

KÖRNYEZETVÉDLEMI ÉS TERÜLETFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM  
MTA TALAJTANI ÉS AGROKÉMIAI KUTATÓ INTÉZETE

---

**Környezet- és Természetvédelmi Kutatások**

**A kálium-ellátás helyzete  
Magyarországon**

*Írta:*

**Dr. Kádár Imre**

*Szerkesztette*

**Dr. Bartalos Tivadar  
Ligetiné Nechay Erzsébet**

**Budapest, 1993**

***Prof. Dr. Kádár Imre:***

***A kálium-ellátás helyzete Magyarországon***

***Szerkesztők:***

Dr. Bartalos Tivadar  
Ligetiné Nechay Erzsébet

***Szakmai lektorok:***

Dr. Balla Alajosné, tud. kandidátusa  
Dr. Filep György, tud. doktora, egyetemi tanár  
Dr. Loch Jakab, tud. kandidátusa, egyetemi tanár  
Dr. Sarkadi János, tud. doktora, c. egyetemi tanár

***Kiadja:***

Környezet- és Területfejlesztési Minisztérium  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete

KÁDÁR IMRE, 1993

Megjelent 1000 példányban

ISBN 936 04 3617 5

---

Hozott anyagról sokszorosítva

## ***Előszó***

Jelen kiadványunk célja, hogy tudományos igényű áttekintést nyújtson hazánk kálium ellátásáról és a kálium forgalmával összefüggő környezetvédelmi aspektusokról. A tanulmány vizsgálja ezen elem előfordulását és lehetséges fel-dúsulását a talajban, vizekben, növényben, állatban, emberben - tehát a táplá-léklánc egészében. Kitér a kálium élettani szerepére, valamint a K-hiány, illetve a K-túlsúly következményeire.

A szerző nemzetközi adatokra, hazai országos vizsgálatokra, valamint a Ma-gyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében vég-zett több évtizedes kutatási eredményekre támaszkodva egyértelmű választ kí-ván adni mindazon kérdésekre, melyek a közvéleményt és a politikai döntés-hozókat is foglalkoztatták az elmúlt években, ill. foglalkoztathatják a jövőben. E célból összegyűjtötte a leggyakrabban felvetődő kérdéseket és a könyv mel-lékletében, röviden és közérthetően, külön is válaszol rájuk.

A tanulmány megfogalmazza azokat a javaslatokat, melyek kijelölhetik az esetleges tennivalókat (szabályozási feladatok, hatósági beavatkozások, jövőt megalapozó kutatási prioritások, stb.) Magyarország kálium egyensúlyának biz-tosítása érdekében. A káliummal kapcsolatos kutatások és kísérletek infrastruk-túrát, költséges szabadföldi kísérleteket, laboratóriumi hátteret, szakképzett sze-mélyzetet igényelnek. A munka során az OTKA: "Növénytáplálás hatása a ter-més fokozására és a betegségrezisztenciára" 2536. számú kutatási téma ered-ményeire jelentős mértékben támaszkodtunk, melyért ezúton köszönetet mon-dunk.

Kiadványunk ajánlható az e témában dolgozó irányító és szaktanácsadó szer-vezetek szakembereinek, az oktatásban és kutatásban, valamint tágabban a kör-nyezetvédelemben érdekelt széles körének.

## **Tartalom**

I. A tanulmány célja, általános környezetvédelmi megfontolások .....	7
II. Kálium a természetben és a táplálékláncban .....	9
1. A kálium kémiai jellemzése és előfordulása .....	9
2. Kálium a talajban .....	11
3. Kálium a növényben .....	14
4. Kálium az állati szervezetben .....	17
5. Kálium az emberi táplálkozásban .....	22
6. Kálium a vizekben .....	25
III. A kálium-ellátás hazai helyzete és környezetvédelmi aspektusai ....	32
1. Talajaink K-mérlege és K-ellátottsága a század eleje óta .....	32
2. Talajaink és növényeink K-ellátottsága nemzetközi összehasonlításban .....	34
3. Extrém K-adagok hatásának vizsgálata tenyészedeny-kísérletekben .....	35
4. Extrém K-adagok hatásának vizsgálata szabadföldi kísérletekben .....	38
5. K-műtrágyázás, valamint a növényi rezisztencia és minőség kérdése .....	51
6. Extrém K-adagok hatásának vizsgálata tápoldatos kísérletekben .....	55
7. Kálium-ellátás és az állati takarmányozás kapcsolata .....	59
8. K-műtrágyázás és az ivóvizek minősége .....	60
IV. A káliumműtrágyák előállítás, összetétele, felhasználása .....	62
1. A világ kálisó készletei és bányászata .....	62
2. Magyarország műtrágya- és kálisó-felhasználása .....	63
3. Műtrágya- és kálisó-felhasználásunk nemzetközi összehasonlításban .....	65
4. Káliumműtrágyák összetétele és szennyezettsége .....	68
V. Javaslatok a kálium-egyensúly biztosítása érdekében .....	74
1. A kálium rablógazdálkodás következménye .....	74
2. Szakmai intézkedések, agrárpolitikai megfontolások .....	83
3. Esetleges hatósági feladatok megfogalmazása, normatívák .....	84

VI. Összefoglalás.....	86
VII. Felhasznált irodalom .....	90
VIII. Melléklet .....	95
1. Válaszok közérdekű kérdésekre .....	95
2. Mennyiben fordult elő túlzott műtrágyahasznált Magyarországon az elmúlt évtizedekben és milyen anyagi károkat okozhatott? ...	98
Potassium Supply in Hungary .....	101

## ***I. Általános környezetvédelmi megfontolások***

Az emberi tevékenység (városiasodás, ipari és mezőgazdasági tevékenység, közlekedés, stb.) az elemek természetes forgalmát megváltoztathatja, egyes elemek szétszóródását vagy akkumulációját eredményezi a bioszférában. A közvéleményt egyre inkább aggasztja környezetének, a levegőnek, víznek, talajnak, valamint az élő szervezeteknek elszennyeződése. Civilizációnk nem kis mértékben a kémiai elemek, növényi tápelemek és fémek felhasználásán alapul. A természetes nyersanyagokat feldolgozzuk, miközben hulladék és szemét képződik. A fogyasztás is a termékek további átalakítását jelenti, gyakran hulladékká.

COMMONER amerikai ökológus vizsgálatai szerint (cit. in VESTER, 1972) pl. a II. Világháborút követően az USA lakossága alig felével növekedett, míg a környezet szennyezése meghétszereződött. Az ugrásszerű környezetterhelés 80-85 %-ban arra vezethető vissza, hogy az 1940-es évek végétől új gyártástechnológiákat vezettek be, mint a műanyagok, műtrágyák, növényvédő szerek, villa-mosipari termékek előállítása, melyek egyben óriási energiatermelést is feltételeztek. A 60-as évek elejével hazánkban hasonló átalakulás történt.

A környezetkímélő eljárások helyett elterjedtek azok a technológiák, melyek az ingyen felhasználható levegőt, vizet, talajt, élővilágot terhelik. A költségesebb újrahasznosítás, a zártabb termelési ciklus, a szennyvíz és szennyvíziszapok környezetkímélő visszajuttatása természetes környezetükbe csökkentette volna versenyképességüket a piacon. Csak az utóbbi évtizedekben tudatosult, hogy a környezet is érték és figyelembe veendő a gazdasági számításokban. A környezetkímélő eljárások megdrágítják ugyan az egyes termékeket, "de az élet egésze olcsóbbá válik".

Az ember ma már gyakran tíz- vagy százszor annyi elemet szór szét a kör-nyezetben, mint a természetes geológiai események. A bányászat és a természetes geológiai folyamatok (a talajvíz és folyók) által szállított elemek becsült mennyiségeit VESTER (1972) és SEMB (1978) adatai nyomán az 1. táblázatban közöljük. A táblázat adatai között a kálium nem szerepel, mert az elmondottak a káliumra nem vonatkoztathatók. A kálium ilyen mérvű szétszóródására és globális mértékű nemkívánatos akkumulációjára nem kerül sor.

A természetes elemforgalom geokémiaileg behatárolt a Földön, melyhez alkalmazkodott az élővilág. A mozgékonyabb (részben káros) frakciók eltűntek a talajból, a talajoldat és a természetes vizek koncentrációja kicsi a nemkívánatos elemek tekintetében. A szárazföldi állatokhoz hasonlóan döntően az ember is a talajból származó élelemre utalt. Anyagcserénk olyan enzimszervezetre épült,

1. táblázat

**A bányászat és a természetes geológiai folyamatok (talajvíz, folyók) által szállított elemek mennyiségének összehasonlítása VESTER (1972) és SEMB (1978) adatai nyomán, 1000 t/év**

Elem neve	Elem jele	Emberi tevékenység, bányászat		Geológiai folyamatok
		VESTER (1972)	SEMB (1978)	VESTER (1972)
Vas	Fe	319.000	1.000.000	25.000
Nitrogén	N	9.800	20.000	8.500
Foszfor	P	6.500	13.000	180
Réz	Cu	4.460	7.140	75
Cink	Zn	3.930	5.670	370
Ólom	Pb	2.330	3.410	180
Mangán	Mn	1.600	9.200	440
Nikkel	Ni	358	692	300
Ón	Sn	166	185	1,5
Molibdén	Mo	57	71	13
Antimón	Sb	40	66	1,3
Ezüst	Ag	7	92	5
Higany	Hg	7	10	3

*Megjegyzés:* VESTER (1972) a 60-as évek, SEMB (1978) a 70-es évek adatait közli.

mely az esszenciális elemeket hasznosítja (mint pl. a kálium), míg a káros elemeket kirekeszti. Az életközösségek, növények és állatok lassan változnak. A földi élő rendszerek nem képesek rövid távon alkalmazkodni a drasztikus környezeti változásokhoz.

A kémiai környezetterhelésre tehát az emberi szervezet sincs felkészülve evolúciós értelemben. Az akkumulálódó elemek ugyanakkor gyakran stabilak és irreverzibilisen változtathatják meg a környezet és az élővilág összetételét. Hasonló jelenség állhat elő, amikor nagyságrendekkel megnöveljük a talaj felvehető toxikus elemtartalmát pl. nagy fémtartalmú szennyvíziszapokkal. Átalakulhat a talaj összetétele, minősége, megváltozhat a talajélet, a rajta termő növény és a legelő állat életképessége. A környezet szennyeződése fémes és nemfémes elemekkel, a kémiai környezetterhelés egyik formáját öltheti, mely alapvető egészségügyi, gazdasági, ökológiai jelentőségű. Vajon mennyiben vonatkozhat mindez a káliumra? Játshat-e ilyen mérvű káros szerepet a műtrágyázás, vagy a szakszerűtlen K-trágyázás, a túladagolás hazai viszonyaink között? Mindehhez vizsgálnunk kell a kálium forgalmát a természetben és hazánk mezőgazdaságában.

## ***II. Kálium a természetben és a táplálékláncban***

### *1. A kálium kémiai jellemzése és előfordulása*

A 2. táblázatban bemutatjuk a fontosabb kémiai elemek becsült átlagos koncentrációját a földkéregben, tengervízben, növényben, állatban és emberben PAIS (1991) összeállítása nyomán. A kálium jelentőségének, geokémiai és élettani szerepének megértéséhez vizsgálnunk kell viszonyát a többi elemhez, elsősorban a három "testvér" kationhoz, a Ca, Na, Mg elemekhez.

A négy említett elem közel azonos mennyiségben található a földkéregben (2,0-3,6 % között) és együtt fordulnak elő gyakran az ásványokban. Különösen a Na/K összefonódás szembetűnő, tanulságos arányaik figyelemmel kísérése a táplálékláncban is. A kálium a hetedik leggyakoribb elem a földkéregben. Lito-fil jellege miatt a szilikát földkéregben dúsul. Fő ásványa az ortoklász  $KAlSi_3O_8$ , de más földpátokban is megtalálható. Az eruptív kőzetek ortoklászban

gazdagok, ilyenek a bazalt, gránit, stb. A kálium aránya bennük 2,6 % és hasonló az agyagos üledék K-tartalma is. A földkéreg, tenger, légkör együtt 2,4 % káliumot tartalmaz (NÁRAY-SZABÓ, 1957).

A kálium késői magmás elem, főként a savanyú kőzetekhez kapcsolódik. Nagy ionsugara (1,33 Å) miatt ionpotenciálja kicsi, vegyületeinek kötése gyenge, a lehűlő magmából később kristályosodik. A kőzetek mállásakor adszorbeálódik az agyagásványokon és a talajban felhalmozódik, illetve megőrződik. A nátrium ezzel szemben jobban kimosódik, a folyóvizekben a nátrium túlsúlya már szembeütő. A tengeri iszapok, agyagos üledékek szintén adszorbeálják a K<sup>+</sup>-ot, így a tengervízben a nátrium túlsúlya közel harmincszorosa a káliuménak. A tengervízben oldott négy fő kation közül (Na, Mg, Ca, K) a kálium rendelkezik a legkisebb hidrátburokkal, rádiusszal, így a kristályrácsokba könnyen behatol.

A tengeri sótelepekbe ezért kevés kálium jut és a káliumsók kristályosodása a bepárolgás végén kerül sor. A kálisótelepek így fedősók. A N-tartalmú szerves anyagok aerob bomlásakor a képződő nitrát nitrogénnel salétromot képez KNO<sub>3</sub> alakjában. Régebben 80-100 t salétromot is gyűjtöttek a "salétromos szérűkőn" évente a Nyírségben, melyet kifőztek és robbanóanyag gyártására hasznosítottak. Megemlítjük, hogy GLAUBER 1656-ban Hollandiában azt találta, hogy a salétrom a növekedés princípiuma, a növényi fejlődés fő tényezője, mert a termést ugrásszerűen növelte. A természetes salétromot, mely N+K tápelemeket tartalmaz, elsőként alkalmazta "műtrágyaként".

#### 2. táblázat

**A fontosabb kémiai elemek becsült átlagos koncentrációja a földkéregben, tengervízben, növényben, állatban és emberben, ppm  
PAIS (1991) összeállítása nyomán**

Elem neve	Elem jele	Föld-kéregben	Tenger-vízben	Növényben	Állatban	Emberben
Oxigén	O	466.000	857.000	410.000	400.000	624.000
Szilícium	Si	277.200	3,0	200-5000	100-6000	0,3-0,6
Alumínium	Al	81.300	0,01	500	4-100	< 0,8
Vas	Fe	50.000	0,01	140	160	100
Kalcium	Ca	36.300	400	18.000	200-85.000	19.000



Nátrium	Na	28.300	10.500	1.200	4.000	800
Kálium	K	25.900	380	14.000	7.400	2.000
Magnézium	Mg	20.900	1.350	3.200	1.000	300
Titán	Ti	4.400	0,001	1	0,2	< 0,02
Hidrogén	H	1.400	108.000	55.000	70.000	99.000
Foszfor	P	1.180	0,07	2.300	30.000	9.000
Mangán	Mn	1.000	0,002	120	0,2	0,3
Kén	S	520	885	3.400	5.000	4.000
Szén	C	320	28	454.000	465.000	211.000
Klór	Cl	314	19.000	2.000	2.800	800
Fluor	F	300	1,3	1-40	600	600
Króm	Cr	200	0,00005	0,2	0,07	0,07
Vanádium	V	150	0,002	1,6	0,1	0,2
Cink	Zn	132	0,001	100	0,3	30
Nikkel	Ni	80	0,0054	3	0,8	0,15
Réz	Cu	70	0,003	14	2,4	1,6
Lítium	Li	65	0,18	0,1	0,02	0,02
Nitrogén	N	40	0,5	30.000	100.000	31.000
Kobalt	Co	23	0,00027	0,5	0,03	0,02
Molibdén	Mo	15	0,01	0,9	0,2	0,2
Bór	B	3	4,6	50	0,5	< 1,0
Jód	I	0,3	0,06	0,42	0,4	0,2
Szelén	Se	0,09	0,00009	0,2	1,7	0,2

A K geokémiája az üledékes fázisban ellentétes a Na mozgásával, ezért a két elem eltávolodik egymástól (SZÁDECZKY-KARDOS, 1955):

Üledék, közet és vizek összetétele	Na %	K %	Na : K
Üledék állagában	1,40	2,34	1 : 1,67
Magmás közetekben	2,83	2,59	1 : 0,92
Folyók, tavak vize (szilárd maradék)	5,79	2,12	1 : 0,37
Tengervíz (szilárd maradék)	30,62	1,10	1 : 0,04

A kálium geokémiája összefonódik a kálium esszenciális jellegével, a földi élet módosítja a kálium körforgását a természetben. A

bioszférában a kálium részlegesen akkumulálódik, minden élő sejtben és szervezetben előfordul nagyobb mennyiségben. Főként a testnedvek és szövetek hasznosítják. A növények hamujában sokkal több a kálium, mint a nátrium. A hamu K-tartalma 10-40 % között ingadozhat. A vízi növényekben és a tőzegben kevesebb a K, mert a víz K-szegény. Ezért a kőszén hamujában is gyakran alacsony a K %, mely 0,1-1,6 érték közé esik.

Míg a nátrium az állati sejten kívüli folyadékban, az extracelluláris térben található, a kálium a sejtek legfontosabb kationja. A kisebb ionrádiuszú Na-ionnak ugyanis nagyobb a hidratburka, mint a káliumnak. A nátrium ezért a sejtközi folyadékban marad, míg a kálium behatol a sejtekbe. A nátriumot általában a kloridion kíséri, míg a káliumot gyakran a foszfát anion. A kálium földtani kormeghatározásra is alkalmas. Három izotópja ismert: 39, 40, 41 tömegszámú. A  $K^{40}$  radioaktív, mert magjában jelentős neutronfelesleg van és béta-sugárzás közben  $Ca^{40}$ -é alakul. A  $K^{40}$  izotóp felezési ideje  $14 \cdot 10^8$  év. A természetben 0,01 % arányban fordul elő az összes K %-ában kifejezve, így az emberre érdemi radioaktív terhelést nem jelenthet (SZABÓ, 1985).

## 2. Kálium a talajban

A talaj K-készletét meghatározza a talajképző kőzet, annak primer és szekunder agyagásványai. A K-gazdag földpátok és csillámok (ortoklász, muszkovit, biotit) 8-10 % körüli káliumot tartalmaznak. A fontosabb K-megkötő agyagásványok között említjük az illit, vermikulit, klorit és montmorillonit csoportot. A kálium kötése eltérő: a földpátokban a Si-Al-O rácsban, míg a 2:1 típusú agyagásványokban (illit, vermikulit) és a csillámokban a rétegek között helyezkedik el.

SCHAEFFER és SCHACHTSCHABEL (1970) szerint a lösztalajok összes K-készletének mintegy 40 %-a a földpátokban, 25-30 %-a a csillámokban és 28-30 %-a az agyagfrakcióban van. A talajok agyag- és agyagásvány-tartalmával, kötöttségével a K-készlet nő. Az összes K-készlet nagy része a növény számára felvehetetlen. A kicserélhető K mennyisége szerves talajokban mindössze néhány % körüli. A talajoldat K-tartalma pedig a kicserélhető frakció néhány %-a, azaz az összes K-készlet néhány tized részére tehető (WIKLANDER, 1954).

