-koncentrációja



A 13.7. táblázat adatai szerint az agyagtalajon termesztett céreáliák Se-tartalma meghaladja a homoktalajon termesztettét. A 13.2. ábra pedig azt bizonyítja, hogy a fű szeléntartalma igen jelentősen változik az év során. Kora tavasszal takarmányozási szempontból is kielégítő, viszonylag nagy a Se-tartalom (200 mg/kg), de az intenzív növekedés során a nyár közepén már igen alacsony szintre (20-30 mg/kg) csökken. Nyár végétől ismét nő a Se-tartalom. Hasonló tendencia volt megfigyelhető egyébként más mikroelemek (Fe, Zn) esetében is.

Finnországban Sippola (1979) vizsgálta 250 rétikomócsin-minta Se-tartalmát, amely 1,3 - 54,4 mg/kg szárazanyag értékek között változott, az átlagértékre 7 mg/kg szá. adódott. Japán kutatók adatai szerint az olasz perje Se-tartalma 6 - 174, a vörös heré 27 - 46, a kölesé 5 - 10 mg/kg volt szárazanyagra számolva.

Fehér babbal végzett kísérletekben Wallace és mtsai (1980) megállapították, hogy a 10^{-4} mol/l Na_2SeO_3 koncentráció közepesen, a 10^{-3} mol/l pedig már erősen toxikus hatású volt a növényekre. Ez utóbbi koncentrációnál a levelek átlagosan 901, a szár 1058, míg a gyökerek 1842 mg/kg Se-t tartalmaztak szárazanyagra számítva.

1970 és 1978 között végzett tenyészedényes és szabadföldi tartamkísérletekben a perje, takarmánykáposzta, takarmányrépa, silókukorica, olasz perje, csenkesz szeléntartalma 20 - 100 mg/kg között változott. A talaj pH-ját 5,2-ről 6,5-re növelve az olasz perje Se-tartalma szignifikánsan növekedett. A foszfortrágyázás csak a foszfortartalmat növelte, a szelénét nem,

és az ammónium-nitrát sem volt hatással a Se-tartalomra. Az ammónium-szulfát csökkentette, a kalcium-nitrát viszont növelte a növények Se-tartalmát.

A talaj 6,5 kg/ha nátrium-szelenittel való Se-trágyázása és a 70 g/ha dózissal végzett levetrágyázás jelentősen növelte a füvek Se-tartalmát. E módszer mezőgazdasági használhatóságát azonban megkérdőjelezi meglehetősen drága volta.

Korkman (1980) Se-levetrágyázási kísérleteket végzett 0,01, 0,05 és 0,1 % nátrium-szelenitet tartalmazó oldatokkal árpa, tavaszi búza és burgonya tesztnövényekkel. Az árpa- és búzaszemek szeléntartalma a növekvő Se-dózisok hatására átlagosan 50, 400, 900 mg/kg szá. értékre nőtt. A burgonyagumó kezelés nélkül nagyon kevés szelént tartalmazott, és a szelénkoncentráció 0,05 %-os oldat hatására is csupán átlagosan 100 mg/kg-ra nőtt.

A talaj meszezésével jelentősen növelhető a növények szelénfelvétele. A szelént tartalmazó trágyákból azonban a mérések szerint csupán 0,07 - 1,1 % került be a növényekbe.

Már említettük, hogy Quinche (1983) svájci talajmintákban 0,11 - 0,45 mg/kg értékek közötti Se-tartalmat talált. Ugyanezen talajokról begyűjtött 653 champion gomba mintában szárazanyagra számítva a szeléntartalom 0,035 - 43,0 mg/kg értékek között változott, az átlagérték 2,43 mg/kg volt.

Gupta (1984) tenyészedény-kísérletekben azt vizsgálta, hogy a tőzegtalajhoz adagolt különböző mikroelemek milyen hatással vannak a sárgarépa terméshozamára, és az adott mikroelem koncentrációja milyen mértékben változik a talajhoz adott mikroelem-kiegészítés függvényében. A szelénre vonatkozó adatok a 13.8. táblázatban láthatók.

13. 8. táblázat

Szelénadagolás (Na_2SeO_3) hatása a sárgarépa terméshozamára és szelénkoncentrációjára

Szelénadagolás, ppm Se	Terméshozam, g/tenyészedény		Se-koncentráció, ppm	
	Föld alatti rész	Föld feletti rész	Föld alatti rész	Föld feletti rész
0	758	28.4	0.006	0.030
0.5	765	29.2	0.055	0.179
2.5	745	26.6	0.223	0.684

MacNicol és Beckett (1985) összeállítása szerint a növények termése szelénfőlség esetén csökken. Ennek mértéke azonban növényenként nagyon eltérő lehet. Bab és árpa növény leveleiben pl. 25 mg/kg, illetve 30 mg/kg szeléntartalom okoz 10 %-os csökkenést a terméshozamban. Borsónál és mustárnál a föld fölötti részeket tekintve 3 mg/kg szelénkoncentráció, lucernánál 25 - 30 mg/kg okoz 10 %-os terméscsökkenést.

13.2.3. A növények szelénellátottságának optimalizálása

Gupta (1984) közlése szerint Kanadában főleg az Atlanti-óceán körzetében viszonylag nagy területre jellemző, hogy a tőzeges talaj számos mikroelemben (pl. Mo, Cu, B, Se) hiányos. A szelén hiánya igen nagymérvű, és a mezőgazdasági hasznosítású ásványi talajokon is igen gyakran előfordul. A szelénhiányos talajokon termesztett gabonafélék és takarmánynövények Se-koncentrációja átlagosan csupán 0,01 - 0,02 mg/kg szárazanyag, és ez erősen elmarad a takarmányozás által megkívánt optimumtól.

13. 9. táblázat

Szántóföldi kísérletek eredményei Kanadában 0.1 és 0.2 kg/ha Se-adagolással

Szeléndó- zis, kg/ha	Lucerna		Árpa	
	Termésho- zam, kg/ha	Se- koncen- tráció, mg/kg sza.	Termésho- m, kg/ha	Se-koncentrá- ció, mg/kg sza.
kontroll	3 660	0.030	2 909	0.017
0.1	3 690	0.167	2 934	0.081
0.2	3 705	0.510	2 950	0.139

0,1-0,2 kg/ha szelén (Na_2SeO_3 formában) már jelentősen növeli a növények szeléntartalmát anélkül, hogy káros hatással lenne a terméshozamra. Ezt bizonyítják a 13.9. táblázat adatai (Gupta, 1984). A 13.10. táblázat azonban arról tájékoztat, hogy a 2 és 4 kg/ha szelénadag már szignifikánsan csökkenti a terméshozamot, és jelentős mérvű szelénfeldúsuláshoz vezet a növényekben. GisselNielsen (1974) megállapítása szerint egyébként 70 - 120 g Se/ha, szelenit formájában való kiegészítés a nagyon kis szeléntartalmú talajokon is elegendő.

13. 10. táblázat

Szántóföldi kísérletek eredményei Kanadában 2 és 4 kg/ha Se-adagolással

Szeléndózis, kg/ha	Lucerna		Árpa	
	Termésho- zam, kg/ha	Se-koncen- tráció, mg/kg sza.	Termésho- zam, kg/ha	Se-koncen- tráció, mg/kg sza.
kontroll	4 664	0.120	2 652	0.061
2	3 260	49.700	2 338	6.100
4	2 928	81.800	1 892	8.450

A 2 és 4 kg/ha szelénadagolás fitotoxikus hatású. Itt említjük meg, hogy a hazai előírás a 9003/1983. sz. MÉM-EÜM-OVH rendelet szerint a mezőgazdasági hasznosítású földterületek talajainak megengedhető maximális határkoncentrációja szelénre 10 mg/kg.

A 13.10. táblázat adataival kapcsolatban annyit még el kell mondani, hogy Gupta (1984) közlése szerint a nagy adagú szeléntrágyázást követő évben már nem jelentkeztek a terméshozamot csökkentő hatások, és a takarmánynövényekben mérhető szelénkoncentráció is bőven az állatok számára toxikus szint alá csökkent. A kísérletet követő évben (1982-ben) pl. már csak 0,1 - 0,2 mg/kg volt a növények szeléntartalma a 2 kg Se/ha adaggal kezelt területen, a 4 kg Se/ha dózisu kezelés pedig 0,2 - 0,5 mg/kg szelénkoncentrációt eredményezett.

Hazánkban ma még nincsenek kidolgozott eljárások a növények szeléntartalmának optimalizálására, de úgy véljük ezzel a kérdéssel a közeljövőben jelentőségének megfelelően foglalkozni kell.

13.3. A szelén az állati termékek előállításában

13.3.1. A szelén szerepe az állatok anyagcseréjében

A szelén létfontosságát Schwarz és Foltz (1957) állapították meg. A szelén volt az a régóta keresett 3-as faktor, amely a torulaélesztő által okozott májnekrozis ellenszere és pl. a sörélesztőben fordul elő. Ugyanebben az évben Scott (1957) mutatta ki, hogy a csirkék exszudatív diatézise amely E-vitamin hiányakor lép fel is gyógyítható szelénadagolással. Szelénkiegészítéssel a világ számos helyén növekedett az állati termelés. A baromfi exszudatív diatézise Se-, illetve E-vitamin-hiányos állományokban jelentkezik nyaki és melltáji ödéma formájában (Hennig, 1972; Partschefeld, 1974; Oehme, 1978; Anke, Grün, 1982; Vrzgula és mtsai, 1985). Az ödéma a kapillárisok rendellenesen megnőtt permeabilitása révén keletkezik 3 - 6 hetes kor közti időszakban, fellépésére < 0,06 mg/kg szeléntartalmú takarmány etetésekor lehet számítani. A csirkék diatézise a bőr alatti vézsről ismerhető fel. Takarmány-szárazanyagra vonatkoztatva 0,2 mg/kg szelénkiegészítéssel a kór megszűnik, a növekedési depresszióval és a nagyfokú elhullási aránnyal együtt. Az E-vitamin és antioxidánsok a csökkent növekedésre és a mortalitásra hatástalanok.

A takarmányozás okozta izomdisztrófia vagy fehérizom-betegség (white muscle disease) a csontizomzat degeneratív megbetegedése, amely szelénhiány esetén minden haszonállatfajnál felléphet, de elsősorban borjaknál, malacoknál és bárányoknál jelentkezik spontán módon, anélkül, hogy a teljes állomány megbetegedne benne. A fehérizom-betegséget mutató szarvasmarhák vérének szeléntartalma legfeljebb 15 mg/l, az egészséges állatokon mérhető legalább 30 mg/l értékkel szemben (Pais, 1984). A betegséget a túltárolt tejptótlók (kevés E-vitamin, avas zsír) etetése elősegítheti. Szelénadagolással az izomfajulás jól gyógyítható. A szelénhiány okozta növekedési zavarok 0,02-0,03 mg/kg körüli szelénellátáskor lépnek fel, ami a gypjútermelési és szaporasági mutatókat hátrányosan befolyásolja (vetélési arány növekszik). A szelénnek az anyagcserében betöltött szerepét a 13.11. táblázat mutatja. A szelén biológiai fontosságát bizonyítja, hogy az utóbbi években több szeléntartalmú, illetve szelén által aktivált enzimet (pl. glutation-peroxidáz, nikotinsav-hidroláz, glicin-reduktáz) sikerült azonosítani, és az a tény, hogy a Se aminosavakba is beépül. Hiányával egyébként lényegesen gyakrabban

találkozunk, mint a szelén által okozott mérgezésekkel. Szelénhiány esetében a glutationperoxidáz enzim szerepét a glutation-kén-transzferáz veszi át.

13.11. táblázat

A szelén szerepe az anyagcserében

Létfenntartása:	SCHWARTZ és FOLTZ (1957)
Biológiai jelentősége:	Glutationperoxidáz enzim alkotóeleme. Izomképződéshez nélkülözhetetlen, csökkenti a májnekrozist.
Abszorpció:	Gyors és nagymértékű, a legnagyobb a Se-tartalmú aminosavaké.
Kiürülés:	bélsár, vizelet, légzés, tej, tojás.
Antagonizmus:	S, As, Ag, az avas zsír fogyasztása is növeli a szelén szükségletet.
Szinergizmus:	E-vitamin
Minimum szükséglet:	Kérődzők, egygyomrúak: 0.15 mg /kg tak. szá.; baromfik (tojók is): 0.2 mg /kg szá.
Hiánytünetek:	Csökkent fejlődés, szaporodási zavarok, izomdisztrófia, májfelfajulás, exsudatív diathézis, agyvelőgyulladás.
Indikátorszervek:	Vérszérum, tej, máj, szőr.
Hiányterületek:	Iparmentes vidékek, savanyú talajok.
Mérgezés területek:	Közép-Európában ismeretlenek.

Haszonállatoknál a szelén hiánya általában akkor jelentkezik, ha a takarmány szárazanyagra számítva 0,1 mg/kg szelénnel kevesebbet tartalmaz. > 1 mg/kg szelénkoncentráció azonban már toxikus hatású, ez az ún. szelenózis (szőr- és tollhullás, fogkárosodás).

A szelénabszorpció helye elsősorban a duodénium (35 - 100%), és aránya a fehérjeellátással van összefüggésben. Gazdag fehérjeellátás esetén a szelénabszorpció növekszik, fehérjehiány esetén pedig csökken. A kérődzőkben a Se egy része mikrobiálisan alakul át szelén-cisztinné és szelén-metioninná, és az állatok ilyen formában abszorbeálják. Az egygyomrúakban ugyancsak szeléntartalmú aminosavak képződnek a vakbélben. A takarmánnyal felvett szelén nagy része a vizelettel, kisebb hányada a bélsárral ürül ki, illetve a tejbe kerül, bár kérődzők esetén az ürülékkel távozó mennyiség meghaladhatja a vizelettel ürítettet. Az abszorbeált Se egy része dimetil-szelenid formájában a légzés folyamán távozik a szervezetből; ez pl. a patkánynál 40 %-ot is elérhet.

A bélsárral ürülő szelénhányad As-adagoláskor növekszik, a vizeletben távozó hányad azonban változatlan marad, de kénkiegészítéskor a vizelettel ürülő hányad növekszik. Arzén hatására a felszívódás kisebb lesz, és jelentősen csökken pl. a tojás szeléntartalma is. Az arzén antagonistá hatását a szelenózis gyógyítására, illetve elkerülésére is hasznosítani lehet. Antagonista elem a kén is, szelenátos mérgezés esetén nátrium-szulfáttal a szelén nagy részét a vizelettel el lehet távolítani (Pais, 1980).

13.12. táblázat

A különböző szervek Se-tartalmának alakulása ($\mu\text{g/kg}$ eredeti anyagban) az anyajuhoknál és az embrióknál (HIDIROGLOU és mtsai. 1970)

Szervek	Anyák		Embriók	
	Kezeletlen	Kezelt	Kezeletlen	Kezelt
Máj	140	360	119	174
Izomszövet	41	50	27	36
Szív	55	120	52	101
Tüdő	95	229	76	78
Vese	480	650	171	214
Placenta	67	145	-	-

Kezeletlen anyák: 0.1 mg Se/kg tak. sza.

Kezelt anyák: 6 mg Se intramuszkulárisan 10 nappal a vágás előtt, egyszeri alka-lommal.

A szervetlen Se beépülése az embrióba kisebb mértékű, mint a Se-metioniné vagy a Se-cisztiné, ahogy ez a 13.12. táblázat adataiból is kitűnik (Hidiroglou és mtsai, 1970). A szelénhiányos anyajuhok 10 nappal a vágás előtt 6 mg szelént kaptak intramuszkulárisan. A kezelés hatására az anyák és embriók szerveinek szeléntartalma növekedett, az embriókban azonban a növekedés kisebb mértékű volt, ami arra utal, hogy a placenta bizonyos fokig gátolja a szelén beépülését az embriókba.

A szelén feltehetően a szövetek és membránok peroxidációs folyamatai ellen véd, hiánya esetén egyes enzimek (pl. aril-szulfatáz, béta-glükorunidáz) aktivitása megnövekszik. Az állatok izomdisztrofiája esetén a testszövetek és a vér Se-tartalma nagyon kicsi, és igen nagy a szérumban a glutamát-oxálacetát-transzamináz és a tejsav-dehidrogenáz enzimek aktivitása. A légzési folyamatban a szelénnek a hidrogénszállításban (NADNADH_2 átalakulás) van szerepe, a csirkékben pl. szelénhiány esetén az E-vitamin felszívódása és a zsírtétekcsökkenés csökken (Anke, Risch, 1979).

Ismertes, hogy a szelénanyagcsere és az E-vitamin metabolizmusa között összefüggés van, de kölcsönhatásuk az intermediér anyagcserében még messze nem ismert. A Se- és az E-vitamin hiányával összefüggő hiánybetegségek három csoportba oszthatók:

1. Betegségek, amelyek E-vitaminnal igen, de szelénrel nem gyógyíthatók (pl. a baromfi encefalomaláciája);

2. Olyan hiánybetegségek, amelyek E-vitaminnal és szelénrel is megelőzhető, illetve gyógyíthatók. Ide számít a borjak és a bárányok fehérhusúsága, a csirkék exsudatív diatéze és a sertés májnekrozisa;

3. Elváltozások és megbetegedések, amelyek csak szelénkiegészítéssel szüntethetők meg (testtömegcsökkenés, reprodukciós zavarok).

Egyes szerzők szerint a sertések lábbetegsége is gyógyítható szelénadagolással (Berschneider, 1972), mások azonban vitatják ezt (Roth, Kirchgessner, 1975; Partschfeld, 1978). Ez az ellentmondás is utal arra, hogy a szelén hatásmechanizmusa még nem teljesen ismert.

13.3.2. A takarmányok szeléntartalma és az ezt befolyásoló tényezők

A növények szelénfelvételét elsősorban nem a talaj összes szeléntartalma határozza meg, ugyanis az alkalikus talajokon a Se jelentős része vízoldható formában van jelen, amit a növény könnyen fel tud venni, a savanyú talajokban azonban a tárolt Se olyan kötésben fordul elő (Se-Fe kötések), amelyekből a növények számára felvehetetlen. Az előző esetben akár (blind staggers, kerge kór) és krónikus (alkali disease, alkali betegség) szelénmérgezések fordulnak elő, az utóbbi esetben pedig gyakori a borjak és bárányok szelénhiánya, izomdisztrófiája.

Szelénben szegény általában a legelőfű, valamivel gazdagabbak a gabonafélék. Sok szelént tárolnak egyes évelő növények, hüvelyesek és keresztesvirágúak. Ezek olyan nagy mennyiségben is tartalmazhatják, hogy szagukról (fokhagymára emlékeztető szag) messziről felismerhetők. A szeléntartalom a termőhely geológiai származásától, a talaj kémhatásától, az esetleges ipari szennyeződéstől, valamint a növény fejlődési állapotától függően jelentősen eltérő lehet. Az egyes takarmánynövények átlagosnak vehető szeléntartalmát a 13.13. táblázatban foglaltuk össze.

13. 13. táblázat

Egyes takarmánynövények átlagos szeléntartalma a termőhelyi adottságoktól függően (mg/kg szárazanyag)

Gabonafélék, Kapásnövények		Zöldtakarmányok	Szelénben	
			szegény talajon	gazdag talajon
Zab	0.15	Vöröshere	< 0.12	> 0.19
Árpa	0.15	Legelőfű	< 0.15	> 0.21
Búza	0.18	Kukoricánövény	< 0.10	> 0.14
Takarmányrépa	0.16	Répafej	< 0.15	> 0.21
Burgonya	0.08			

Már említettük, hogy Anke és mtsai (1983) vizsgálati adatai szerint a lősztalajok növényállománya szignifikánsan több szelént tartalmaz, mint az egyéb talajoké. Helyenként, pl. Csehszlovákiában, Sumava területén a kristályos pala málladéktalajon termelt takarmánynövények szelénben nagyon szegények, ami a legeltetett növendékkállatokban gyakran fehérizombetegséget, izomdisztrófiát okoz.

Drechsel (1977), valamint Anke és mtsai (1979) azt vizsgálták, hogy az ipari szennyeződés okoz-e szelénfeldúsulást az élelmiszer- és takarmánynövényekben. Eredményeik szerint nem volt jelentős különbség; az élelmiszernövényekben átlagban 11 %-kal, a kapás- és zöldtakarmányokban 20 %-kal találtak több szelént a szennyezésnek kitett területeken (13.14. táblázat). Nagyobb volt viszont a különbség a folyó- és az ivóvíz esetében.

Dániai adatok szerint a helyi takarmányok szeléntartalma különböző: a gabonafélék és a fű szeléntartalma nagyon kicsi, és általában nem éri el a 0,05 mg/kg szá. értéket (Gissel-Nielsen, 1974), az importból származó szójaliszt Se tartalma a takarmányozás szempontjából megfelelő, a halliszté pedig általában igen nagy, > 1 mg/kg.

13. 14. táblázat

Élelmiszer- és takarmány növények Se-tartalma normál és ipari szennyeződésnek kitett területeken (mg/kg sz.a.)

Növények	Normál		Szennyezett		%
	területek				
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
Alma	0.08	0.03	0.08	0.02	100
Paradisom	0.10	0.01	0.09	0.02	90
Zöldbab	0.10	0.04	0.12	0.03	120
Sárgarépa	0.09	0.02	0.09	0.03	100
Karalábé	0.09	0.02	0.09	0.04	113
Hagyma	0.09	0.03	0.12	0.03	133
Burgonya	0.07	0.02	0.08	0.02	114
Takarmányrépa	0.14	0.06	0.18	0.05	129
Répafej	0.15	0.04	0.18	0.04	120
Vöröshere	0.19	0.07	0.15	0.05	79
Kukorica növény	0.10	0.04	0.14	0.05	140
Legelőfű	0.15	0.04	0.21	0.06	140
Zab	0.14	0.04	0.15	0.04	107
Árpa	0.14	0.02	0.15	0.07	107
Búza	0.14	0.03	0.21	0.09	150
Folyóvíz $\mu\text{g/l}$	0.65	0.25	1.50	0.27	231
Ivóvíz $\mu\text{g/l}$	0.22	0.03	0.87	0.92	395

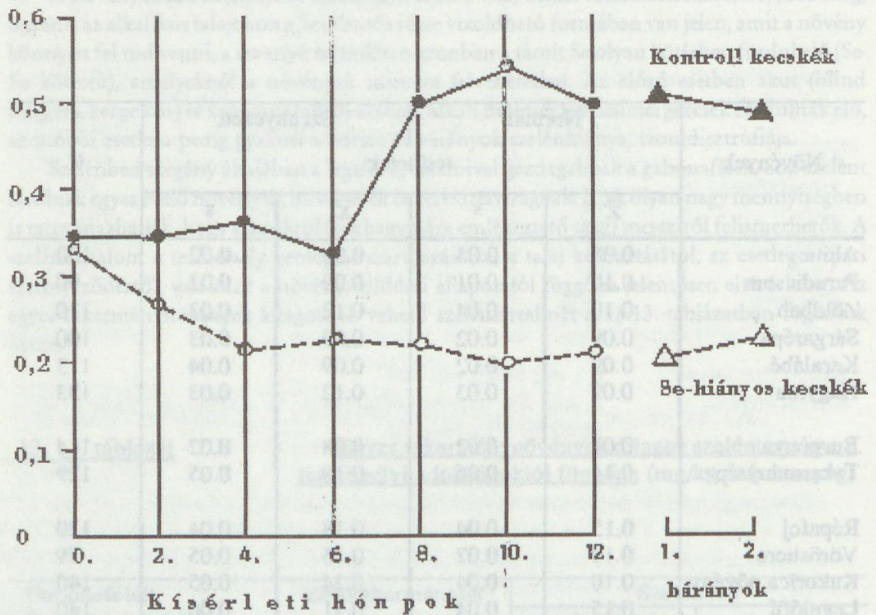
13.3.3. Szelenellátottság és az állatok termelése

A szelenellátottság teszteléséhez lényegében minden szerv a tejet és a vérszérumot is beleértve alkalmas. A szőr nagyon gyorsan reagál a szelenhiányra (13.3. ábra), 4 hónapos kísérleti időtartam után a kontroll és a szelenhiányos juhok fedőszőrének Se-értékei szignifikáns eltérést mutattak. A szőr a hiányos ellátás következtében elért egy minimumszintet, és a továbbiakban külső hatásokra (évszak, hőmérséklet, vemhesség stb.) gyakorlatilag nem változott. A szelenellátást legjobban a tej tükrözi, ezt követi a vérszérum, majd a máj (13.15. táblázat).