Az ásványok mállása és az ioncsere eredményeképpen kálium szabadul fel és trágyázatlan talajon ez jelenti a növények K-forrását, meghatározva termékenységüket. Idővel a talaj felvehető K-készlete csökken, illetve a K-megkötő képessége nő és bizonytalanná válik a

növények ellátása. Különösen kedvezőtlen viszonyok között (szárazság, fagy, fertőzés, stb.) a terméskiesés emiatt számottevő lehet. Ilyenkor a folyamatos K-ellátás biztosítása céljából esetenként magas K-adagokkal kell trágyázni, melyek az 1000-2000 kg K<sub>2</sub>O/ha mennyiséget is elérhetik (MENGEL, 1976).

A talajok összes K-tartalma 0,3-3 % között változhat genetikai eredetüktől függően. A kötött K - kicserélhető K - vízoldható K rendszer egyensúlyra törekszik. Ha a talajoldat K-tartalma csökken, új ionok lépnek a talajoldatba. Ez a növényi felvétel, vagy a kilúgzás során előállhat. A talajoldat és a talaj adszorpciós komplexumának káliuma dinamikus egyensúlyban van és a kötött káliummal együtt biztosítják a növény K-ellátását (TISDALE & NELSON, 1966).

A kálium kötődésének mértéke befolyásolja a vertikális transzportot. Szántóföldi területeink nagy részén (sok agyagásványt tartalmazó talajainkban) a kálium csak lassan vándorol lefelé. Ezért a növényi akkumuláció eredményeképpen általában a szántott réteg a leggazdagabb káliumban. Barna erdőtalajokon a sok agyagot tartalmazó B-szint, a felhalmozódási szint akkumulálja a lefelé vándorló káliumot, főként az illithez és a klorithez kötve.

A mélyen gyökerező növényeknél hátrányos lehet, hogy a kálium bizonyos talajokon nem jut le az alsóbb talajrétegekbe. A szőlő pl. K-hiányban szenvedhet bizonyos talajokon annak ellenére, hogy a felső réteget káliummal bőségesen trágyázzák. Ilyenkor csak a mélytrágyázás segít. Másrészt a kálium lassú vertikális vándorlása lehetővé teszi, hogy szakaszosan forgót trágyázzunk, 2-3 évre előre adva. Kimosódási veszteségektől csak az agyagban szegény homoktalajokon kell tartani, valamint a szerves talajokon. E két talajon az agyagásvány-tartalom csekély és a K-készlet növelése is nehézségekbe ütközik.

A talajokban tehát a kálium négy frakciója különíthető el:

1. Az elsődleges és másodlagos talajásványok K-készlete;
2. Az ún. fixált vagy nem kicserélhető K;
3. A kicserélhető K (ammónium acetát vagy laktát oldható, stb.);
4. A talajoldat K-tartalma (vízoldható K frakció).

Az utolsó két frakciót nevezzük felvehetőnek, mert a növényi gyökerek számára könnyen hozzáférhető forrást jelentenek. Annak ellenére, hogy a talajoldat K-tartalma a talaj K-készletének néhány ezrelékét, esetleg csak milliomod részét képezi, ez a felvétel fő közege a korábban taglalt dinamikus K-egyensúly eredményeképpen. A talajoldat K-koncentrációját fenntartja a kicserélhető K, utóbbiét pedig a nem kicserélhető frakciók. A mállás lassú folyamata a talajásványokból szabadít fel káliumot.

A világ talajainak K-ellátottságát vizsgálva azt találjuk, hogy a nedves trópusok talajai az intenzív kilúgzás miatt káliumban szegények, míg a kontinentális területek talajai gazdagok. A száraz, meleg vidékeken a mállástermékek a felső talajrétegben felhalmozódnak. Latin Amerika trópusi talajainak 53 %-át K-hiányosnak tekintik. Ezek a talajok gyakran Ca-, Mg- és S-hiányosak is a ki-lúgzás miatt. Kínában pl. a déli trópusi zóna talajai káliumban igen szegények, míg Belső Ázsia vidékei igen gazdagok. A forró 1 N HNO<sub>3</sub>-ban oldható K<sub>2</sub>O-tartalom Kína trópusi kilúgozott talajaiban általában 80 ppm alatti, míg a kontinentális övezetek talajaiban 1000 ppm feletti értékeket mutat (KEMMLER & HOBST, 1985).

Genetikai okokból K-szegények a szerves- és homoktalajok, különösen a ki-lúgzásos térségekben pozitív vízmérleg mellett. Ilyenek az északi országok tő-zeges talajai, a glaciális és fluvioglaciális hordalékok homoktalajai ÉK Németország, ÉK USA, Skandinávia térségeiben. K-szegények képződésük miatt a mediterrán vidékek sekély mészpadon kialakult talajai. VÁRALLYAY et al. (1980) szerint a magyar talajok mintegy 16 %-a homok, 10 %-a homokos vályog, 43 %-a vályog, 19 %-a agyagos vályog és 7 %-a agyag. Természettől fogva tehát a talajaink 1/4-e (homok, homokos vályog) K-szegénynek tekinthető. STEFANOVITS (1985) szerint a hazai talajok nagy részénél az alacsony agyag-tartalom illit-klorit-kaolinit, míg a magas agyagtartalom szmektit-vermikulit típusú agyagásványok dominanciájával jár együtt.

GYÖRI (1984) szerint a hazai talajaink átlagos összes K-tartalma 1 % körüli, mely ötszöröse a szántott réteg N-, illetve tizenötszöröse az összes P-tartalmának. Ehhez járul még, hogy a nitrogén és foszfor megoszlásától eltérően a talajok K-tartalma általában nem csökken a mélységgel, sőt növekedhet is. A mállás nyomán megjelenő kálium kimosódása, alsóbb szintekben való felhalmozódása a kálium újraeloszlását eredményezheti a talajszelvényben (pl. a kovárványos barna erdőtalajok B-szintjében).

Amint utaltunk rá, a nátrium (2,8 %) és kálium (2,6 %) közel azonos mennyiségben fordul elő a földkéregben, a mállást követően megoszlásuk eltérő a vizekben és a talajokban. A Na-vegyületek gyorsan kimosódnak (kivéve a lefolyástalan területeket), míg a káliumot a talajok döntően adszorbeálják és így megőrzik az élővilág számára. Ennek ellenére a növények általában K-pótlásra szorulnak. A növények nagy mennyiségben igénylik a káliumot, a felvétel általában többszöröse a Ca-, Mg- és Na-felvételének. A talaj komplexumában az arányok ennek sem felelnek meg, a kálium részaránya néhány %. SCHMALFUSS (1968) szerint a kationok aránya átlagosan a következő: CaO: 70-80; MgO: 10-15; Na<sub>2</sub>O: 5-10; K<sub>2</sub>O: 2-4 %. A meszezés

javíthatja a növények K-ellátását, mert a káliumot kiszorítja a komplexumból.

VINOGRADOV (cit. in: GYÖRI, 1984) az elemeket az alábbiak szerint csoportosítja növényi akkumulációjuk alapján:

1. Növénybeni koncentrációjuk nagyobb, mint a talajban: C, N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, B, Mo, Co, Cl, Br, J, Ra, Rb. Ide főként az ún. bioelemek, tehát az élő rendszerekben szerepet játszókat tartoznak.

2. Koncentrációjuk azonos a talajban és a növényben: Na, Mn, Sr, Li, Se.

3. A növényi hamuban kevesebb van, mint a talajban: Al, As, Cr, F, Fe, Ir, Ni, Pb, Si, Th, Ti, V, Zr.

A kálium az esszenciális, a bioszférában felhalmozódó elemek között szerepel. A szántott réteg K-készlete az 50.000 kg/ha mennyiséget is elérheti és évszázadokig forrásul szolgálhat mérsékelt termések elérésére a legtöbb talajon. A jelenleg ismert és feltárt K-készletek a K-műtrágyák alapanyagául szolgálhatnak évszázadokig, szinte kimeríthetetlenek és így a nagyobb és növekvő termések folytonos K-ellátása globálisan is biztosítható a Földön.

### 3. Kálium a növényben

A kálium nem építőeleme a sejteknek, a szerves anyagnak. Szerepe inkább katalitikus jellegű. A növények a nitrogén mellett a legnagyobb mennyiségben igénylik és nélkülözhetetlen az alábbi életfolyamatokban (TISDALE & NELSON, 1966):

1. Szénhidrátok anyagcseréje, ill. a keményítő képződése, lebontása és vándorlása.
2. N-forgalom és a fehérjék szintézise.
3. Esszenciális ásványi elemek felvételének szabályozása.
4. Esszenciális szerves savak semlegesítése.
5. Enzimek aktiválása (ma már több mint 60 enzimmél ismert).
6. Merisztéma szövetek növekedése.
7. Levelek légzőnyílásának és a sejtek vízviszonyainak szabályozása.

SCHMALFUSS (1966) szerint a táplálkozásélettan egyik legnehezebb kérdését jelentette a kationok növényi anyagcserében játszott szerepének megértése. Korábban minden elemnek specifikus funkciót tulajdonítottak, gyakran egzakt bizonyítékok nélkül. A főbb kationokat együtt kell vizsgálni ahhoz, hogy megvilágítsuk hatásukat az élőanyag kolloidális rendszereire, a kolloidok hidrofil tulajdonságaira. A protoplazma hidratációs állapotát a kationok szabályozzák az ismert

Hofmeister-sor szerint: Na, K, Mg, Ca. A kétértékű ionok a zsugorodás, az egyértékűek a duzzadás, a vízfelvétel okozói. A Mg közepén helyezkedik el. Szerepük együttesen jelentkezik és egyetemleges a protoplazma működésében.

Bizonyos fókig helyettesítheti egymást a K- és a Na-, valamint a Cl- és a NO<sub>3</sub>-ion. Általában a kálium a domináns kation a növényvilágban, míg az állati szervezetben a nátrium. A kálium koncentrációja ötven-százszorosan meghaladja a nátriumét a legtöbb növényben (PRJANISNYIKOV, 1965). Vannak azonban növények, ahol a nátrium uralkodik. A halofitákban a nátrium biztosítja a hatalmas ozmotikus nyomást, mely képessé teszi e növényeket, hogy a sós talajból is kielégítsék vízigényüket. A répafélék is viszonylag sok nátriumot tartalmaznak, részben származásukból eredően. E növények őshazája a Földközi-tenger melléke (RUBIN, 1963).

A kálium és nátrium ugyan közelálló egyértékű elemek, de funkcióik a növényben eltérők. A nátrium esszenciális szerepe a mai napig nem tisztázott, míg a kálium jelentősége egyértelmű. Erre utal a növények szelektív, aktív K-felvétele, akkumulációja a környezetből. Még a vízi növényeknél is megfigyelhető ez a jelenség. A moszatoknál a sejt K-koncentrációja pl. negyvenszeres a tengervízhez képest, míg a nátriumnál fordított a helyzet (PRJANISNYIKOV, 1965).

A kálium egyébként az arab "al-kali" szóból ered, mely arra a faféleségre utal, melynek égetésével lúgokat, alkáliákat nyertek. Az angolban és franciában használatos potash a "pot-ashes" rövidítést takarja, mely lefordítva "edény-hamu" összetételnek felel meg. Eredetileg vas edényekben égetéssel nyertek fahamut, amelyből a K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-ot kimosták és kikristályosították. Megemlíthető, hogy a sós talajok egyik növényét a botanikusok *Salsola Kali* névvel illetik (PRJANISNYIKOV, 1965; MUNSON, 1985).

A kálium növeli a plazma permeabilitását, míg a kalcium csökkenti. A kálium duzzasztja a kolloidokat, míg a kalcium zsugorítja [Kolloidkémiai szerepe]. A fiatal szövetek káliumban gazdagok, míg az elöregedő növényben a transpirációs árammal passzívan bejutó kalcium halmozódik fel. A kálium nemcsak növeli a vízfelvételt, hanem a levél légzőnyílásait zárva csökkenti a transpirációt, míg a kalcium ezzel ellentétesen hat. A kálium hiánya ezért hervadást, elszáradást, rossz vízháztartást eredményez. Önmagában minden ion, még a kálium is kedvezőtlen hatású a sejtekre. Az ionok együttesére, bizonyos arányára van szükség. Egy ion hiánya másik túlsúlyát eredményezi és ez tükröződik a kolloidok méretében és állapotában, funkcionális zavarokban.

Kálium hiányában nőhet a %-os N-tartalom, míg a szerves-N aránya csökken az aránytalan N/K táplálás miatt. A hervadó levelekben később megkezdődik a fehérjék leépülése. A szénhidrát anyagcserében szintén a kationok együttes szerepe a fontos, így pl. a telített/telítetlen zsírsavak képződése részben a Ca/K arány függvényében alakul. A környezeti stresszel szembeni ellenállás (mint a szárazság, fagy, betegség, stb.) szintén függ a K-ellátástól. A vízdús, friss, teljes anyagcseréjű és jó minőségű növény életképesebb. A K-hiány esetén megfigyelt megdőlés azzal magyarázható, hogy a szilárdítószövetek gyengén fejlődnek, mert a szénhidrátok részben fehérjékké alakulnak és nem képződhet elegendő erősítő rostsejt (SCHMALFUSS, 1966).

Bár a K esszenciális volta LIEBIG (1840) munkája óta elfogadott és a klasz-szikus tápelemek közé tartozik (C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg, Fe), nélkülözhetetlen voltát kísérletesen csak a múlt század 60-as éveiben bizonyították vízkultúrákban. A K-műtrágya ipari előállítását először Németországban kezdték 1857-ben. Ez az elem a szerves vegyületeknek nem alkotóeleme, a sejtekben elsősorban ionos formában van jelen. Mintegy  $\frac{4}{5}$ -e a káliumnak a sejtnedvben van és vízzel kioldható, különösen az elhalt fiatal növényi szövetekből. Kisebb része a kolloidokhoz kapcsolódik és kevesebb, mint 1 %-a beépül a protoplazma mitokondriumába. A növényben is mozgékony marad, elvándorol a fiatal hajtásokba. A N és P elemekkel ellentétben a zöld vegetatív növényi részekben (szalma, szár, gumó, stb.) halmozódik fel. Kivételt képeznek a fehérjedús pillangós magvak.

A növények normális növekedéséhez a szövetek magas K-koncentrációja szükséges. A kálium felvétele csökkenti a sejt és a sejt közötti járatok közötti elektropotenciális gradienst, depolarizáló hatása megnöveli az energiahasznosulást a kloropasztiszokban és a mitokondriumokban. A káliummal jól ellátott növények magasabb energiaszinttel rendelkeznek, melynek hatása megnyilvánul az intenzívebb anyagcserében és következményeképpen a fokozottabb gomba, rovarkár, fagy és szárazság rezisztenciában (MENGEL, 1976; AMBERGER, 1979; BERGMANN, 1979).

A K-tartalom 1-6 % közötti a zöld növényekben száraz anyagra vonatkoztatva. A legmagasabb K-koncentráció az erősen növekedő legfiatalabb részekben található, ahol az aktív anyagcsere miatt a K-igény maximális. Csak vízkultúrában K-luxustáplálkozáskor fordul elő, hogy az öregedő levelek is káliumban gazdagok. A fiatal korban jelentkező K-hiány káros következményei később már nem módosíthatók. A növény azonban képes a K-hiányt saját készletéből egy bizonyos mértékig ellensúlyozni, amikor az öregedő szervekből a káliumot a fiatal növekvő szervekbe továbbítja (reutilizáció).

Mivel a kálium az újabb ismeretek szerint több mint 60 enzimreakciót katalizál, kimutatható volt szerepe az energiaigényes N-felvételben és az ATP szintézisben is. A nitrátreduktáz enzim szintézisére hatva a fehérjeképzést befolyásolja. A K-hiányos növényben így csökken a fehérje-N aránya. Ezért hangsúlyozza az újabb irodalom az optimális N/K arány jelentőségét a táplálásban.

A nagymolekulájú anyagok képződése energiaigényes folyamat, melyet az ATP biztosít. A napfény energiájának kémiai energiává alakulása, energiadús foszfátok közreműködésével, K-függő. Kálium hiányában a szintézis gátolt és erősödik a légzés, a lebomlás, az energiavesztés. Az asszimiláták szállítása szintén K-függő energiaigényes jelenség. A káliummal rosszul táplált növényekben kismolekulájú szénhidrátok és oldható N-vegyületek halmozódnak fel, melyek a különféle károsító szervezetek számára közvetlen táplálékul szolgálnak.

A fentiek alapján érthetővé válik a kálium sokoldalú szerepe, kedvező hatása a hozamok alakulására és a minőséget meghatározó beltartalmi anyagokra (cukor, keményítő, protein, cellulóz, vitaminok). Emellett a káliumnak közvetett befolyása is számottevő lehet a növénytermelésre, fokozva a növények tűrőképességét az állati és gomba kártevőkkel szemben, valamint a nemkívánatos ég-hajlati jelenségek hatásainak (fagy, szélkár, szárazság, megdőlés) mérséklésében.

A K-hiányos növények kókadtságot mutatnak, ellentétben a N- és P-hiányos növény merevtartásával. A levelek visszahajlanak, a növekedés gátolt, a levelek mérete kisebb. Vizuális tünetek mindig az alsó idősebb leveleken jelentkeznek, mert ott a kálium kiáramlik a fiatal szervekbe. A sejtsugorodás és szövet-összeomlás miatt nekrotikus fehér vagy barna foltok keletkeznek. A levél szélein jelentkező nekrozist gyakran "levélperzselés" jelzővel illetik. A K-hiány-tüneteket főbb gazdasági növényeinken BERGMANN (1979) ismertette.

Vajon milyen veszélyt jelent a K-túltáplálás? E téren érdemes BERGMANN (1979) magyarul is megjelent könyvét szó szerint idézni: "Szántóföldi viszonyok között, de még tenyészedény-kísérletekben is, aligha fordul elő K-többlet közvetlen kártétele, ha eltekintünk a túlzott K-műtrágyázás által, rossz megkötőképességű talajokon jelentkező "sókároktól". Ilyen károk, melyek egyéb-ként más műtrágyák túladagolása következtében is előállhatnak, a K-sók esetében gyakran a kísérő Cl<sup>-</sup>-ionnak tulajdoníthatók. A növények még a viszonylag nagyon nagy K-tartalmat is károsodás nélkül elviselik. Minthogy a K-ionok a talajban megkötődnek, a növények csak kivételes esetben vehetnek fel olyan mennyiséget, ami már károsodást okozhat."



A talaj és a növények nagy K-tartalma azonban *közvetett* kártételt idézhet elő más kationok vagy elemek felvételének gátlásán keresztül (Ca, Mg, B, Mn, Fe). Külön vizsgálnunk kell tehát, hogy ilyen mérvű túltrágyázás előfordul-e a hazai gyakorlatban és a K-túlsúly milyen nemkívánatos következményekkel járhat hazai talajainkon és növényeinkben? A kérdésre szabatos válasz csak egzakt kísérletek alapján adható. A hazai K-kísérletek főbb tanulságait a későbbi fejezetekben foglaljuk össze. Mindenesetre az arányokat jól tükrözi BERGMANN (1979) könyvének K-fejezete, melyben a K-hiánytünetek leírása több mint 5 oldal terjedelmet igényel, míg a K-többlet leírása kevesebb, mint fél oldalt. A szerző a K-túlsúly *közvetlen* hatásáról az alábbiakat közli: "A K-többlet *közvetlen* hatásaként, a szakirodalom adatai szerint, vízkultúrában nevelt citromon észleltek vontatott növekedést, a levelek szélein jelentkező elhalást, varasodást, valamint korai lombhullást. Nagy K-adagok állítólag a narancs beérését késleltetik. Csillagfürtön a levélerek között nem egyértelműen jellemző klorózist figyeltek meg, de ez a tünet a nagyadagú K-trágyázással velejáró nagy Cl-tartalomnak is tulajdonítható."

#### 4. Kálium az állati szervezetben

A kálium a legfőbb intracelluláris eleme az állati és emberi szervezetnek. Általában a K-igényt a takarmányok K-tartalma kielégíti, míg a Na és Mg hiánya gyakori. Különösen a kérődzőknél (juh, szarvasmarha) figyeltek meg hiányos Na- és Mg-ellátást. A hiányt nem a K-túlsúly idézi elő, hanem a takarmányok ténylegesen nem kielégítő Na- és Mg-készlete. A szarvasmarha pl. a napi K-igényt jelentősen meghaladó káliumot fogyaszthat anélkül, hogy a Na- és Mg-felvétele csökkenne, ill. a vészérum Na- és Mg-tartalma változna. A K-luxusfogyasztás nem jár káros következményekkel, az állati szervezet a felesleget kiválasztja (KEMMLER & HOBT, 1985).

A K-hiányos takarmány fejlődési rendellenességhez vezet. Általában elfogadott, hogy a takarmányok K %-a 0,6 körüli koncentrációban már megfelelő. A kutatások kimutatták, hogy a K-hiányos növényben felhalmozódó nemfehérje nitrogén ártalmas az állatokra, amennyiben ez a frakció könnyen dezaminálódik. A folyamat nagy mennyiségű ammónia heves felszabadulását eredményezheti a bendőben. A K-hiányos takarmányon nevelt juhok fejlődésben vissza-maradtak, legyengültek (TISDALE & NELSON, 1966).

A kálium egyik funkciója az állati szervezetben a bioelektromos áramok termelése. A sejtek az oxidatív energia egy részét arra

használják, hogy a káliumot a sejtek belső, a nátriumot pedig a külső oldalon tartásuk. A sejtfa mentén létrejött potenciálkülönbség elektromos áramot gerjeszt, mely az ideg- és izom-impulzusokat továbbítja. Az impulzusok az idegrostok mentén (az agy és az izmok között) mikromásodpercnyi időközökben terjednek. A rendszer működése egyszerűen magyarázható. Az intracelluláris kálium a negatív töltésű szerves anyaghoz kapcsolódik a sejtfa mentén. Gerjesztett állapotban Na-ion lép be, ill. K-ion lép ki a sejtől. Az ionáramot enzim aktiválja. Az állati szervezet fenn-tartásához szükséges energia jelentős részét ez a pompa biztosítja (PRESTON & LINSNER, 1985).

Az élő sejtnek (növényi és állati egyaránt) az a képessége, hogy a két hasonló kation, a Na és K között éles különbséget tegyen, sokáig rejtély volt. Amint arra már utaltunk, az állati sejtben és a tengeri növényekben az intracelluláris K koncentráció sokszorosa a külső tér koncentrációjának. A nátrium esetén éppen fordított a helyzet, hígulás az uralkodó. Ez az aszimmetrikus K/Na eloszlás ion-pumpát takar. A pumpa energiaigényét az ATP adja, mely segítségével a nátriumot kiválik a sejtől, míg a kálium behatol a koncentrációgradienssel szemben.

Napjainkban már elfogadott, hogy az ionpumpa egy ATP-áz lehet. Az újabb ismeretek szerint bizonyos peptidek szelektíven kötik a káliumot és átviszik a sejtfa felé, mint szállítók (carrier elmélet). Speciális K-csatornák is működnek a sejtben, melyeken az ionvándorlás lezajlik. Feltehetően ezek a mechanizmusok együtt biztosítják az élő sejt K/Na megkülönböztető képességét. Számos olyan enzim létezik, melyet a kálium aktivál növényben, mikroorganizmusokban és az állati sejtekben egyaránt (ZEMKOVÁ, 1992; KECSKEMÉTI, 1992).

Az életfolyamatok számára fontos a kálium kolloidkémiai szerepe, mely el-lentés a kalciuméval és a szív-működésben fontos. A kálium extrém túlsúlya a kalcium felett az izolált szív működését megállítja, míg a kalcium elindítja. Enyhe K-hiányt vagy K-túlsúlyt a szervezet képes kiegyenlíteni (tárol és a vese útján kiválaszt). Az extrém K-hiány halált okozhat. A K-túlsúly viszont a nátrium- és vízháztartásra van befolyással, a nagyobb K-kiválasztást nagyobb víz- és Na-leadás kíséri. A kálium vízajtó hatása miatt a szövetek vizében lévő sók is kiválasztódnak (STEPP, 1939).

Az állatok táplálásában a négy fő kation (K, Na, Ca, Mg) fontos szerepet játszik. Az egyes szervek átlagos elemtartalmát a brojler csirkék példáján mutatjuk be a 3. táblázatban, saját ICP elemzéseink alapján. Amint az adatokból látható, a K %-os mennyiségben fordul elő a P és Na elemekkel együtt és a Na-tartalmat a csont kivételével minden esetben meghaladja. A kálium tehát az állati szervezet egyik legfontosabb eleme, ill. kationja. Koncentrációja a lágy részekben,

szövetekben a maximális, csontokban minimális. Mivel a kifejlett állatban a test tömegét az izom alkotja általában, a kálium döntően az izomban akkumulálódik (KÁDÁR, 1992).

3. táblázat

**A felhasznált (alumínium + foszfor kiegészítéssel készített) takarmány, valamint a brojler csirkék szerveinek ásványi elemtartalma. Etetési kísérlet, ÁTE Takarmányozási Tanszéke. (Analízis: MTA TAKI, 1991)**

Elem/ Kezelés*	Takar- mány	Comb- csont	Lép	Agyvel ő	Here	Máj	Vese	Tüdő	Szív	
<b>A kezelések átlagában száraz anyagra számolva</b>										
P	%	0,44	4,83	1,67	1,47	1,37	1,23	1,17	1,00	0,98
K	%	0,60	0,15	2,07	1,73	1,87	1,12	1,06	1,27	1,42
Na	%	0,01	0,45	0,30	0,56	0,64	0,28	0,66	0,69	0,53
Ca	pp m	2200	104400	198	509	497	155	310	425	206
Mg	pp m	1400	2290	1046	751	934	870	752	594	853
Fe	pp m	50	181	418	78	89	434	271	573	166
Zn	pp m	28	120	96	52	99	123	90	60	105
Al	pp m	980	11	3	1	2	1	1	1	2
Mn	pp m	30	4	2	2	3	14	10	1	2
Cu	pp m	8	2	3	14	5	17	10	2	14
Mo	pp m	1	-	-	-	-	3	3	-	1
Sr	pp m	2	50	-	1	1	-	-	-	-
<b>Al-tartalom a kezelések függvényében, ppm</b>										
Ø		9	11,4	4,8	1m7	0,0	0,2	0,1	0,4	0,2
200	--	227	5,4	0,0	0,6	3,6	1,0	0,6	0,7	0,9
200	200	303	3,1	0,1	0,3	0,3	0,4	0,6	0,2	6,2
100	-	1038	6,6	0,9	0,2	6,3	0,8	0,9	1,4	0,5
0										
100	100	1194	12,2	0,7	0,6	1,0	0,8	1,2	0,6	0,4
0	0									

300	-	3112	24,8	6,6	1,1	2,0	3,4	3,4	3,8	0,9
0										
SzD5%			19,4	-	-	-	1,2	2,0	2,1	3,3
Átlag		980	10,6	2,7	0,9	2,2	1,1	1,1	1,2	1,5

\* Első oszlop adott Al, a második oszlop az adott P mennyiségét jelöli mg/kg takarmányban

A sejtben a K-szint szabályozása alapvető a normális sejtfunkció és az egészség megőrzése szempontjából. Döntően a vese működése szabályozza hormonális úton. Aldosteron és más ásványi kortikoidok befolyásolják a K/Na áramlását, mely tükröződik a vizelet K/Na-tartalmában. A szervezet és a sejtek a K-egyensúly megőrzésére törekszenek (Homeosztázis). A K-túlsúly, a hiper-kalémia részben ellensúlyozható a sejtek megnövelt K-felvételével, míg a vese ki nem választja a felesleget.

Az acidózis, mely a H-ion koncentrációját növeli a testben, átmenetileg el-lensúlyozható a sejt-K kiválásával. A vér pH 0,1 értékű esése (acidózis) együtt-járhat a savó-K 0,5-1,2 meé/l értékű emelkedésével. Az inzulin növeli a sejt K-felvételét, feltehetően a Na/K pumpán keresztül. A savó-K csökken, illetve az izomsejtek K-tartalma nő ilyen esetben. Az állati test összes K-tartalma, illetve kicserélhető K-készlete három úton csökkenhet, mely K-hiányhoz, hipokalé-miához vezethet (PRESTON & LINSNER, 1985):

1. A takarmány K-hiányos, mely a sejtek K-vesztéséhez vezet. Az állapot K-kiegészítéssel helyreállítható.

2. Anyagcsere zavarok miatt a sejtek nem képesek fenntartani a normális K-gradienst (acidózis lép fel). A K-kiegészítés ekkor nem vezet teljes eredményre, de a helyzetet kedvezően befolyásolja. Az anyagcsere zavar okát kell megszüntetni.

3. Amennyiben az izom tömege csökken, fellép egy pszeudokimerülése a test káliumnak. A K-kiegészítés önmagában itt sem vezet eredményre.

Amint utaltunk rá, a hipokalémia számos következménnyel jár. A szív- és keringési rendellenességek, izomgyengeség, végül paralízis jelzi a K-elégtelenséget. A H-ion helyettesíti a káliumot a sejtben intracelluláris acidózis, ill. extracelluláris alkaliozist okozva. A vizelet pH-ja és K-vesztése megnő. A sejt ingerek és a test sav/bázis szabályozásán túl a kálium számos más funkciót is ellát. A sejtek és a testnedvek ozmotikus egyensúlya, valamint a test víz egyensúlyában a kálium meghatározó. A vér O<sub>2</sub> és CO<sub>2</sub> cseréjében is részt vesz. Végül fontos összetevője olyan állati élelmiszernek, mint a hús, tej, tojás. Egy szóval a kálium abszolúte létfontosságú elem (RECHKEMMER, 1992).

A szervezet K-hiányát számos tényező előidézheti. Mivel a belső kiválasztás állandóan nagy, a hasmenés (diarrhea) a kálium kiürülését eredményezi. Amennyiben nem kíséri intenzív K-pótlás, a szervezet gyorsan kimerülhet. A környezeti stressz is gyorsítja a K-vesztést az adrenal hormonok megnövelt kiválasztása miatt, melyek a Na-visszatartást és a K-kiválasztást szabályozzák. A jelentékeny fogyás izomcsökkenéssel és ezzel K-fogyással jár szintén (KECSKEMÉTI, 1992).

A közelmúltig viszonylag kevés adatot közöltek az állati K-igényére vonatkozóan. Általában elfogadott volt, hogy a takarmányok fedezik a K-szükségletet, a kálium nem jelent minimum tényezőt az állattenyésztésben. Napjainkra azonban a takarmányozási szokások változtak, eltérbe kerültek a hatékonyabb erőtakarmányok, melyek káliumban szegények. Ritkán használnak melaszt a modern keveréktakarmány gyártásában technikai és gazdasági okok miatt. PRESTON és LINSNER (1992) hatalmas tömegű irodalmi adatra támaszkodva és az újabb ismereteket szintetizálva arra a következtetésre jut, hogy a takarmányok ásványi elemtartalmát folyamatosan egzakt analízisekkel kell ellenőrizni. A kívánatos K-tartalom a takarmányokban 0,6-0,8 % K száraz anyagra számolva, a legtöbb állat K-igényét kielégítheti.

Ellentmondásos az irodalom a K-túlsúly által kiváltott hipomagnézia (füte-tánia) tekintetében. A rétek és legelők intenzív K-műtrágyázása sokak szerint oka az indukált Mg-hiálynak, mely a legelő állatokban fütetániát hozhat létre. Erre már VOISIN (1963) korábban felhívta a figyelmet. Ez a jelenség akkor állhat elő, ha az állatok nedvdús, buja, gyorsan növekvő fűvet vagy aprómagvakat fogyasztanak. A beteg szarvasmarha vérében ilyenkor igen alacsony a Mg-szint, gyakran a Ca is. A fűvekben viszont sok a nyers-N, nemfehérje-N és a K, valamint kevés az emészthető energia forrás. A betegség kialakulásának feltétele a nagy K-ellátáson túl a talaj kicsi Mg-szolgáltató képessége.

A tetánia az állatállomány 6-8 %-át érinti, míg több mint 90 %-a ugyanott nem mutat hipomagnéziát. A néhány % azonban akár el is pusztulhat. A fütetánia különösen Hollandiában jelentkezett és a K-műtrágyázásra gyanakodtak. Amikor a  $K/(Mg+Ca)$  arány 1,8 alatt volt a tetánia ritkán fordult elő; 1,8-2,2 értéknél 2 % tetánia fordult elő, míg 2,2-2,6 értéktartományban az 5 %-ot is elérte a tetánia gyakorisága. A 2,6-3,0 K arány túlsúly 7 %, míg a 3,0 feletti 17 % előfordulást okozott (SEEKLES, 1960).

Ez a statisztika egyértelműnek tűnik. A hivatkozott szerző azonban beszámol arról, hogy más esetekben az ionok aránya 1,8 alatti volt, mégis gyakran fellépett erős tetánia. A takarmány K-tartalma és a vér Mg-szint között valóban találtak negatív összefüggést, melynek oka,

hogy nőtt a vizelettel és bélsárral történő Mg-kiválasztás. A plazma Mg-tartalma, valamint a kicserélhető Mg azonban nem változott. Az utóbbi kísérletben nem lépett fel fűtetánia. Vajon okoz-e a K-műtrágyázás közvetlenül tetániát?

SEEKLES (1960) válasza: nem. Utal arra, hogy tetániát 1880-ban is megfigyeltek Hollandiában, a K-műtrágyázás bevezetése előtt. Norvégiában végzett vizsgálatok szerint a legelő tehének káliummal vagy K+N-nel intenzíven trágyázott legelőn alacsonyabb szérumszintet mutattak a kontrollhoz viszonyítva. Csak egyetlen tehen lett tetániás. Másutt a növények Mg-tartalmának csökkenését regisztrálták a K-műtrágyázás nyomán, azonban a tejelő bérányok plazma Mg- vagy Ca-koncentrációja nem változott. A tetánia okát mások az anionok lehetséges felszívódására vezetik vissza a bélrendszerből. A kérdés tehát nem egyértelműen eldöntött.

##### *5. Kálium az emberi táplálkozásban*

Az emberi szervezet K-igénye ma még nem teljesen ismert. A fejlett országokban 2 g/nap feletti K-fogyasztást tekintenek kívánatosnak. K-túlsúly problémákkal, a táplálkozásból eredően, nem igen találkozunk. A hiányos K-felvétel ugyanakkor általános a fejlődő országok egy részénél. Míg USA és Németország nyugati felében 1,9-5,6 g/nap K-fogyasztásról számoltak be, India és Tajvan fogyasztása 0,5-1,4 g/nap között ingadozott (ANKE et al., 1992).

Az emberi testben 2 g/kg, azaz 0,2 % körüli a K-koncentráció. A felnőtt szervezet tehát 100-200 g K-készlettel rendelkezik. A táplálékkal bekerült kálium a bélrendszerben szívódik fel. A szervezet számára feleslegessé váló káliumot 85 %-ban a vese, 15 %-ban a gyomor-bélrendszer üríti ki a szervezetből. A kálium 90-98 %-a sejten belül, 2-10 %-a pedig a sejten kívüli térben található. A vészerum K-készlete jelentéktelen. A test-K nagyobb része az izmokban és a májban raktározódik. A sejt-K koncentrációja mintegy 20-30-szorosa az extracellulárisnak (ANKE et al., 1992; KECSKEMÉTI, 1992; BÍRÓ & LINDNER, 1988).

A sejtközi K-koncentráció szűk határok között mozog egy szabályozó mechanizmus eredményeképpen, melyet már az előző fejezetben is ismertettünk. Különböző K-csatornák biztosítják a kálium átjutását a sejtek kettős lipid membránján, melyek egyébként átjárhatatlanok lennének a kálium számára. A K-csatornák fehérje

makromolekulák által képzett pórusok. A sejtbeni K koncentrációját az ún. K-pumpák és más carrierek (hordozók) is biztosítják a K-gradienssel szemben. A nátrium éppen ellentétesen viselkedik, a sejt közötti térben dúsul fel mintegy 15-20-szorosára a sejtbeni koncentrációval szemben. A K/Na gradiens működését szabályozó ATP-áz enzimek magnéziumot is tartalmaznak (WHANG, 1985; ZEMKOVÁ, 1992; RECHKEMMER, 1992).

A szakirodalom általában kívánatosnak minősíti a táplálék magas K-tartalmát. A nagyobb K-felvétel csökkenti a vérnyomást. ANKE és munkatársai (1992) kiterjedt vizsgálatokkal igazolták, hogy az újraegyesítést követően meg-nőtt a német keleti tartományok K-felvétele, ill. fogyasztása. Ennek a legfőbb oka, hogy Kelet-Németországban 1,5 %-os K-tartalmú kenyhasó volt forgalomban, ma viszont az egész Németország területén 6,5 %-os a kenyhasó K-tartalma.

KECSKEMÉTI (1992) irodalmi áttekintést nyújtva az endogén K-tartalom változásának hatásairól kiemeli, hogy a K-hiány számos negatív következménnyel járhat. Kedvezőtlenül hat a gyermekek növekedésére, a váz- és szívműködés gyengülését eredményezi. A súlyos K-kimerülés szívinfarktushoz, halálhoz vezethet. A hipokémia, a K-hiány, visszavezethető a hiányos K-felvételekre is, de általában a rendellenes vese-, illetve gyomor/béltraktus működésével előálló abnormális K-kiürülés okozza. Ilyenek pl. a hányás, krónikus hasmenés jelei. A hirtelen történő extra mennyiségű (gyógyszertúladagolás) K-bevitel is mérgező lehet, a szív működést leállítva halált okozhat.