A kísérleti adatok szerint a szelenhiány következtében a kecskék fejlődése lelassult, sokkal nagyobb mértékben (30 - 35 %), mint amit a takarmányfelvétel csökkenése indokolhat (amely 17 %-kal maradt el a kontroll állatokétól) (13.4. ábra). A született gidák testtömege nem tért el lényegesen egymástól a két csoportban, s a tömeggyarapodásukban is mintegy 50 - 60 napig volt különbség (13.5. ábra), később azonban szignifikáns eltérés jelentkezett. Az ok feltehetően az

13.3 ábra A fehér fedőszőr Se-tartalma a kontroll 0,26 mg Se/kg takarmány

ppm Se (fedőszőr)



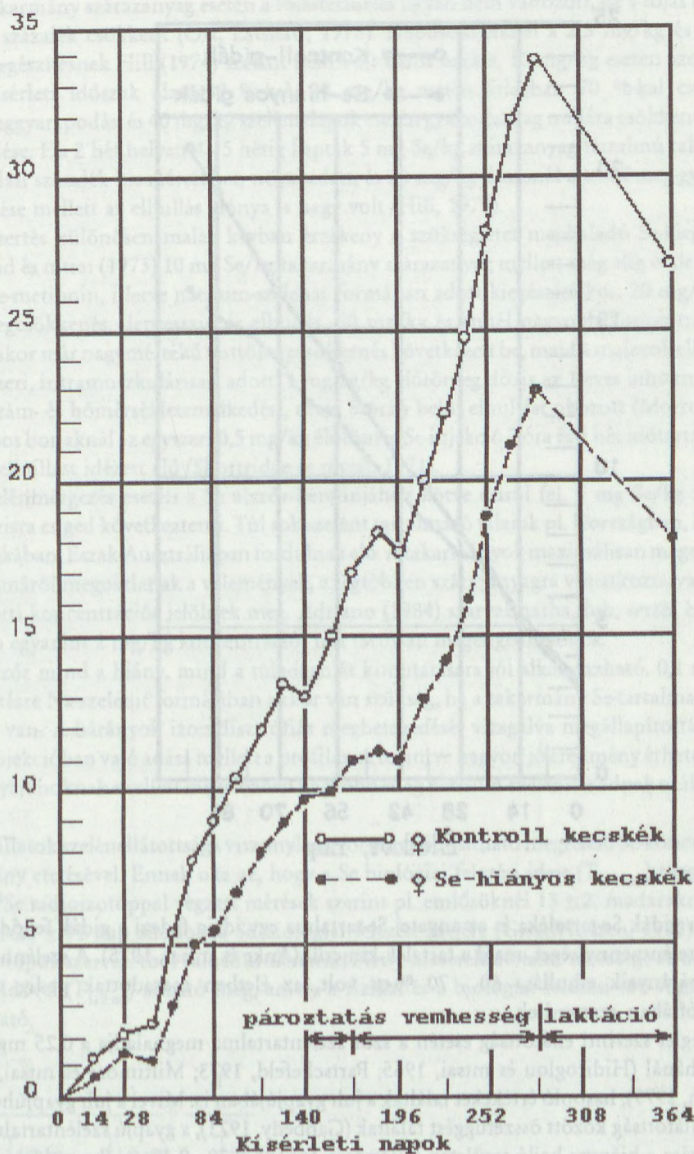
13.15. táblázat

Egyes szervek Se-tartalmának alakulása a kontroll- és a szelénhiányos kecskéknél (mg/kg szá.) (ANKE, RISCH 1979)

Szervek	Kontroll		Se-hiányos		P	%
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
Tej	0.33	0.04	0.05	0.02	0.001	15
Vérszérum mg/l	0.07	0.01	0.02	0.01	0.001	29
Máj	1.50	0.28	0.56	0.25	0.001	37
Pankreász	0.78	0.23	0.30	0.15	0.001	38
Szívizom	1.20	0.22	0.47	0.17	0.001	39
Izomszövet	0.62	0.25	0.24	0.08	0.001	39
Fedőszőr	0.47	0.06	0.20	0.05	0.001	40
Vese	3.75	1.05	2.42	0.97	0.001	45

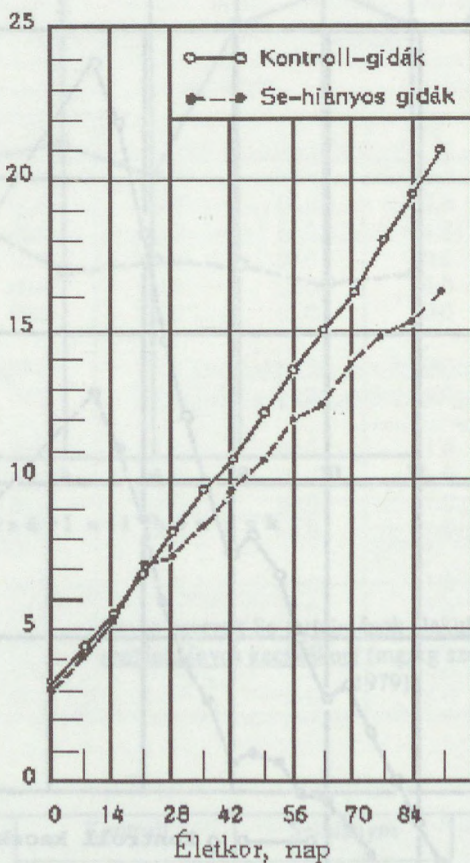
13.4. ábra. A szelénhiányos és kontroll kecskék
testtömegének alakulása

Testtömeg gyarapodás (kg)



13.5. ábra. A szelénhiányos és kontroll gidák
testtömeg gyarapodása

Testtömeg, kg



volt, hogy a gidák Se-tartaléka és az anyatej Se-tartalma egy ideig fedezi a gidák fejlődéséhez szükséges szelénmennyiséget, majd a tartalék kimerül (Anke és mtsai, 1975). A szelénhiányos anyák és bárányaik elhullása 60 - 70 %-os volt, az életben maradtak pedig tipikus izomdisztrófiában szenvedtek.

Szükséglet szerinti ellátottság esetén a szőr szeléntartalma meghaladja a 0,25 mg/kg-ot szarvasmarhánál (Hidioglou és mtsai, 1965; Partschefeld, 1973; Miltimore és mtsai, 1973; Anke, Risch, 1979), hasonló értékeket találtak a juh gyapjújában is. Mivel a juh gyapjúhozama és a szelénellátottság között összefüggést találtak (Gabbedy, 1971), a gyapjú szeléntartalmának meghatározása a hiányra hajló területen különösen fontos. 0,20 - 0,35 mg/kg szeléntartalmú

takarmány etetésekor a sertés sörtéjének kb. 0,5 - 0,6 mg/kg a szeléntartalma, és ez a koncentráció 0,5 mg Se/kg takarmány kiegészítésekor Wiesner és mtsai (1975) adatai szerint mintegy 30 %-kal, a vérszérum szeléntartalma pedig közel 40 %-kal növekedett. Feltételezhető, hogy a 0,4 mg Se/kg a sörtében az ellátottságot jelző szint.

A tojás szeléntartalma a fiziológiai szükséglet szerinti ellátáskor kb. 0,3 mg/kg (Latshaw, 1975), ez a Se-koncentráció azonban nagyobb Se-adagok etetésekor tetemesen megnőhet. 7 mg Se/kg takarmány szárazanyag esetén a tojástermelés ugyan nem változott, de a tojás tömege és a kelési százalék csökkent (Ort, Latshaw, 1978). Napocsírkéknél a 2,5 mg/kg és 5 mg/kg szelénkiegészítésnek Hill (1974) szerint nem volt káros hatása, 10 mg/kg esetén azonban a 2 hetes kísérleti időszak alatt 30 %-kal, 20 mg/kg esetén átlagban 70 %-kal csökkent a testtömeggyarapodás, és 40 mg/kg szelénadagok esetén gyakorlatilag nullára csökkent a csírkék növekedése. Ha 2 hét helyett 4 - 5 hétig kaptak 5 mg Se/kg szárazanyag tartalmú takarmányt, az elhullási százalék kis mértékben növekedett, és 20 mg/kg dózisonál a testtömeg-gyarapodás csökkenése mellett az elhullás aránya is nagy volt (Hill, 1979).

A sertés különösen malac korban érzékeny a szükségletet meghaladó Se-kiegészítésre. Herigstad és mtsai (1973) 10 mg Se/kg takarmány szárazanyag mellett még alig észleltek káros hatást Se-metionin, illetve nátrium-szelenát formában adott kiegészítéskor. 20 mg/kg esetén testtömegcsökkenés, depresszió és elhullás, 60 mg/kg és ennél nagyobb koncentrációjú Se-adagoláskor már nagymértékű testtömegcsökkenés következett be, majd a malacok elhullottak. Az egyseri, intramuszkulárisan adott, 1 mg Se/kg élőtmeg dózis az 1 éves juhoknál ataxiát, pulzusszám- és hőmérsékletemelkedést, majd 8 órán belül elhullást okozott (Morrow, 1968). 6 hónapos borjaknál az egyszeri 0,5 mg/kg élőtmeg Se-injekció 2 óra és 5 hét időtartam között 67%-os elhullást idézett elő (Shortridge és mtsai, 1971).

Szelénmérgezés esetén a Se a szőr keratinjához kötve dúsul fel, 5 mg Se/kg a szőrben szelenózisra enged következtetni. Túl sok szelént tartalmazó talajok pl. Írorszában, Izraelben, Dél-Afrikában, Észak-Ausztráliában fordulnak elő. A takarmányok maximálisan megengedhető Se-tartalmáról megoszlanak a vélemények, a legtöbben szárazanyagra vonatkoztatva 1 - 5 mg/kg közötti koncentrációt jelölnek meg. Adriano (1984) szarvasmarha, juh, sertés és baromfi esetében egyaránt 2 mg/kg koncentrációt tart tartósan megengedhetőnek.

A szőr mind a hiány, mind a túladagolás kimutatására jól alkalmazható. 0,1 mg/kg Se-kiegészítésre Na-szelenit formájában akkor van szükség, ha a takarmány Se-tartalma 0,08 mg/kg alatt van. A bárányok izomdisztrófiás megbetegedését vizsgálva megállapították, hogy a szelén injekcióban való adása mellett a profilaxist tekintve nagyon jó eredmény érhető el akkor, ha az anyajuhoknak az ellést megelőzően nagyobb adag nátrium-szelenitet adnak orálisan (Pais, 1984).

Az állatok szelénellátottsága viszonylag gyorsan módosítható megfelelő Se-koncentrációjú takarmány etetésével. Ennek oka az, hogy a Se biológiai felezési ideje ($T_{1/2 \text{ biol}}$) meglehetősen rövid. ^{75}Se radioizotóppal végzett mérések szerint pl. emlősöknél 13 ± 2 , madaraknál 10 ± 2 , halaknál 21 ± 11 nap adódott a Se biológiai felezési idejére (GisselNielsen, 1973). Az egyes radioizotópok szervezetből való kiürülésének, illetve kicserélődésének sebessége az un. effektív felezési idővel ($T_{1/2 \text{ eff}}$) adható meg, amely a fizikai és a biológiai felezési idő függvényében számítható:

$$\frac{1}{T_{1/2 \text{ eff}}} = \frac{1}{T_{1/2 \text{ biol}}} + \frac{1}{T_{1/2 \text{ fiz}}}$$

Már felhívtuk a figyelmet arra, hogy több területen, így pl. a skandináv országokban igen jelentős mérvű lehet a szelénhiány. A rossz Se-ellátottságot felismerve pl. a Svéd Nemzeti Agrárkereskedelmi Igazgatóság 1980-tól engedélyezte, hogy az állati takarmányokhoz kg-onként 0,1 mg szelénnek megfelelő mennyiségű szelénvegyületet adjanak kiegészítőként.

13.4. Élelmiszerek szeléntartalma

Az emberi szervezet szeléntartalma mintegy 15 mg, aminek nagy része a lágy testszövetekben található (ICRP, 1975). A napi szelénfelvétel mértéke igen különböző lehet az adott földrajzi terület szelénellátottsága, illetve a táplálkozási szokásoktól függően. Clemente és mtsai (1977) mérései szerint pl. 20 mg-ra, Schelenz és mtsai (1977) szerint 60 mg-ra, Bowen (1982) szerint 150 mg-ra becsülhető a napi szelénfelvétel.

Néhány élelmiszercsoport szelénkoncentrációja Tanner és Friedman (1977) mérései szerint a 13.16. táblázatban látható. A napi szükséglet számításakor az átlagosnak vehető Se-igényt 0,1 mg-nak tekintettük. USA adatok (Food and Nutrition Board, 1980) szerint a napi szelénszükséglet 0,05 - 0,20 mg. Az élelmiszerek közül a hal (főleg a tonhal ill. a hering) és a belsőségek többnyire szelénben gazdagok, közepesen ellátott a tej, a gabonafélék, és szelénben viszonylag szegények a gyümölcsök és a főzelékfélék.

13.16. táblázat

Egyes élelmiszercsoportok Se-koncentrációja

Élelmiszerek	Átlagos Se-tartalom, mg/kg eredeti anyag	100 g élelmiszer Se-tartalmának a napi szükséglethez viszonyított %-os aránya	A napi szükségletet fedező élelmiszer-mennyiség, g
Cereáliák	0.17	17.0	590
Húsfélék	0.17	17.0	590
Tejtermékek	0.02	2.0	5 000
Gyümölcsök	0.02	2.0	5 000
Gyökerező főzelékfélék	0.02	2.0	5 000
Zöldség félek	0.01	1.0	10 000

A szelén jól felszívódik a táplálékból. Heydorn (1984) szerint a felvett mennyiség legnagyobb hányada a verejtékkel távozik, kisebb hányada a kilégzéssel hagyja el a szervezetet. Mintegy 33% a vizelettel és 13 % a széklettel távozó mennyiség aránya.

Megemlítjük, hogy egyes betegségek a szelén hiányára vezethetők vissza. Humán vonalon pl. Kínában írták le először az un. Keshan-kórt, az endemikus kardiomiopátiát, amely

elsősorban 10 évnél fiatalabb gyermekeken és terhes anyákon jelentkezett, és szívizomgyulladás az elsődleges tünete. A betegség egyébként nem magyarázható kizárólagosan a Se hiányával, mert Új-Zéland, Finnország és Svédország lakosságának napi szelénellátottsága hasonló (24 - 32 mg/nap), és ilyen tünetek ott nem jelentkeztek. Na-szelénit adagolásával (0,5 mg/hét) azonban Kínában a hiányterületeken sikerült gyógyítani a Keshan-betegséget. A szelénhiány kiküszöbölésére természetesen más módok is vannak, Svédország pl. az Egyesült Államokból vásárol nagyobb szeléntartalmú gabonát, s így kívánják ellensúlyozni a svéd közétkeztetésben megnyilvánuló, szelénhiány okozta gondokat.

A szelén esetében bár főleg a hiány jelenti a problémát esetenként a szelén toxikus mérvű felvétele is gondot okozhat. Az USA-ban pl. a 60-as évek végén vették észre, hogy a szelénben gazdag talajú területeken élőknek a gyermekek fogszuvasodási hajlama nagyobb, és a Se ilyen esetben a fluor kedvező hatását is gátolja (Pais, 1980).

13.5. Összefoglalás

1. A szelén az állati (és emberi) szervezet számára létfontosságú, számos növény részére stimulatív hatású mikroelem. A nagyobb gondot a hiánya jelenti pl. a skandináv államok területe szelénben erősen hiányos, más területeken azonban (pl. ☐rország, Izrael, USA) a szeléntoxikusság a gond.

2. A növények a szelént ha kicserélhető formában van jelen a talajból igen könnyen felveszik, és könnyen akkumulálhatnak az állatok számára már toxikus hatást (szelenózt) kiváltó mennyiségeket. Savanyú talajokon a növények Se-felvétele minimális, jelentősebb mennyiséget csak lúgos talajból képesek felvenni.

3. A szelén a növekedéshez, termékenyüléshez feltétlenül szükséges tápelem, hiánya jellegzetes megbetegedéseket pl. a bárányok, borjak fehérizom-betegsége okozhat, amely a takarmány megfelelő szintű szeléntartalmával megelőzhető, illetve gyógyítható.

4. Hiánya emberben is előfordul. Élelmiszereink közül elsősorban a belsőségek tekinthetők jelentős szelénforrásnak.

14. A szilícium (Si)

A szilícium a periódusos rendszer IV.b. oszlopába, az un. szénsoportba sorolt négyvegyértékű elem. Bowen (1979, 1982) közlése szerint a felszíni édesvizekben átlagosan 7,0 mg/l, a tengervízben 2,2 mg/l, a litoszférában 28,2 % gyakorisággal fordul elő. Bár az oxigén után a litoszféra a szilíciumot tartalmazza a legnagyobb mennyiségben, koncentrációja a legtöbb növényben, és főleg az állatok testszövetjeiben többnyire olyan kicsi, hogy jogosan soroljuk a mikroelemek közé. A talajok átlagos Si-tartalma 33 %, a legtöbb talajban 25 - 41 % közötti mennyiségben található.

A növények számára életfontossága nem egyértelműen bizonyított bár a szilárd váz kialakításában valószínűleg fontos szerepe van az állati, és emberi szervezet számára azonban kétséget kizáróan létfontosságú.

14.1. A szilícium a talajokban

A szilícium a talaj ásványi alkotórészei között meghatározó szerepet tölt be, mert a szilikátok fő alkotó eleme. A talajok szilíciumtartalmát gyakran SiO_2 -ben adják meg. A talajok SiO_2 -tartalma általában 50-70 %, a homoktalajok szilícium-dioxid-tartalma azonban lényegesen több is lehet, és elérheti a 92-94 %-ot. Evvel ellentétben a trópusi laterittalajok SiO_2 -tartalma többnyire rendkívül kicsi (1-17 %), bár grániton képződött laterittalajban mértek 31 % SiO_2 -tartalmat is (Bear, 1964). A trópusi laterittalajok kis szilícium-dioxid-tartalma az intenzív mállással és az ezt követő kimosódással magyarázható. Ezért trópusi talajokon a Si-trágyázás bizonyos növényeknél eredményes lehet.

A szilícium a talajban jelentős részben mint kvarc, illetve ennek különböző változatai (pl. kalcidon, achát, krisztobalit, tűzkő) található. Szabad kovasav is előfordul a talajban, amely változó víztartalmú és nem kristályos, ez az opál ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$).

Az SiO_2 különböző formáin kívül a Si-vegyületek közül még a szilikátok találhatók nagyobb mennyiségben a talajban. Megkülönböztetünk elsődleges szilikátokat, amelyek a magma lehülésekor képződtek és az elsődleges kőzetek alkotórészei, valamint másodlagos szilikátokat, amelyekhez az agyagásványok tartoznak.

A talajvizek és a felszíni édesvizek esetenként 30 mg/l koncentrációt is meghaladó Si-tartalma a szilikátok kimosódásának és hidrolízisének következménye. A vízben a szilícium kémiaiilag főleg $\text{Si}(\text{OH})_4$ formában fordul elő. A talajoldat monokovasav-tartalmát a vas- és az alumínium-oxidokon való, a pH-tól függő adszorpció befolyásolja. Az adszorpció kb. 9,5-ös pH mellett maximális, és a pH mindkét irányban való változásával csökken. Az alumínium-oxidokon az adszorpció nagyobb mérvű, mint a vas-oxidokon.

Savanyú kémhatású talajokban a kovasav oldhatósága nagyobb, mint semleges vagy lúgos pH-ju talajok esetében. Az oldhatóság és ezáltal a növények Si-felvétele a savanyú talajok meszezésekor csökken. A Si talajból való felvehetőségét a könnyen oldható Si és a szabad vas- és alumíniumtartalom arányának alapján ítéldhetjük meg: minél nagyobb a Si:Fe, illetve Si:Al arány, annál nagyobb mérvű a növények Si-felvétele. A szilikát a talajokban elősegíti a foszfát felvételét, mert az adszorpció helyekről kiszorítja a foszfátot.

14.2. A szilícium a növénytermesztésben

14.2.1. A szilícium növényélettani szerepe

A szilícium növényélettani szerepe nem minden szempontból tisztázott. Bár a Si egyes alacsonyabb rendű növények (pl. kovamoszatok) vázának és sejtfalának felépítésében alapvető szerepet játszik, a magasabb rendű növények többsége számára valószínűleg nem esszenciális. Néhány növényfaj (pl. páfrányok, zsurlók) azonban kifejezetten szilíciumgyűjtők, és a Si néhány fontos kultúrnövényünk (pl. gabonafélék) szilárd vázának kialakításában is részt vesz. A szilíciumnak különösen fontos szerepe van a rizs termése és minősége szempontjából. Japán kutatók (Okuda, Takanashi, 1965) által végzett tenyészedény-kísérletekben a rizs termése a Si-trágyázás hatására jelentősen nőtt. Más növényeknél (pl. árpa, paradicsom, retek, kínai kel, hagyma) nem találtak pozitív hatást, illetve csak kismértékű változást tapasztaltak. Az a tény, hogy egyes növények pl. a rizs a szilíciumot igen könnyen és nagy mennyiségben képesek felvenni, avval magyarázható, hogy ezek nem csupán a talajvízben oldott szilíciumot képesek hasznosítani, hanem a gyökérzet aktív metabolikus folyamatai révén elősegítik a talajásványokból a kovasav kiszabadulását és depolimerizációját.

A Si a növényekbe a vízárammal kerül. pH 9 alatt a növényekbe a töltéssel nem bíró monokovasav jut be. Bár a felvétel mechanizmusáról nincs egységes vélemény, a vizsgálatok szerint a növények a szilíciumot minden bizonnyal a kolloidálisan oldható orto-kovasav (H_4SiO_4) formában veszik fel, és ez a transzspirációs árammal jut a föld fölötti részekbe. A rizsnövény sejtoldatában mintegy százszor több a Si, mint a külső oldatban, és ez a biológiailag aktív felvételt jelzi. A növényekben a Si főleg mint hidratált, amorf, polimerizált kovasav ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$) fordul elő. A rizsnövényekben a Si-tartalomnak 90 - 95 %-a ilyen formában található. A xilémfolyadékban azonban a kovasav mint monokovasav van jelen.

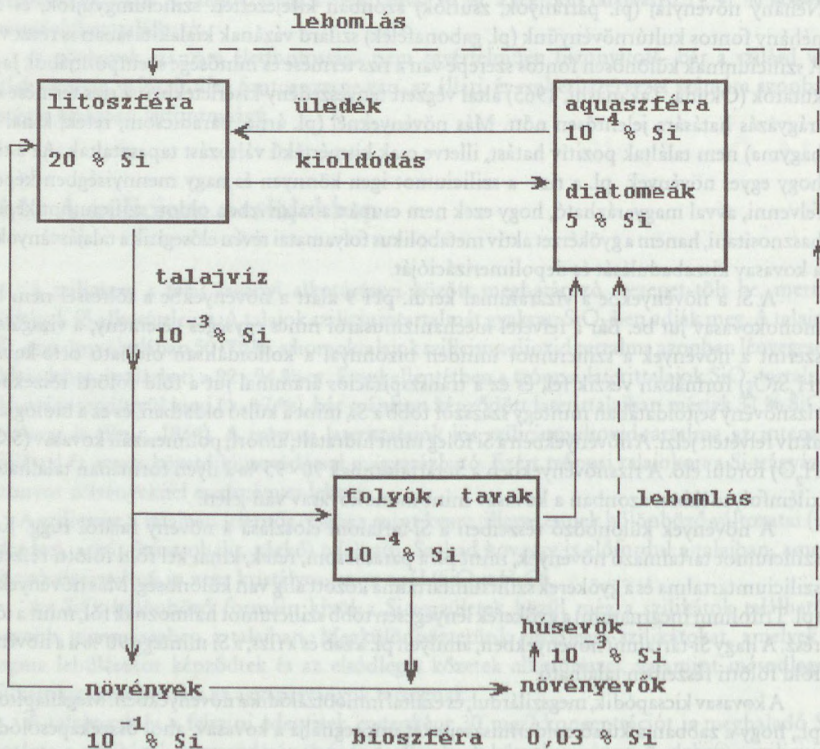
A növények különböző részeiben a Si-tartalom eloszlása a növény fajától függ. Kevés szilíciumot tartalmazó növények, mint pl. a paradicsom, retek, kínai kel föld fölötti részeinek szilíciumtartalma és a gyökerek szilíciumtartalma között alig van különbség. Más növényekben (pl. *Trifolium incarnatum*) a gyökerek lényegesen több szilíciumot halmoznak föl, mint a többi rész. A nagy Si-tartalmú növényekben, amilyen pl. a zab és a rizs, a Si mintegy 90 %-a a növények föld fölötti részeiben található.

A kovasav kicsapódik, megszilárdul, és ezáltal immobilizálódik a növényekben. Megállapították pl., hogy a zabban a külső epidermiszsejteket impregnálja a kovasav, ahol összekapcsolódik a sejtfalalkotókkal. Elektromikroszkópos felvételekkel igazolták, hogy pl. a rizs szárában a kovasav a cellulózzal kapcsolódik össze. A kialakuló kettős kovasavrteg rendkívül fontos szerepet játszik a vízvesztés szabályozásában és a gombakártévoőknek a sejtekbe való behatolása megakadályozásában. Az egyik réteg közvetlenül a kutikula alatt, a másik az epidermiszsejtek membránján alakul ki. Az egyszikűekkel ellentétben a kétszikű növények nem halmozzák fel a szilíciumot az epidermiszben.

A szilíciumnak az anyagcserében betöltött szerepéről nem sokat tudunk. Néhány magasabb rendű növény szárában, a cellulózban mint vázalkotórész van jelen a kovasav-galaktáz komplexben, bár ezeknek a vegyületeknek a szerepe még nem egyértelműen tisztázott (Mengel, Kirkby, 1978). A kovasav a bórsavhoz és a foszforsavhoz hasonlóan cukrokkal, alkoholokkal, szerves savakkal észtereket, szerves komplex vegyületeket képez.

A P-Si lehetséges interakcióját is tanulmányozták, és vízkultúrák kísérletekben megállapították, hogy kovasav hozzáadására a növények foszfátfelvétele csökken. A Si nem képes helyettesíteni a foszfort, és a két elem eltérően viselkedik az anyagszere-inhibitorokra való hatásban. Összefüggés van a Si és a B felvétele között is, a nagy Si:B arány pl. csökkenti a tengeri diatomák (kovamoszatok) növekedését és B-felvételét. A Si körforgalma a 14.1. ábrán látható (Kőrös, 1984).

14.1. ábra. A szilícium körforgalma



A kovamoszatoknak ezek a sejtmembránon keresztül a csupán 2 mg/kg Si-koncentrációjú tengervízből is képesek igen nagy mennyiségű szilíciumot felvenni rendkívül nagy a szilíciumtartalmuk, és ez a sejtfal fehérje- (elsősorban szkein és treonin) tartalma és a kovasav közötti specifikus kölcsönhatással magyarázható (Kőrös, 1984).

14.2.2. A különböző növények szilíciumtartalma és az erre ható tényezők

A különböző növényfajok között a Si-tartalmat tekintve igen nagy különbségek lehetnek. Az egyszikű növények Si-tartalma többnyire 2-20 mg/g között változik szárazanyagra számolva,

a kétszikű növények Si-tartalma azonban csupán tizede-huszada az egyszikűekének. Egyes fűfélék szilícium-dioxid-tartalma 3 - 5 % is lehet a szárazanyagban (Bowen, 1982).

Schung és Franck (1985) vizsgálatai szerint a növények Si-tartalmát a talajviszonyok jelentősen befolyásolják. Méréseik szerint a gabonafélék Si-tartalma 6,2 - 12,4 mg/g között változott, a kétszikű őszi repce Si-koncentrációjára pedig 0,06 - 0,70 mg/g értékek adódtak.

A vizsgálatok szerint az őszi gabonafélék mintegy 50 %-kal több szilíciumot tartalmaznak, mint a tavaszi gabonák, ha az ugyanazon fejlődési stádiumban (szárbaszőkéskor) levő mintákat tekintjük. Figyelembe kell azonban azt is venni, hogy a növények kora nem volt azonos, a téli gabonák kb. 210 naposak, a tavasziak kb. 70 naposak voltak. A növények korának előrehaladásával ugyanis növekszik bennük a Si mennyisége.

A különböző talajtípusokat tekintve megállapítható volt, hogy a legtöbb Si a láptalajon termesztett gabonákban volt, a legkevesebbet pedig a podzoltalajon termeltekben mérték. A barnaföldön nőtt növények Si-koncentrációja közepes volt. A savanyú podzoltalajokon a kisebb Si-tartalom avval magyarázható, hogy ezek a talajok szegények könnyen málló szilikátokban, és ezért kevés bennük a mobilis kovasavtartalom. A barnaföld típusú talajok és a láptalajok a növények számára több felvehető szilíciumot szolgáltatnak.

A növények Si-felvételének, illetve a Si beépülésnek valószínű mechanizmusa az, hogy az orto-kovasav, illetve a belőle képződő izopolisavak hidroxilcsoportjai különböző aminosavak vagy más szerves molekulák hidroxilcsoportjaihoz vízkilépéssel kapcsolódva észter típusú kötésekkel hoznak létre (Kőrös, 1980). A kovasavlerakódás, az un. szilikifikáció során a sejtfalban az OH-csoportot tartalmazó aminosavak szintézise meggyorsul, ezekhez kötődik a kovasav, majd a komplexumhoz később poliszacharidok is kötődhetnek (Pais, 1984).

A növények Si-tartalma szilíciumtrágyázással befolyásolható. Schung és Franck (1985) végeztek Si-trágyázási kísérleteket tavaszi és őszi árpával szabadföldön, amorf kovasavval és kohósalakkal talajtrágyaként, és vízüvegoldattal levéltrágyaként. Az 1 t/ha dózissal alkalmazott kohósalak 7 - 15 %-kal növelte a növények Si-tartalmát, míg a hasonló adag amorf kovasav 21 - 25 %-kal. Az ötszörös adag pedig 36 - 45 %-kal növelte a növényekben mérhető Si-tartalmat.

A szilíciumtrágyázás a már említett Si-P kölcsönhatás miatt befolyásolja a növények P-ellátottságát is. Az irodalmi adatok szerint a szilikátrágyázás növeli a növények P-ellátottságát, de ezt a hatást elsősorban bázikus szilikátrágyáknál figyelték meg. Valószínű, hogy a Si a talajoldatban főleg mint nem disszociált kovasav van jelen, ezért a jobb P-ellátottságot elsősorban nem a Si-hatás okozza, hanem az a bázikus szilikátok által okozott méshatás miatt következik be.

14.2.3. A növények szilíciumellátottságának optimalizálása

Bár a Si életfontossága csak néhány növénynél nyert bizonyítást, úgy tűnik, hogy a jelenléte bizonyos koncentrációtartományban minden növény számára kedvező. Kis Si-tartalom esetén nagy a párolgási vízvesztesség, és Si-hiány esetén a gabona- és fűféléken nekrotikus foltokat tapasztaltak a leveleken. Bár ezt valószínűleg a Mn és Fe megnövekedett koncentrációja okozta, az tény, hogy a növények Mn-toleranciája javul megfelelő Si-ellátottság esetén (Pais, 1980).

A gyakorlatban szilíciumtartalmú permettrágyák alkalmazására is sor került, ugyanis ha a sejtfalakra beépül a szilikát, akkor kisebb lesz a levéltetű-kártétel, mert a keményebb sejtfal az rovarok kevésbé tudják átszűrni (Pais, 1984). Az ilyen levéltrágyázás különösen nagy adagú N-műtrágyázás esetén kedvező hatású, mert a sok nitrogéntől a sejtek fala fellazul. Hasonló

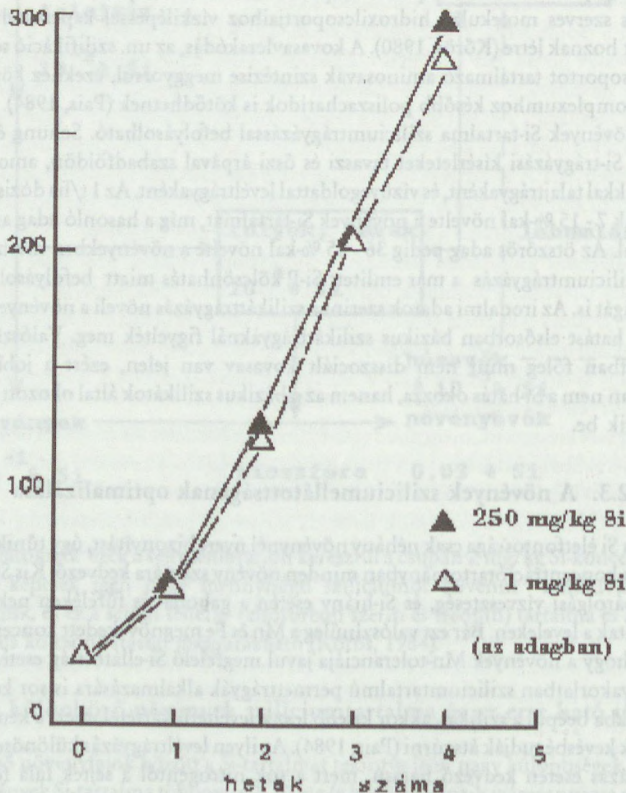
védőeffektus mutatkozik az élősködő gombákkal szemben is, ez lényegében közvetett fungicid-hatásnak tekinthető.

A növények számára a Si jelenléte a következő előnyökkel jár (Kőrös, 1984):

- a talajoldatban és a növényi fluidumokban levő kovársav mérsékli a különböző fémionok toxikus hatását;
- mechanikai támaszt jelent;
- a növényi szövetekben levő szilárd kovársav véd a gombák okozta fertőzések ellen (pl. javul a rizs barnafoltosság elleni rezisztenciája).

14.2. ábra A csirkék testtömeg növekedésének alakulása
250 mg/kg Si-kiegészítés hatására

átlagos élőtömeg (g)



14.3. A szilícium az állati termék előállításban

14.3.1. A szilícium szerepe az állatok anyagcseréjében

A szilícium kis koncentrációban minden állati testszövetben előfordul, mennyisége azonban erősen ingadozik az egyedtől, a kortól, a környezeti viszonyoktól (szennyeződéstől) stb. függően. A növényevő állatok szervezete általában több szilíciumot tartalmaz, mint a húsevőké. Esszenciális jellegét Schwarz (1973) és Carlisle (1974) állapították meg, akik műanyag inkubátorban Si-mentes környezetben tartott patkányokkal és csirkékkel végzett kísérletekben egyértelműen igazolták az elem létfontosságát. Schwarz (1973) kísérletében a növekedésben bekövetkezett zavarok átlagosan 37 %-kal csökkent a csirkék testtömeg-gyarapodása szilíciumkiegészítéssel megszűntek.

Carlisle (1978) közlése szerint a 250 mg/kg szilíciumot tartalmazó takarmány adagolásának hatására azonban csak kis mértékű testtömeg-gyarapodás volt regisztrálható (14.2. ábra), bár itt kiemelendő, hogy a kontroll csoport 1 mg/kg Si-tartalmú takarmányt fogyasztott. A csontok kalcifikációja alig változott, a kollagéntartalom azonban szignifikánsan, mintegy 10 %-kal növekedett a szilíciumkiegészítés hatására.

A szilíciumnak a csontképződésben van jelentős szerepe, a fiatal állatok csontképző szerveinek Si-tartalma rendkívül nagy. A Si egyes enzimátikus folyamatokban, az oxidatív foszforilációban, a fehérjék hidratációjában játszik fontos szerepet (Becker és mtsai, 1982, 1983). Patkánykísérletek szerint Si-hiány esetén a vér koleszterinszintje a többszörösére emelkedik, nő a trigliceridek mennyisége, a szívbetegségek kialakulásának elhárításában fontos védőszerepet játszó lipoprotein mennyisége (HDL-szint) viszont csökken.

A nagy mennyiségű Si csökkenti a takarmányok emészthetőségét (Van Soest, Jones, 1968; Smith és mtsai, 1971). A kísérletek szerint a takarmányhoz adott nátrium-szilikát ugyancsak csökkenti a tápanyag-komponensek és a cellulóz emészthetőségét (Smith, Nelson, 1975; Smith, Urquhart, 1975). A Na-szilikát-adagolás (2,2 %) hatására megnövekedett a kísérleti állatokban a vesekőképződés aránya.

Nagyon érdekes vizsgálati adatokról számoltak be Smith és mtsai (1972, 1973). Eredményeik szerint a vízben oldott 600 - 1200 mg/l szilícium hatására a nőivarú patkányok utódainak a száma erősen lecsökkent. Úgy tűnik az ivar befolyásolja a szilícium túlادagolással szembeni érzékenységet. Azt is megállapították, hogy a hímivarú egyedek ugyanolyan mennyiségű Si (280 mg/kg) hatására jobban gyarapodtak, míg a nőivarú patkányok testtömeg-gyarapodása és takarmányértékesítése csökkent a kontroll állatokéhoz képest. Hasonló eredményre jutottak juhokkal végzett kísérletben is. Az 1200 mg Si/l koncentrációjú víz itatása javította a P- és N-retenciót.

A szilíciumnak az anyagcserében játszott szerepét a 14.1. táblázatban foglaltuk össze.

14.3.2. A takarmányok szilíciumtartalma és az ezt befolyásoló tényezők

A takarmánynövények Si-tartalma a talajtól, a fajtól és egyéb tényezőktől (pl. talajszennyezés) függően ingadozik. A nagyobb rosttartalmú abrakfélék többnyire gazdagabbak szilíciumban, mint a rostban szegényebbek. A prérifűben pl. 6,3 % szilíciumtartalmat is mértek a szárazanyagban (Pais, 1980). Az állati eredetű takarmányok szilíciumban sokkal szegényebbek.

14.1. táblázatA szilícium szerepe az anyagcserében

Létfontossága:	SCHWARTZ (1973), patkány. CARLISLE (1974), patkány, csirke.
Biológiai jelentősége:	Csontképződésben, növekedésben (hiánya lörpéséget okozhat), szervfejlődési zavar (atrófia).
Abszorpció:	A bélfal teljes hosszán át szívódik fel (10% körüli az értékesülés).
Kiürülés:	vizelettel, bélsárral.
Antagonista elemek:	Ca, Mg, Al, Na, foszfátok.
Minimum szükséglet:	Nem teljesen ismert, csirke 100-200 mg /kg.
Hiánytünetek:	Csökkent testtömeggyarapodás, csont- és szervdeformálódás, magas vérnyomás, vérkeringési zavarok.
Indikátorszervek:	Csont, vese, máj, toll.
Hiányterületek:	Ismeretlenek.
Mérgezés:	> 200 mg Si felett, húgycsőelzáródás, szilikózis.

Megemlítendő még, hogy a legelő állatok a növények felületén megtapadt talajrészecskék következtében többnyire az istállózott állománynál lényegesen több szilíciumot vesznek fel.

14.3.3. A szilíciumellátottság és az állatok termelése

Szilíciumhiánnyal a gyakorlati takarmányozási körülmények között alig kell számolni. Az állati testszövetek különböző koncentrációban tartalmaznak szilíciumot; a legtöbb szerv Si-tartalma állandó marad, a szívé, a bőré és a timuszé az életkorral általában csökken, a májé, az agyvelőé, a lépé, a tüdőé és a csonté növekszik (Carlisle, 1973). Az érfalak szilíciumtartalma az arterioszklerózis kialakulásával, a korral csökken, a szilíciumbeépülés mértéke ugyanis összefüggésben van a hormonaktivitással, illetve annak csökkenésével. A szilíciumnak egyébként már régóta arterioszklerózist csökkentő hatást tulajdonítanak.

Az állatok vérének szilíciumtartalma általában 5 mg/kg körüli érték, és legnagyobb részben oldható kovásva formájában található (Carlisle, 1974). A Si-abszorpció és -beépülés mértéke a kortól, az ivartól és számos endokrinológiai faktortól függően igen eltérő lehet. Az izomszövetben pl. 1,0 - 1,7 mg/kg szilíciumtartalmat mutattak ki (Van Soest, 1970), a májban 0,2 - 0,5 mg/kg közötti mennyiséget, a csirkek tollzatában pedig átlagosan 1,6 mg/kg szilíciumkoncentrációt mértek.

A túl sok szilícium kedvezőtlen elváltozásokat okozhat. 0,9 % szilícium bevitelle vesekő képződéséhez vezethet (McCullagh, Ehrhart, 1974), ami súlyos esetben a húgycsövet elzárja és urémiát okozhat. A szilíciumbevitel csökkentésével a kórtünet megszűnik. A vizelet útját elzárva a hólyagban képződő kő az állatok pusztulását is okozhatja; ez utóbbit elsősorban legelő bárányokon figyelték meg (Pais, 1980).

14.4. Élelmiszerek szilíciumtartalma

Bár a Si-nak fontos biológiai szerepe van a csontképződési folyamatokban, hiányától biztosan nem kell tartani, hiszen a növényi eredetű élelmiszerekből viszonylag nagy mennyiségben jut a szervezetbe. Az állati eredetű élelmiszerek Si-koncentrációja azonban viszonylag csekély. A napi Si-felvétel nem elhanyagolható hányada származik az ivóvízből és egyéb italokból. Különösen nagy a sör és egyes ásványvizek Si-tartalma. A szén-dioxiddal dúsított "Apenta" ásványvíz átlagos metakovasav (H_2SiO_3)-tartalma pl. 61 mg/l.

Az emberi szervezetben levő Si teljes mennyisége mintegy 1 gra becsülhető, és a napi szilíciumfelvételt figyelembe véve megállapítható, hogy a szervezet a szilíciumot lényegében nem tárolja. Schormüller (1965) szerint a széklettel naponta 150 - 300 mg, a vizelettel 20 - 100 mg Si távozik. Más adatok szerint azonban a vizelettel naponta kiválasztott Si mennyisége csupán ~ 10 mg (ICRP, 1975; Bowen, 1982).

Hiánya nem fordul elő, túl sok Si viszont a húgyhólyagban és a vesében a kőképződést elősegítheti. A kvarctartalmú kőzetpor belégzése szilikózist okozhat. Főleg az inhalációval a levegő porszenyveződésével magyarázható, hogy felnőtt korban a tüdőszövetek Si-tartalma lényegesen több, mint a csecsemőkben.

14.5. Összefoglalás

1. A szilícium a talajalkotó kőzetek lényeges és nagy koncentrációban előforduló eleme, alkotórésze a kovasavnak, a szilikátoknak és az agyagásványoknak. Felvehetősége a pH-tól, az oldható Si:Fe, valamint Si:Al arányától és a talaj foszfáttartalmától függ.

2. Bár a magasabb rendű növények részére valószínűleg nem esszenciális, egyes kulturnövények (pl. rizs) igen nagy mennyiségben halmozzák fel. A Si főleg a sejtfalban akumulálódik, és szerepe van a vázszerkezet kialakulásában. Az egyszikű növények Si-koncentrációja nagyságrendekkel több a kétszikűeknél.

3. Az állati (és emberi) szervezet számára a Si létfontosságú elem, fontos szerepe van a csontképződésben. Hiánya a gyakorlati takarmányozásban nem fordul elő, problémát elsősorban a juhoknál, legeltetéses tartás esetén az okozhat, hogy túl sok a szervezetbe jutó szilícium, és ez húgykő- és vesekőképződéshez vezethet. Az állati eredetű élelmiszerek Si-koncentrációja lényegesen kisebb, mint a növényi eredetűeké.

Utószó

Az I. és II. kötetben csak olyan mikroelemekkel foglalkoztunk, amelyek esszenciális jellege vagy stimulatív hatása a növényi és/vagy állati szervezetek számára bizonyított. Ezen mikroelemek adott koncentrációban való jelenléte tehát a mezőgazdasági termelés szempontjából vagy létfontosságú, vagy legalábbis kedvező hatású.

A talaj-növény-állat-ember trofikus láncban azonban nagyon sok olyan más mikroelem is előfordul, amelyek jelenléte jelenlegi ismereteink szerint nem szükséges az életfolyamatokhoz. Ezek egy része olyan környezetszennyező mikroelem (pl. Hg), amelyek már viszonylag kis koncentrációban is kedvezőtlenül befolyásolhatják a mezőgazdasági termelést, illetve toxikusságuk miatt táplálkozásfiziológiai és humánegészségügyi szempontból is jelentősek. Vannak természetesen olyan elemek is, amelyek extrém nagy koncentrációktól eltekintve nem toxikusak, és biológiai/fiziológiai szerepük sem ismert.

A könyv III., befejező kötetében valamennyi olyan mikroelemet tárgyalunk, amelyről az I. és II. kötetben nem esett szó. A kötet alcíme: Toxikus mikroelemek, ott tehát a fő hangsúlyt a kifejezetten toxikus hatású mikroelemekre helyezzük. Ezek között tárgyaljuk pl. a kadmiumot, a környezetvédelem egyik legproblematisabb mikroelemét amelyről az utóbbi évek kutatásai alapján kiderült, hogy igen kis koncentrációban létfontosságú. Mégis, úgy érezzük, hogy jogosan került a kadmium a könyv III. kötetébe, hiszen függetlenül esszenciális jellegtől soha nem a kadmium hiánya okozza a problémát, hanem éppen a toxikussága. Ezt a példát egyébként csak azon meggyőződésünk alátámasztására hoztuk, hogy önmagában a koncentrációtól függetlenül nem létezik sem esszenciális elem, sem toxikus elem.

Az interdiszciplináris mikroelem-kutatásról

Írta: Pais István

A mikroelem-kutatás lényegében 50 - 60 éves múltra tekinthet vissza: az úgynevezett "klasszikus" mikroelemek élettani fontosságát a jelen század harmincas éveiben bizonyították be. A már korábban is ismert vas, majd a réz, a mangán, a cink és a molibdén létfontosságát egyértelműen regisztrálta a tudomány: élettani hatásukról növények, állatok és az ember életében nagyon sok tudományos közleményben számoltak be, és az irodalom napjainkban is bővül.

A hatvanas évektől kezdve egyre több "új" mikroelemről bizonyították be, hogy - legalábbis az élőlények nagyobbik hányada számára - ugyancsak létfontosságúak. Ilyen elemnek tartjuk jelenleg a kobaltot, a nikkelt, a krómot, a szelént, a vanádiumot, a szilíciumot és a jódot. Ugyanakkor megemlítendő, hogy a felsorolt elemek mellett még legalább 6-8 másik mikroelem esetében igazoltak részleges létfontosságot adott körülmények között. Az utóbbiak közé kell sorolnunk elképzelhetően az olvasók nagy meglepetésére a "toxikus nehézfémként" nyilvánított kadmiumot és ólmot is.

A mikroelem-kutatás egyik legnagyobb problémájának azt kell tartanunk, hogy az egyes kutatók rendszerint csak egy-egy részprobléma vizsgálatára szentelték idejüket: nézték például a mangán hatását az adott növény termesztésének minőségi és mennyiségi viszonyaira; vagy vizsgálták a cink szerepét az állatok takarmány-értékesítő képességének szempontjából, illetőleg a szelén hatását néhány emberi betegség kifejlődésében. Nem nagyon voltak viszont olyan tudósok, akik a mikroelemek szerepét komplex módon vizsgálták volna. Pedig ha meggondoljuk, hogy a geokémiai változások alapján jellemezhető földkéreg szájba meg lényegében a fölötté elhelyezkedő talaj és a tápelemeket közvetítő vizek kémiai összetételét, továbbá azt, hogy az így rendelkezésre álló tápelemeket hasznosítják a növények, az állatok és az ember, vagyis a mikroelemek útja a teljes táplálékláncon keresztül az emberig húzódik, az interdiszciplináris mikroelem-kutatás fontossága aligha vitatható.