A kálium egészségre káros feldúsulása, normál étrend és normális vese-működés esetén gyakorlatilag lehetetlen. A hiperkalémia (a kóros K-felesleg) a K-visszatartás következménye a vesefunkció kóros elváltozása esetén. Bizo-nyos gyógyszerek, mint a vízhajtók, antibiotikumok, hashajtók, hormonális szerek, stb. befolyásolják a normális K-anyagcserét és hipo- vagy hiperkalémiát okozhatnak. Összefoglalóan, az emberi szervezet K-egyensúlyának zavarait nem lehet közvetlen kapcsolatba hozni a fogyasztott növényi termékek alá adott K-műtrágyák mennyiségével (KECSKEMÉTI, 1992; GROSSKLAUS, 1992; WHANG, 1985; RODEWYK, 1979).

Az emberi test főbb kationjainak mennyiségéről, megoszlásáról és élettani funkciójáról BÍRÓ és LINDNER (1988) nyomán a 4. és 5. táblázat nyújt áttekintést. A táblázat adatai szerint a kívánatos Na/K arány 1 körüli, a  $(Ca+Mg)/K = 0,55$ , míg a  $(Na+Ca+Mg)/K = 1,55$  körül adódik. A táblázatból az is látható, hogy a hazai Na-bevitel 2-3-szorosan meghaladja a kálium bevitelét, étrendünk sós.

Káliumban gazdag élelmiszerek a kávé, tea, kakaó, és a hüvelyes növények magvai (dió, mák, mogyoró, borsó, bab, lencse, szója). A

zöldség és gyümölcs magas K-tartalmával tűnik ki, részben ezért is javasolt a nagyobb mérvű fo-gyasztásuk. Táplálkozási szokásaink révén, mint már említettük, bőséges a Na-bevitelünk, sóval tartósítottak élelmiszereink, stb. Élelmiszereinkből ugyan-akkor egyre több kálium megy veszendőbe a feldolgozás során. Gyakran a főzővízbe kerül és kiöntjük a káliumot, így az elmúlt évszázad során csökkent szervezetünk K-ellátása (TÖRÖK, 1993; ANKE et al., 1992).

Különösen könnyen lép fel K-hiány az idős embereknél azáltal is, hogy gyakran használnak hashajtót vagy vizelethajtót. A diuretikus kezelés leggya-koribb mellékhatása a hipokalémia. A fokozott K-bevitel történhet diétával (gyümölcs, zöldség, főzelék, stb.), de ez megbízhatatlan módszer. Gyakorlati tapasztalatok szerint napi 1 g K adagolásával stabilizálható a normál szérum-szint. Normál vegyes táplálkozás esetén ez a K-dózis elégséges és túladagolás-tól sem kell tartani. A KCl-formában adott kálium a hipokalémiával nem ritkán együttjáró klórhiányt is fedezi (KÖRMENDI, 1986).

4. táblázat

**Az emberi test K-, Ca-, Mg- és Na-tartalma, szükséglet és felvétel viszonya  
BÍRÓ & LINDNER (1988) nyomán**

Elem jele	Átlagos koncentráció, g/kg	Összes tartalom, g	Napi szükséglet, g	Hazai bevitel, g/nap
Ca	13-16	800-1100	0,8	-
Mg	0,3-0,4	20-28	0,3	-
K	2	150	2	2-5,9
Na	1,2-1,4	85-95	2	5-15

5. táblázat

**Az emberi test fő kationjainak megoszlása és élettani funkciója a szervezetben**

**BÍRÓ & LINDNER (1988) nyomán**

Elem jele	Megoszlás a szervezetben %	Elem, ill. kation élettani szerepe a szervezetben
Ca	99 %	Csont, fog
	1 %	Sejközi folyadék, lágy szövetek
		Szerkezeti elem: csontváz, fogazat (Ca-foszfát) Ingerlékenység szabályozás; véralvadás; izom mozgás, enzimek és membrán mű-ködtetés



<i>Mg</i>	50 %	Csont	Ideg- és izomműködés, enzimek szabályozása
	50 %	Sejtekben	Fehérje, szénhidrát és zsír anyagcsere
<i>K</i>	90 %	Sejtben	Na-mal együtt ingerületi folyamatokban
	10 %	Sejtközi folyadék	Ideg- és izomműködés, sav-bázis egyensúly; Ozmotikus nyomás (enzimek?)
<i>Na</i>	65 %	Sejtközi folyadék	K-mal együtt ingerületi folyamatokban
	35 %	Csontban és kötőszövetek	Ideg- és izomműködés, sav-bázis egyensúly; Ozmotikus nyomás (enzimek?)

A sejtben lévő kálium felelős a sejt sav-bázis egyensúlyáért, az ozmotikus nyomásért, az enzimaktivitásért. Az extracelluláris káliumnak főként az izom- és idegingerlékenység fenntartásában van szerepe. A sejtben kívüli kálium-kismértékű veszteségét is a sejt-K-tartalmának csökkenése kíséri. A szérumban K normális tartalma az ép sejttevékenység előfeltétele. A sejtben kiáramló kálium a sejtben kívüli térben alkalosist, a sejtbe lépő hidrogén pedig a sejtben acidozist hoz létre. A csökkent kálium miatt süllyed az ozmotikus nyomás, a sejtekből kiáramlik a folyadék, a sejtek károsodnak, összeesnek (VARGA et al., 1977).

A szérumban normális K-szintje 3,5-4,7 mval/l. Hipokalémiáról akkor beszélünk, ha a szérumban K értéke 3,5 mval alatt van. Kiváltója lehet az elégtelen bevitel, illetve a kóros renális és extrarenális veszteség. Leggyakoribb oka az akut és krónikus vesebetegség, fokozott emésztőnedv veszteség, hashajtók K-védelem nélküli adagolása, konyhasó. Következésképpen az izomgyengeség bé-nulásig fokozódhat, bélrenyheség lép fel, légzés romlik, szívműködése romlik. Súlyos esetben a szívmegállás véget vethet az életnek (VARGA et al., 1977; KÖRMENDI, 1986; KECSKEMÉTI, 1992, stb.).

Hiperkalémiában a vese-K szintje 5 mval/l fölé emelkedik. Az egészséges vese K-ürítése lépést tart a bevitellel. K-túlsúlyhoz vezethet a veseelégtelenség, szövetroncsolás, égésbetegség, traumák, vörösvértestek nagymértékű szétesése, stb. K-túlsúly jelentkezhet a K-tartalmú oldatok infúziójakor, illetve a K-visszatartást kiváltó gyógyszerek hatására. Tüneteire az ideg- és izomtevékenység gátlása, általános izomgyengeség, szív ritmuszavara és érzékszervi zavar jellemző (VARGA et al., 1977; KÖRMENDI, 1986; KECSKEMÉTI, 1992, stb.).

A hazai és a nemzetközi szakirodalomban általános az a vélemény, hogy problémát az elégtelen K-ellátás okozhat részben az élelmiszerek feldolgozása miatti K-veszteség, részben a túlzott konyhasó használata miatt. Az OÉTI vizsgálatai szerint Magyarországon a táplálék útján történő K-bevitel 2-6 g/nap, míg a Na-bevitel ennek legalább a duplája. K-túlsúly, illetve mérgezés a nemzetközi adatok szerint is 18-20 g/nap feletti rendszeres bevitelnél jelentkezhet, megzavart vesefunkció esetén. A K-egyensúly ugyanis a vese és a vérérték útján szabályozott. Az irodalomban olyan utalást nem találtunk, mely a táplálék magas K-tartalmát károsnak minősítette volna, illetve a táplálással közvetlenül indukált hiperkalémia esetére vonatkozna.

A túlzott konyhasó-bevitel és az elégtelen K-fogyasztás miatt kedvezőtlen a magas vérnyomás és a szívinfarktus előfordulása hazánkban. Így szükségessé vált olyan konyhasó-készítmények forgalomba hozatala, melyek a NaCl helyett KCl-t tartalmaznak. Jelenleg kétféle készítmény van forgalomban. A REDISÓ 44 % káliumot tartalmaz. A másik só a NaCl + KCl keveréke 25 % K-tartalommal. A REDISÓ csak gyógyszerárban szerezhető be, kezelőorvos terápiás céllal javasolhatja.

SERFASS és MANATT (1985) szerint az USA-ban a KCl a leggyakrabban felírt gyógyszer hipokalémia ellen. Az élelmiszerek K-tartalma szerintük növelhető K-adalékokkal. A sütőpor, a szóda-bikarbóna pl.  $\text{KHCO}_3$ -tal, a NaCl KCl-dal. A K-forma azonban jóval drágább és íze miatt sokaknak elfogadhatatlan. Helyettesítheti azonban a kálium a technikai nátriumot pl. a nitrát, nitrit, foszfát sóiban, ha ízhatár alatt marad. A termékek csomagolásán jelezni kellene az alkalmazott sóformákat is, hogy a K-Na forgalom becsülhető legyen. A szerzők megjegyzik, hogy a talaj is K-forrás, a geophagia (talajevés) az egész világon elterjedt, de főleg a trópusokon, az USA déli vidékein is. Egyes vélemények szerint, krónikus vesebaj esetén, életveszélyes hiperkalémiát okozhat ez a gyakorlat. Nincs azonban egzakt bizonyíték, hogy a K-hiánya miatt esznek-e földet, jegyzik meg a szerzők.

## *6. Kálium a vizekben*

A csapadék K-tartalma elenyésző, különböző földrajzi körzetekben 0,1-4 mg/l között ingadozik. Az elmúlt két évben lehullott csapadék mennyiségét, pH-ját és főbb kationjainak koncentrációját hazai mérőállomásainkon a 6. táblázatban foglaltuk össze. Az éves átlagok 0,2-0,9 mg/l közöttiek, tehát 1 mg/l alattiak. A kőzetek mállásakor felszabaduló kálium döntően a talaj szilárd fázisán megkötődik, így az

álló- és folyóvizek K-koncentrációja is csekély marad, ritkán haladja meg a 10 mg/l értéket. Ugyanez vonatkozik természetesen a talaj-

6. táblázat

**1991. és 1992. években lehullott összes csapadék pH-ja, mennyisége mm-ben és főbb kationtartalma mg/l-ben Magyarországon (OMSz adatai)**

Állomás	pH	mm	Na	K	Mg	Ca
<b>1991.</b>						
Bp - Lőrinc	4,50	551	0,63	0,52	0,26	1,06
Szarvas	4,52	589	0,65	0,26	0,24	0,92
Farkasfa	4,57	870	0,45	0,40	0,24	0,81
Siófok	5,07	474	1,26	0,42	0,84	1,65
Keszthely	4,05	730	0,62	0,31	0,45	1,58
Szeged	3,79	618	1,05	0,40	0,39	2,15
Pécs	4,01	619	0,69	0,33	0,22	1,19
Napkor	4,41	578	1,60	0,86	0,85	3,68
K-pusztá	4,69	683	0,51	0,36	0,24	0,95
<b>1992.</b>						
Bp - Lőrinc	4,29	377	0,59	0,28	0,32	1,82
Szarvas	4,15	337	0,49	0,25	0,19	1,22
Farkasfa	4,61	659	0,42	0,25	0,17	1,14
Siófok	4,63	427	1,78	0,75	0,62	2,46
Keszthely	4,15	635	0,64	0,28	0,39	1,76
Szeged	4,12	455	0,57	0,23	0,35	2,02
Pécs	3,72	695	0,55	0,41	0,26	1,56
Napkor	4,21	435	0,82	0,71	0,34	2,87
K-pusztá	4,63	477	0,82	0,30	0,37	3,04

vizekre is átlagos körülmények között. A kálium kilúgzása, kimosódása mind-össze néhány kg/ha/év mennyiségre tehető a legtöbb talajon (NATIV, 1992; JOHNSTON & GOULDING, 1992).

A világ legrégebbi szabadföldi kísérletei Angliában találhatóak. A Rothams-ted Kísérleti Állomás London mellett 1843-ban létesült 150 évvel ezelőtt. A rothamstedi iskola jellemzője alapítása óta a precíz és ellenőrzött kísérleti té-nyekhez való ragaszkodás, a tápelemforgalom átfogó tanulmányozása. Kutatási eredményeik világviszonylatban standardként elfogadottak és hitelesek. Talán nem lesz haszontalan utalni COOKE (1971, 1973, 1976, 1981, 1984) néhány munkája nyomán azon főbb eredményeikre, melyek napjaink hazai szakköreit is égetően foglalkoztatják. COOKE professzor a kémiai osztályt vezette fél évszázadon át.

Amint a 7. táblázatban látható, a csapadék K-tartalma nem éri el egyik ter-mőhelyen sem az 1 mg/l értéket és az éves terhelés kg/ha-ban mindössze 3 kg. A 8. táblázat adatai szerint a talajon átszivárgó drénvizek K-koncentrációja 1-2 mg/l körüli, a kationok között a legkevesebb. A kilúgzás mértéke függ az átszi-

7. táblázat

**A csapadék átlagos összetétele és tápelemhozama 1969-1973 között három kísérleti helyen Angliában**

Elem jele	Kísérleti helyek, mg/liter			Átlagos hozam kg/ha/év
	Rothamsted	Saxmundham	Woburn	
SO <sub>4</sub> -S	3,3	3,3	2,6	19
NH <sub>4</sub> -N	1,7	1,8	1,2	10
NO <sub>3</sub> -N	1,1	1,2	0,9	7
PO <sub>4</sub> -P	0,13	0,02	0,03	0,3
Cl	5,9	8,8	4,6	39
Na	1,9	4,4	1,6	17
Ca	1,8	1,6	1,5	12
Mg	0,41	0,67	0,30	12
K	0,72	0,55	0,39	3

Rothamsted - agyagos vályog (London mellett); Saxmundham - homokos vályog (Dél-keleti parton); Woburn - homokos vályog, podzol (É-ra Londontól 70 km).

8. táblázat

**A drénvizek összetétele különböző termőhelyeken 1968-1974 között, mg/liter**

Elem jele	Saxmundham, 1973-1974		Saxmundham 1968-1970 között	Woburn
	Szántó	Gyep		
SO <sub>4</sub> -S	81	54	60	49
NO <sub>3</sub> -N	22	4	12	22
NH <sub>4</sub> -N	0,6	0,6	0,12	0,06
PO <sub>4</sub> -P	0,02	0,01	0,02	0,02
Ca	215	108	171	156
Cl	137	35	44	26
Na	22	22	20	14
Mg	9	7	9	9

K	1,2	1,9	1,4	2,0
---	-----	-----	-----	-----

várgó víz mennyiségétől és összetételétől. Olyan évben, amikor a csapadék feleslege a párolgást 200 mm-rel haladja meg és ez a felesleg átszivárog a talajon, az alábbi kationveszteség léphet fel hektáronként a két vizsgált termőhelyen (COOKE, 1981, 1984):

*Saxmundham*: 340 kg Ca, 40 kg Na, 17 kg Mg és 3 kg K.

*Woburn*: 310 kg Ca, 28 kg Na, 18 kg Mg és 4 kg K.

Nagyobb K-kimosódás genetikai okokból a friss poldereken, volt tenger-fenéken kialakult talajokon figyelhető meg. Rendszeres nagymérvű túltrágyázás esetleg olyan mérvű K-telítődést eredményezhet, mely nagyobb K-áteresztéshez vezet a talajban. A mezőgazdasági gyakorlatban ez nem valószínű, bár a kertészeti termesztésben és homoktalajokon nem kizárt, amikor nagymennyiségű szerves trágyát és műtrágyát használnak. Ilyenkor a többi kilúgzódó ionnal együtt (mint a Ca, Mg, Na, Cl, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, stb.) jelentős mennyiségű kálium is a talajvizekbe juthat. JOHNSTON és GOULDING (1992) szerint átlagos körülmények között irányszámként elfogadható, hogy minden 100 mm átszivárgó víz mintegy 1 kg/ha K-kilúgzást eredményezhet.

Mivel hazánk vízmérlege összességében negatív, komolyabb kilúgzással csak a nedves években, homokos talajainkon és a nyugati Alpokalja vidékén kell számolnunk. Saját vizsgálatunk szerint is a nyírségi homoktalajon, ahol a talajvíz 3-5 m mélységben található, a talajvíz K-koncentrációja elérheti a 10 mg/l körüli értéket (9. és 10. táblázat) (KÁDÁR & LÁSZTITY, 1988).

#### 9. táblázat

**Talajvizsgálati eredmények. Nyírlugosi Állami Gazdaság, MTA TAKI Trágyázási Tartamkísérlet, 1988. május.**  
**Vizsgálta: Nyíregyházi NAÁ. Kísérlet szegélye, 2. fűrés**

Mélység g cm	pH (KCl)	Humusz z %	KCl-oldható, ppm			AL-oldható, ppm			KCl - EDTA- ppm	
			Mg	NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Na	Mn	Zn
0-20	4,02	0,54	57	5,0	0,9	75	300	16	36	0,7
20-40	4,13	0,24	53	2,3	0,1	19	145	19	26	0,7
40-60	4,40	0,13	56	2,0	0,1	25	139	14	24	0,5
60-80	4,54	0,16	52	2,9	0,1	27	129	18	25	0,4

80-100	5,17	0,20	58	3,7	0,1	38	121	18	22	0,5
100-120	5,12	0,23	159	3,6	0,1	74	167	24	27	0,3
120-140	4,82	0,28	221	1,3	0,1	113	135	22	41	0,5
140-160	4,81	0,13	261	1,0	3,1	104	120	21	50	0,3
160-180	4,69	0,13	260	1,0	3,1	102	199	28	62	0,5
180-200	4,47	0,17	362	1,2	6,2	127	171	29	50	0,7
200-220	4,45	0,19	309	1,4	4,5	124	169	28	31	0,4
220-240	4,51	0,17	272	1,5	3,1	122	141	27	40	0,5
240-260	4,50	0,18	342	2,0	3,0	149	191	31	33	0,6
260-280	4,50	0,17	390	2,2	2,3	160	251	34	26	0,6
280-300	4,40	0,16	392	2,3	3,1	188	147	28	25	0,6
300-320	4,57	0,22	400	2,4	1,9	181	137	35	83	0,7
320-340	4,62	0,27	303	2,5	7,8	173	136	35	34	0,9

Talajvíz-vizsgálati eredmény, mg/l:  $\text{NH}_4\text{-N} = 0,75$ ;  $\text{NO}_3\text{-N} = 19,24$ ;  $\text{K} = 11,14$ ;  $\text{P} = 0,08$

10. táblázat

**Talajvizsgálati eredmények. Nyírlúgosi Állami Gazdaság, MTA TAKI Trágyázási Tartamkísérlet, 1988. május.**

**Vizsgálta: MTA TAKI. Kísérlet szegélye, 1. fúrás (istállótrágyázott)**

Mélység , cm	pH (KCl)	Humusz %	$\text{K}_A$	KCl-oldható, ppm			AL-oldható, ppm	
				$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	Mg	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$

0 - 20	3,85	0,54	23	41	3,9	11	87	86
20 - 40	4,09	0,18	23	35	4,0	12	38	86
40 - 60	5,62	0,10	24	17	4,1	27	28	79
60 - 80	6,21	0,09	26	22	9,0	34	52	86
80 - 100	5,45	0,12	25	17	16,7	134	77	111
120 - 140	5,72	0,07	27	37	2,6	187	110	144
140 - 160	5,36	0,08	27	25	3,9	222	111	162
160 - 180	5,48	0,06	25	26	4,0	198	99	144
180 - 200	5,22	0,09	25	22	6,3	247	93	147
200 - 220	5,10	0,09	30	19	4,8	345	109	151
220 - 240	5,40	0,09	28	17	7,5	245	123	118
240 - 260	5,22	0,09	30	19	6,9	265	161	100
260 - 280	5,10	0,07	30	14	10,0	255	161	97
280 - 300	6,14	0,09	30	34	10,8	255	180	118
300 - 320	5,07	0,10	30	13	6,0	290	149	97
320 - 340	5,29	0,10	27	19	6,0	222	148	86

Talajvíz-vizsgálat eredményei, mg/l:  $\text{NH}_4\text{-N} = 0,42$   
 $\text{NO}_3\text{-N} = 23,11$   
 $\text{K} = 5,78$   
 $\text{P} = 0,07$

Egy újabb Közös Piaci irányelv szerint az ivóvíz K-tartalmát 10 mg/l alatti koncentrációban tekintik kívánatosnak, 12 ppm a megengedett maximum. A határérték nem direkt K-humánegészségügyi szempontot tükröz. A híres cseh ásványvizek K-tartalma DVORÁK (1992) átfogó elemzése szerint 5-141 mg/l között ingadozik. A gyümölcslevek 2000 ppm feletti K-tartalommal is rendelkezhetnek, részben ez teszi kívánatossá fogyasztásukat.