Most csak néhány jellemző példát kívánok felsorakoztatni az előbbi szemléletét tekintve teljesen új felfogás igazságának bizonyítására. Ha pl. az átlagos talajok 6 körüli pH-értéke részben környezetszennyeződés, részben a rosszul alkalmazott műtrágyázás következtében 5 alá süllyed, számolnunk kell avval, hogy a növények lényegesen több mangánt vesznek fel, mint átlagos körülmények között, és ez a mangántartalom a növényekre is, de főleg az állatokra és az emberre mérgező hatást fejthet ki.

Közismert, hogy kellő mennyiségű réz-szulfát adagolásával a használatok takarmányértékesítő képessége jelentősen javítható. Ez a rézmennyiség azonban az ürülékkel a környezetbe kerül, és egyes (növény- vagy állat-) fajok esetében réztotoxicitáshoz vezethet. Ehhez még hozzávethetjük, hogy a rézfölösleg gyakran cink-, illetve molibdénhiánnyal jár együtt, tehát az élőlényekben az előbbi jelenség következményeként a sok különböző enzim helyes működéséhez megfelelő mennyiségben szükséges cink és molibdén hiánya is gondot okozhat.

Az utóbbi két évtizedben vált nyilvánvalóvá, hogy a Föld egyes területei - pl. Kínában közel 300 millió lakost eltartó széles területsáv, továbbá Európában gyakorlatilag az egész Skandinávia szelénben olyan szegények, hogy a rajtuk termő növények útján sem az állatok, sem az ember

szervezete nem jut a kellő mennyiségű szelénhez. A szelénhiány viszont akadályozza egy fontos enzim, a glutation-peroxidáz működését, amelynek hiányában az ember szívizmai elsorvadnak és súlyos esetben halál következik be.

Az említett példák alapján nyilvánvaló, hogy a természetben kialakult táplálékláncban a mikroelemek kérdését egységes eszként kell vizsgálni ahhoz, hogy a kellő mikroelemszintet fenntartsuk, tehát a fontos tápelemek egymáshoz viszonyított aránya ne térjen el lényegesen az optimálistól.

Az elmondottak alapján egyértelmű, hogy a geokémikusok, a talajtan és a vízkémia szakemberei, a növénytermesztő és állattenyésztő mezőgazdasági mérnökök, az állatorvosok és orvosok, továbbá a biokémikusok és analitikus vegyészek össze kell hogy foganak, egymást támogatva és tudományos tapasztalataikat kicserélve dolgozva azért, hogy a mikroelemek szerepét, arányát az egész táplálékláncon keresztül állandóan figyelni lehessen és hiány- vagy toxikussági tünetek esetén jól átgondolt intézkedésekre kerüljön sor.

Az ipari fejlődés, továbbá a mezőgazdaság kemizálásának csaknem elkerülhetetlen velejárója, hogy az évszázadok-évezredek alatt egy adott területen kialakult tápelem-egyensúly megváltozik: egyes elemek aránya csökken, másoké növekszik. Az talán az előbbinél is nagyobb problémát okozhat, hogy olyan elemek is bekerülhetnek a táplálékláncba, amelyek korábban nem voltak annak részei, és ezért az eddigi kutatások során nem gyűlt össze kellő tapasztalat azok élettani hatásáról.

Az ipari fejlődés és más civilizációs változások eredményeként az emberi környezet káros szennyezése során tízezer tonnás nagyságrendben kerülnek olyan anyagok a tápláléklánc közelébe, amelyek korábban lényegében nem szerepeltek az elemek természetes körforgásában, tehát az élőlények nem is szokhattak azokhoz hozzá. Itt említjük a nagyobb mennyiségben erősen toxikus hatású nehézfémeket: a kadmiumot, a higanyt és az ólmot, valamint a fémeként ismert arzént, de nem szabad megfeledkeznünk az ugyancsak erősen toxikus berilliumról, a talliumról, valamint a hat oxidációs fokú krómról sem. És a példákat még sorolhatnánk.

Ha a tudósok nem foglalkoznak interdiszciplináris módon ezekkel a hatásokkal, olyan változásokkal kell számolnunk, amelyek hatását utólag már nehéz, esetenként lehetetlen kivédeni. Azt egyértelműen érezni kell minden kutatónak, hogy a tudományos ismeretek exponenciális fejlődése nem teszi lehetővé egy-egy bármilyen kiváló egyénnek a fejlődéssel való lépéstartást. Ma már el kell fogadnunk az interdiszciplináris megoldást, mint egyetlen járható utat, hogy egy jól szervezett kutató-közösség együttesen igyekezzék mérsékelni a tudományos információrobbanás során képződött és az egyén által befogadható ismeretanyag közötti szakadékokot.

E felfogás jegyében került megalakításra az MTA Élelmiszertudományi Komplex Bizottságán belül a Mikroelem Munkabizottság, amely összetételében is jól szemlélteti az elmondottakat. A Munkabizottság tagjai között ugyanis az egyes tudományágak megoszlását a következő számok jellemzik:

- geokémia, talajtan és vízkémia	4
- növénytermesztés és növényélettan	3
- állattenyésztés és állatélettan	2
- állatorvostudományok	1
- orvostudományok és táplálkozásélettan	5
- analitikai kémia	2
- biokémia és koordinációs kémia	4

Az interdiszciplináris kutatás természetesen nemcsak egy-egy ország esetében lehet nagyon fontos, hanem fokozottan érvényes a különböző országok tudósainak összefogására is. Néhány nemzetközi szervezet, mint a FAO, a WHO, az IAEA eddig is sok hasznos munkát végzett az egész emberiség érdekében, de a teljes tápláléklánc tekintetében még sok tennivaló van. A FAO ugyan már létrehozta az Európai Mikroelem Bizottságot, de ennek kapcsolata más földrészek kutatóival csak egyéni ismeretség és tudományos kapcsolattartás terén tekinthető részben megoldottnak.

Ha meggondoljuk, hogy a jelenleg 5 milliárdos emberiség számára megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszert kell megtermelnünk úgy, hogy a környezetet az eddiginél sokkal kisebb mértékben szabad szennyeznünk, akkor az interdiszciplináris és egyben nemzetközi mikroelemkutatás fontosságát nem kell újabb érvekkel bizonyítanunk.

Az interdiszciplináris mikroelem-kutatás programja

A következőkben ismertetem a kutatási program tematikáját, illetőleg a kutatási terv alprogramjaiban és projektjeiben foglalt kutatási munka lényegét.

1. Alprogram: analitikai és komplex-kémiai kutatási feladatok

CÉL: Egységes analitikai kémiai és komplex-kémiai módszerek kidolgozása és ellenőrzése.

1.1. Mintavételi és mintaelőkészítési módszerek kidolgozása.

Mintavételi, mintatárolási, mintaelőkészítési módszerek folyamatos kidolgozása agrokémiai minták és biológiai minták nyomelem-tartalmának meghatározására.

1.2. Analitikai kémiai módszerek kidolgozása.

Nyomelem-analitikai spektrokémiai módszerek kidolgozása agrokémiai és biológiai minták elemzésére. A zavaró hatások tanulmányozása spektrum-atlaszok készítésének formájában.

1.3. Kelátképzők vizsgálata.

Komplex-kémiai és analitikai módszerek kidolgozása a fémkelátok stabilitásának tanulmányozására.

2. Alprogram: talajkémiai és vízkémiai kutatási feladatok

CÉL: A mikroelemek talajkémiai és vízkémiai összefüggéseinek feltárása.

2.1. Talajok mikroelem-ellátottságának felmérése.

Néhány hazai talajtípus mikroelem-ellátottságának felmérése és ellátottsági nyers térképek szerkesztése.

2.2. Szennyvíziszapok és szennyvíz-iszapok hatásának vizsgálata.

Néhány fontosabb talajtípus szennyvízzel és szennyvíziszapokkal való terhelhetőségének felmérése.

2.3. Komplex környezetvédelmi vizsgálatok.

Előkísérletek a környezetvédelem mikroelem-problémáinak komplex vizsgálatához ipari centrumok hatáskörzetében.

3. Alprogram: Növénytermesztési kutatási feladatok

CÉL: A növénytermesztés mikroelem-összefüggéseinek komplex vizsgálata.

3.1. Mikroelemek hatása különböző haszonnövények beltartalmi értékének alakulására.

Néhány haszonnövény tápanyag-felvételének vizsgálata különböző mikroelem-ellátási

viszonyok között.

3.2. Kevéssé ismert mikroelemek vizsgálata.

Néhány kevésbé ismert mikroelem élettani hatásának vizsgálatából gyakorlati következtetések levonása.

3.3. Eltérő növényfajták mikroelem-igényének vizsgálata.

Zöldségnövények mikroelem-igényének feltérképezése a genetikai különbségek alapján.

4. Alprogram: a takarmányozással és az állatélettannal összefüggő kutatási feladatok

CÉL: A takarmányozás és az állatélettannal mikroelem-vonatkozásainak vizsgálata.

4.1. Takarmányok mikroelem-tartalmának vizsgálata.

A takarmányozásban használt kukorica-hibridek mikroelem-tartalmának feltérképezése.

4.2. A bórellátás vizsgálata.

A tejelő tehén anyagcseréjében a főbb változások megismerése eltérő bórellátás hatására.

4.3. Mikroelemellátottság- és anyagcsere-vizsgálatok.

A mikroelem-ellátottság és az enzimm koncentrációk közötti összefüggések feltérképezése.

4.4. A mikroelem-ellátottság országos felmérése.

A takarmányok mikroelem-ellátottságával kapcsolatban az országos felmérés folytatása, illetőleg továbbfejlesztése.

5. Alprogram: élelmezésügyi és munkaegészségügyi kutatási feladatok

CÉL: A mikroelemek élelmezésügyi és humán-egészségügyi összefüggéseinek vizsgálata.

5.1. Élelmiszerek mikroelem-tartalmának vizsgálata.

Az élelmiszer-alapanyagok és élelmiszerek mikroelem-tartalmának rendszeres vizsgálata alapján tájékoztató térképek szerkesztése.

5.2. Populációs szintű tápelem-kutatások.

A lakossági vérérum mikroelem-szintjének tanulmányozása és az eredmények statisztikus feldolgozása.

5.3. Megbetegedésekkel kapcsolatos mikroelem-vizsgálatok.

Néhány betegséggel kapcsolatos mikroelem-összefüggések tanulmányozása.

5.4. Állati eredetű élelmiszerek mikroelem-vizsgálata komplex módszerekkel és összefüggések levonása, gyakorlati ajánlások készítése.

FÜGGELÉK

Terminológiai kisszótár

achát -	a kalcedonfélékhez tartozó, színes mikrokristályos kvarcváltozat
adenozin -	nukleinsavakból hidrolízis hatására képződő ribonukleozid
amin -	ammóniaszármazék, egy vagy több hidrogént szénhidrogén csoport helyettesít
anabolizmus -	a szervezetben végbemenő, felépítő folyamatok összessége, ellentéte a katabolizmus
anatáz -	mikrokristályos titánásvány, titándioxid
andezit -	szürke vagy fekete színű magas SiO_2 -tartalmú fiatal vulkáni kőzet
apatit -	fluortartalmú Ca-foszfát ásvány
aril - (aryl)	aromás szénhidrogéncsoport (pl. fenil)
arterioszklerózis - (arteriosclerosis)	érelmeszesedés
ateroszklerózis - (atherosclerosis)	az artériafal megkeményedésével járó érelmeszesedés
ATP -	adenozintrifoszfát
atrófia -	sorvadás, pangás
augit -	zöld vagy fekete színű, titántartalmú szilikát-ásvány
B-glükoronidáz - (B-glükoronidáz), glükoronid-glikozidokat bontó, a májban, lépben előforduló enzim	
biológiai felezési idő	a kérdéses elem szervezetből történő kiürülésének, kicserélődésének sebességét jellemző paraméter. Az az időtartam, amely alatt a szervezetben eredetileg, a t_0 időpontban lévő elem mennyiségének fele a metabolikus folyamatok következtében kicserélődik

biotit -	magnézium-vascillám, zöldesfekete vagy barnásfekete rétegszilikát
Bq -	Becquerel, az aktivitás egysége, 1 bomlás/s
depresszió -	termésdepresszió, terméshozam-csökkenés
diatézis - (diathesis)	a szervezet kóros reakciója a környezeti ingerekre
diszkriminációs faktor	a szervezet 2 különböző elem közötti megkülönböztető, szelektáló képességének jellemzésére szolgál, azt mutatja, hogy egy adott elem más elemhez viszonyított relatív koncentrációja hogyan alakul a trofikus lánc következő lépcsőjében; A szarvasmarha szervezetének Sr-ra vonatkozó diszkriminációs tényezője pl. 0,1 körüli érték, azaz a tej Sr:Ca aránya csupán tizedrésze a tehén által fogyasztott takarmányban mérhető Sr:Ca aránynak
disztrófia -	a szöveti struktúra módosulását eredményező táplálkozási zavar, amely valamely tápanyagban, illetve tápelemben hiányos táplálkozás, illetve takarmányozás következtében lép fel
diuretikum -	vizelethajtó
dry-out -	száraz kiülepedés az atmoszférából
duodenum -	nyombél, patkóbél, a vékonybél első szakasza
EDTA -	etilén-diamin-tetra-acetát
effektív felezési idő -	a szervezetből a radioaktív izotóp tényleges kiürülésének sebességére jellemző érték, amely a biológiai és a fizikai felezési idő függvényében számítható:

$$T_{1/2\text{eff}} = \frac{T_{1/2\text{biol}} \cdot T_{1/2\text{fiz}}}{T_{1/2\text{biol}} + T_{1/2\text{fiz}}}$$

encephalomalacia - agylágyulás, idegszövet elváltozás, amit az agyszövetekben a fokozódó peroxid képződés eredményez. Kapcsolatos a telítetlen lipidek stabilitásával (E-vitamin és Se-hiány)

- endémia - járványos fertőző betegség szórványos előfordulása egy adott területen, vidéken
- endokrin - belső elválasztású
- epidermisz - bőrszövet, bőrhám, külső réteg
- eritrocita - a hemoglobint tartalmazó vörösvértest
- eruptív kőzet - magmás kőzet
- exszudatív diatézis - túlérzékeny, görcsökre, ekcémára, hurutokra hajlamos szervezet reakciója
- fall-out - kihullás, kiszoródás, a száraz gravitációs ülepedés (dry-out) és a nedves kihullás (wash-out, rain-out) összege
- FAO - Food and Agriculture Organization, az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete
- fertilitás - termékenység, termékenyülés, szaporodóképesség
- fizikai felezési idő - valamely radionuklid bomlási sebességét jellemző tényező, az az időtartam, amely alatt a radioizotóp aktivitása a felére csökken. A bomlási állandóval (λ) való összefüggése:
- $$T_{1/2fz} = \frac{\ln_2}{\lambda}$$
- fluorit - ásvány, kalcium fluorit
- foszfátáz - a foszforsav-észtereket hidrolizáló enzim, hidroláz (III. osztály)
- fulvosav - a humuszanyagok egyik csoportját képező, vízzoldható, sárga színű, nagy móltömegű anyag
- fungicid - a peszticidek egy fajtája, gombaölő növényvédőszer
- glikogén - állati keményítő, a májban raktározódó poliszacharid

glutamát -	a glutaminsav (amino-dikarbonsav) sója
glutation -	természetes peptid, fontos szerepe van a cisztin ciszteinné való redukciójában, s egyes enzimek aktív állapotának biztosításában
glycosuria -(glükozuria)	cukorürítés, cukorvizezés
glykosinolát -(glükozinolát)	a repcében és egyéb Brassica fajokban lévő antinutritív anyag; étvágy- és testtömeg-gyarapodás-csökkenést okoz, a pajzsmirigy működést gátolva, esetleg blokkolva másodlagos jóddhiányt idézhet elő
GTF -	glucose tolerance factor, glükóz tolerancia faktor, glükóztűrés
HDL -	high density lipoprotein, nagy sűrűségű, lipideket tartalmazó fehérje
hæmatokrit -	a vörösvértestek térfogataránya a vérben
hepatitis -	fertőzőeses májgyulladás
ileum -	csípőbél, a vékonybél utolsó szakasza
illit -	hidrocsillám, átmeneti agyagásvány
ilmenit -	bázisos kőzetekben előforduló, fekete titánásvány
inkorporáció -	testbe jutás, beépülés a szervezetbe
izotóphígítás -	elvé, hogy az adott elem különböző izotópjai kémiaiilag azonos módon viselkednek
jejunum -	éhbél, a vékonybél második szakasza
kalcedon -	mikrokristályos kvarcváltozat
kaolinit -	alumínium-hidroxid-szilícium-oxid tartalmú, üledékes kőzetekben található ásvány

kardiomiopatia -	(cardiomyopathia) a szívizom idült, nem gyulladásos betegsége
katabolizmus -	a lebontó jellegű anyagcsere-folyamatok összessége, ellentéte az anabolizmus
keratózis -	elszarusodás
kináz -	pl. a nukleinsav-anyagcserében szerepet játszó enzim (II. osztály)
klorózis -	a fiatal levelek csúcsainak megsárgulása, oka valamilyen tápelem (pl. Fe) hiánya
koenzim -	az enzim disszociálabilis, nemfehérje alkotórésze, ilyen pl. az NAD
kolosztrum -	főcstej, az ellést követő napokban termelődő tej
koprofágia -	ürülékevés
kreatin-kináz -	kreatin-foszfotranszferáz, az ATP+ kreatin átalakulást katalizáló enzim
kreténizmus -	gyengeelméjűség
kriolit -	jégkő, fehér vagy sárga színű, Na_3AlF_6 összetételű ásvány
krisztobalit -	színtelen SiO_2 módosulat
kumuláció -	felhalmozás, összesítés, összegződés
kutikula -	viasszerű védőréteg a bőrszövet felületén
laterit -	magmás kőzetek (gránit, bazalt, stb.) vörös színű, trópusi vidéken képződő mállástermék
lipoprotein -	fehérjét tartalmazó, összetett lipid
lizoszóma -	(lysosoma) litikus test, a sejtekben rendszeresen vagy időszakonként jelenlévő 0,2 - 0,8 mm átmérőjű, gömbölyű test, amely savanyú pH mellett működő hidrolitikus, bontó enzimeket tartalmaz

malonil-koenzim-A -	a zsírsavak bioszintézisének első lépcsőjében keletkező anyag, a malonsav acilgyökének a koenzim-A-val képezett vegyülete
MMK -	megengedhető maximális koncentráció
montmorillonit -	alumínium-oxidot és szilícium-dioxidot tartalmazó agyagásvány, rétegszilikát
muszkovit -	kőzetalkotó ásvány, kálium-alumínium-szilikát csillám
NAD -	nikotinsavamid-adenin-dinukleotid
NADH -	redukált NAD
nekrózis -	elhalás, az életműködés megszűnése
OÉTI -	Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet
olivin -	bázisos kőzetek ásványa, magnézium vasszilikát
pankreász -	hasnyálmirigy
parakreatózis -	(parakreatosis) korpás bőrgyulladás, varasodás, törékeny, merev szőr; setésnél kérődzőknél a bendőfal gyulladásszerű elváltozása következhet be. A jelenség oka elsődleges vagy másodlagos Zn-hiány.
paratuberkulózis -	(paratuberculosis) álgümőkóros bélgyulladás, idült vagy félheveny megbetegedés szarvasmarhánál
peptidáz - peptidhidroláz,	a peptidkötés hasítását katalizáló enzim (III. osztály)
perklorát -	perklórsav (HClO_4) anionja
permeabilitás -	áteresztőképesség, membránon keresztül történő anyagáthatolás

piroxén -	(pyroxen) vas-magnézium-szilikát összetételű kőzetalkotó ásvány
placenta -	méhlepény
plagioklász -	gyakori kőzetalkotó ásvány, földpát
policitémia - (polycythaemia)	vérviszkozitás, eritrocitaszám és vérnyomás növekedéssel együttjáró betegség
porfirin -	a négy pirrolgyűrűt tartalmazó, aromás porfin szubsztituált származéka
poszteriális paralízis - (posterialis paralysis)	a hátsó testfél bénulása
ppb -	koncentráció (pars pro billion), 10^{-9} rész, mg/kg
ppm -	koncentráció (pars pro million), 10^{-6} rész, mg/kg
pszoriázis - (psoriasis)	pikkelysömör
rachitis -	angolkór, D-vitaminhiányból fakadó csontfejlődési zavar
radiocézium -	radioaktív cézium, pl. ^{137}Cs
radiojód -	radioaktív jód, pl. ^{131}I
radionuklid -	radioaktív izotóp, radioaktív izotóp atommagja
radiostroncium -	radioaktív stroncium, pl. ^{90}Sr
rain out -	kiesőzés, a felhőzónában lévő anyagok esővízbe jutása, a nedves fall-out része
rezisztencia -	ellenállóképesség, védekezőképesség a kórokozókkal, illetve az egészséget károsító külső tényezőkkel szemben
ribonukleáz -	a ribopolinukleotidok, ribonukleinsavak kisebb egységekre bontását katalizáló enzim
rodanid -	ld. tiocianát
rutil -	barna vagy szürke színű, fontos titánérc

struma -	golyva, a pajzsmirigy szövettúltengése, pl. jóddhiány következtében
szerin -	nem esszenciális aminosav, amino-hidroxid-propionsav
szerpentin -	zöld színű magnézium-szilikát kőzet
szorpció - elnyelés, az abszorpció, adszorpció és kemoszorpció gyűjtőneve	
szukcinil-koenzim A -	a citrátciklusban keletkező, nagy energiájú vegyület
sulfatáz -	szulfát észteráz, a kénsav savanyú észtereit hidrolizáló enzim (III. osztály)
timusz - (thymus)	a szegycsont mögötti, később visszafejlődő szerv, amelynek fontos szerepe van az immunrendszer kialakulásában; csecsemőmirigy
tiocianát -	R-SCN általános képletű tiociánsav só, illetve észter, rodanid
tironin -	tirozin-vegyület, jódszármazéka pajzsmirigy hormon
tiroxin -	a pajzsmirigyben termelődő, fehérjéhez kötve keringő hormon
TITAVIT -	titántartalmú hozamnövelő szer, kálium-aszkorbino-titanát (IV)-komplex
transzamináz -	aminosav-transzferáz
transzferáz -	gyökök átvitelét katalizáló enzim (II. osztály)
transzfer faktor -	átviteli tényező, diszkriminációs faktor, arra utal, hogy a kérdéses anyagnak mekkora hányada kerül át a biológiai láncfolyamat következő elemébe
transzspiráció -	párologtatás, a sztómákon keresztül történő vízvesztés
transzurán -	az uránál nagyobb rendszámú, mesterségesen előállított radioaktív elem
treonin -	esszenciális aminosav, amino-hidroxidi-vajsav

triász -

a földtörténeti középkor első szakasza

ureáz -

a hidrolázokhoz (III. osztály) tartozó enzim, a karbamid (urea) erreverzibilis hidrolízisét katalizálja

urémia -

húgyvérűség, a veseműködés leállása miatt a nitrogéntartalmú anyagok felszaporodása

wash-out -

kimosódás, a nedves fall-out része, a felhő alatti légtér megtisztulása a csapadék hatására

WHO -

World Health Organization, Egészségügyi Világszervezet

xylem - (xilem)

a szállító szövetrendszer farésze, fő funkciója a vízszállítás

Magyar nyelvű irodalom

ANDRÁSI A.-BELEZNAY F.-né-DEME S.-FEHÉR I.-KOBLINGER L.-LANCSARICS GY.-LÁNG E.-LŐRINC M.-NAGY GY.-NÉMETH I.-SÁGI L.-SZABÓ P. P.-TOKAI G.-ZOMBORI P.: A Központi Fizikai Kutató Intézet Sugárvédelmi Főosztályának mérései a csernobili atomerőmű balesetének következtében létrejött sugárzási helyzetről (1986. ápr. 28 - jun. 12.) KFKI-1986-42/K, Budapest.

BELÁK S.-GYŐRI D.-SÁMSONI Z.-SZALAYS.-SZILÁGYI M.-TÓTH A. (1969): A mikroelem felvételének tanulmányozása a keszthelyi rétlápon I. Agrokémia és Talajtan. 18. 263-288.

BÉRES J. (1960): Adatok a burgonya leromlásának okaihoz. Agrokémia és Talajtan. 9. 535-348.

DARAB K.-KALMÁRF.-né (1980): Magyarország talajainak ^{90}Sr -szennyezettsége. Agrokémia és Talajtan. 29. 517-530.

FEHÉR D.-né (1981): Rövid összefoglalás a "TITAVIT" lombpermetezőszerrel végzett kísérleti eredményekről. Kertészeti Egyetem, Budapest.

FODOR PÉTER személyes közlése, 1986.

GYÖRGYI S.-KANYÁR B. (1972): Patkány vörösvértetek ^{137}Cs - és ^{42}K -transzportjának összehasonlítása izotópkinetikai modell segítségével. Izotóptechnika. 15(6), 298-303.

HARASZTI E.-VETTER J. (1986): Hazai gyepek szelénellátottságának vizsgálata. Állattenyésztés és Takarmányozás. 35.

KÁLLAI L.-TILL F.-né-KERESZTES M.-TANGL H. (1961): Adatok az ürükön végzett kihasználási kísérletek módszeréhez. A bárium-szulfát és a króm-dioxid mint indexanyag. Állattenyésztés. 10. 1. 15-36.

KERESZTES M.-JUHÁSZ B. (1980): A cézium anyagforgalmának vizsgálata patkányokon és sertéseken. ÁTK, Takarmányozási Kutató Intézet, kutatási jelentés.

NEDELKOVITS J. (Szerk.) (1968): Élelmiszerek és mezőgazdasági termékek radioaktivitásának kialakulása és a szennyezettség vizsgálati módszerei. MÉM, Budapest.

PAIS I. (1984): A mikroelemek jelentősége a mezőgazdasági termelésben, kutatásunk helyzete a világban. Kertészeti Egyetem Kiadványai. Budapest.

PAIS I.-BOKORI J.-NAGY B. (1982): A titán-kelát felhasználása a takarmányozásban. Kutatási eredmények. MÉM, Budapest. 237.

PAIS I.-FEHÉR M.-FARKAS E.-CORNIDES I. (1978): A titán hatása különböző növények klorofill tartalmára. Kertészeti Egyetem Közleményei. 41, 137-140.

PÉTERFI I. (1956): A növények táplálkozása. Mezőgazdasági és Erdészeti Állami Könyvkiadó, Bucuresti.

REGIUSNÉ MÖCSÉNYI Á.-ANKE M.-SZENTMIHÁLYI S. (1982): Összefüggések a növények Ni-tartalma és az állatok Ni-ellátottsága között. Állattenyésztés és Takarmányozás. 31. 4. 309-314.

REGIUSNÉ MÖCSÉNYI Á.-ANKE M.-SZENTMIHÁLYI S. (1983): Néhány jellemző takarmánynövény Li-tartalma és az állatok ellátottsága. Állattenyésztés és Takarmányozás. 32.5. 469-474.

REGIUSNÉ MÖCSÉNYI Á.-SZÜCS E.-ANKE M.-SZILÁGYI M.-SZENTMIHÁLYI S.-SÁRDI J.-KEMENES M.-ÁCS I. (1984): A Ni-ellátás hatása a növendékbikák hizlalási eredményeire és egyes biokémiai mutatók alakulására. Állattenyésztés és Takarmányozás. 33. 6. 315-322.

SZABÓ A. (1977): Konzervipari nyersanyagok és termékek nehézfém tartalma. Konzerv- és Paprikaipar. 153-156.

SZABÓ A.-BENDE E. (1975): Adatok egyes élelmiszerek lángfotometrián mért stroncium és cézium mennyiségének értékeléséhez. Élelmiszervizsgálati Közlemények. 21(4). 212-214.

SZABÓ A.-BENDE E.-KOVÁCS V. (1976): Adatok egyes növények cézium- és stronciumtartalmáról. Növénytermelés. 25(3), 225-229.

SZABÓ A.-BENDE E.-KOVÁCS V. (1977): Adatok a kukorica, a búza és a bab cézium- és stronciumfelvételének vizsgálatáról. Agrokémia és Talajtan. 26(1-2), 55-62.

SZABÓ A.-KOVÁCS V. (1976): Adatok egyes növények stroncium- és céziumtartalmáról, és a stroncium és cézium felvételét befolyásoló tényezőkről. I-II. Botanikai Közlemények. 62(4), 255-257. 1975.; 63(2). 149-153. 1976.

SZABÓ A.-MEZEI I. (1978): Adatok a tej radiostroncium-szennyezettsége és kalcium tartalma közötti összefüggésről. Tejipar. 27(1). 25-26.

SZABÓ A.-MEZEI I. (1979): A tej és a takarmány ^{90}Sr -szennyezettsége és Ca-tartalma közötti összefüggés vizsgálata. Állattenyésztés. 28(5). 463-466.

SZABÓ S. A. (1980): A ^{137}Cs és ^{90}Sr biológiai felezési idejének számítása a kálium- és kalcium-anyagsere alapján. Izotóptechnika. 23(2). 77-83.

SZABÓ S. A. (1981): A radiostroncium és radiocézium biológiai felezési idejének számítása különböző állatfajokra a Ca- és K-anyagsere alapján. Állattenyésztés és Takarmányozás. 30(6). 559-563.

SZABÓ S. A. (1982): A stroncium és a cézium biológiai felezési idejének számítása baromfira és házinyúlra vonatkozóan a kalcium- és káliumanyagcsere alapján. Baromfityényszerzés és Feldolgozás. 29(1). 28-36.

SZABÓ S. A. (1984): A sportolók mikroelem-szükséglete és -ellátottsága I-II. Testnevelés és Sporttudomány. 14(2). 20-25. 1983.; 15(1-2). 40-44. 1984.

SZABÓ S. A. (1985): Radioökológia és környezetvédelem. Biológiai környezetünk védelme sorozat, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

SZABÓ S. A.-DAMSGAARD E.-HEYDORN K. (1986): Vanádiummeghatározás INAA mérés technikával talaj- és növénymintákban. Izotóptechnika. 29(4). 279-282.

SZABÓ S. A. (1986): Aktivációs analízis az élelmiszer-kémiában. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

SZABÓ S. A. (1987): A radioaktív szennyeződés megjelenése biológiai környezetünkben. Biofizeték sorozat. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

SZABÓ S. A.-BENDE E. (1981): Egyes emlősök, madarak és halak csonthamujának Ca-, Sr-, Mg- és P-tartalma. Magyar Állatorvosok Lapja. 36(6). 404-406.

SZTANYIK B. L. (szerk.) (1979): A fokozott atomerőművi építés sugárbiológiai kockázata. OMFB, 20-1-7110-It. Budapest.

TÓTH K.-SUGÁR E. (1983): Magyarország ivóvizeinek fluorid-tartalma. Orvosi Hetilap. 124(51). 3091-3095.

TÖRÖKI. (1972): Az ország különböző pontjairól származó talajminták ^{90}Sr -szennyezettsége. Agrokémia és Talajtan. 21. 315-320.

TÖRÖK I.-KOVÁCS J. (1973): A talajok radioaktív szennyezettsége az ország különböző pontjain. Izotóptechnika. 16. 21-31.

VECSEI T.-HARMAT L.-né (1962): Mikroelemek hatása zöldségnövények fejlődésére. Debreceni Agrártudományi Főiskola Tudományos Közleményei. 403-409.

Angol és német nyelvű irodalom

ADRIANO, D. C. (1985): Sources, essentiality and biogeochemical cycling of trace elements. Proc. Int. Symp. "New results in the research of hardly known trace elements". Budapest, Hungary, 6-8. June, 1984, University of Horticulture. ed.: I. Pais, p. 261-299.

- ADRIANO, D. C. (1986): Trace elements in the terrestrial environment. Springer, New York-Berlin.
- AHMED, S.-EVANS, H. J. (1960): Cobalt: a micronutrient element for the growth of soyabean plants under symbiotic condition. Soil Sci. 90. 205-210.
- ALLAWAY, W. H. (1968): Trace element cycling. Adv. Agron. 20. 235-274.
- ALDRICH, D. C.-BUCHANAN, J. R.-BRADFORD, G. R. (1955): Effect of soil acidification on vegetative growth and leaf composition of lemon trees in pot cultures. Soil Sci. 79. 427.
- AMMERMAN, C. B.-HANSARD, S. L. (1978): Toxicity of vanadium in sheep. In: KIRCHGESSNER, M.: Trace element in man and animals. 3. 614-616. Inst. Tierernährung, Tech. Univ. München, Freising-Weihenstephan.
- ANKE, M. (1972): In: HENNIG, A.: Mineralstoffe, Vitamine, Ergotropika. VEB., Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- ANKE, M. (1973): Kupfermangelbedingte Störungen bei Schafen und Rindern. Mh. Vet. Med. 28. 291-298.
- ANKE, M. (1986): Mineralstoffe. In: MACHHOLZ, R.-LEWERENZ, H. J.: Lebensmitteltoxikologie. Akademieverlag, Berlin.
- ANKE, M.-ARNHOLD, W.-GROPPEL, G.-RICHTER, G.-MEIXNER, B.-ANGELOW, L. (1987): Influence of lithium on feedintake, growth and egg-production of broilers and laying hens. Proc. "New results in the research of hardly known trace elements" Int. Symp. 30. June - 2. July, 1986, Univ. Hort. Food Ind., Budapest, ed.: I. Pais, p. 41-55.
- ANKE, M.-GROPPEL, B.-LÜDKE, H. (1972): Kupfermangel bei Wiederkäuern in der DDR. Tierzucht. 26. 56-58.
- ANKE, M.-GRÜN, M.-DITTRICH, G.-GROPPEL, B.-HENNIG, A. (1974): Low Nickel rations for growth and reproduction in pigs. 715-718. In: HOEKSTRA, W. G.-SUTTIE, J. W.-GANTHER, H. E.-MERTZ, W.: Trace element metabolism in animals - 2. University Park Press. Baltimore, Md.
- ANKE, M.-GRÜN, M.-DITTRICH, B.-GROPPEL, B.-HENNIG, A. (1974) cit: ANKE, M. et. al (1984): Nickel an essential trace-element. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente. 404-418. Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- ANKE, M.-GRÜN, M.-GROPPEL, B.-PARTSCHEFELD, M. (1975): Die Spurenelementversorgung der Wiederkäuer in der DDR. 3. Mitt. Die Zinkversorgung. Arch. Tierernährung. 25.5. 379-391.
- ANKE, M.-KRONEMANN, H.-GROPPEL, B.-HENNIG, A.-MEISSNER, D.-SCHNEIDER, H. J. (1980): The influence of nickel-deficiency on growth reproduction, longevity and different

longevity and different biochemical parameters of goats, Nickel 3. Spurenelement Symposium, Karl-Marx-Universität, Leipzig, 3-10.

ANKE, M.-GRÜN, M.-KRONEMANN, H. (1980): The capacity of different organs to indicate the nickel level. In: ANKE, M. et al.: Nickel 3. Spurenelement Symposium, Karl-Marx-Universität, Leipzig.

ANKE, M.-GRÜN, M.-GROPPEL, B.-KRONEMANN, H. (1981): The biological importance of lithium. In: ANKE, M.-SCHNEIDER, H. J.: Mengen- und Spurenelemente. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

ANKE, M.-GROPPEL, B.-GRÜN, M.-KRONEMANN, H.-RIEDEL, E. (1981): Effect of Li-poor rations in ruminants. In: SZENTMIHÁLYI S.: Int. Conference on Feed Additives. Hung. Soc. Agricult. Sci., Budapest.

ANKE, M.-GRÜN, M.-GROPPEL, B.-KRONEMANN, H. (1982): Die Bedeutung des Nickels für den Menschen. Zbl. Pharm. 121. 474.

ANKE, M.-GRÜN, M. (1982): Mineralstoffe 6. Erfahrungen, Ergebnisse, Entwicklungen. Land- und Nahrungswirtschaft, Gera, und Agr. Ges. Tierernährung, Leipzig.

ANKE, M.-GROPPEL, B.-KRONEMANN, H. (1982): Lithiumversorgung und Lithiumstatus von Tier und Mensch. F/E Bericht, Karl-Marx-Universität, Leipzig.

ANKE, M.-SZENTMIHÁLYI S.-REGIUS Á.-GRÜN, M. (1985): Essentiality of Nickel for flora and fauna. Proc. of Int. Symp. "New results in the research of hardly known trace elements" Budapest, Hungary, 6-8, June, 1984, Univ. Hort., ed.: I. Pais, p. 15-60.

ANKE, M.-SCHWARTZ, S.-GROPPEL, B.-GRÜN, M.-KRONEMANN, H.-JANUS S. (1982): Der Einfluss von Jod und Zink auf den Futterverzehr, die Lebendmassebildung und den Futteraufwand von wachsenden Schweinen mit glikosinolatreichen Rapsextraktionsschrot im Alleinfutter. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente. 381-394. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

ANKE, M.-HENNIG, A.-GROPPEL, B.-SEFFNER, W.-KRONEMANN, H. (1982): Der Einfluss von Jod und Zink auf den Jod-, bzw. Zinkstatus und die Schilddrüsenfunktion von wachsenden Schweinen mit glukosinolatreichen Rapsextraktionsschrot im Alleinfutter. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente. 395-406. Karl-Marx Universität, Leipzig.

ANKE, M.-PARTSCHEFELD, M.-KURSA, J.-KROUPOVA, V. (1983): Die Selenmangelmyopatie. Wiss. Zeitschr. Friedrich-Schiller-Universität, Jena. Math. Nat. Wiss. R. 32. 809.

ANKE, M.-GROPPEL, B.-KRONEMANN, H.-FÜHRER, E. (1983): Influence of vanadium deficiency on growth, reproduction and life expectancy of female goats. In: ANKE, M.-BAUMANN, W.-BRAUNLICH, H.-BRÜCKNER, CHR.: Spurenelementensymposium 4. 135-141. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

- ANKE, M.-GROPPEL, B.-KRONEMANN, H.-KOSLA, T. (1984): Vanadium deficiency in ruminants. Trace element metabolism in man and animals. 5. 46. Aberdeen UK.
- ANKE, M.-GROPPEL, B.-KOSLA, T. (1984): Die biologische Bedeutung des Vanadiums für den Wiederkäuer. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente. 451-467. Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- ANKE, M.-GROPPEL, B.-KRONEMANN, H.-GRÜN, M. (1984): On the biological importance of tungsten for the fauna. Trace element metabolism in man and animals. 5. 134. Aberdeen UK.
- APPENROTH, D.-BRAUNLICH, H. (1985): Der Einfluss von Natriumdichromat auf die Nierenfunktion von Ratten unter besonderer Berücksichtigung der Proteinausscheidung. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente. 137-142. Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- ARNON, D.-WESSEL, G. (1983): Vanadium as an essential element for green plants. *Nature*. 172. 1039-1040.
- BAASTRUP, P. G.-CHRISTIANSEN, C.-TRAUSBOL, I. (1978): Calcium metabolism in lithium treated patients. *Acta psychiat scand*. 57. 124.
- BALA, J. M.-KOPYLOVA, L. M. (1971): Probl. Tuberkuleza (Moskva), 49. 63. In: OEHME, F. W.: Toxicity of heavy metals in the environment (1979), Part 2. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.
- BARTLEY, J. C.-REBER, E. F. (1961): Toxic effects of stable strontium in young pigs. *J. Nutr.* 75. 21.
- BECKER, C. H.-ENGLER, E.-HOEBBEL, D.-RÜKLMANN, K. (1983): Zur Reaktion des Lipidblutspiegels auf orale Siliziumapplikationen bei der Ratte. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente. Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- BECKER, C. H.-SCHWARTZ, A.-MATTHISA, D.-WOOSMANN, H.-ENGLER, E. (1982): Zur Problematik der biologischmedizinischen Bedeutung des Siliziums. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente. Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- BELILES, R. P. (1979): The lesser metals. In: Toxicity of heavy metals in the environment, Part 2. Ed.: OEHME, F. W. Marcel Dekker, Inc., New York-Basel.
- BENOY, C. J.-HOOPER, P. A.-SCHNEIDER, R. (1971): The toxicity of tin in canned fruit juices and solid foods. *Food Cosmet. Toxicol.* 9. 645.
- BERG, I. R. (1963): Evidence of vanadium toxicity resulting from the use of certain commercial phosphorus supplements in chick rations. *Poult Sci.* 42. 766.

BERGMANN, W. (1980): Gesamt- und pflanzenverfügbare Nickelgehalte anorganischer Böden - Literaturauswertung. Nickel 3. Spurenelement Symposium, 193-200. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

BASSAM, EL. N.-THORMAN, A. (1979): Potentials and limits of organic wastes in crop production. *Compost Sci. Land Utilization*. 20(6).

BEAR, F. E. (1964): *Chemistry of the soil*. London.

BENDZ, G.-LINDQUIST, I. (ed.) (1978): *Biochemistry of silicon and related problems*. Plenum Press, New York, London.

BERROW, M. L.-WILSON, M. J.-REAVES, G. A. (1978): Origin of extractable titanium and vanadium in the A horizons of Scottish podzols. *Geoderma*. 21. 89-103.

BERSCHNEIDER, F. (1972): In: WIESNER, E.: *Gesundheitliche Aspekte der Fleischschweinproduktion - Stellungen- und Gliedmassenanomalien*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.

BINGHAM, F. T.-PAGE, A. L.-BRADFORD, G. R. (1964): Tolerance of plants to Lithium. *Soil Sci.* 98. 3-8.

BLOOM, G.-SWENSON, A. (1958): The reaction of thrombocytes to intravenously injected suspensions of submicroscopic particles. *Acta Med. Scand.* 162. 423.

BOKORI J.-NAGY B.-PAIS I. (1985): Application of titanium-ascorbate in animal feeding. *Proc. Int. Symposium "New results in the research of hardly known trace elements"*. Budapest, Hungary, 6-8. June, 1984. Univ. of Hort. ed.: I. Pais. 212-221.

BOGDAN, J. D.-HIGASHINO, H.-LAVENHAR, M. A.-JR. BAUMANN, J. W.-KAMP, F. W.-ARW, A. (1982): Balance and tissue distribution of vanadium after short-term ingestion of vanadate. *J. Nutr.* 112. 2279.

BOWEN, H. J. M. (1966): *Trace elements in biochemistry*. Academic Press, London-New York.

BRADFORD, G. R. (1963): Lithium survey of California's water resources. *Soil Sci.* 96. 77-81.

BRADFORD, G. R. (1966): In: CHAPMAN, H. D.: *Diagnostic criteria for plants and soils*. 33-61. University of California, Berkeley.

BRADFORD, G. R.-PRATT, P. F. (1961): Separation and determination of Lithium in irrigation water plant material and soil extracts. *Soil Sci.* 91. 189-193.

BROOKS, R. R.-MORRISON, R. S.-REEVES, R. D.-MALAISSE, F. (1978): Copper and cobalt in African species of *Aeolanthus* Mart. *Plant and Soil*. 50. 503-507.

BROWN, T.-SHRIFT, A. (1982): Selenium: toxicity and tolerance in higher plants. *Biological Reviews*. 57. 59-84.

BUNCE, H. W. F. (1985): Apparent stimulation of tree growth by low ambient levels of fluoride in the atmosphere. *J. Air Pollution Cont. Assoc.*, 35(1), 46-48.

BYRNE, A. R.-KOSTA, L. (1978): Vanadium in foods and in human body fluids and tissues. *Sci. Total Environment*. 10. 17.

CARLISLE, E. M. (1974): Silicon as an essential element. *Fed. Proc.* 33. 1758.

CARLISLE, E. M. (1978): A requirement for silicon in bone formation independent of Vitamin D. In: KIRCHGESSNER, M.: Trace element metabolism in man and animals 3. 253-258. Institut Tierernährungsphysiologie, Tech. Univ. München, Freising-Weihenstephan.

CHATIN, J. (1851): cit: GROPPPEL, B.-ANKE, M.-HENNIG, A. (1986): Jodversorgung und Jodstatus des Wiederkäuers. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente. 287-305. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

CHMIELNICHAK, A. J.-SZYMANSKA, J. A.-SNIEC, J. (1981): *Arch. Toxicol.* 47. 4. 263. Cit.: KLEIN, S.-WOGGON, H.: Zinn- und Organozinnverbindungen unter besonderer Berücksichtigung von Biotransformationsreaktionen. In: ANKE, M. et al. (1982): Mengen und Spurenelemente. 123-134. Wissensch. Publikationen, Karl-Marx-Universität, Leipzig.

CHRISTIE, H. R.-MACKAY, J.-FISCHER, A. M. (1963): Pulmonary effects of inhalation of titanium dioxide by rats. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 24. 42.

CLEMENTE, G. F. (1976): Trace element pathways from environment to man. *J. Radioanal. Chem.*, 32. 25-41.

CLEMENTE, G. F.-ROSSI, L. C.-SANTARONI, G. P. (1977): Trace element intake and excretion in the Italian population. *J. Radioanal. Chem.*, 37. 549-558.

COHEN, B. B. (1940): *Plant Physiol.* 15. 755. cit. SHAMBERGER, R. J.: Beneficial effects of trace elements, 689-796. In: OEHME, F. W. (1978): Toxicity of heavy metals in the environment. Part 1. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.

COLVIN, L. B.-CREGER, C. R. (1967): Stable strontium and experimental bone anomalies. *Med. Proc.* 25. 416.

COLVIN, L. B.-CREGER, C. R.-FERGUSON, T. M.-CROOKSHANK, H. R. (1972): Experimental epiphyseal cartilage anomalies by dietary strontium. *Poult. Sci.* 51. 576.

COMAR, C. L.-DAVIS, G. K.-TAYLOR, R. F. (1946): Cobalt metabolism studies, radioactive Co-procedures with rats and cattle. Arch. Biochem. 9. 149.

COMAR, C. L.-WASSERMANN, R. H. (1964): Strontium. 523-572. In: COMAR, C. L.-BRONNER, F.: Mineral Metabolism. Vol. 2. Academic Press, New York.

COUGHTREY, P. J.-JACKSON, D.-THORNE, M. C. (1983): Tin. In: Radionuclide distribution and transport in terrestrial and aquatic ecosystems. A critical review of data. Volume 3. Rotterdam, Netherlands. 229-262.

CROOKE, W. M. (1956): Effect of soil reaction on uptake of nickel from a serpentine soil. Soil Sci. 81. 269-276.

CURRAN, G. L. (1954): Effect of certain transition group elements on hepatic synthesis of cholesterol in the rat. J. Biol. Chem. 210. 765.

DAMSGAARD, E.-HEYDORN, K.-SZABÓ S. A. (1986): Determination of V-content in soil and plant samples. Int. Agrophysics, 2(4), 341-343.

DAVIS, R. D.-BECKETT, H. T.-WOLLAN, E. (1978): Critical levels of twenty potentially toxic elements in young spring barley. Plant and Soil. 2. 395-408.

DILWORTH, M. J.-ROBSON, A. D.-CHATEL, D. L. (1979): Cobalt and nitrogen fixation in *Lupinus angustifolius* L. Nodule formation and function. New Phytologist. 83. 63-79.

DOBERENZ, A. R.-WEBER, C. W.-REID, B. L. (1969): Effect of high dietary strontium levels on bone and egg shell calcium and strontium. Calcif. Tissue Res. 3. 180.

DRECHSEL, V. (1977): cit.: OEHME, F. W. (1979): Toxicity of heavy metals in the environment. Part 2. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.

ELWOOD, J. C. (1983): Chrom. In: ZUMKLEY, H.: Spurenelemente. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York.

ESKEW, D. L.-WELCH, R. M.-CARY, E. E. (1983): Nickel, an essential micronutrient for legumes and possibly all higher plants. Science, 222/11/, 621-623.

FEHÉR M.-PAPP K.-PAIS I. (1985): New results in the application of titanium-ascorbate as a plant-conditioning product. Proc. Int. Symp. "New results in the research of hardly known trace elements". Budapest, Hungary, 6-8. June, 1984. Univ. of Hort. ed.: I. Pais. 197-211.

FEHÉR M.-KÁRÁR K.-SZABÓ Z.-GOMBKÖTŐ G.-LOHONYAI O.-PAIS I. (1980): The role of titanium in plant life 2. Foliar nutrition of alfalfa with titanium solution. Acta Agr. Acad. Sci. Hung. 29. 71-76.

FEHÉR M.-PAPP K.-FODOR P.-PAIS I. (1987): The effect of titanium on the uptake of other nutritive elements. Proc. Int. Symp. "New results in the research of hardly known trace elements" 30. June - 2 July 1986. Univ. Hort. Food Ind. Budapest, ed.: I. Pais, p. 113-126.