Az ivóvíz K-határkoncentrációja a vízvezetékrendszer meghibásodását hivatott jelezni, amikor szennyvíz kerülhet a vezetékbe. Általános vélemény szerint a szennyeződés tesztelésére más paramétert volna célszerű felhasználni, bár az ivóvizek és talajvizek K-koncentrációja még az intenzíven művelt területeken sem lépi túl a 12 ppm értéket. Kivételt a kolloidszegény talajok és a rendszeres K-feltöltés eredményezhet. Amint GROSSKLAUS (1992) megjegyzi, K-mérle-günkben az italokkal (beleértve az ivóvizet) felvett mennyiség mindössze 13,5 %-át adja az összes napi K-bevételnek. Az ivóvízben K-határkoncentrációt megállapítani tehát szakmailag nem indokolt. A WHO nem is ajánl K-határértékeket az ivóvizekre, hiszen nincs közvetlen kapcsolata az egészséggel.

Ugyanaz a szerző még emlékeztet arra, hogy K-túlsúlyt csak akkor sikerült indukálni, amikor hirtelen nagy mennyiségű kálisót adagoltak 250 mg/kg élő-súlyra vetítve, tehát 18 g/nap felnőtt személyre számítva. Ilyen kezelés mérge-zést okozhat, sőt a szívet leállíthatja és halálhoz vezethet. Normális veseműkö-dés esetén azonban csaknem lehetetlen K-túlsúlyt létrehozni az étkezéssel, ami-kor 2-6 g/nap a K-felvétel. Az ivóvízzel felvett kálium Németországban a napi bevétel 1 %-át sem éri el, tehát elhanyagolható. A vesefunkcióban szenvedőknél azonban szigorúan szabályozni kell a K-forgalmat és a K-gazdag élelem, főként a zöldség és gyümölcs fogyasztását (GROSSKLAUS, 1992).

A mezőgazdaságban nagy mennyiségben használatos N, P, K elemek közül a N-műtrágyák a talajvizek nitrátosodását eredményezhetik, míg a P-műtrágyák az élővizek eutrofizációjához járulhatnak hozzá. A vízi ökoszisztémák termelé-kenységét ugyanis általában a foszfor (kevésbé a nitrogén) limitálja. A kálium kilúgzása nem jelent eutrofizációt, mert nem limitáló tényező a vízi szervezetek növekedése szempontjából. Mind a vizekben, mind az üledékekben a hozzáfér-hető K-készlet általában nagyságrendekkel nagyobb, mint a felvehető-P kon-centrációja.

Agronómiai szempontból megnyugtató, hogy az ismertett irodalmi adatok szerint K-műtrágyázás sem ökológiai, sem egészségügyi oldalról nem jelenthet komoly veszélyt a szokásos alkalmazásakor. Mindez nem állítható egyértelmű-en a N- és a P-műtrágyázás gyakorlatára.

### ***III. A kálium-ellátás hazai helyzete és környezetvédelmi aspektusai***



### 1. Talajaink K-mérlege és K-ellátottsága a század eleje óta

A 11. táblázatban bemutatjuk talajaink országos, átlagos K-mérlegét a század elejétől napjainkig. Amint az adatokból látható, a 60-as évekig a mérleg 20-25 kg K<sub>2</sub>O/ha hiánnyal zárult évente. Mindössze három évtizeden át mutatott pozitívumot az egyenleg, 1970-1990 közötti időszakban, a jelentős K-műtrá-gya használata következtében. Ez alatt becsléseink szerint mintegy 100-1200 kg K<sub>2</sub>O/ha mennyiséggel gazdagodtak talajaink átlagosan, mely megközelítően a század első 60 évében kimutatott hiánynak felel meg. Összességében tehát elmondható, hogy talajaink K-készlete e durva becslések szerint az 1900-as évek állapotát tükrözi.

Meg kell jegyezni, hogy az ilyen országos becslések nem veszik tekintetbe az egyes termőhelyek heterogén gazdálkodását, eróziós tápanyagveszteségeit, stb., tehát csak áttekintő jelleggel használhatók. Metodikájuk azonban kidolgozott és általánosan elfogadott (KÁDÁR, 1979, 1987, 1992; SARKADI, 1975, stb.). Az elmúlt három évtized talajgazdagító K-trágyázása tükröződött a talajok javuló K-ellátottságán, melyet a rendszeresen végzett talajelemzések is igazoltak. A pozitív K-mérleg eredményeképpen a gyenge és a közepes ellátottságú

11. táblázat

**Földművelésünk K-mérlege 1900-1991 között, átlagos országos becslés.  
Mezőgazdaságilag hasznosított terület, kg K<sub>2</sub>O/ha  
(KÁDÁR, 1979, 1987; CSATHÓ, 1993)**

Mérleg tételei	1900	1960	1971	1975	1984	1990	1991
	-	-					
	1950	1964					
Termékekkel felvett	38	48	61	76	84	71	88
Visszapótlott							
Istállótrágyával	16	18	20	21	30	25	23
Műtrágyával	-	7	45	82	71	29	6
Mellékterméssel	-	-	17	25	24	18	26
Összesen	16	25	82	128	125	72	55
Egyenleg	-22	-23	21	52	41	-1	-33
Pótlás %-ban	42	52	134	168	149	100	62

Megjegyzés: 1990, 1991. évek mérlegei CSATHÓ (1993) becslései alapján

12. táblázat

**Magyarország talajainak becsült K-ellátottsága 1900-1986 között a vizsgált terület %-ában (KADÁR, 1992)**

Időszak, évek	Ellátottsági kategória előfordulása, %				Megjegyzés
	Gyenge	Közepes	Kielégítő	Magas	
1900-1950	20-30	30-40	20-30	5-10	saját beclés
1960-1970	20-30	30-40	20-30	5-10	saját beclés
1970-1975	15-25	30-40	20-30	10-15	saját beclés
1975-1980	12	40	35	13	MÉM NAK 1984
1980-1985	22	28	30	20	MÉM NAK 1986
1960*	18	32		50	STEFANOVITS & SARKADI, 1963

\* STEFANOVITS & SARKADI (extenzív gazdálkodás körülményei között)

területek aránya 10-20 %-kal csökkent, míg a jó ellátottságú talajok területe 20-30 %-kal emelkedett (12. táblázat).

STEFANOVITS és SARKADI (1963) az intenzív gazdálkodásra való áttérés előtt talajainkat természetes K-szolgáltató képességük szerint csoportosította. Szerintük a talajok az alábbi kategóriákba sorolhatók:

1. Lössön, vulkáni kőzetek málladékán és sok csillámot tartalmazó öntéseken kialakult telített talajokon K-hatás kalászosoknál nem várható. A kifejezetten K-igényes kultúrák, mint a répafélék, burgonya stb. azonban meghálálják a K-trágyázást.

2. A Pannon üledéken kialakult rozsdabarna erdőtalajok, barna erdőtalajok, csernozjom barna erdőtalajok és a könnyű csernozjomok K-trágyázásra szorulnak a K-igényes növények termesztése esetén minden esetben, sőt a kalászosok egy része is K-igényessé válhat.

3. Az agyagbemosódásos barna erdőtalajok, futóhomokok és általában a homokos, könnyű szerkezetű talajok K-készlete csekély, így minden növény termesztésekor K-trágyázás szükséges.

Eddigi ismereteink alapján (termesztési tapasztalatok, trágyázási kísérletek, talaj- és növényvizsgálatok) arra a következtetésre juthatunk, hogy talajaink 30-50 %-án a K-trágyázás elhagyása termés kieséssel jár, míg a talajok másik 30-50 %-án, forgóban, ilyen termés kiesés rövidebb távon nem várható. A káliumhiányról tehát joggal beszélhetünk Magyarországon, hiszen talajaink egy része káliummal nem kielégítően ellátott, K-mérlegünk pedig negatívummal zárul, tehát rablógazdálkodást folytatunk. A gazdálkodás jelenlegi gyakorlata évente jelentős termés kiesést feltételez a káliummal gyengén ellátott talajokon, táblákon, különösen a K-igényes növényeknél.

Lássuk vajon az elmúlt évtizedben helyenként alkalmazott K-feltöltő vagy talajgazdagító K-trágyázás milyen következményekkel járt, ill. járhatott. Be-szélhetünk-e, ha nem is általánosan, de helyileg a talajok és növények K-szeny-nyezettségéről, mérgezéséről? Erre részben a szabatos kisparcellás tartamkísér-letek adhatnak megnyugtató választ, részben pedig az országos jellegű felmérés adatai, ahol a talaj- és növényelemzéseket egyidejűleg elvégezték. Előtte azon-ban vessünk egy pillantást talajaink és növényeink K-ellátottságára nemzetközi összehasonlításban.

## *2. Talajaink és növényeink K-ellátottsága nemzetközi összehasonlításban*

1975 tavaszán a FAO felkérésére talaj- és növénymintákat gyűjtöttünk az or-szág egész területén, 250 termőhelyet felkeresve. A mintavételek üzemi búza- és kukoricatáblákat, valamint kisebb részben szabadföldi trágyázási kísérletek parcelláit érintették és jól reprezentálták az ország talajtakaróját és gazdálkodási viszonyait. A FAO vizsgálatokban 30 ország vett részt a Föld öt kontinensét magában foglalva. A mintavételek szigorúan egységes metodikát követeltek, a talaj- és növényelemzéseket SILLANPÄÄ professzor irányításával Finnországban végezték el, szintén egységes vizsgálati módszert alkalmazva.

A mintegy 250 termőhely K-vizsgálatai eredményeit a nemzetközi adatokkal együtt, a 13. táblázatban közöljük SILLANPÄÄ (1982) könyve nyomán. A főbb megállapítások az alábbiakban foglalhatók össze:

1. A magyar talajok kicserélhető K-tartalma jelentősen, közel  $\frac{1}{3}$ -dal a nemzetközi átlag alatt van. A búza átlagos K %-a ugyanakkor megfelel a nemzetkö-zi átlagnak, míg a kukorica K-tartalma  $\frac{1}{3}$ -dal felette van.
2. A két növény ebben az évben a felvételezések szerint átlagosan 100 kg K/ha körüli K-mûtrágyázásban részesült, mely magyarázhatja a talaj-K és a növény-K közötti eltéréseket.

A makroelemeket taglalva SILLANPÄÄ még megemlíti, hogy mind a N-, mind a P-ellátás tekintetében a magyar talajok és növények egyaránt a világ el-sői között találhatók, jelentősen meghaladva az átlagot. Ami a növényeink K-ellátottságát illeti, megállapítható, hogy a fiatal búza- és kukoricanövények K-koncentrációi általában a jó ellátottsági tartományt jelezték (3-5 % K), míg a minták egy része K-hiányos, más része K-túlsúlyos volt. Összességében azon-ban e felvételezés szerint a hazai talajok felvehető K-tartalma nem mutatott K-túlsúlyt, sőt az NP-ellátáshoz viszonyítva még a növények K-ellátása is rela-tíve

mérsékeltnek ítéhető. Talajaink vagy növényeink "K-mérgezéséről" tehát nem beszélhetünk.

13. táblázat  
Magyarország K-ellátottsága a FAO vizsgálata tükrében.  
Mintavétel 1975 tavaszán (SILLANPÄÄ, 1982)

Jellemzők	Minta száma	Átlag	± S	Minimum	Maximum
<b>Talajvizsgálatok, K mg/l talaj</b>					
Búza alatt					
Magyarország átlaga	144	217	122	46	843
Nemzetközi átlag	1765	365	283	20	2097
Kukorica alatt					
Magyarország átlaga	106	241	136	50	956
Nemzetközi átlag	1967	330	356	18	5598
<b>Növényelemzés, K %</b>					
Búzában					
Magyarország átlaga	144	4,1	0,9	1,5	6,6
Nemzetközi átlag	1765	4,0	1,0	0,9	6,8
Kukoricában					
Magyarország átlaga	106	4,1	0,9	1,5	6,0
Nemzetközi átlag	1967	3,1	1,0	0,6	6,7

*Megjegyzés:* A talajvizsgálatok ammóniumacetát (1 M) 1:10 talaj : oldószer extra-hálással történtek. Növényi K az összes K %-ot jelenti a bokrosodás végi búza, illetve a 4-6 leveles kukorica hajtásában

### 3. Extrém K-adagok hatásának vizsgálata tenyészemény-kísérletekben

A 70-es évek eleje-közepe óta Intézetünkben kiterjedt vizsgálatokat kezde-ményeztünk az egyes főbb tápelemek extrém túlsúlyának, a műtrágyázás ha-tárainak megismerése céljából. A kísérletek szabadföldön, tenyészeményben és tápoldatos viszonyok között egyaránt folytak, illetve folynak. Hasonló adatok-kal az agrokémia nem, vagy alig rendelkezett hazánkban. Tenyészeményekben, különböző talajtípusokkal, 500-1000-1500 mg/kg K<sub>2</sub>O-adagokkal, illetve K-szintekkel dolgoztunk eltérő N-, P-, B- stb. ellátottság mellett. Az adagok

1500-4500 kg/ha K<sub>2</sub>O-mennyiségnek felelnének meg szántóföldön, tehát 10-30 év átlagos K-trágyázásának.

A káliummal gyengén ellátott meszes örbottyáni, Duna-Tisza közti homok-talajjal beállított tenyészedény-kísérletünk főbb eredményeit a 14. táblázatban mutatjuk be.

Amint az adatokból látható, a 4-6 leveles napraforgó hajtásának termését a B-trágyázás drasztikusan csökkentette, míg a K-ellátás egyértelműen növelte. A K-ellátással a B-mérgezés hatását némiképp ellensúlyozhattuk. Javult a napra-forgó tápláltsági állapota, közel megötszörözött a K % a hajtásban, míg a

14. táblázat

**Extrém KxB trágyázás hatása a 4-6 leveles napraforgóra meszes homoktalajon (Örbottyán, 1983) (SHALABY & KÁDÁR, 1984)**

B-trágyázás	K <sub>0</sub>	K <sub>200</sub>	K <sub>400</sub>	K <sub>600</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Hajtás szárazsúlya, g/edény</b>						
B <sub>0</sub>	11,4	17,5	17,2	19,6		16,4
B <sub>10</sub>	11,8	16,8	16,6	18,1	2,3	15,8
B <sub>20</sub>	5,9	9,3	10,1	12,2		9,4
B <sub>30</sub>	1,6	1,3	3,1	3,3		2,3
Átlag	7,7	11,2	11,7	13,3	1,2	11,0
<b>Átlagos kationkoncentráció a hajtásban a K-ellátás függvényében</b>						
K %	0,95	2,45	3,94	4,79	0,32	3,03
Ca %	3,92	3,18	2,98	2,92	0,11	3,25
Mg %	0,74	0,41	0,31	0,24	0,03	0,43
Na, mg/g	1,00	0,18	0,11	0,08	0,06	0,34

SzD<sub>5%</sub> értékei a sorokra és oszlopokra azonosak

15. táblázat

**Extrém KxB trágyázás hatása a 4-6 leveles napraforgóra meszes csernozjom talajon (Nagyhörcsök, 1983) (KÁDÁR & SHALABY, 1985)**

B-trágyázás	K <sub>0</sub>	K <sub>400</sub>	K <sub>800</sub>	K <sub>1200</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Hajtás szárazsúlya, g/edény</b>						
B <sub>0</sub>	11,8	12,8	15,4	12,9		13,2
B <sub>20</sub>	12,0	13,8	14,5	13,2	1,9	13,4
B <sub>40</sub>	10,4	12,1	13,0	11,2		11,7

B <sub>60</sub>	6,3	10,7	7,1	9,4		8,4
Átlag	10,1	12,4	12,5	11,7	1,0	11,7

**Átlagos kationkoncentráció a hajtásban a K-ellátás függvényében**

K %	1,95	5,18	6,96	7,14	0,27	5,31
Ca %	2,41	2,06	2,04	1,70	0,25	2,05
Mg %	0,97	0,50	0,33	0,28	0,03	0,52
Na %	0,16	0,09	0,11	0,10	0,04	0,11

Kezelések: mg K, ill. B kg talajra számítva

16. táblázat

**Meszezés és műtrágyázás hatása a 6 leveles kukorica hajtásának légszáras termésére. Ragályi talaj, g/edény, két növedék összege, 1979. (KÁDÁR, PUSZTAI & SULYOK, 1987-1988)**

Kezelés	P <sub>0</sub>	P <sub>218</sub>	P <sub>436</sub>	P <sub>654</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Meszezetlen</b>						
K <sub>0</sub>	4,2	14,1	13,2	12,9		11,1
K <sub>415</sub>	4,0	19,5	25,8	24,2	4,4	18,4
K <sub>830</sub>	3,0	21,3	25,7	28,4		19,6
K <sub>1245</sub>	3,7	21,1	28,7	29,1		20,6
Átlag	3,7	19,0	23,3	23,6	2,2	17,4
<b>Meszezett</b>						
K <sub>0</sub>	5,8	16,3	15,3	14,9		13,1
K <sub>415</sub>	4,2	25,0	27,0	25,9	4,4	20,5
K <sub>830</sub>	4,6	26,6	32,0	35,5		24,7
K <sub>1245</sub>	4,7	29,1	36,3	38,5		27,2
Átlag	4,8	24,2	27,7	28,7	2,2	21,4

Kezelések: mg K ill. P kg talajra számítva. Meszezés 5000 mg/kg. SzD<sub>5%</sub> értékei a sorokra és oszlopokra azonosak.

nemkívánatos Ca- és Na-túlsúly mérséklődött. A Mg-tartalom lesüllyedt a K/Mg antagonizmus eredményeképpen, de ez nem okozott Mg-hiányt (SHALABY & KÁDÁR, 1984).

A káliummal kielégítően ellátott mezőföldi meszes vályog csernozjom talaj-jal beállított kísérletünkben mind a B-, mind az alkalmazott K-adagjait megkét-szereztük. A kolloidban gazdagabb talajon a B-mérgezés kevésbé nyilvánult meg. A K-ellátás növelése az extrém K-

adagok esetén sem vezetett a kontroll-hoz képest termésnövekedéshez, sőt enyhe termésnövekedés igazolható a 800 ppm adagig. A növényi K % a 7 fölé emelkedett, javult összességében a 4-6 le-veles napraforgó tápláltsági állapota. Itt is csökkent a nemkívánatos Ca- és Na-túlsúly, lesüllyedt a Mg-koncentráció, de még nem lépett fel Mg-hiány (15. táblázat, KÁDÁR & SHALABY, 1985).

A ragályi savanyú, agyagbemosódásos barna erdőtalaj foszforral és kálium-mal egyaránt gyengén ellátottnak minősült. A pH(KCl) alapján meszezésre is szorult, ezért a 16. táblázatban a K-hatásokat a meszezés és a P-ellátottság függvényében mutatjuk be. A K-trágyázás 0, 500, 1000, 1500 mg K<sub>2</sub>O/kg talaj mennyiségeket jelentett. Amint az adatokból látható, még az extrém K-ellátás sem okozott termésnövekedést, sőt a meszezett edényekben igazolhatóan növelte a 6-leveles kukorica hajtásának légszáraz hozamát (KÁDÁR et al., 1987-1988).

A 17. táblázatban a meszezés és a K-trágyázás talajra gyakorolt hatását tanulmányozhatjuk. A talaj felvehető K-tartalma 6-8-szorosára emelkedett a maximális adagok hatására, az extrém magas K-ellátottsági zónába jutva. A K-ellátással a talaj átlagos pH(KCl) értéke bizonyíthatóan csökkent, de ez nem járt együtt a kukorica termésének csökkenésével. Megjegyezzük, hogy e kísérletben a használt kálisó formája KHCO<sub>3</sub>, míg az előbbi két kísérletben K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> volt. A kálium hatására bekövetkezett pH-csökkenés feltehetően a K/H ioncsere következménye, mely a talajkomplexumban végbement. A KHCO<sub>3</sub> formát éppen azért alkalmaztuk, hogy a KCl vagy K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> savanyító hatását elkerüljük ezen az amúgy is savanyú talajon.

17. táblázat

**Meszezés és a műtrágyázás hatása a talaj felvehető K-tartalmára, valamint pH(KCl) értékére. Ragályi talaj, 1979 (KÁDÁR, PUSZTAI & SULYOK, 1987-1988)**

Meszezés	K <sub>0</sub>	K <sub>415</sub>	K <sub>830</sub>	K <sub>1245</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>AL-oldható K, mg/kg</b>						
Meszezetlen	80	235	442	617	45	344
Meszezett	81	198	334	518	32	283
<b>pH (KCl)</b>						
Meszezetlen	3,44	2,96	2,87	2,60	0,21	2,97
Meszezett	5,45	5,38	5,18	4,89	0,30	5,22

Az extrém K-adagok ellenére más, itt nem közölt kísérletekben sem tapasztaltunk K-mérgezést, depressziót. Sőt, nem találtunk olyan hazai utalást az elérhető irodalomban, ahol a K-trágyázás a növények termését, illetve a talaj termékenységét veszélyeztették volna tenyészedény-kísérletekben.

#### 4. Extrém K-adagok hatásának vizsgálata szabadföldi kísérletekben

Hazánk egyik legrégebbi szabadföldi műtrágyázási tartamkísérlete a Nyír-ségben található, melyet 30 évvel ezelőtt LÁNG ISTVÁN állított be kovárványos barna erdőtalajon, savanyú homokon. Az első 18 évben kapott terméseket a 18. táblázatban közöljük. A vetésváltás burgonya-rozs (2x5 év), illetve burgonya-búza (2x4 év) volt. A kísérlet talajának N-, P-, K-, Mg- és Ca-ellátottsága egy-aránt mérsékelt, ill. gyenge.

A termésadatokból megállapítható, hogy az első években mind a rozs, mind a burgonya termése még a kontrollparcellákon is megközelítette az akkori ala-csony országos átlagokat. A növénytermesztés sikerét döntően a N-ellátás határozta meg ekkor. Az idő előrehaladtával nőtt a foszfor hatása is, míg a K-hatások csak a burgonyánál jelentkeztek. Összességében azonban az együttes NPK-

18. táblázat

#### Műtrágyázás hatása a burgonya, rozs és a búza termésére savanyú homoktalajon. Nyírlúgos, 1963-1980. (SZEMES & KÁDÁR, 1990)

Évek	Ø	N	NP	NK	NPK	NPK+Mg	SzD <sub>5</sub> %	Átlag
<b>Burgonya, t/ha</b>								
1963	8,5	12,8	13,5	13,4	13,7	13,6	0,9	12,4
1965	6,8	15,1	18,5	16,7	19,3	19,3	1,1	14,0
1967	8,4	13,3	15,2	15,4	16,3	16,9	1,0	14,5
1969	10,7	14,4	17,2	17,0	19,0	20,4	1,0	16,2
1971	10,1	14,5	17,4	16,4	18,4	19,3	1,0	16,3
<i>Átlag</i>	8,9	14,0	16,4	15,8	17,3	17,9	0,5	14,7
1973	6,0	11,6	15,6	14,8	21,0	19,1	0,9	14,8
1975	5,9	12,4	15,5	12,5	18,2	17,0	1,0	13,9
1977	14,4	15,6	19,4	22,4	26,9	28,1	2,6	22,6
1979	3,9	9,0	10,9	10,8	12,7	12,6	2,4	11,1
<i>Átlag</i>	7,5	12,2	15,4	15,1	19,7	19,2	1,2	16,0
<b>Rozs, t/ha</b>								
1964	1,61	2,18	2,19	2,20	2,25	2,18	0,18	2,11
1966	1,62	2,79	3,31	2,90	3,03	3,05	0,18	2,64



1968	1,30	2,68	2,88	2,56	2,91	2,89	0,13	2,29
1970	3,31	2,21	2,34	2,14	2,44	2,48	0,15	2,14
1972	1,36	2,82	3,13	2,82	3,10	3,28	0,16	2,48
<i>Átlag</i>	1,44	2,54	2,73	2,52	2,75	2,78	0,08	2,33

**Búza. t/ha**

1974	1,66	1,74	2,87	1,60	3,26	3,22	0,14	2,60
1976	1,64	1,76	2,62	1,64	2,88	2,83	0,12	2,21
1978	1,16	2,06	2,44	2,57	3,43	3,30	1,27	2,77
1980	0,29	0,74	1,10	0,77	1,14	1,06	0,38	1,10
<i>Átlag</i>	1,19	1,58	2,26	1,65	2,68	2,60	0,24	2,09

Kezelések: 90-160 kg N/ha/év növénytől függően; 80-240 kg K<sub>2</sub>O/ha/év növénytől függően; 48-80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/év növénytől függően; 15-30 kg Mg/ha/év évektől függően.

műtrágyázással mind a rozs, mind a burgonya termését megkétszerezhattuk az első 10 év végén.

A következő 8 éves időszakban Desire burgonyát és Mv-4 búzát vetettünk. Az intenzív holland fajta gumótermése a trágyázatlan talajon erősen lecsökkent a korábbi hazai fajtákhoz viszonyítva. A talaj is tovább szegényedett. Műtrágyázással a termések szintjét azonban nemcsak fenntarhattuk, hanem az akkori országos átlag 1,5-2,0-szeresére is növelhettük. Hatékonyak mutatkoztak az N-, NP- és az együttes NPK-műtrágyázás. A magnézium és kalcium hatása ek-kor még kevésbé jelentkezett (SZEMES & KÁDÁR, 1990).

A kísérlet 22. évében végzett talajvizsgálatok eredményeit a 19. táblázat foglalja össze. Műtrágyázás (elsősorban N) hatására a talaj tovább savanyodott, míg a mérsékelt mésztrágyázás, illetve Mg-trágyázás ellensúlyozta e folyama-

19. táblázat

**Műtrágyázás és meszezés hatása a savanyú nyírségi homoktalaj tulajdonságaira a kísérlet 22. évében. Nyírlúgos, 1983. (KÁDÁR & VASS, 1988)**

Kezelés	pH (KCl)	Humusz, %	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg/kg	AL-K <sub>2</sub> O, mg/kg
Kontroll	4,6	0,52	66	70
N	3,9	0,40	78	100
NP	3,9	0,51	140	110

NK	3,8	0,50	80	130
NPK	3,9	0,51	142	132
NPK + Mg	4,6	0,45	140	140
NPK+Mg+Ca	5,9	0,50	170	132
SzD <sub>5%</sub>	0,8	0,15	35	32

tot. Az együttes CaMg a talaj pH-értékét 5,5-6,0-ra emelte. A humuszszegény talaj humusztartalmában nem lehetett változást igazolni 22 év után. A felvehető PK azonban megduplázódott átlagosan és a gyengén ellátott talaj a "megfelelő" ellátottsági kategóriába jutott.

A kísérlet 23. évében, 1984-ben termelt napraforgó kaszattermését már nem növelte az egyoldalú N-trágyázás, sem az NK-kezelés. Az együttes NPK-kezelés hatására a kontrollparcellák termése azonban közel megduplázódott, míg az évi 200 kg/ha Ca hozzáadása 2,5-szeresére emelte a hozamokat. A 40-80 kg/ha/év Mg-kezelés szintén hatékonyan bizonyult az NPK-val együtt, a termések megháromszorozódtak. A kalciummal együtt az öt vizsgált és hiányzó tápelemet együttesen biztosítva a kaszattermést és az olajhozamot 3,5-szeresére növelhettük (20. táblázat, KÁDÁR & VASS, 1988).

Összefoglalóan megállapítottuk, hogy a napraforgó termesztése gazdaságos-sá tehető ezen a talajon is, amennyiben biztosítjuk a talaj megfelelő tápanyag-ellátását és a 6 körüli pH-t. A K-ellátás, ill. K-trágyázás nélkül a talaj termékenység nem tartható fenn, a kálium nem szükségtelen vagy felesleges, hanem elengedhetetlen tápelem e talajon. A K-hatások az NPK - NP = K szerint becsülhetők e kísérletben, tehát 500 kg/ha kaszatterméstöbbletet okozhattak.

Sokkal kifejezettebb K-hatások érvényesültek kukoricában a meszes K-szegény Duna-Tisza közti homoktalajon, Órbottyán kísérleti telepünkön. Amint a 21. táblázatban látható, a szemtermések közel kétszeresére emelkednek K-trágyázással, különösen az NP-vel jól ellátott parcellákon. A megfelelő K-ellátás

20. táblázat

**Műtrágyázás és a meszezés hatása a napraforgóra savanyú nyírségi homoktalajon (KÁDÁR & VASS, 1988)**

Kezelés	Kaszattermés		Olajtartalom	Olajhozam	
	kg/ha	%		kg/ha	%
Kontroll	750	100	44,8	336	100
N	640	85	41,9	268	80
NP	947	126	42,4	402	120
NK	763	102	41,2	314	93

NPK	1430	191	43,8	626	186
NPK+Mg	2270	303	45,3	1028	306
NPK+Mg+Ca	2645	353	45,6	1206	359
SzD <sub>5%</sub>	540	72	2,2	217	65

21. táblázat

Műtrágyázás hatása a kukorica szemtermésére 8 éves monokultúrában. Örbottyán, meszes homoktalaj, t/ha. (SZEMES et al., 1984)

Kezelés, év	K <sub>0</sub>	K <sub>80</sub>	K <sub>160</sub>	K <sub>240</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>A II. ciklus, 1976-1979. évek átlagában</b>						
Kontroll	2,80	3,80	4,60	4,60		3,95
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub>	3,57	5,96	6,43	6,05		5,48
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub>	3,23	5,96	6,53	6,79	0,85	5,63
N <sub>240</sub> P <sub>60</sub>	3,20	5,91	6,59	6,75		5,61
N <sub>240</sub> P <sub>120</sub>	3,82	5,92	6,67	6,84		5,81
Átlag	3,30	5,51	6,16	6,21	0,50	5,30
<b>Az NP kezelések átlagában évenként</b>						
1976	2,47	4,86	5,66	6,21	0,49	4,80
1977	4,11	6,40	6,78	6,78	0,42	6,02
1978	2,71	5,23	5,87	5,91	0,45	4,93
1979	3,93	5,54	6,35	5,98	0,44	5,45
Átlag	3,30	5,51	6,17	6,22	0,33	5,30

Megjegyzés: az adagok K<sub>2</sub>O ill. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg/ha-ra vonatkoznak.

jelentősen ellensúlyozta a termésingadozást az egyes években, képes volt mér-sékelni az aszály káros hatását (SZEMES et al., 1984).

A K-trágyázás javítja e talajon a növények tápláltsági állapotát, nő mind a hajtás, mind a virágzáskori levél K %-a, javul a főbb tápelemek, mint a K/Ca, K/Mg, K/P aránya és közelít az irodalmi optimumhoz. Az extrém adagú K a talaj hiányosságait pótolja és ellensúlyozza a nemkívánatos Ca-túlsúlyt, a talaj sülevényességét. A Duna-Tisza közti homokok termékenységét K-ellátottságuk meghatározza, enélkül gazdságos termesztés rajtuk nem folytatható. A kálium nem szennyezi e talajokat, hanem termékennyé, egészségessé teszi azokat és a rajta termő növényeket, legelő állatokat egyaránt (22. táblázat, SZEMES, LÁSZ-TITY & KÁDÁR, 1984).

22. táblázat

A K-ellátottság hatása a kukorica tápláltsági állapotára.

Meszes homoktalaj, Örbottyán. (SZEMES, LÁSZTITY & KÁDÁR, 1984)

Tápelem	K <sub>0</sub>	K <sub>80</sub>	K <sub>160</sub>	K <sub>240</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Optimum
<b>Hajtás 6 leveles korban, 1976</b>						
K %	1,57	2,91	3,45	4,12	0,23	3,0-4,0
Ca %	1,18	0,99	0,91	0,80	0,08	0,3-0,7
Mg %	0,71	0,54	0,49	0,43	0,03	0,2-0,6
K/Ca	1,3	2,9	3,8	5,2		5-10
K/Mg	2,2	5,4	7,0	9,6		7-15
K/P	4,5	8,6	10,1	11,8		6-12
<b>Hajtás 6 leveles korban, 1977</b>						
K %	1,70	3,01	5,58	4,27	0,32	3,0-4,0
Ca %	1,27	1,21	1,13	1,10	0,09	0,3-0,7
K/Ca	1,3	2,5	3,2	3,9		5-10
K/P	4,6	8,4	9,7	11,9		6-12
<b>Virágzáskori levélben, 1976</b>						
K %	0,71	1,20	1,56	1,82	0,11	1,5-2,5
Ca %	1,24	1,14	1,02	0,95	0,05	0,3-0,8
K/Ca	0,6	1,1	1,5	1,9		3,0-6,0
K/P	1,9	3,8	4,9	5,7		5,0-10,0

Megjegyzés: a kezelés K<sub>2</sub>O kg/ha/év adagot jelent

Az alábbi termőhelyeken egységes metodikával vizsgáltuk a normál és az extrém adagú "feltöltő" PK-műtrágyázás hatását a kalászosok termésére:

- Kompolt, csernozjom barna erdőtalaj, savanyú agyagos vályog;
- Nagyhorcsök, meszes csernozjom, könnyű vályogtalaj;
- Szilvásvárad, agyagbemosódásos barna erdőtalaj, savanyú vályog;
- Örbottyán, meszes humuszos homoktalaj.

A kísérleteket értékelve megállapítottuk, hogy a PK-feltöltés egyetlen talajon sem vezetett termésnövekedéshez. A szemtermések a talajok P-ellátottsága függvényében emelkedtek, K-hatások nem voltak valószínűsíthetőek. Ismeretes, hogy a kalászosok K-igénye mérsékelt, míg a kapásnövényeké kifejezett. A termés és a talajvizsgálatok főbb eredményeit a 23. és 24. táblázatok tartalmazzák (KÁDÁR & LÁSZTITY, 1979).

Hazánk legátfogóbb és legsokoldalúbban vizsgált műtrágyázási tartamkísérletét 1973 őszén állítottuk be meszes vályog csernozjom talajon, az MTA TAKI Nagyhorcsök Kísérleti Telepén. A N-, P- és K-

elemek 4-4 ellátottsági szintje és az összes lehetséges kombinációk 64 kezelést jelentenek, 2 ismétlésben, összesen 128 parcellán, közel 1,5 hektáron. A rendszeres talaj- és növényelemzése-

23. táblázat

**A normál és a feltöltő PK-műtrágyázás hatása kalászosok szemtermésére négy kísérleti helyen, t/ha (KÁDÁR & LÁSZTITY, 1979)**

Kezelés	Kompolt 1976	Őrbottyán 1977	Nagyhörcső k 1975	Szilvásvárad d 1976
Kontroll	4,31	3,41	3,54	1,61
P <sub>50</sub> K <sub>100</sub>	4,68	4,35	4,68	2,90
P <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	4,62	4,13	5,16	3,12
P <sub>500</sub> K <sub>500</sub>	4,56	4,18	5,40	3,78
P <sub>1000</sub> K <sub>1000</sub>	4,70	4,32	5,46	4,52
SzD <sub>5%</sub>	0,30	0,80	0,30	0,56

*Megjegyzés:* A kezelés P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve K<sub>2</sub>O kg/ha adagot jelent. Kompolton őszi árpa, másutt őszi búza volt a termesztett növény.

24. táblázat

**A feltöltő PK-műtrágyázás hatása a talajok felvehető PK-tartalmára négy kísérleti helyen (KÁDÁR & LÁSZTITY, 1979)**

Kezelés	Kompolt 1976	Őrbottyán 1977	Nagyhörcső k 1975	Szilvásvárad d 1976
<b>AL-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mg/kg</b>				
Kontroll	54	100	58	30
P <sub>500</sub> K <sub>500</sub>	117	166	190	96
P <sub>1000</sub> K <sub>1000</sub>	198	190	361	171
SzD <sub>5%</sub>	58	48	49	23
<b>AL-oldható K<sub>2</sub>O, mg/kg</b>				
Kontroll	222	69	128	135
P <sub>500</sub> K <sub>500</sub>	266	107	192	178
P <sub>1000</sub> K <sub>1000</sub>	313	109	285	226
SzD <sub>5%</sub>	27	16	19	29

*Megjegyzés:* A kezelés P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve K<sub>2</sub>O kg/ha adagot jelent.

ken túl a betegség és gyomosság előfordulását is vizsgáljuk a tápláltság függvényében. A létrehozott N-, P- és K-tápláltsági szituációk mindazon ellátottsági szinteket reprezentálják, melyek a gyakorlatban előfordulnak, vagy előfordulhatnak a jövőben.