FERN, V. H.-CARPENTER, S. J. (1967): Nature. 216. 1123. Cit.: OEHME, F. W. (1978): Toxicity of heavy metals in the environment Part 1. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.

FISH, R. E.-SWANZON, E. W. (1977): Iodine tolerance of calves, yearlings, dry cows, and lactating cows. J. Dairy Sci. 60. 151.

FLEISCHMANN, A. J.-LENZ, P. H.-BIERENBAUM, M. L. (1974): Effect of lithium upon lipid metabolism in rats. J. Nutr. 104. 1242.

GABBEDY, B. J. (1971): Effect of selenium on wool production, body weight and mortality of young sheep in Western Australia. Austral. Vet. J. 47. 318-322.

GISSEL-NIELSEN, G. (1974): The fate of selenium added to agricultural crops. "Comparative studies of food and environmental contamination". IAEA, Vienna, 1974; IAEA-SM-175/1, 333-339.

GISSEL-NIELSEN, G. (1975): Selenium concentration in Danish forage crops. Acta Agriculturae Scandinavica, 25.

GISSEL-NIELSEN, G. (1977): Control of selenium in plants. Riso report, No. 370, Riso, National Laboratory, Denmark, Nov. 1977.

GISSEL-NIELSEN, G. (1978): Possible sources of selenium for Danish soils and plants. Nordic Symposium on Geomedicine, Oslo, May. 1978.

GISSEL-NIELSEN G.-BISBJERG, B. (1970): The uptake of applied selenium by agricultural plants. The utilization of various selenium compounds. Plant and Soil, 32. 382-396.

GISSEL-NIELSEN G.-GISSEL-NIELSEN M. (1973): Ecological effects of selenium application to field crops. Ambio, 2(4). 114-117.

GREENWOOD, D. A.-SHUPE, J. L.-STODDARD, G. E.-HARRIS, L. E.-NIELSEN, H. M.-OLSON, L. E. (1964): Fluorosis in cattle. Utah Agric. Exp. Stn. Spec. Rep. 17. Logan. Utah. 36.

deGROOT, A. P. (1973): Subacute toxicity of inorganic tin as influenced by dietary levels of iron and copper. Food Cosmet. Toxicol. 11. 955.

deGROOT A. P.-FERON, V. J.-TIL, H. P. (1973): Short term toxicity studies in some salts and oxides of tin in rats. Food Cosmet. Toxicol. 11. 19.

- GROPPEL, B. (1983): Die Bedeutung des Jods für Schwein und Wiederkäuer. In: ANKE, M. et. al.: Mengen und Spurenelemente. 348-369. Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- GROPPEL, B.-ANKE, M.-HENNIG, A. (1984): Einige Aspekte zum Jodbedarf und zur Jodversorgung. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente. 490-498. Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- GROPPEL, B.-ANKE, M.-HENNIG, A. (1986): Jodversorgung und Jodstatus des Wiederkäuers. In: ANKE, M. et. al.: Mengen und Spurenelemente. 287-305. Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- GROSSE-BRAUCKMANN, E. (1956): Influence of N, CaO and P_2O_5 on SiO_2 uptake by cereals. Landw. Forsch. 9. 196-203.
- GRÜN, M.-ANKE, M.-REGIUS Á.-SZENTMIHÁLYI S. (1980): The nickel status of cow, sheep and horse in the GDR and Hungary, Nickel 3. Spurenelement Symposium, 245-252. Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- GUPTA, U. C. (1985): Effect of some rare elements on the yield and tissue content of the elements for some crops. Proc. Int. Symp. "New results in the research of hardly known trace elements." Budapest, Hungary. 6-8. June, 1984. Univ. of Hort. ed. I. Pais, p. 83-91.
- HALLSWORTH, E. G.-WILSON, S. B.-GREENWOOD, R. A. N. (1960): Copper and cobalt in nitrogen fixation. Nature. 187. 79-80.
- HAMDY, A. A.-GISSEL-NIELSEN, G. (1976): Relationships between soil factors and selenium content of Danish soils and plants. Riso Report No. 349. National Laboratory, Denmark, Sept. 1976.
- HAMILTON, E. I.-MINSKI, M. J.-CLEARY, J. J. (1972/73): The concentration and distribution of some stable elements in healthy human tissues from the United Kingdom (an environmental study). Sci. Total Environment. 1. 341.
- HANSARD, S. K. (1975): Toxicity and physiological movement of vanadium in the sheep and rat. Ph. D. thesis. University of Florida. Gainesville.
- HANSARD, S. K.-AMMERMANN, C. B.-FICK, K. R.-MILLER, S. M. (1978): Performance and vanadium content of tissues in sheep as influenced by dietary vanadium. J. Anim. Sci. 46. 1091.
- HANSARD, S. L. (1983): Microminerals for ruminant animals. Nutrition Abstracts and Reviews, Series B. 53. 1-24.
- HAZLETT, P. W.-RUTHERFORD, G. K.-LOON, G. W. (1960): Metal contaminants in surface soils and vegetation as a result of nickel/copper smelting at Coniston, Ontario, Canada. Reclamation and Revegetation Research. 1983. 2. 123-137.

HENNIG, A. (1972): Mineralstoffe, Vitamine, Ergotropika. VEB Deutsche Landwirtschaftsverlag, Berlin.

HERIGSTAD, R. R.-WHITEHAIR, C. K.-OLSON, O. E. (1973): Inorganic selenium toxicosis in young swine: Comparison of pathologic changes with those in swine with vitamin E selenium deficiency. *Am. J. Veter. Res.* 34. 1227.

HEWITT, E. J. (1966): Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. London.

HEWITT, E. L. (1971): Trace elements in plants: biochemical aspects. *Tech. Bull.* 21. 21-34.

HEYDORN, K.-DAMSGAARD, E. (1982): Evaluation of botanical reference materials for the determination of vanadium in biological samples. *J. Radioanal. Chem.* 69(1-2), 131-146.

HIDIROGLOU, M.-CARSON, R. B.-BROSSARD, S. A. (1965): Influence of selenium on the selenium contents of hair and on the incidence of nutritional muscular disease in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 45. 197.

HIDIROGLOU, M.-HOFFMANN, J.-JENSINS, K. J. (1970): In: MILLS, C. P.-LIVINGSTONE, S.: Trace element metabolism in animals. 272-275. Edinburgh-London.

HILL, C. H.-MATRONE, G. (1970): Chemical parameters in the study of in vivo and in vitro interactions of transition elements. *Fed. Proc.* 29. 1474.

HILL, C. H. (1974): Reversal of selenium toxicity in chicks by mercury and cadmium. *J. Nutr.* 104. 593.

HILL, C. H. (1979): The effects of dietary protein levels on mineral toxicity in chicks. *J. Nutr.* 109. 501.

HOPKINS, L. L.-MOHR, H. E. (1971): Effect of vanadium deficiency on plasma cholesterol of chicks. *Fed. Proc.* 30. 462.

HOPKINS, L. L.-MOHR, H. E. (1971): The biological essentiality of vanadium 195-213. In: MERTZ, W.-CORNATZER, W. E.: Newer trace elements in nutrition. Marcel Dekker, New York.

HOPKINS, L. L.-MOHR, H. E. (1974): Vanadium as an essential nutrient. *Fed. Proc.* 33. 1773.

HUCK, D. W.-CLAWSON, A. J. (1976): Excess dietary cobalt in pigs. *J. Anim. Sci.* 43. 1231.

International Commission on Radiological Protection (ICRP). Report of the task group on reference man. Pergamon Press, Oxford, 1975.

IZAK-BIRAN, T.-GUINN, V. P. (1980): Determination of cesium and potassium in marine species by neutron activation analysis. *J. Radioanal. Chem.* 55(1), 61-67.

JACKSON, M. L. Chemical composition of soils. In: BEAR, F. E.: *Chemistry of the soil*. 1964. London.

JEEJEEBHOY, K. N.-CHU, R. C.-MARLISS, E. B.-GREENBERG, R. R.-BRUCE-ROBERTSON, A. (1977): Chromium deficiency, glucose tolerance and neuropathy reversed by chromium supplementation in a patient receiving long term parenteral nutrition. *Amer. J. Clin. Nutr.* 30. 531.

JENSEN, L. S.-MAURICE, D. V.-MURRAY, M. W. (1978): Evidence for a new biological function of chromium. *Fed. Proc.* 37. 404.

JOHNSON, F. N. (1979): The psychopharmacology of lithium. *Neuroscience and biobehavioral Reviews*. 3. 15.

JONES, L. H. P.-HANDRECK, K. A. (1967): Silica in soils, plants and animals. *Adv. Agron.* 19. 107.

KEHOE, R. A.-CHOLAK, H.-STOREY, R. V. (1940): A spectrochemical study of the normal ranges of concentration of certain trace metals in biological materials. *J. Nutr.* 19. 579.

KERRY, R. J.-LIEBLING, L. J.-OWEN, G. (1970): Weight changes in lithium responders. *Acta psychiat. scand.* 46. 238.

KERSTEN, L.-BARTH, A. (1983): Age dependent differences in the excretion routes of lithium in rats. In: ANKE, M. et al.: *Li 4. Spurenelementensymposium* 215-218. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

KIMURA, S.-KAWAMURA, M.-SHUDO, N.-PAIS I. (1985): Nutritional studies on titanium ascorbate. *Proc. Int. Symp. "New results in the research of hardly known trace elements"* Budapest, Hungary, 6-8. June, 1984. Univ. of Hort. ed. I. Pais, p. 239-249.

KIRCHGESSNER, M.-REICHLMAYER-LAIS, A. M. (1983): Bedarf und Verwertung von Spurenelementen. In: ZUMKLEY, H.: *Spurenelemente*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.

KIRCHGESSNER, M.-SCHNEGG, A. (1976): *Arch. Tierernährung*. 26. 773. In: ANKE, M. et al. (1980): *Nickel 3. Spurenelement Symposium*, Karl-Marx-Universität, Leipzig.

KIRCHGESSNER, M.-SCHNEGG, A. (1980): Kohlenhydratstoffwechsel in Nickelmangel. In: ANKE, M. et al.: *Nickel 3. Spurenelement-Symposium*, 23-26. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

KIRCHGESSNER, M.-SCHNEGG, A. (1980): Eisenstoffwechsel in Nickelmangel. In: ANKE, M. et al.: Nickel 3. Spurenelement Symposium. 27-32. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

KLEIN, S.-WOGGAN, H. (1982): Zinn- und Organozinnverbindungen unter besonderer Berücksichtigung von Biotransformationsreaktionen. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente. 2. 123-134. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

KLEIN, S.-WOGGAN, H.-PLASS, R.-JEHLE, D.-ZYDEK, G.-NICKEL, B. (1983): Transmethylierungsreaktionen zwischen anorganischen Quecksilber und Organozinnverbindungen unter in vitro und in vivo Bedingungen. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente. 3. 78-92. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

KORKMAN, J. (1980): The effect of selenium fertilizers on the selenium content of barley, spring wheat and potatoes. J. of Sci. Agr. Soc. of Finland. 52. 495-504.

KOVALSKY, V. V. (1970): The geochemical ecology of organismus under conditions of varying contents of trace elements in the environment. In: MILLS, C. F.: Trace element metabolism in animals. 385-397. Livingstone, Edinburgh-New York.

KÖRBER, R.-WENZEL, R.-v. TÜRKE, R. (1984): Einfluss einer Jodmangelernährung bei Sauen und Färsen auf die Schilddrüsenfunktion, die Fruchtbarkeit und die Tiergesundheit. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente. 370-377. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

KÖRÖSE (1985): Silicon in the biological systems. Proc. Int. Symposium "New results in the research of hardly known trace elements". Budapest, Hungary, 6-8. June, 1984. Univ. of Hort. ed.: I. Pais, p. 250-260.

KRAUSE, W. (1962): Flora and vegetation on serpentine sites of the Balkan. Z. Pflanz. Düng. Bodenkunde. 99. 97-107.

LAMBERT, J.-SAPEK, A.-SAPEK, B. (1983): Lithium content in the grassland vegetation. In: ANKE, M. et al.: Lithium, 4. 52-57. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

LATRIETIS, J.-RUVALDS, I.-OZOLS, J.-MIEZITE, J. (1983): Der Lithiumgehalt von Schweine- und Kühenorganen. In: ANKE, M. et al.: Lithium 4. Spurenelementen Symposium. 90-93. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

LATSHAW, J. D. (1975): Natural and selenite selenium in the hen and egg. J. Nutr. 105. 32.

LEHMANN, K. B.-HERGET, L. (1927): Studien über die hygienischen Eigenschaften des Titanoxyds und des Titanweiss. Chemikerztg. 82. 793.

LI, T. K.-VALLEE, L. (1973): The biochemical and nutritional role of trace element. In: GOODHART, R. S.-SHIES, M. E.: Modern nutrition in health and disease. 5th. ed. 379-399. Lea-Febiger, Philadelphia.

LINES, F. W. (1935): The effect of the ingestion of minute quantities of cobalt by sheep affected with "coast disease" in preliminary note. Journal of the Council for Scientific and Industrial Research, Australia. 8. 117-119.

LING, J. R.-LEACH, R. M. (1979): Studies on nickel metabolism. Interaction with other elements. Poultry Sci. 58. 591-596.

LLOYD, L. E.-RUTHERFORD, B. E.-CRAMPTON, E. W. (1955): Ti-oxide and Cr-oxide as index materials for determining apparent digestibility, J. Nutr. 56. 265.

LOSEE, F.-CUTRESS, T. W.-BROWN, R. (1973): Trace elements in human dental enamel. Trace Substances in Environmental Health VII. University of Missouri, Columbia.

LUGO, G.-CASSADY-PALMISANO, P. (1969): Amer J. Dis. Child. 117. 328. In: OEHME, F. W. (1979): Toxicity of heavy metals in the environment. Marcel Dekker Inc. New York.

MacNICOL, R. D.-BECKETT, P. H. T. (1985): Critical tissue concentrations of potentially toxic elements. Plant and Soil. 85. 107-129.

MAGNAVAL, R. (1973): Vegetable pollution through the soil. Euratom (rep) No. 5000. 23.

MARSTON, H. R. (1939): Ruminant nutrition. Am. Rev. Biochem. 8. 557.

MARTINEZ, A.-CHURCH, D. C. (1970): Effect of various mineral elements on in vitro rumen cellulose digestion. J. of Animal sci. 31. 982-995.

MAURER, R. L.-DAY, H. G. (1970): The non-essentiality of fluorine in nutrition. J. Nutr. 62. 561.

McCAULEY, E. H.-LINN, J. G.-GOODRICH, R. D. (1973): Experimentally induced iodine toxicosis in lambs. Am. J. Vet. Res. 34. 65.

McCLENDON, J. F.-GERSHON-COBEN, J. (1953): Water-culture crops designed to study deficiencies in animals. J. Agric. Food Chem. 1. 464.

McCULLAGH, K. G.-EHRHART, L. A. (1974): Silica urolithiasis in laboratory dogs fed semisynthetic diets. J. Am. Vet. Med. Assoc. 164. 712.

MENGEL, K. (1972): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. VEB. G. Fischer Verlag, Jena, DDR.

MENGEL, K.-KIRKBY, E. A. (1978): Principles of Plant nutrition. Bern.

MERTZ, W.-SCHWARZ, K. (1955): cit.: MERTZ, W. et al.: Progress of chromium nutrition research. In: KIRCHGESSNER, M. (1978): Trace element metabolism in man and animals. 3. Int. Tierernährungsphysiologie, Freising-Weihenstephan.

MERTZ, W.-SCHWARZ, K. (1959): Relation of glucose tolerance to impaired glucose tolerance of rats on stock diets. *Amer. J. Physiol.* 196. 614.

MERTZ, W. (1967): Biological role of chromium. *Fed. Proc.* 26. 186.

MERTZ, W.-TOEPFER, E. W.-ROGINSKI, E. E.-POLANSKY, M. M. (1974): Present knowledge of the role of chromium. *Fed. Proc.* 33. 2277.

MERTZ, W. (1975): Effects and metabolism of glucose tolerance factor. *Nutr. Rev.* 33. 129.

MERTZ, W.-WOLF, W. R.-ROGINSKI, E. E. (1977): Relation of chromium excretion to glucose metabolism in human subjects. *Fed. Proc.* 36. 1152.

MESSER, H. H.-ARMSTRONG, W. D.-SINGER, L. (1972): Fertility impairment in mice on a low fluoride intake. *Science.* 177. 893.

MESSER, H. H.-WONG, K.-WEGNER, M.-SINGER, L.-ARMSTRONG, W. D. (1972): Effect of reduced fluoride intake by mice on hematocrit values. *Nature New Biol.* 240. 218.

MESSER, H. H.-ARMSTRONG, W. D.-SINGER, L. (1973): Influence of fluoride intake on reproduction in mice. *J. Nutr.* 103. 1319.

MICHEELS, H. (1906): *Rev. Sci. (Paris)* 5. 427. cit.: SHAMBERGER, R. J.: Beneficial effects of trace elements, 689-796. In: OEHME, F. W. (1978): Toxicity of heavy metals in the environment. Part 1. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.

MILTIMORE, J. E.-MASON, J. L.-McARTHUR, J. M.-STRACHON, C. C.-CLAPP, J. B. (1973): Response from copper and selenium with vitamin E injection to cattle pastured on mineral and organic groundwater soils. *Can. J. Anim. Sci.* 53. 237.

MITCHELL, R. L. (1948): The spectrophotographic analysis of soils, plants and related material. *Tech. Commun. Bur. Soil. Sci.* No. 44.

MITCHELL, R. L. (1955): Trace elements. In: Chemistry of the soil. Ed. Beer, F. E. Am. Chem. Soc. Monograph. Serice No. 126. Reinhold Publishing Corp. New York.

MITCHELL, R. L. (1957): The trace element content of plants. *Research (London)* 10. 357.

MORÉ, E.-COPPONET, M. (1980): Teneurs en sélénium des plantes fourragères. *Ann. Agr.* 31. 297-317.

MORROW, D. A. (1968): Acute selenite toxicosis in lambs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 152. 1625.

MÜLLER-OERLINGHAUSEN, B. (1977): 10 Jahre Lithium Katamnese. Nervenarzt. 48. 484.

National Research Council (NRC) (1974): Effects of fluorides in animals. National Academy of Sciences. Washington. D. C. 70.

National Research Council (NRC) (1980): National Academy of Sciences. Washington. D. C.

NEACHY, M. W.-SUNDERMANN, F. W. (1973): An. Clin. Lab. Sci. 3. 30. In: ANKE, M. et. al. (1980): Nickel 3. Spurenelement Symposium. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

NEWTON, G. I.-BARRICK, E. R.-HARVEY, R. W.-WISE, M. B. (1974): Iodine toxicity: Physiological effects of elevated dietary iodine on calves. J. Anim. Sci. 38. 499.

NEWTON, G. I.-CLAWSON, A. J. (1974): Iodine toxicity: Physiological effects of elevated iodine on pigs. J. Anim. Sci. 39. 879.

NIELSEN, F. H.-OLLERICH, D. A. (1973): Studies on a vanadium deficiency in chicks. Fed. Proc. 32. 929.

NIELSEN, F. H. (1974): Essentiality and function of nickel. 381-395. In: HOEKSTRA, W. G.-SUTTIE, J. W.-GANTHER, H. E.-MERTZ, W.: Trace element metabolism in animals. 2. University Park Press, Baltimore, Md.

NIELSEN, F. H.-UTHUS, E. O. (1977): The effect of vanadium deficiency on the activity of some enzyme involved with labile methyl and methionine metabolism in the chick. Fed. Proc. 36. 1123.

NIELSEN, F. H.-SHULER, T. R. (1979): cit.: NIELSEN, F. H. (1980): Interactions between essential trace and ultratrace elements (Ni-Iron; Ni-Copper). In: ANKE, M. et. al. (1980): Nickel 3. Spurenelement Symposium, Karl-Marx-Universität, Leipzig.

NIELSEN, F. H. (1980): Interactions between trace and ultratrace elements (Ni-Iron and Ni-Copper). In: ANKE, M. et. al.: Nickel 3. Spurenelement Symposium. 39-46. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

NIELSEN, F. H. (1980): Nickel deprivation in the rat: Effect on the absorption of ferric ions. In: ANKE, M. et. al.: Nickel 3. Spurenelement Symposium. 33-38. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

NIELSEN, F. H.-UHRICH, K. E.-SHULER, T. R.-UTHUS, E. O. (1983): Influence of vanadium deprivation on hematopoiesis and other biochemical parameters in iron deprived and adequate rats. In: ANKE, M.-BAUMANN, W.-BRAUNLICH, H.-BRÜCKNER, Chr.: Spurenelement Symposium 4. 127-134. Wiss. Publikationen Friedrich Schiller Universität, Jena.

- NIELSEN, F. H.-MERZ, W. (1984): Other trace elements. In: OLSON, R. E.-BROQUIST, H. F.-CHICHESTER, C. O.-DERBY, W. J.-KOLBYE, A. G.-jr. STALVES, R. M.: Present knowledge in nutrition. 5th. Edition. The Nutrition Foundation Inc. Washington DC. 507-618.
- NRIAGU, J. O. (1980): Nickel in the environment. U. K. John Wiley and Sons. 833.
- O'CONNEL, R. A. (1971): Lithium's site action. Cliese from side effect. *Compreh. Psychiat.* 12. 224.
- O'DELL, G. D.-MILLER, W. J.-KING, W. A.-ELLERS, J. C.-JURECEK, H. (1970): Effect of nickel supplementation and composition of milk. *J. Dairy Sci.* 53. 1545.
- O'DELL, G. D.-MILLER, W. J.-KING, W. A.-MOORE, S. L.-BLACKMON, D. M. (1970): Nickel toxicity in the young bovine. *J. Nutr.* 100. 1447.
- O'DELL, G. D.-MILLER, W. J.-MOORE, S. L.-KING, W. A. (1970): Effect of nickel as the chloride and the carbonate on palatability of cattle feed. *J. Dairy Sci.* 53. 1266.
- OEHME, F. W. (1978): Toxicity of heavy metals in the environment. Part 1. Marcel Dekker Inc. New York.
- OKUDA, A.-TAKAHASHI, E. (1978): The role of silicon. In: MENGEL-KIRKBY: The principles of plant nutrition. Bern.
- ORT, J. F.-LATSHAW, J. D. (1978): The toxic level of sodium selenite in the diet of laying chickens. *J. Nutr.* 108. 1114.
- PAISI-FEHÉR M.-FARKASE. (1979): The role of titanium in plant life. I. *Acta Agronomica Hung.* 28. 378-383.
- PARTSCHEFELD, M.-ANKE, M.-GRÜN, M. (1973): Possibilities of the biochemical diagnosis of neuromuscular defects caused by the deficiency of selenium, manganese and copper. In: NESVADBA, Z.: Symposium on Neuromuscular disorders. 3. 263.
- PARTSCHEFELD, M. (1974): Erscheinungsbild, Diagnosemöglichkeiten und Verbreitung des Selenmangels beim wachsenden und laktierenden Wiederkäuer in den Südbezirken der DDR. Prom. A. Sekt. Tier. prod. Vet. Med. Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- PARTSCHEFELD, M. (1978): Einfluss einer unterschiedlichen Selenversorgung auf Futterverzehr, Wachstum und Reproduktionsleistung des Schweines. *Arch. Tierernährung.* 28. 45.
- PERKINS, H. C. (1974): Air pollution. McGraw-Hill Kogakusha Ltd. Tokyo.
- PETERSON, P. J.-BUTLER, G. W. (1962): The uptake and assimilation of selenite by higher plants. *Austr. J. Biol. Sci.* 15. 126-146.

PHILLIPS, P. H.-HART, E. B.-BOHSTEDT, G. (1934): Chronic toxicosis in dairy cows due to the ingestion of fluorine. *Wiss. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.* No. 123. 1-30.

PHILLIPS, T. D.-NECKAY, B. R.-HEIDELBAUGH, N. D. (1983): Vanadium chemistry and the kidney. *Federation Proc.* 42. 2969-2973.

POLOMSKI, J.-FLÜHLER, H.-BLASER, P. (1982): Accumulation of airborne fluoride in soils. *Journal of Environmental Quality.* 11. 457-461.