A K-ellátás hatását a P-szintek függvényében tanulmányozhatjuk a legfontosabb szántóföldi növényeknél, különböző években. A kísérlet lehetővé teszi a K-ellátás és a termés, ásványi összetétel, minőség, gyomosodás, betegség-ellenállás sokoldalú összefüggéseinek vizsgálatát egy 15-20 éves adatsoron, 18 növényfajon, egyedülálló módon. A kutatásokban jeles kórtani, rovarügyi, talaj-biológiai, gyomvizsgáló, növénytaplálási stb. szakértők vesznek részt. A kísérletben 16 év alatt felhasznált műtrágya-hatóanyagok mennyiségéről a 25., a parcellák talajának felvehető tápelemtartalmáról pedig a 26. táblázat nyújt áttekintést.

25. táblázat

A kísérletben 16 év alatt felhasznált műtrágya-hatóanyagok mennyiségei.  
(Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörcsök, kg/ha, 1974-1989.)

Kezelés jele	Ellátottság g foka	N évente	összesen 16 év alatt		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
000	gyenge	0	0	0	0
111	közepes	100	1600	1000	2000
222	kielégítő	200	3200	2000	4000
333	túlzott	300	4800	3000	6000

Megjegyzés: A P-adagolás 2 részben (1973 és 1980 őszen), míg a K adagolása 4 részben megosztva történt (1973, 1980, 1984, 1986 őszen).

26. táblázat

A talaj könnyen felvehető tápelemtartalmának változása 16 év után  
(Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörcsök, 1988)

Kezelés jele	Ellátottság foka	NO <sub>3</sub> -N, kg/ha 0-60 cm-ben	AL-oldható, mg/kg	
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
000	gyenge	104	85	136
111	közepes	120	154	267
222	kielégítő	135	246	442
333	túlzott	166	363	606

Az extrém K-adagok 0,3-0,6 t/ha szemterméstöbbletet adtak az első 2 évben őszi búzában. A K-hatások statisztikailag igazolhatók voltak. A kukorica termése igen alacsony maradt a száraz, rossz 1976-os kukorica évben, míg 1977-ben kedvezően alakult 8-10 t/ha szemterméseket is elérve. A K-hatások az aszályos évben jelentkeztek 1-1,5 t/ha szemterméstöbbleteket okozva. A javuló K-ellátás mérsékelte az aszály, valamint a P-túltrágyázás depresszív hatását (27. táblázat).

A burgonya gumótermését mindhárom elemmel való ellátottság befolyásolta, ezért a 28. táblázatban az összes kezelés adatait közöljük. A K-trágyázás

27. táblázat  
A PxK trágyázás hatása a növények termésére.  
Meszes csernozjom talaj, Nagyhörcsök, t/ha (KÁDÁR, 1980)

P-szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>500</sub>	K <sub>1000</sub>	K <sub>1500</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Őszi búza szem, Kavkaz, 1974</b>						
P <sub>0</sub>	4,64	4,64	4,59	4,54		4,60
P <sub>500</sub>	5,49	5,92	5,93	5,94	0,39	5,82
P <sub>1000</sub>	5,68	5,84	5,90	5,92		5,84
P <sub>1500</sub>	5,70	5,76	5,96	6,04		5,86
Átlag	5,38	5,54	5,60	5,61	0,20	5,53
<b>Őszi búza szem, Kavkaz, 1975</b>						
P <sub>0</sub>	3,54	4,15	4,27	4,19		4,04
P <sub>500</sub>	4,67	5,40	5,17	5,30	0,30	5,14
P <sub>1000</sub>	4,98	5,18	5,46	5,53		5,29
P <sub>1500</sub>	5,07	5,39	5,46	5,59		5,38
Átlag	4,56	5,03	5,09	5,15	0,15	4,96
<b>Kukoricaszem, MV-SC-380, 1976</b>						
P <sub>0</sub>	4,12	4,94	4,84	5,05		4,74
P <sub>500</sub>	4,49	5,72	6,17	6,16	0,55	5,62
P <sub>1000</sub>	4,28	4,82	5,42	4,96		4,87
P <sub>1500</sub>	3,35	4,58	4,48	4,60		4,25
Átlag	4,06	5,02	5,23	5,19	0,27	4,87

**Kukoricaszem, MV-SC-380, 1977**

P <sub>0</sub>	8,83	9,03	9,05	9,12		9,00
P <sub>500</sub>	9,15	9,32	9,12	9,11	0,84	9,18
P <sub>1000</sub>	8,66	9,02	8,86	8,76		8,82
P <sub>1500</sub>	8,23	8,22	8,35	8,48		8,32
Átlag	8,72	8,90	8,84	8,87	0,42	8,80

*Megjegyzés:* A P-, K-szintek P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve K<sub>2</sub>O kg/ha adagot jelentenek 1973 őszén.

5-10 t/ha gumótermés-emelkedést adott átlagosan az NP-vel kielégítően ellátott parcellákon. A K-trágyázás nélkül a gumótermés 20-22 t/ha körül alakult az NP-parcellákon, míg az NPK-parcellákon a 30-32 t/ha-t is elérte (28. táblázat).

28. táblázat

**Műtrágyázás hatása a burgonya gumótermésére (Desire fajta, t/ha)  
Meszes csernozjom, Nagyhörcsök, 1978. (KÁDÁR & ELEK, 1980)**

NP-szint	K <sub>0</sub>	K <sub>500</sub>	K <sub>1000</sub>	K <sub>1500</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
N <sub>0</sub>	13,4	17,4	18,9	19,5		17,2
N <sub>1</sub>	16,8	20,2	22,1	22,2		20,3
N <sub>2</sub>	16,2	21,9	23,5	22,7		21,1
N <sub>3</sub>	20,0	20,6	22,4	24,1		21,8
N <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	15,6	21,2	20,2	21,0		19,5
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	18,9	24,0	25,4	27,7		24,0
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	22,3	26,5	30,4	29,2		27,1
N <sub>3</sub> P <sub>1</sub>	23,4	24,4	31,5	31,4		27,7
					5,1	
N <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	17,2	21,2	19,9	20,7		19,8
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	22,4	23,5	26,7	27,7		25,1
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	18,5	22,7	27,9	30,4		24,9
N <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	20,6	30,0	28,6	31,1		27,6
N <sub>0</sub> P <sub>3</sub>	19,3	18,8	19,6	22,7		20,1
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	18,3	23,9	28,0	28,2		24,6
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	19,5	27,4	30,2	30,3		26,9
N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	20,8	28,8	31,8	32,6		28,5
<b>A P-kezelések átlagában (NxK táblázat)</b>						
N <sub>0</sub>	16,4	19,7	19,5	21,0		19,2
N <sub>1</sub>	19,1	23,3	25,6	26,5	2,5	23,6
N <sub>2</sub>	19,1	24,6	28,0	28,2		25,0
N <sub>3</sub>	21,2	26,0	28,6	29,8		26,4



**A N-kezelések átlagában (PxK táblázat)**

P <sub>0</sub>	16,6	20,0	21,8	22,1		20,1
P <sub>1</sub>	20,1	24,0	26,9	27,3	2,5	24,6
P <sub>2</sub>	19,7	24,4	25,8	27,5		24,4
P <sub>3</sub>	19,5	24,8	27,4	28,5		25,0
Átlag	19,0	23,3	25,5	26,4	1,3	23,6

N<sub>0</sub> = 0    N<sub>1</sub> = 100    N<sub>2</sub> = 200    N<sub>3</sub> = 300    kg N/ha/év  
P<sub>0</sub> = 0    P<sub>1</sub> = 500    P<sub>2</sub> = 1000    P<sub>3</sub> = 1500    kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha 1973-ban  
K<sub>0</sub> = 0    K<sub>1</sub> = 500    K<sub>2</sub> = 1000    K<sub>3</sub> = 1500    kg K<sub>2</sub>O/ha 1973-ban

Nem bizonyíthatók K-hatások 1979-ben az őszi árpa és 1980-ban a zab szemtermésében, sem a napraforgó kaszattermésének változásán 1982-ben. A cukorrépa gyökértermését azonban a K-ellátás átlagosan 5 t/ha-ra növelte, iga-zolhatóan 1981-ben (29. táblázat).

29. táblázat

**A P- és K-trágyázás hatása a növények termésére.  
Meszes csernozjom talaj, Nagyhörcsök, t/ha**

P-szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Őszi árpa szem, 1979</b>						
P <sub>0</sub>	2,46	2,53	2,53	2,59		2,53
P <sub>1</sub>	3,98	3,87	3,51	3,43	0,42	3,70
P <sub>2</sub>	3,87	3,87	3,56	3,73		3,76
P <sub>3</sub>	3,92	3,72	3,70	3,65		3,74
Átlag	3,56	3,50	3,33	3,35	0,21	3,43
<b>Zab szem, 1980</b>						
P <sub>0</sub>	5,67	5,68	5,76	5,75		5,71
P <sub>1</sub>	5,56	5,46	5,45	5,81	0,55	5,57
P <sub>2</sub>	5,11	4,91	5,32	4,99		5,08
P <sub>3</sub>	5,00	5,11	4,94	4,62		4,92
Átlag	5,33	5,29	5,37	5,29	0,28	5,32
<b>Cukorrépa gyökér, 1981</b>						
P <sub>0</sub>	44,2	52,0	51,2	50,0		49,4
P <sub>1</sub>	48,6	55,0	55,4	55,1	4,2	53,5
P <sub>2</sub>	50,5	54,4	56,2	55,2		54,1
P <sub>3</sub>	47,5	53,8	54,4	53,1		52,2
Átlag	47,7	53,8	54,3	53,4	2,1	52,3

**Napraforgó kaszat, 1982**

P <sub>0</sub>	3,01	3,21	3,10	3,01		3,08
P <sub>1</sub>	3,20	3,34	2,93	3,03	0,34	3,12
P <sub>2</sub>	3,25	3,23	3,23	3,23		3,23
P <sub>3</sub>	3,24	2,90	2,85	3,06		3,01
Átlag	3,18	3,17	3,03	3,08	0,17	3,11

Megjegyzés: A P- és K-kezelések jelölését lásd a 25. táblázatban

Hasonlóképpen nőtt a mák mag- és tokhozama 1983-ban, a mustár magter-mése 1985-ben, míg a repce magtermése nem változott a K-ellátás függvényében (30. táblázat).

30. táblázat

**A P- és K-műtrágyázás hatása a növények termésére.  
Meszes csernozjom talaj, Nagyhörcsök**

P-szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Mák mag, kg/ha, 1983</b>						
P <sub>0</sub>	255	352	391	384		345
P <sub>1</sub>	287	682	747	754	128	692
P <sub>2</sub>	574	670	698	751		673
P <sub>3</sub>	571	691	767	720		687
Átlag	497	598	651	652	64	599
<b>Mák tok, kg/ha, 1983</b>						
P <sub>0</sub>	219	291	315	318		286
P <sub>1</sub>	415	487	533	544	86	495
P <sub>2</sub>	411	473	501	568		488
P <sub>3</sub>	405	488	560	535		497
Átlag	363	435	477	491	43	441
<b>Repce mag, t/ha, 1984</b>						
P <sub>0</sub>	0,91	1,14	1,02	0,97		1,01
P <sub>1</sub>	1,37	1,43	1,41	1,31	0,33	1,38
P <sub>2</sub>	1,48	1,54	1,45	1,24		1,43
P <sub>3</sub>	1,46	1,39	1,45	1,40		1,43
Átlag	1,30	1,38	1,33	1,23	0,16	1,31
<b>Mustár mag, t/ha, 1985</b>						
P <sub>0</sub>	3,68	3,86	3,36	3,44		3,58
P <sub>1</sub>	4,72	4,92	4,75	5,07	0,59	4,86
P <sub>2</sub>	4,61	4,76	5,08	5,27		4,93
P <sub>3</sub>	4,32	5,00	4,93	5,27		4,88
Átlag	4,33	4,64	4,53	4,76	0,30	4,57

Megjegyzés: A P- és K-kezelések jelölését lásd a 25. táblázatban

A 31. táblázat eredményei szerint a K-trágyázás lényegesen nem módosította az 1986. évi sörárpa, 1987. évi olajlen, 1988. évi szója, valamint az 1989. évi rostkender termését. Ugyanakkor megemlíthető, hogy a sörárpa szem és a rost-kender rost termése mérsékelten javult a K<sub>1</sub> szinteken és ez a javulás statisztikailag is általában alátámasztható.

Az utóbbi két év triticales és cirok magtermése sem depressziót, sem terméstudóbbletet nem jelzett a talaj eltérő K-ellátottságán (32. táblázat).

31. táblázat  
A P- és K-műtrágyázás hatása a növények termésére.  
Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörcsök, t/ha

P- szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Sörárpa szem, 1986</b>						
P <sub>0</sub>	2,69	2,92	3,12	2,93		2,92
P <sub>1</sub>	4,10	4,62	4,29	4,35	0,35	4,34
P <sub>2</sub>	4,29	4,60	4,67	4,80		4,59
P <sub>3</sub>	4,33	4,67	4,72	4,96		4,67
Átlag	3,85	4,20	4,21	4,26	0,17	4,13
<b>Olajlen mag, 1987</b>						
P <sub>0</sub>	1,63	1,75	1,64	1,72		1,68
P <sub>1</sub>	1,76	1,88	1,74	1,69	0,21	1,77
P <sub>2</sub>	1,66	1,78	1,72	1,59		1,69
P <sub>3</sub>	1,35	1,42	1,49	1,43		1,42
Átlag	1,60	1,71	1,64	1,60	0,11	1,64
<b>Szója mag, 1988</b>						
P <sub>0</sub>	2,09	2,05	1,97	1,98		2,02
P <sub>1</sub>	1,72	1,92	1,92	1,91	0,42	1,87
P <sub>2</sub>	1,58	1,63	1,33	1,37		1,48
P <sub>3</sub>	1,58	1,60	1,22	1,22		1,40
Átlag	1,74	1,80	1,61	1,62	0,21	1,69
<b>Rostkender rosttermés, 1989</b>						
P <sub>0</sub>	1,32	1,78	1,82	1,90		1,70
P <sub>1</sub>	1,67	1,90	1,95	1,71	0,40	1,81
P <sub>2</sub>	1,77	1,71	1,96	1,94		1,85

P <sub>3</sub>	1,62	1,95	1,88	1,89		1,84
Átlag	1,60	1,84	1,90	1,86	0,20	1,80

Megjegyzés: A P- és K-kezelések jelölését lásd a 25. táblázatban

Összefoglalva megállapítható, hogy ezen a löszön képződött vályog meszes csernozjom talajon, mely a talajelemzések szerint káliummal közepesen ellátottnak minősült:

1. Az extrém K-trágyázás nem vezetett termés-csökkenéshez egyetlen év-ben, egyetlen növényfajnál sem a vizsgált 19 év alatt.

2. A K-műtrágyákat méregként feltüntető, hazai használatuk indokoltságát tagadó, valamint a sablonos K-trágyázást propagáló nézetek tarthatatlanok.

32. táblázat

A P- és K-műtrágyázás hatása a növények termésére.  
Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörcsök, t/ha

P-szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Zöldborsó szem, 1990</b>						
P <sub>0</sub>	1,09	1,17	1,28	1,30		1,21
P <sub>1</sub>	1,22	1,35	1,34	1,36	0,15	1,32
P <sub>2</sub>	1,21	1,44	1,29	1,36		1,33
P <sub>3</sub>	1,22	1,39	1,32	1,34		1,32
Átlag	1,18	1,34	1,31	1,34	0,08	1,29
<b>Triticale szem, 1991</b>						
P <sub>0</sub>	5,29	5,67	5,67	5,09		5,43
P <sub>1</sub>	5,96	5,97	5,86	5,73	0,57	5,88
P <sub>2</sub>	5,82	5,54	5,50	5,60		5,62
P <sub>3</sub>	5,88	5,46	5,70	5,49		5,63
Átlag	5,74	5,66	5,68	5,48	0,28	
<b>Szemes cirok mag, 1992</b>						
P <sub>0</sub>	2,59	2,93	2,86	2,72		2,78
P <sub>1</sub>	3,25	3,51	3,37	3,26	0,62	3,35
P <sub>2</sub>	3,51	3,56	3,50	3,28		3,46
P <sub>3</sub>	3,02	3,39	3,37	2,95		3,18
Átlag	3,09	3,35	3,27	3,05	0,31	3,19

Megjegyzés: A P- és K-kezelések jelölését lásd a 25. táblázatban

A kísérletek átlagában kapott terméstartalmak, csökkenő sorrendben és t/ha-ban, az alábbiak szerint alakultak:

burgonya 8-10; cukorrépa 6-8; kenderkóró 8-10; kukorica 1-1,5;  
tavaszi árpa 0,5-0,7; őszi búza 0,4-0,6;  
napraforgó, mák, olajlen, szója 0,1-0,2;  
mustár, repce, zab, őszi árpa 0,0 t/ha.

Utalnunk kell arra is, hogy nincs tudomásunk olyan hazai szabadföldi kísérletekről, bármely talajon és bármilyen növényvel végezték is, ahol a K-műtrágyázás érdemi termésnövekedést okozott volna, illetve a talajtermékenységet veszélyeztette volna (KADLICSKÓ et al., 1988; KRISZTIÁN, 1989; KAD-LICSKÓ, 1993).

#### 5. K-műtrágyázás, valamint a növényi rezisztencia és minőség kérdése

Hazai viszonyaink között rendkívül fontos lehet egy beavatkozásnak a jelentősége akkor is, ha nem növeli közvetlenül a terméseket, de hozzájárul a termésbiztonsághoz és a termények minőségének javításához. Mezőgazdaságunk érzékeny a szárazságra, a fagyra, a különféle gomba és rovarkártevőkre, stb. 1976-ban igen alacsonyok voltak a hazai kukorica termések a szárazság és a fuzáriumos betegségek miatt. Mindez (amint a 27. táblázatban láttuk), saját kísérletünkben is megfigyelhető volt.