PRASAD, A. S.-OBERLEAS, D. (1974): L. *Lab. Clin. Med.* 83. 634. Cit.: SHAMBERGER, R. J.: Beneficial effects of trace elements. In: OEHME, F. W. (1979): Toxicity of heavy metals in the environment Part 2. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.

QUINCHE, J. P. (1983): Levels of selenium in 94 species of mushrooms and in some soils. *Schweizerische Landw. Forsch.* 22. 137-144.

RAMACHANDRAN, V.-D'SOUZA, T.-MYSTRY, K. B. (1980): Uptake and transport of chromium in plants. *Journal of Nucl. Agr. and Biol.* 9. 126-128.

RAO, D. N.-PAL, D. (1978): Effect of fluoride pollution on the organic matter content of soil. *Plant Soil.* 49(3).

REGIUS-MÖCSÉNYI Á.-ANKE, M.-SZENTMIHÁLYI S. (1982): Correlations between Ni content of plant and Ni provision of animals. Report of the research centre for animal husbandry and nutrition. *Gödöllő.* 221-224.

REGIUS-MÖCSÉNYI Á.-SZÜCS E.-SZILÁGYI M.-ANKE, M.-SZENTMIHÁLYI S.-KEMENES M. (1983): Nickelversorgung und biochemische Parameter bei Jungbullen. In: ANKE, M. et. al.: Trace elements Symposium 4. 34-39. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

REGIUS-MÖCSÉNYI Á.-PAVEL, J.-ANKE, M.-SZENTMIHÁLYI S. (1983): Der Lithiumgehalt der Futter- und Nahrungsmittel. In: ANKE, M. et. al.: Lithium Symposium 4. 45-51. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

REGIUS-MÖCSÉNYI Á.-SZÜCS E.-ANKE, M.-SZILÁGYI M.-SZENTMIHÁLYI S. (1987): Effect of Ni-supply on the fattening performance of young bulls and on the trend of certain biochemical parameters. *Acta Agronomica* 36(1-2), p. 151-158.

REGIUS-MÖCSÉNYI Á.-ANKE, M.-SZENTMIHÁLYI S. (1987): Relationship between the Ni-contents of plants and the Ni-status of animals. *Acta Agronomica* 36(3-4), p. 333-339.

REGIUS-MÖCSÉNYI Á.-ANKE, M.-SZENTMIHÁLYI S.-SÁRDI J.-MUCSI J. (1985): Effect of lithium supplementation on production of ewes and their progenies. 36th EAAP Kallithea, Greece.

- REGIUS-MÖCSÉNYI Á.-ANKE, M.-SZENTMIHÁLYI S. (1986): Li-content in some major forages and Li-status of animals. *Acta Agronomica* 36(3-4), p. 325-331.
- REISENAUER, H. M. (1960): Cobalt in nitrogen fixation by legume. *Nature*. 1960. 186. 375-376.
- RICHTER, G.-FLACHOWEKY, G. (1985): Prüfung von Kobaltsulfat V 125 als neuer Co-Träger in der Tierernährung. In: ANKE, M. et. al.: Mengen und Spurenelemente. 132-136. Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- RICKES, E. L.-BRINK, N. G.-KONIUSKY, F. R.-WOOD, T. R.-FOLKERS, K. (1948): Vitamin B₁₂: a cobalt complex. *Science*, 108. 134.
- ROGINSKI, E. E.-MERTZ, W. (1967): cit.: MERTZ, W. et. al.: Progress of chromium nutrition research. In: KIRCHGEßNER, M. (1978): Trace element metabolism in man and animals. 3. Intern. Tierernährungsphysiologie, Freising-Weihenstephan.
- ROLAND, D. A.-McGREADY, S. T.-STONEROCK, R. H.-HARMS, R. H. (1977): Hypercalcemic effect of potassium iodine on serum calcium in domestic fowl. *Poultry Sci.* 56. 1310.
- ROMNEY, E. M.-WALLACE, A.-ALEXANDER, G. V. (1975): Responses of bush bean and barley to tin applied to soil and to solution culture. *Plant and Soil*. 42. 585-589.
- ROMOSER, G. L.-DUDLEY, W. A.-MACHLIN, L. J.-LOVELESS, L. (1961): Toxicity of vanadium and chromium for the growing chick. *Poult. Sci.* 40. 1171.
- ROTH, F. X.-KIRCHGEßNER, M. (1975): Zum Einfluss von Vitamin E und Selenzulagen auf das Beinschwächesyndrom beim Schwein. *Zbl. Vet. Med. A*. 22. 854.
- RUVALDS, I.-LATVIETIS, J. (1983): Der Einfluss von Lithiumzulagen auf das Wachstum des Schweines. In: ANKE, M. et al.: Lithium 4. Spurenelement Symposium 78-84. Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- RYGH, O. (1949): Research on trace elements. I. Importance of strontium, barium and zinc. *Bull. Soc. Chem. Biol.* 31. 1052.
- SABBIONI, E.-RADE, J. (1980): Relationships between iron and vanadium metabolism. The association of vanadium with bovine lactoferrin. *Toxicol. Letters*. 5. 381-387.
- SAMUEL, D.-GOTTESFELD, Z. (1974): Lithium manio-depression and the chemistry of the brain. *Endeavour*. 32. 122.
- SCHLETTWEIN-GSELL, D.-MOMMSEN-STRAUB, S. (1973): Übersicht Spurenelemente in Lebensmitteln. XI. Vanadium. *Int. Z. Vit. Ernähr. Forsch.* 43. 242-250.

SCHNEGG, A.-KIRCHGESSNER, M. (1975): Z. Tierphysiol. Tierernährung und Futtermittelkunde. 36. 61. Cit.: SCHNEGG, A.-KIRCHGESSNER, M. (1980): In: ANKE, M. et al.: Ni-Symposium. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

SCHNEGG, A.-KIRCHGESSNER, M. (1976): Toxicity of dietary nickel. Landwirtschaft. Forsch. 29. 177. Chem. Abstr. 86.

SCHNEGG, A.-KIRCHGESSNER, M. (1977): Z. Tierphysiolog. Tierernährung und Futtermittelkunde. 38. 200. Cit.: ANKE, M. et al. (1984): Nickel an essential trace-element. In: ANKE, M. et al.: Mengen und Spurenelemente, 404-418. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

SCHNEGG, A.-KIRCHGESSNER, M. (1980): Zur Essentialität des Nickels für das tierische Wachstum. In: ANKE, M. et al.: Nickel 3. Spurenelement Symposium. 11-16. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

SCHNEGG, A.-KIRCHGESSNER, M. (1980): Biochemische Veränderungen im Stoffwechsel bei Nickelmangel. In: ANKE, M. et al.: Nickel 3. Spurenelement Symposium. 17-22. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

SCHOU, M.-BAASTRUP, P. C.-GROF, P.-WEIS, P.-ANGST, J. (1970): Pharmacological and clinical problems of lithium prophylaxis. Br. J. Psychiat. 116. 615.

SCHROEDER, H. A. (1960): cit.: BELILES, R. P.: The lesser metals. In: OEHME, F. W. (1979): Toxicity of heavy metals in the environment, Part 2. 547-616. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.

SCHROEDER, H. A.-BALASSA J. J.-TIPTON, I. H. (1962): Abnormal trace metals in man. Chromium. J. Chron. Dis. 15. 941.

SCHROEDER, H. A.-BALASSA J. J. (1963): Science. 140. 819-920. Cit.: OEHME, F. W. (1978): Toxicity of heavy metals in the environment, Part 1. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.

SCHROEDER, H. A.-BALASSA J. J. (1967): Arsenic, germanium, tin and vanadium in mice: Effects of growth, survival and tissue levels. J. Nutr. 92. 245.

SCHROEDER, H. A. (1968): The role of chromium in mammalian nutrition. Am. J. Clin. Nutr. 21. 230.

SCHROEDER, H. A.-MITCHENER, M.-NASON, A. P. (1970): Zirconium, niobium, antimony, vanadium and lead in rats: Life term studies. J. Nutr. 100. 59.

SCHROEDER, H. A. (1977): cit.: OEHME, F. W. (1979): Toxicity of heavy metals in the environment. Part 2. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.

SCHUNG, E.-FRANCK, E. (1985): Untersuchungen zur Silizium-Versorgung von Kulturpflanzen in Schleswig-Holstein. Zeitschrift Pflanz. und Bodenkunde. 148. 1-9.

SCHWARZ, K.-POLTZ, C. M. (1975): Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. *J. Am. Schem. Soc.* 79. 3292.

SCHWARZ, K.-MILNE, D. B.-VINYARD, E. (1970): Growth effects of tin compounds in rats maintained in a trace element-controlled environment. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 40. 22.

SCHWARZ, K.-MILNE, D. B. (1971): Growth effects of vanadium in the rat. *Science*, 74. 426.

SCHWARZ, K.-MILNE, D. B. (1971): Growth effects of vanadium in rats in a trace element controlled environment. *Fed. Proc.* 30. 462.

SCHWARZ, K. (1973): A bound form of silicon in glycosaminoglycans and polyuronides. *Proc. Acad. Sci.* 70. 1608.

SCHWARZ, K. (1974): New essential trace elements (Sn, V, F, Si): Progress report and outlook. In: HOEKSTRA, W. G.-SUTTIE, J. W.-GANTHER, H. B.-MERZ, W.: Trace element metabolism in man and animals 2. 355-380. University Park Press. Baltimore, London, Tokyo.

SCOTT, M. K.-BIERL, J. G.-BRIGGS, G. M.-SCHWARZ, K. (1957): Prevention of exudative diathesis by factor 3 in chicks on vitamin E deficient torula yeast diets. *Poultry Sci.* 36. 1155.

SHACKLETTE, H. T.-ERDMEN, J. A.-HARMS, T. F.-PAPP C. S. E. (1978): Trace element in plant feedstuffs. 26-68. In: OEHME, F. W.: Toxicity of heavy metals in the environment, Part 1. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.

SHAMBERGER, R. J. (1979): Benefical effects of trace elements. In: OEHME, F. W.: Toxicity of heavy metals in the environment, Part 2. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.

SHERMAN, G. D. (1952): The titanium content of Hawaiian soils and its significance. *Proc. Soil. Sci. Soc. Amer.* 16. 15-18.

SHORTRIDGE, E. H.-O'HARA, P. J.-MARSHALL, P. M. (1971): Acute selenium poisoning in cattle. *N. Z. Vet. J.* 19. 47.

SHULER, T. R.-NIELSEN, F. H. (1984): Interaction among vanadium, copper and sulphur amino acids effect liver trace element content. In: OEHME, F. W.: Toxicity of heavy metals in the environment, Part 2. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.

SHULER, T. R.-NIELSEN, F. H. (1984): Interaction among vanadium, copper and sulphur amino acids effect liver trace element content. In: Trace element metabolism in man and animals. 134. Aberdeen, UK.

SHUPE, J. L.-OLSON, A. E.-SHARMA, R. P. (1979): Effects of fluorides in domestic and wild animals. In: OEHME, F. W.: Toxicity of heavy metals in the environment, Part 2. Marcel Dekker Inc. New York-Basel.

SIPPOLA, J. (1979): Selenium content of soils and timothy (*Phleum pratense* L.) in Finland. Ann. Agr. Fenniae. 18. 182-187.

SMITH, G. S.-NELSON, A. B.-BOGGINO, E. J. A. (1961): Digestibility of forages in vitro as affected by content silica. J. Anim. Sci. 33. 466.

SMITH, G. S.-NEUMANN, A. L.-NELSON, A. B.-RAY, E. E. (1972): Effects of soluble silica upon growth of lambs. J. Anim. Sci. 34. 829.

SMITH, G. S.-NEUMANN, A. L.-GLEDHILL, V. H.-ARZOLA, C. Z. (1973): Effects of soluble silica on growth, nutrient balance and reproductive performance of albino rats. J. Anim. Sci. 34. 839.

SMITH, G. S.-NELSON, A. B. (1975): Effects of sodium silicate added to rumen cultures on forage digestion with interactions of glucose, urea and minerals. J. Anim. Sci. 41. 891.

SMITH, G. S.-URQUHART, M. S. (1975): Effects of sodium silicate added to rumen cultures on digestion of siliceous forages. J. Anim. Sci. 41. 882.

SOÓS K.-SZOTYORI K.-GERGELY A. (1985): Aluminium and fluorine content of vegetables grown in aluminium industrial areas in Hungary. Proc. Int. Symposium "New results in the research of hardly known trace elements". Budapest, Hungary, 6-8. June, 1984. ed. I. Pais, University of Horticulture. 115-128.

SÖREMARK, R. (1967): Vanadium in some biological specimens. J. Nutr. 92. 183.

SPEARS, J. W.-SMITH, C. J.-HATFIELD, E. E. (1977): Rumen bacterial urease requirement for nickel. J. Dairy Sci. 60. 1073.

SPEARS, J. W.-HATFIELD, E. E.-FAHEY, G. C. (1978): Nickel depletion in the growing bovine. Nutr. Rep. Int. 18. 621.

SPEARS, J. W.-HATFIELD, E. E.-FORBES, R. M.-KOENIG, S. E. (1978): Studies on the role of nickel in the ruminant. J. Nutr. 108. 313.

SPEARS, J. W.-HATFIELD, E. E.-FORBES, R. M. (1979): J. Anim. Sci. 48. 649. Cit.: SPEARS, J. W.-HATFIELD, E. E. (1980): Role of nickel in ruminant nutrition. In: ANKE, M. et al.: Nickel 3. Spurenelement Symposium, Karl-Marx-Universität, Leipzig.

STEINNES, E. (1980): Regional distribution of arsenic, selenium and antimony in humus layers of Norwegian soils. In Geomedical aspects in present and future research. Oslo.

STEVENSON, J. J.-ECKELMANN, W. C.-SOBOCINSKI, P. Z.-REBA, R. C.-BARRON, E. L.-LEVIN, S. G. (1974): The toxicity of Sn-phyrophosphate: Clinical manifestations prior to acute LD₅₀. *J. Nucl. Med.* 15. 252.

STRASIA, C. A. (1971): Vanadium: Essentiality and toxicity in the laboratory rat. Ph. D. Thesis. Purdue University, West Lafayette, India.

SWAINE, D. J. (1969): The trace-element content of soils. London.

SZABÓ S. A. (1979): Study on the strontium and cesium uptake of certain plants. *Radiochem. Radioanal. Lett.* 38(4). 283-288.

SZABÓ S. A. (1980): Investigation of the ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr uptake from the soil of maize, wheat and beans. *Radiochem. Radioanal. Lett.* 42(6). 365-370.

SZABÓ S. A. (1987): INAA determination of vanadium in soil and plant samples. New results in the research of hardly known trace elements. 30. June - 2. July, 1986. University of Hort. Food Ind., ed. I. Pais, p. 289-292, Budapest.

SZABÓ S. A.-KISS B.-LISZONYI-GACSÁLYI M. (1985): Investigation of Sr-content of biological samples. Int. Symposium "New results in the research of hardly known trace elements". 6-8. June, 1984. Budapest, Hungary. University of Horticulture. Ed.: PAIS I. 194-196.

SZABÓ S. A. (1986): Radioactive contamination in Hungary due to the disaster at the Chernobyl nuclear facility. XVIIth ESNA meeting. 14-19. Sept. Hannover, FRG, 1986.

SZENTMIHÁLYI S.-ANKE, M.-REGIUS-MÖCSÉNYI Á.-GRÜN, M. (1985): Essentiality of nickel for flora and fauna. "New results in the research of hardly known trace elements". Proc. of international symposium. 6-8. June, 1984. Univ. of Hort., Budapest. ed.: I. Pais. 15-60.

SZENTMIHÁLYI S.-REGIUS-MÖCSÉNYI Á.-ANKE, M.-GRÜN, M.-GROPPEL, B.-LOKAY, D.-PAVEL, J. (1980): The nickel supply of ruminants in the GDR, Hungary and Czechoslovakia dependent on the origin of the basic material for the formation of soil. In: ANKE, M. et al.: Nickel 3. Spurenelement Symposium. 237-238. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

SZENTMIHÁLYI S.-REGIUS-MÖCSÉNYI Á.-LOKAY, D.-ANKE, M. (1983): Der Lithiumgehalt der Vegetation in Abhängigkeit von der geologischen Herkunft des Standortes. In: ANKE, M. et al.: Lithium 4. 39-44. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

SZENTMIHÁLYI S.-ANKE, M.-REGIUS-MÖCSÉNYI Á. (1985): The importance of lithium for plant animal. Proc. "New results in the research of hardly known trace elements". 6-8. June, 1984. Int. Symp., ed.: I. Pais, p. 136-151. Budapest, Hungary. Univ. Hort.

SZILÁGYI M.-SZENTMIHÁLYI S.-ANKE, M. (1982): Activity of some enzymes in Ni-deficiency. *Acta Biochem. et Biophys. Hungary.* 17. 171.

SZILÁGYI M.-ANKE, M.-SZENTMIHÁLYI S. (1983): Influence of lithium deficiency on the enzyme status of goats. In: ANKE, M. et al.: Lithium 4. Spurenelement Symposium. 71-75. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

SZILÁGYI M.-ANKE, M.-GROPPEL, B.-ARNHOLD, W.-SZENMIHÁLYI S.-BALOGH I.-SURI A. (1987): The influence of different lithium-supplementation on some parameters of bulls. Proc. Int. Symp. "New results in the research of hardly known trace elements". 30. June - 2. July, 1986. Univ. Hort. Food Ind., Budapest, ed.: I. Pais, p. 34-40.

SZÚCS E.-REGIUS-MÓCSÉNYI Á.-SÁRDIJ.-ÁCSI. (1983): Der Einfluss des Ni-Angebotes auf die Mastergebnisse der Jungbullen. In: ANKE, M. et al.: Spurenelement Symposium 4. 40-44. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

TAKAHASHI, E.-SYO, S.-BAN, S.-MIYASHITA, K.-MIYAKE, Y. (1976): Comparative studies on silica nutrition in plants. 4. Effects of tin and lead on plant growth in comparison with the effects of silica and germanium. Journal of Science Soil and Manure. 47. 222-227.

TAO, S.-SITTIE, J. W. (1976): Evidence for a lack of an effect of dietary fluoride level on reproduction in mice. J. Nutr. 106. 1115.

TIPTON, I. H.-COOK, M. J. (1963): Trace elements in human tissue. Part II. Adult subjects from the United States. Health Phys. 9. 103.

TIPTON, J. H.-STEWART, P. L.-MARTIN, P. G. (1966): Trace elements in diet and excreta. Health Phys. 12. 1683.

TÓTH K. (1984): Caries prevention by domestic salt fluoridation. Akadémia Kiadó, Budapest.

TÖLGYESI GY. (1983): Die Verbreitung des Lithiums in ungarischen Böden und Pflanzen. In: ANKE, M. et al.: Lithium Symposium. 39-44. Karl-Marx-Universität, Leipzig.

UNDERWOOD, E. J.-FILMER, J. F. (1935): Austral Vet. J. 11. 84. Cit.: UNDERWOOD, J. F.: The mineral nutrition of livestock. FAO - CAB. 1966. Bourne Offset (IVER) Ltd. England.

UNDERWOOD, E. J.-FILMER, J. F. (1935): Determination of the biologically important element Co in limonite. Aust. Vet. Journal. 11. 84.

UNDERWOOD, E. J. (1977): Trace elements in human and animal nutrition. 4th ed. 132-158. Academic Press, New York.

VACCARINO, C.-CIMINO, G.-TRIPODO, M. M.-LAGANA, G.-GIUDICE, L. L.-MATARESE, R. (1983): Leaf and fruit necroses associated with vanadium-rich ash emitted from a power plant burning fossil fuel. Agriculture, Ecosystems and Environment. 10. 275-283.

VAN SOEST, P. J.-JONES, L. H. P. (1968): Effect of silica in forages upon digestibility. J. Dairy Sci. 51. 1644.

- VAN SOEST, P. J. (1970): The role of silicon in the nutrition of plants and animals. 103. In: Proc. Cornell. Univ. Conf. Feed Manuf.
- VENDSBORG, P. B. (1980): Weight gain and body composition in lithium treated rats. *Acta pharmacol. toxicol.* 46. 373.
- VERSIECK, J. (1983): Cobalt. In: ZUMKLEY, H.: Spurenelemente 108-118. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York.
- VOSS, CHR.-SCHÖBER, H. CHR. (1978): Einfluss von Lithium auf Fett-Eiweiß- und Wassergehalt von Ratten. *Acta biol. med. germ.* 37. 1243.
- WALKER, J. B. (1953): Inorganic micronutrient requirements of chlorella. I. Requirements for calcium (or strontium), copper, and molybdenum. *Arch. Biochem. Biophys.* 46. 1.
- WALLACE, A.-MUELLER, R. T.-WOOD, R. A. (1980): Selenate toxicity effects on bush beans grown in solution culture. *Journal of Plant Nutrition.* 2. 107-109.
- WATKINSON, J. H.-HUPKENS van der ELST, F. C. C. (1980): Selenium content of a stream in the central North Island after catchment topdressing with Se-prills. *New Zealand Journal of Soil Science.* 23. 383-386.
- WELCH, R. M.-HUFFMANN, E. D. W. (1973): Vanadium and plant nutrition. *Plant Physiol.* 52. 183-185.
- WELLS, N. (1967): Selenium in horizons of soil profiles. *N. Z. J. Sci.* 10. 142-179.
- WESTER, P. O. (1973): Trace element balances in relation to variations in calcium intake atherosclerosis. 20. 207. WHO, World Health Organization, *Environm. Health Crit. Titanium.* 24. 3-68. 1982.
- WIEGMANN, T. B.-DAY, H. D.-PATAK, R. V. (1982): Intestinal absorption and secretion of radioactive vanadium ($^{48}\text{VO}_3$) in rate and effect of $\text{Al}(\text{OH})_3$. *J. Toxicol. Environm. Health* 10. 233-245.
- WIESNER, E.-BERMANN, V.-BERSCHNEIDER, F.-NEUFFER, K.-WILLER, S. (1975): Selen- und Vitamin-E Vorkommen - Bedarf - Stoffwechsel und Ernährungsschäden. F/E Abschlussbericht, Plan Nr. 41001341 01106. Berlin.
- WILSON, D. O.-REISENAUER, H. M. (1967): Cobalt requirement of symbiotically grown alfalfa. *Plant and Soil*, 19. 364-373.
- YLARANTA, T. (1982): Volatilization and leaching of selenium added to soils. *Ann. Agr. Fenniae*, 21. 103-113.
- YOUNG, R. S. (1979): Cobalt in biology and biochemistry. London.

Список цитируемой литературы.

- Войтке, А.А.: Биологическая роль макроэлементов в организации азотных и
углеродных циклов. Уфа, 1960.
- Дергачев, М.Д., Мисоз, Д.А., Габеев, Т.В.:
Горнозаведение и биология ⁹⁰Se и влияние сельскохозяйственных
культур на радио химическую безопасность поля. Башкирия,
1982.3. 25-28.
- Гуляка, Л.В., Пондеев, Л.В.:
А. вопросу строения одноклеточных организмов. Уфа, 1978.1. 145-150.
- Гуляка, Л.В., Пондеев, Л.В., Габеев, Т.В.:
Известия дачи-1977 о почвах и состоянии его растительности. Уфа,
1977.1. 2-5.
- Зинин, Н.А.: Содержание и формы микроэлементов в почвах. 1979. Москва.
- Ке-А., Д.А.: Значение воды в метаболизме растений. Уфа, 1981.9. 136-150.
- Ковалевский, А.А. /ред./:
микроэлементы растений. Уфа, изд. Уфа-Уфа, 1968.
- Ковалев, А.А., Жуковская, А.З., Пондеев, Л.В.:
Микроэлементы Советского Союза. 1970.
- Колосовский, М.Г., Габеев, Т.В.:
Микроэлементы в почвах. Уфа. Мелитина, Москва, 1970.
- Корнеев, Т.В., Корнеев, Л.В., Алексеев, Г.В.:
Влияние глубины растительности ⁹⁰Se в почвах и водных и горных
особенностей почвы почвы на содержание микроэлементов в урожае.
Уфа, 1976.3. 102-110.
- Корнеев, Т.В., Лотунов, С.В., Алексеев, Л.В., Жданов, Л.В.:
Изучение влияния и влияния факторов почвенных микроэлементов
в условиях нечерноземной зоны. Уфа, 1981.3. 102-109.
- Кузнецов, П.В., Курбанов, С.Г.:
О биологии ⁹⁰Se и ³⁷Se -содержащих представителей флоры
и фауны в природных условиях. Уфа, 5, 45-49, 1977.

Orosz nyelvű irodalom

- Войнар, А. И.: Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. Москва, 1960.
- Дергинев, И.Д.-Мороз, В.Д.-Рябова, Г.В.: Прогнозирование накопления ^{90}Sr в урожае сельскохозяйственных культур по физико-химическим свойствам почв. Почвоведение. 1982. 5. 22.-26.
- Гулякин, И.В.-Юдинцева, Е.В.: К вопросу агрохимии радиоактивных продуктов деления. Агрохимия. 1978. 1. 145.-153.
- Гулякин, И.В.-Юдинцева, Е.В.-Горина, Л.И.: Поведение цезия-137 в почвах и поступление его растениями. Почвоведение. 1977. 11. 72.-79.
- Зырин, Н.Г.: Содержание и формы микроэлементов в почвах. 1979. Москва.
- Кашин, В.К.: Значение йода в метаболизме растений. Агрохимия. 1981. 9. 139.-153.
- Ковалевский, А.Л. (ред.): Биогеохимия растений. Бурятск. изд. Улан-Удэ 1969.
- Ковда, В.А.-Якушевская, И.В.-Тюрюканов, А.Н.: Микроэлементы Советского Союза. 1959.
- Коломийцева, М.Г.-Габович, Р.Д.: Микроэлементы в медицине. Изд. Медицина, Москва, 1970.

- Корнеева, Н.В.-Корнеев, Н.А.-Алексакин, П.В.: Влияние глубокого размешивания ^{90}Sr в почве и видовых и сортовых особенностей яровой пшеницы на накопление радионуклида в урожае. Агрохимия. 1976. 3. 102.-110.
- Коробова, Е.М.-Летунова, С.В.-Алексеева, С.А.-Золотарева, Б.Н.: Накопление меди и кобальта биомассой почвенных микроорганизмов в условиях пещернозёмной зоны. Агрохимия. 1984. 10. 101.-109.
- Куликов, Н.В.-Куликова, В.Г.: О накоплении ^{90}Sr и ^{137}Cs некоторыми представителями пресноводных рыб в природных условиях. Экология, 5. 45.-49. 1977.
- Маликов, В.Г.-Жуков, В.И.-Перепелятникова, Л.В.: Оценка величины загрязнения урожая кобальтом на выщелоченном чернозёме. Агрохимия. 1983. 7. 80.-82.
- Марей, А.Н. (ред.): Глобальные выпадения продуктов ядерных взрывов, как фактор облучения человека. Атомиздат. Москва. 1980.
- Моисеев, И.Т.-Тихомиров, Ф.А.-Алексакин, Р.М.-Рерих, Л.А.: Влияние свойств почв и времени инкубации ^{137}Cs на динамику его форм и доступность растениям. Агрохимия. 1982 (8.). 109.-113.
- Моисеев, И.Т.-Тихомиров, Ф.А.-Перевезенцев, В.М.-Рерих, Л.А.: Роль свойств почвы межвидовых различных растений и других факторов в накоплении радиоактивного иода сельскохозяйственными культурами. Агрохимия. 1984. 3. 77.-82.
- Невструева, М.А.-Щубик, В.М.-Токин, И.Б.: Влияние инкорпорированных радиоизотопов на иммунологические процессы. Атомиздат. Москва. 1972.

- Оголева, В.П.-Чердакова, Л.Н.: Никель в почвах волгоградской области. Агрохимия. 1980. 9. 105.-109.
- Пашова, В.Т.: Фтор в почве и растениях. Агрохимия. 1980. 10. 165.-171.
- Ширшова, Р.А.: Влияние калийных удобрений на поступление в растения радиоактивного стронция. Почвоведение. 1962. 3. 36.-43.
- Школьник, М.Я.: Микроэлементы в жизни растений. Изд. Наука. Ленинград. 1974.
- Юдинцева, Е.В.-Гулякин, И.В.: Агрохимия радиоактивных изотопов стронция и цезия. Атомиздат. Москва. 1968.
- Куликов, И.В.-Пискунов, Л.И.: Изучение влияния люцерны на вертикальную миграцию кобальта и цезия в почве. Агрохимия. 1961. 2. 109.-115.
- Любимова, И.Н.: Содержание и формы соединений молибдена, ванадия и хрома в почвах. In Зырин, Н.Г.: Содержание и формы микроэлементов в почвах. Москва. 1979. 224.-294.
- Маликов, В.Г.-Перепелятникова, Л.В.-Жуков, Б.И.: Накопление стронция-90 и цезия-137 в урожае культур в зависимости от физико-химических свойств почвы. Агрохимия. 117.-119. 1982. (7.)

143944-14448. 4100XV24. 9612. 103-175.

Исследования, проведенные в 1990-е гг., показали, что в настоящее время в России наблюдается тенденция к снижению доли населения, считающего себя принадлежащим к той или иной этнонации. В то же время наблюдается тенденция к росту доли населения, считающего себя принадлежащим к нескольким этнонациям одновременно. Это свидетельствует о том, что в настоящее время в России наблюдается тенденция к росту этнокультурной интеграции.

п. 11, 12. Издержания и поручения погашаются в рублях. Москва, 3/9. 229-239.

МОНТЕС, Э.Г. - ТЕНЕНТО-АМАНЕСО, Ч.Р. - 87 (01). - МД:

эт. физическим химическим свойствам: т.пл., агрегатное, T_g -ТЗ, T_g 177/178.

ВЕРНОВЕ, З.Г. - КИРИЛ, А.А. - ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, М.Р.:

ЧРЕЗЪЕМЕ, ВЪВЕДЕНИЯ, ТЪРГ.7. 80-82.

Yapılı, 8.4. /2001/:

ЧЕРНУХА ЛЕОНИДОВИЧ, РОД. 1930, УЧЕНИК, ПЕЧАТНИК, ПЕЧАТНИК, ПЕЧАТНИК.

Морозов, Г.Т. - Тихомиров, Ф.Я. - Алексеев, Р.М. - Чернов, А.А.:

отс. 608 и доступность эсст.-мат., агрохим.мат., 103-113, 1982/84/.

Морозов, А.Т. - Тихомиров, З.Ф. - Гиренко-Иван, В.П. - Дарев, Л.А.:

[illegible]

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Матрица корреляции

В. В. Виноградов, *Москва, 1962.*

Оглезев, В.П. - Чердакова, Л.И.:

Никель в почвах Волгоградской области. Агрохимия. 1980. 9. 105-109.

Павлов, В.Т.: Фтор в почве и растениях. Агрохимия. 1980. 10. 165-171.

Тиренова, Р.А.: Влияние калийных удобрений на поступление в растения радионуклидного стронция. Почвоведение. 1962. 3. 36-43.

Школьник, М.И.: Микроэлементы в жизни растений. Изд. Наука, Ленинград, 1974.

Юданцова, Е.В. - Гулякин, И.В.:

Агрохимия радиоактивных изотопов стронция и цезия. Атомиздат, Москва, 1968.

BÉRES CSEPP PLUSZ

Nyomelemeket tartalmazó gyógyhatású készítmény

A Béres Csepp Plusz komponensei:

A Béres Csepp Plusz a szervezet számára nélkülözhetetlen, de gyakran minimumba kerülő elemek, a Mg, K, Na, Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, B, Co, Mo, V, F szervesen vegyületeinek híg vizes oldata. A készítmény szerves komponensei a nyomelemek felszívódását segítik elő. Az összetevők olyan mennyiségben és arányban vannak jelen, mellyel a szervezet egyensúlyban tartható, illetve a megbomlott egyensúly helyreállítható.

Alkalmazási terület:

A Béres Csepp Plusz hatékonyságát nagyszámú eseti megfigyelés és számos klinikai vizsgálat igazolja. Eredményesen alkalmazható fáradékonyság, étvágytalanság, elesettség, gyengeség, valamint a szervezet ellenállóképességének csökkenése esetén. Hatékony a meghűlések megelőzésében is. Alkalmazható rosszindulatú daganatos és más krónikus betegségek kiegészítő terápiájában. Jelentősen javítja a közérzetet. Jótékony hatású csont- és ízületi fájdalmak, valamint migrén esetén.

Biztonságos:

A Béres Csepp Plusz összetevőinek mennyisége a felnőtteknek javasolt legnagyobb dózisban sem haladja meg a napi szükséglet nemzetközileg elfogadott mértékét. Toxikológiai vizsgálatokkal igazolt, hogy a készítmény tartós alkalmazás mellett sem ártalmas.

BÉRES VITALIN

pezsgőtabletta felnőttek részére

5 nyomelemmel, 6 vitaminnal, vassal, magnéziummal

Magyarországon Az Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet (OÉTI) felmérése szerint "normális" táplálkozás mellett is bizonyos nyomelemekből a felnőtt lakosság 20-80 %-a hiányosan ellátott. A vitaminok esetében a hiány szintén jelentős, 30-60 %-os.

A Béres Rt. kutatólaboratóriumában kifejlesztett Béres Vitalin pezsgőtabletta a hiány pótlására, illetve kialakulásának megelőzésére születte. A készítmény ásványi anyagokat (magnézium, vas), nyomelemeket (cink, mangán, molibdén, réz, szelén) és vitaminokat (C, B1, B2, B6 vitamin, niacin, pantoénsav) tartalmaz. A pezsgőtablettában szereplő anyagok és azok mennyiségeinek meghatározása egyrészt dr. Béres Józsefnek a nyomelemek területén végzett több évtizedes kutatómunkája, másrészt a legújabb tudományos eredmények és az OÉTI-val folytatott szakmai konzultációk alapján történt. A pezsgőtabletta vízben oldott hatóanyagai könnyen felszívódnak és a szervezet minden alkotórészt ideálisan hasznosít. Egy Béres Vitalin pezsgőtabletta a táplálkozás kiegészítőjeként fedezi a felnőtt szervezet napi nyomelem-, ásványianyag- és vitaminszükségletét.

A Béres Vitalin pezsgőtabletta rendszeres szedését egészséges felnőtteknek ajánljuk, a hiányok következtében kialakuló betegségek megelőzésére, egészségük megőrzése érdekében. Különösen ajánlott erős fizikai és szellemi terhelés alatt dolgozóknak, lábadozóknak

fogyókúrázóknak és vegetáriánusoknak. A pezsgőtabletta cukor- és nátriummentes, ezért cukor- és szívbeteg is fogyaszthatják.

Érezze jó magát !

BÉRES RT.

BÉRES VITAKID pezsgőtabletta gyermekek részére 5 nyomelemmel, 7 vitaminnal, vassal, magnéziummal

Nagy a felelősségünk!

Gyermekeink egészsége a legnagyobb kincs számunkra. Tiszteletben kell lennünk azzal, hogy a civilizálódás, a környezeti ártalmak miatt a leggondosabb táplálkozás is kiegészítésre szorul.

Gyermekeknek készült.

A Béres Vitakid pezsgőtablettát a Béres Rt. kutatói dr. Béres József szakmai irányítása mellett a legújabb tudományos eredményekre támaszkodva az Országos Csecsemő- és Gyermekegészségügyi Intézet szakvéleménye és az Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézettel történt szakmai konzultációk alapján fejlesztették ki.

A Béres Vitakid a 4-14 éves gyermekek számára összeállított készítmény, mely a táplálkozás kiegészítéseként fedezi a gyermekek napi nyomelem-, ásványianyag- és vitaminszükségletét. Fogyasztása különösen ajánlott egyoldalúan táplálkozó, diétás étrend szerint étkező (pl.: cukorbeteg, lisztérzékeny, tejcukor emésztési zavarban szenvedő, sószegény diétán lévő) és betegségből lábadozó gyermekek számára.

Cukor- és nátriummentes.

Ezért hozzájárul a terméket rendszeresen fogyasztók egészséges életmódjához. Cukor- és szívbeteg gyermekek is fogyaszthatják.

Egy tablettát vízben való feloldásával mérsékeltén szénsavas, kellemes narancsízű ital nyerhető.

Nem lehet elég korán kezdeni!

BÉRES RT.

STIBOL TERMÉKEK

Folyékony halmazállapotú takarmánykiegészítők

GALLI-STIBOL,	a broilercsirkék, baromfiak,
GALAMB-STIBOL,	a galambok,
CUNI-STIBOL,	a nyulak,
BOVI-STIBOL,	a szarvasmarhák részére.

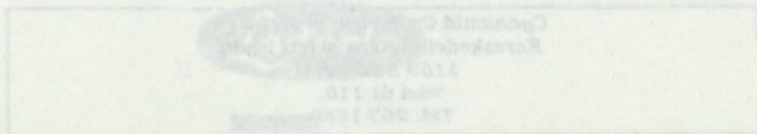
A Stibol termékek dr. Béres József és a Béres Rt. kutatói által különféle állatok részére kifejlesztett, szerves molekulákhoz koordinatív kötéssel kapcsolódó makro- és mikroelemeket tartalmazó készítmény.

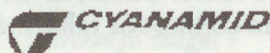
Hatóanyagai: bór, cink, kobalt, magnézium, mangán, nátrium, nikkel, réz, szelén, vanádium, vas, borostyánkősav, EDTE, glicin.

A termékcsalád tagjainak nyomelem összetétele és azok mennyiségi arányai a különféle állatfajok igényeihez igazodnak.

A készítmények hatékonyságát az Állatorvostudományi Egyetem Állathigiéniai Tanszékének bevonásával laboratóriumi és nagyüzemi módszerekkel végezték. Az eredmények azt mutatták, hogy a készítmények takarmánykiegészítőként való alkalmazása felerősíti az állatok betegségekkel szembeni ellenállóképességét, lényegesen lecsökkenti az elhullást, növeli a fajlagos takarmányhasznosítást, elősegíti az állatok testsúlyának gyarapodását, jelentős mértékben növeli a tenyésztők anyagi hasznát. Versenyalambok esetén történő alkalmazásával növelhető a galambok röptáva, fokozható az erőnléte, elősegíthető a versenyek utáni regeneráció.

BÉRES RT.




AMI A NÖVÉNYVÉDELEMBEN NÉLKÜLÖZHETETLEN

Agrol Plus	lencsés permetezőszer
Agropon	hatásfokozó segédanyag
Arsenal 250 LC	teljes gyomirtószer
Assert 250 SC	gabonafélék kezelés utáni gyomirtószer
Avenge 200	gabonafélék vadzabirtó szere
Azodrin 40 WSC	barkéölöszer
Bladex 50 SC	kukorica és lucerna gyomirtószer
Cascade 5 EC	kiévezintézőgátló atkaölő szer
Counter 5 G	szisztematikus talajfertőtlenítő szer
Delan 750 SC	kontakt gombaölő szer
Efuzin 500 FW	kontakt gombaölő szer
Fendona 10 EC	környezetbarát rovarölő szer
Fendona 2 EC	környezetbarát rovarölő szer
Fendona LLV	környezetbarát rovarölő szer
Fendona 5 WP	közegszécsüggyel irtószer
Nomolt 15 SC	kiévezintézőgátló rovarölő szer
Phosdrin 24 WSC	általános rovarölő szer
Pivot 100 LC	pillangósok specifikus gyomirtószer
Ripcord 20 EC	pirenoid rovarölő szer
Saprol 19 EC	felszívódó gombaölő szer
Scepter 150 LC	szőlő gyomirtószer
Stomp 330 E	csirázást gátló gyomirtószer
Stomp 400 SC	csirázást gátló gyomirtószer
Suffix BW	gabonafélék vadzabirtó szere
Thimet 10 G	talajfertőtlenítő granulátum
Torque 50 WP	zöldszécsüggyel atkaölő szere
Torque 55 SC	gyümölcs, szőlő atkaölő szere



Cyanamid Overseas Corporation
Kereskedelmi Képviseleti Iroda
1133 Budapest
Váci út 110.
Tel: 267-1689

A szervezet ásványi anyagokkal és mikroelemekkel való ellátásának fontosságára, ennek a szív és érrendszeri, valamint a daganatos megbetegedések fellépésével való összefüggésére egyre több vizsgálat eredménye utal.

Centrum VITAMINC SALÁD

A CSALÁD MINDEN TAGJÁNAK

Centrum from A to Zinc: 31 összetevőt (13 vitamint és 18 ásványi anyagot) tartalmazó multivitamin felnőtteknek.

Centrum, Jr. vitaminok: gyümölcs ízű rágótabletták gyermekeknek, melyek 13 vitamint és 10 ásványi anyagot tartalmaznak.

Centrum, Jr. + extra Ca: elősegíti a fogak és a csontok normális fejlődését.

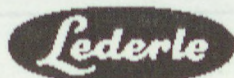
Centrum, Jr. + extra C: növeli a szervezet ellenállóképességét, segít az őszi, téli hurutos betegségek megelőzésében.

Centrum, Jr. + Iron (vas): magas vastartalmú révén elősegíti a vérképzést.

MATERNA: Terhesség és szoptatás idején fedezi mind a fejlődő magzat, mind az anya vitamin és ásványi anyag szükségletét.

Stresstabs + zinc: fokozott szellemi, vagy testi megterheléssel járó állapotokban fedezi az ilyenkor felgyorsult anyagcserre folyamatok révén gyorsabban ürülő vitaminokat és ásványi anyagokat.

Magas cink tartalmával elősegíti a szövetek regenerációját.



TECHNOPLUS

„az azonosuló környezetvédelem"

Ipari üzemek átfogó környezetvédelmi stratégiájának kidolgozása, hatósági egyeztetése, érdek-képviselői vállalkozása.

Víz- és szennyvíz-rendszerek felülvizsgálata helyszíni mérések és technológiai kísérletek alapján.

A környezetvédelmi szolgáltató anyagok, berendezések forgalmazása és lízingje.

Veszélyes hulladékok elhelyezései és ártalmatlanítási technológiáinak meghatározása és megvalósításának koordinálása.

Gyártástechnológiák, hulladék- és szennyvízkezelési technológiák kémiai folyamatainak számítógéppel segített modellezése.

Az üzemi környezetvédelmi tevékenység gazdasági elemzése, a termelési folyamatok anyagmérlegének optimalizálása a belső információrendszer fejlesztésén alapuló marketingtevékenység kiterjesztésével.

Meglévő víz- és szennyvízrendszerekbe illeszkedő, a gyártástechnológiákhoz azonosuló, speciális környezetvédelmi technológiák és berendezések fejlesztése, menedzselése.

Környezetvédelmi beruházások előkészítése, környezeti hatástanulmány készítése. Tervezés, engedélyeztetés és veszélyes hulladékok bérártalmatlanítása fővállalkozásban.

TECHNOPLUS

Székhely: Győr Babits M. u. 18.

Környezetvédelmi Technológiai Fejlesztő Kft.

Iroda: Budapest, 1142 Rákospatak u. 74/b.

tel/fax.: 251-08-23

levelezési cím: Bp. 1400 Pf. 63.

Bemutató terem:

Esztergom, 2500 Széchenyi tér 4. (33) 12-627

WATERSTREAM®

DRINKING-WATER-FILTER

WATERSTREAM IVÓVÍZSZŰRŐ



Waterstream ivóvízszűrő alkalmazásával ellárválíthatók a kellemetlen és káros íz- és szaganyagok. A klórozástól, fertőtlenítő tablettától vagy a gyakori szerves szennyezéstől rosszízű vizet friss, tiszta ízűvé teszi. Megköti a mérgező nehézfémeket és a rákkeltő halogénezett szerves vegyületeket, ezüst tartalmú töltete gátolja a baktériumok szaporodását.

Waterstream ivóvízszűrő használható otthon, kempingezéshez, kiránduláshoz, utazáshoz, főzőlaboratóriumban, akvárium vizének előkészítéséhez.

Kapacitás: 3000 liter, átlagos szennyezésnél.
Átlagolt átfolyás: 0,5-2 liter percenként

Vízvezetékre -szakszerűen bekötve, vagy egyszerű áttűréssel is használható. (Lásd a dobozban elhelyezett ismertető ábrákat!)

Gyártó: DANISH WATER SYSTEM, DÁNIA

Forgalmazó: Technoplus Környezetvédelmi Technológiai Fejlesztő Kft.

Budapest, 1400, Pf. 63.

Minősítette: Vízgazdálkodás Tudományos Kutatóközpont

Budapest, 7613/2/2015/1991.

Engedélyezési szám: OTH 12 421/91.

Engedélyezte: Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat

Országos Tisztiorvosi Hivatal

KERTÉSZETI ÉS ÉLELMISZERIPARI EGYETEM
Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék
 Budapest, 1118 Somlói út 14-16.
 Telefon: 185-0666, 185-1155

Ismertető

a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszékén elvégezhető élelmiszerkémiai, élelmiszeranalitikai és élelmiszerfizikai vizsgálatokról

Szaktanácsadás, megbízások, tanulmányok, felmérések készítése a következő szakterületeken:

Élelmiszerkémia
 Élelmiszeranalitika
 Környezetvédelem
 Nukleáris analitika
 Élelmiszerfizika
 Mezőgazdasági és élelmiszeripari sugárzás-
 technika
 Táplálkozástudomány

Vizsgálatok

Makrokomponensek:

Fehérjetartalom (Kjeldahl szerint)
 Zsírtartalom (Soxhlet szerint)
 Redukáló-cukortartalom (Bertrand, Schoorl)
 Nedvesség- és hamutartalom
 Sótartalom meghatározás
 Titrálható savtartalom meghatározása

Mikrokomponensek:

Minden gáz- és intenzív folyadékkromatográfiás módszerrel megoldható analitikai probléma megoldására vállalkozunk. Jelenleg a következő komponensek rutin meghatározására vagyunk felkészülve:

Gázkromatográfia:

Növényvédőszer (klórozott, foszfátészter és triazin típusúak)
 PAH-ok (16 komponens)
 Fenolok, szubsztituált fenolok (32 komponens)
 Patulin, penicillinsav szililszármazékként
 Nikotin, nornikotin
 Aroma-alkotók (14 komponens)
 Alkoholok (C_{10} -ig), gyümölcsészterek

Folyadékkromatográfia (HPLC):

Vitaminok
 Mesterséges színezékek (4 komponens)
 Antioxidánsok
 Mikotoxinok (10 komponens)
 Tartósítószer (szorbin-, benzooesav)
 Monoszacharidok

A kromatográfias meghatározásokat Hewlett Packard berendezéseken végezzük. Rendelkezésre áll egy HP GC-MSD rendszer, amellyel sokkomponensű minták minőségi elemzése oldható meg nagy biztonsággal.

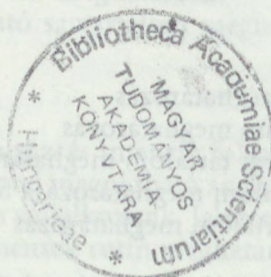
Funkcionális tulajdonság vizsgálatok:

Vízoldhatóság meghatározás
 Vízkötőképeség meghatározás
 Olajkötő képeség meghatározás
 Emulzió stabilizáló képeség

Egyéb vizsgálatok:

Savszám meghatározás
 Peroxidszám meghatározás
 Nitrit, nitrát tartalom meghatározás
 HMF tartalom meghatározása fotometriásan
 Fitinsavtartalom meghatározás
 Színmérés
 Tripszininhibitor aktivitás mérés
 Alfa-amiláz aktivitás mérés

A térfogatoss analitikai meghatározásokat potenciometrikus illetve amperometriás végpontjelzést alkalmazó automata titrátorokkal végezzük.



Szabó S. András

ISBN 936 232 671 7

Készült a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Nyomdájában

Felelős vezető: Wilpert Gábor

A könyv formátuma: A5

14251x

Ár: 350 Ft

Izgalmas feladat az egyes mikroelemek útját végigkísérni a biológiai körforgalomban. A mikroelemekkel kapcsolatos kérdéseket három kötetben foglaljuk össze. Az első kötet az életfontosságú, azaz az esszenciális mikroelemekkel foglalkozott. Jelen kötet a stimulatív mikroelemeket tárgyalja, a harmadik befejező kötet témája pedig a toxikus, azaz mérgező mikroelemek.

937833