A 33. táblázat adatai bepillantást engednek abba a hatásmechanizmusba, mely a javuló K-ellátással működésbe lépett és részben ellensúlyozta az idő-

33. táblázat

**A P- és K-műtrágyázás hatása a kukoricára betakarításkor  
Meszes csernozjom talaj, Nagyhörcsök, MV-SC-380, 1976 (KÁDÁR, 1980)**

P-szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>500</sub>	K <sub>1000</sub>	K <sub>1500</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
	<b>Tőszám, db/24,5 m<sup>2</sup></b>					
P <sub>0</sub>	115	120	126	129		122
P <sub>500</sub>	111	111	116	117	13	113
P <sub>1000</sub>	108	111	113	109		110

P <sub>1500</sub>	102	111	108	115		109
Átlag	109	113	115	117	7	113

**Törött tövek %-a**

P <sub>0</sub>	25	5	0	2		8
P <sub>500</sub>	90	40	35	28	10	50
P <sub>1000</sub>	90	50	35	30		50
P <sub>1500</sub>	98	55	38	30		55
Átlag	75	38	28	22	5	40

**Szár száraz anyag %-a**

P <sub>0</sub>	60	46	44	34		46
P <sub>500</sub>	78	58	60	50	9	62
P <sub>1000</sub>	75	68	58	54		64
P <sub>1500</sub>	72	66	60	52		63
Átlag	71	60	55	48	5	58

**1000 szemtömeg, g**

P <sub>0</sub>	313	325	323	320		320
P <sub>500</sub>	266	302	311	312	16	297
P <sub>1000</sub>	252	280	296	281		277
P <sub>1500</sub>	221	270	263	272		256
Átlag	263	294	298	296	8	287

*Megjegyzés:* A P- és K-szintek P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve K<sub>2</sub>O kg/ha adagot jelentenek. járás, a P-túlsúly, illetve az általuk indukált fuzáriumos szártörés és termés-csökkenés mértékét. A káliummal jól ellátott talajon a növények frissek, víz-dúsak maradtak, ellenálltak a szártörésnek és nagyobb töszámmal is nagyobb 1000-mag tömeggel rendelkeztek. A kukorica egyik legfontosabb növényünk, a száraz évek pedig egyre gyakrabban jelentkeznek. A kielégítő K-ellátás tehát népgazdasági jelentőséggel bír.

Az őszi búza, mint a kalászosok általában, nem K-igényes kultúránk. Ezen a vizsgált vályog csernozjomon K-hatások általában nem várhatók. A korábban (27. táblázat) bemutatott adatok szerint a K-trágyázás mérsékelt terméstopplettel járt. Ez a terméstopplett részben a javuló betegségrezisztenciára vezethető

34. táblázat

**K-ellátás hatása a növények betegségellenállóságára. Az összes növény %-ában kifejezve. Meszes csernozjom, Nagyhorcsök (KÁDÁR, 1980, 1992)**

P-szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>500</sub>	K <sub>1000</sub>	K <sub>1500</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Lisztharmat, őszi búza, Kavkaz, 1975</b>						
P <sub>0</sub>	70	52	46	40		52

P <sub>1</sub>	54	50	42	40	10	46
P <sub>2</sub>	46	48	40	38		42
P <sub>3</sub>	46	38	40	42		42
Átlag	54	46	42	40	5	46

**Levélfoltosság, burgonya, Desire, 1978**

P <sub>0</sub>	50	30	24	20		30
P <sub>1</sub>	84	50	30	20	20	46
P <sub>2</sub>	80	56	40	36		52
P <sub>3</sub>	90	60	36	36		56
Átlag	76	48	32	28	10	43

**Macrophomina phaseolina fertőzés, szója, 1988**

P <sub>0</sub>	41	31	31	29		33
P <sub>1</sub>	42	25	22	30	16	30
P <sub>2</sub>	27	33	25	26		28
P <sub>3</sub>	37	27	18	20		25
Átlag	36	29	24	26	8	

**Macrophomina phaseolina fertőzés, szója, 1988**

N <sub>0</sub>	83	62	50	65		65
N <sub>1</sub>	38	36	19	25	16	29
N <sub>2</sub>	14	13	15	9		13
N <sub>3</sub>	12	5	13	6		9
Átlag	36	29	24	26	8	29

*Megjegyzés:* Az NPK-szintek magyarázatát lásd a 25. táblázatban vissza. Amint a 34. táblázatból látható, a K-ellátással csökkent a búza liszthar-mat, a burgonya Sclerotinia és a szója Macrophomina fertőzöttsége.

A K-ellátás minőségre gyakorolt hatásáról tájékoztat a 35. táblázat.

35. táblázat

**A K-műtrágyázás hatása a burgonya minőségi jellemzőire.  
Meszes csernozjom, Nagyhörcsök, 1978 (KÁDÁR, 1980)**

P-szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>500</sub>	K <sub>1000</sub>	K <sub>1500</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Átlagos gumósúly, g/db</b>						
P <sub>0</sub>	150	161	178	168		164
P <sub>1</sub>	158	182	182	192	56	178
P <sub>2</sub>	154	180	190	204		182
P <sub>3</sub>	166	186	202	202		188
Átlag	157	177	188	192	28	178

<b>Keményítőtartalom, %</b>						
P <sub>0</sub>	16,6	17,8	18,0	17,6		17,5
P <sub>1</sub>	16,2	17,3	18,0	18,0	0,8	17,4
P <sub>2</sub>	16,2	17,0	17,9	17,5		17,1
P <sub>3</sub>	15,7	17,5	17,6	17,7		17,1
Átlag	16,1	17,4	17,8	17,7	0,4	17,3
<b>Keményítőhozam, kg/ha</b>						
P <sub>0</sub>	714	926	1015	1012		917
P <sub>1</sub>	842	1080	1256	1278	124	1114
P <sub>2</sub>	829	1076	1199	1250		1088
P <sub>3</sub>	794	1124	1253	1308		1120
Átlag	795	1052	1181	1212	62	1060
<b>Burgonyalomb összetétele virágzás elején</b>						
K %	2,16	2,91	3,85	4,47	0,15	3,35
Ca %	2,37	2,27	2,02	1,87	0,08	2,13
Mg %	0,68	0,57	0,46	0,38	0,04	0,52
K/Ca	0,9	1,3	1,9	2,4	0,3	1,6
K/Mg	3,2	5,1	8,4	11,8	0,7	6,4
K/Fe	13	19	27	37	4	23
K/Mn	183	255	353	486	58	310

*Megjegyzés:* A kezelések jelölését lásd a 25. táblázatban

A javuló ellátással nőtt az átlagos gumósúly, a keményítőtartalom és a keményítőhozam. Megváltozott a növények ásványi összetétele, az elemek koncentrációja, azok egymáshoz viszonyított aránya. A tápelemarányok a növény ásványi táplálásának minőségét tükrözik. Ezek a fontosabb arányok az optimum tartomány felé lendültek, így a K-trágyázás egyaránt növelte a gumótermést, javította a minőséget (keményítő %), az ásványi összetételt és a Sclerotiniás levélfoltossággal szembeni ellenállást.

A mák példáján látható, hogy az ásványi táplálás megváltoztatja a növény egész biológiáját, a virágzás vagy az érés hetekkel eltolódhat. Nemcsak a főter-més változik, hanem a termésstruktúra, a mag, a tok, a szár termése is (36. táblázat).

36. táblázat

**A PxK táplálás hatása a mák elvirágzására, valamint termésére.  
Meszes csernozjom, Nagyhörcsök, 1983 (KÁDÁR & FÖLDESI, 1986)**



P-szintek	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Bonítálás elvirágzásra: 1=10 % alatt, 5=100 % virágzik</b>						
P <sub>0</sub>	1,6	2,2	2,1	2,0		2,0
P <sub>1</sub>	3,2	3,5	4,0	4,0	0,7	3,7
P <sub>2</sub>	3,2	3,9	4,2	4,2		3,9
P <sub>3</sub>	3,2	3,9	4,6	4,5		4,1
Átlag	2,8	3,4	3,8	3,7	0,3	3,4
<b>Magtermés, kg/ha</b>						
P <sub>0</sub>	255	352	391	384		345
P <sub>1</sub>	587	682	747	754	128	692
P <sub>2</sub>	574	670	698	751		673
P <sub>3</sub>	571	691	767	720		687
Átlag	497	598	651	652	64	599
<b>Toktermés, kg/ha</b>						
P <sub>0</sub>	219	291	315	318		286
P <sub>1</sub>	415	487	533	544	86	495
P <sub>2</sub>	411	473	501	568		488
P <sub>3</sub>	405	488	560	535		497
Átlag	363	435	477	491	43	441
<b>Szártermés, t/ha</b>						
P <sub>0</sub>	0,87	0,91	1,12	0,97		0,97
P <sub>1</sub>	1,42	1,61	1,82	1,79	0,20	1,66
P <sub>2</sub>	1,28	1,46	1,88	1,79		1,60
P <sub>3</sub>	1,27	1,80	1,68	1,63		1,59
Átlag	1,21	1,44	1,62	1,55	0,10	1,46

Megjegyzés: A kezelések jelölését lásd a 25. táblázatban

A gyümölcsstermesztés legnagyobb kockázati tényezői közé tartozik a fagy-kár. A fagy-tűrés tekintetében különösen érzékeny pl. az őszibarack. SzÜCS (1986) kísérlete szerint mészlepedékes csernozjom talajon, a Gyümölcs és Dísz-növény Kutató Intézet Érd-elvirai telepén, 1982/83 telén a fagy a termőrügyek 7-35 %-át pusztította el. A fagy-tűrést a K-ellátás fokozta, míg a nitrogén csök-kentette. A levelek K %-ával szorosán összefüggött negatíve a fagykár, illetve pozitíve a termés. Az adatokat a 37. táblázat tartalmazza.

37. táblázat  
Tápanyagellátás hatása az őszibarack termő rügyeinek fagy-tűrésére és terméshozamára, 1983 (Szücs, 1986)

Kezelés	Fagykár, %	Levél K %-a	Termés, kg/fa
Kontroll	27,5	1,90	24,3
N <sub>1</sub>	28,2	1,62	21,4
N <sub>4</sub>	30,0	1,73	22,7
K <sub>1</sub>	20,6	2,82	28,9
K <sub>2</sub>	17,4	3,31	28,1
N <sub>4</sub> K <sub>1</sub>	22,2	2,80	27,8
N <sub>4</sub> K <sub>2</sub>	20,1	3,16	28,4
SzD <sub>5%</sub>	8,2	0,40	

Kezelés: K<sub>1</sub> = 1200,  
K<sub>2</sub> = 3600 kg K<sub>2</sub>O/ha telepítéskor 0-50 cm talajba;  
N<sub>1</sub> = 75, N<sub>4</sub> = 3000 kg N/ha/év

#### 6. Extrém K-adagok hatásának vizsgálata tápoldatos kísérletekben

Az extrém táplálás hatását tápoldatos kultúrákban is vizsgáltuk. A növényeket kb. 4 hetes korig neveltük. Edényenként 5 növényt hagytunk meg, az ismét-lések száma 3, tehát kezelésként összesen 15 növénnyel dolgoztunk az MTA Növényvédelmi Kutató Intézet üvegházában. A növényeket 3 hetes korban, amikor a kezelések közötti különbségek jól láthatók voltak, mesterségesen fertőztük. A tavaszi árpát lisztharmat, míg a búzát a helmintospórium konidiumai-val inokuláltuk.

A 38. táblázatban a növekvő K-koncentráció hatását tanulmányozhatjuk az 1 hónapos tavaszi árpa hajtásának és gyökerének fejlődése, valamint a hajtás lisztharmattal való fertőzöttségére. A K-adagolás KNO<sub>3</sub> és KCl formájában történt. Amint az adatokból látható, a normál tápoldat koncentrációja adta a legnagyobb hajtást és gyökér hosszúságot, zöldsúlyt, valamint telepszámot. Érdemi csökkenés csak a tízszeres koncentráció-növekedésnél következett be. Ez a hatás feltehetően nem is a K-túlsúly következményeként lépett fel, hanem a só-terhelés nyomán, főként a klórion hatására.

Összehasonlításként közöljük a növekvő Na-koncentráció hatását az 1 hónapos tavaszi árpára, a 39. táblázatban. A NaCl a növényre mérgező lehet, ez a toxikus szint már jóval alacsonyabb sóterhelésnél jelentkezett. A hajtás zöld súlya és a telepszám csökkenése érzékenyen mutatta, hogy növekedés gátlása már a 4,8 g/l koncentrációnál

bekövetkezett. Mivel a NaCl nem minősül tápsó-nak, a maximális termés a 0 mg Na/l koncentrációban található.

A 40. táblázatban bemutatott búzakísérlet alátámasztja az elmondottakat. A maximális termés és telepszám a 3-4 g/l sóterhelésig, azaz kb. 500-1000 ppm K-koncentrációig nem csökkent, inkább emelkedett. A drasztikus csökkenés a tízszeres K(Cl)-terhelésnél jelentkezett.

38. táblázat

**Növekvő K-koncentráció hatása a 3-4 leveles, kb. 1 hónapos tavaszi árpa hajtásának és gyökerének fejlődésére, valamint a hajtás lisztharmattal való fertőzöttségére (Sótűrésí kísérlet, 1989 június)**

K mg/l	Összes sóterhelés		Hajtás hossza		Gyökér hossza		Hajtás zöldsúlya		Gyökér zöldsúlya		Tel db/k z
	g/l	%	cm	%	cm	%	g	%	g	%	
0	2,3	0,23	35,9	91	17,3	105	13,4	72	3,8	86	137
24	2,3	0,23	36,2	92	15,9	97	13,0	70	5,5	125	185
78	2,3	0,23	37,0	94	16,2	99	17,5	94	4,8	109	204
235*	2,4	0,24	39,4	100	16,4	100	18,6	100	4,5	100	215
470	2,8	0,28	38,1	97	15,8	96	17,7	96	3,6	82	173
1175	4,1	0,41	38,3	97	14,7	90	18,1	97	4,2	95	216
2350	6,3	0,63	33,8	86	15,1	92	15,3	82	4,5	102	69
4700	10,8	1,08	28,7	73	13,1	80	11,0	59	4,1	93	290
11750	24,3	2,43	11,9	30	6,7	41	4,1	22	1,4	32	3
23500	46,8	4,68	2,1	5	2,7	16	0,4	2	0,3	7	0

SZ. NAGY, L-NÉ (1989). A tápanyagellátottság hatása az árpa *Erysiphe graminis f. sp. hordei* lisztharmat. gomba iránti viselkedésére. Jelentés. OTKA. MTA TAKI.

\* Normál tápoldat K-koncentrációja

39. táblázat

Növekvő Na-koncentráció hatása a 3-4 leveles, kb. 1 hónapos tavaszi árpa hajtásának és gyökerének fejlődésére, valamint a hajtás lisztharmattal való fertőzöttségére (Sótûrésí kísérlet, 1989 június)

Na mg/l	Összes sóterhelés		Hajtás hossza		Gyökér hossza		Hajtás zöldsúlya		Gyökér zöldsúlya		Telepszám db/k z
	g/l	%	cm	%	cm	%	g	%	g	%	
0	2,3	0,23	39	100	18	100	19,5	100	5,6	100	249
1	2,3	0,23	39	100	17	94	18,0	92	6,0	107	239
10	2,3	0,23	39	100	17	94	19,5	100	6,2	111	205
100	2,6	0,26	38	97	21	117	17,2	88	6,7	120	197
1000	4,8	0,48	36	92	16	89	16,9	87	5,6	100	772
2000	7,4	0,74	32	82	15	83	14,1	72	4,4	79	524
3000	9,9	0,99	28	72	16	89	9,9	51	3,3	59	94
5000	15,0	1,50	22	56	10	56	7,0	36	1,8	32	52
10000	27,7	2,77	5	13	4	22	1,2	6	0,5	9	0
15000	40,4	4,04	4	10	4	22	0,8	4	0,5	9	0
20000	53,1	5,31	3	8	2	11	0,4	2	0,3	5	0
SzD <sub>5%</sub>			6	15	4	22	2,8	14	0,7	12	320

40. táblázat

Növekvő K-koncentráció hatása a 3-4 leveles, 1 hónapos búza hajtásának és gyökerének fejlődésére, valamint a hajtás Helmintospóriumos fertőzöttségére (Sótûrésí kísérlet, 1991. V. 14. - VI. 13) (SZ. NAGY & KÁDÁR, 1991)

K	Összes sóterhelés	Hajtás hossza	Hajtás zöldsúlya	Telepszám	Tele
---	-------------------	---------------	------------------	-----------	------

mg/l	g/l	%	cm	%	g	%	db/kez.	%	db/cm
0	2,3	0,23	34	83	9,3	29	321	21	0,6
24	2,3	0,23	41	100	19,2	61	553	36	0,9
78	2,3	0,23	43	105	31,5	100	709	46	1,1
235*	2,4	0,24	41	100	31,6	100	1528	100	2,5
470	2,8	0,28	43	105	35,1	111	1710	112	2,7
1175	4,1	0,41	39	95	29,9	95	1850	121	3,2
2350	6,3	0,63	30	73	16,2	51	1230	80	2,7
4700	10,8	1,08	22	54	6,0	19	155	10	0,5
11750	24,3	2,43	16	39	2,6	8	0	0	0
23500	46,8	4,68	12	29	0,9	3	0	0	0
SzD <sub>5%</sub>			4	10	4,8	15	310	20	0,6

*Megjegyzés:* \* 235 mg/l a normál HOAGLAND oldat töménysége; K-adagolása KNO<sub>3</sub> és KCl formájában történt.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a K-ion túlsúlyának negatív vagy mérgező hatását egzakt módon nem lehetett igazolni vízkultúrában sem. Az adagolt kálisó főként KCl volt, a klórion közismerten káros nagyobb koncentrációban a növény fejlődésére a Na-ionnal együtt. Mindenesetre a tízszeres K-túlsúlyt mind a fiatal tavaszi árpa, mind a búzanövények elviselték. E kísérletekben azt is megállapítottuk, hogy mind az alul-, mind a túltáplált növényeken csökkent a gombák által okozott nekrotikus foltok száma. Minél nagyobb tömegű volt a gazdanövény, annál fogékonyabbnak mutatkozott a fertőzésre. Viszonylagos ellenállást ilyen mesterséges körülmények között azok a növények mutattak, melyek tápláltsági állapota és hozama rosszabb volt, függetlenül attól, hogy melyik elem hiánya vagy túlsúlya idézte elő ezt az állapotot (SZ. NAGY, 1989; KÁDÁR & SZ. NAGY, 1990).

Meg kell említeni, hogy a talaj K-túlsúlya és a jövedelmezőség között az NSzK-ban negatív összefüggést mutattak ki üzemi adatsorok alapján. Ez ugyan nem fogadható el egzakt bizonyítékként a K-trágyázás káros hatásának megítélésében, de felhívja a figyelmet e kérdés további tanulmányozásának fontosságára (KÖSTER et al., 1988).

## *7. Kálium-ellátás és az állati takarmányozás kapcsolata*

A takarmányok ásványi elemeivel, az állatok fiziológias igényeivel foglalkozó hazai kézikönyv az alábbiakat közli a káliummal kapcsolatban (BOKORI, 1983):

A főleg sejtekben található kálium nagyobb mennyiségben (0,2 %) van az állati szervezetben, mint a Na (0,16 %). A kálium szerepet játszik a szénhidrát-metabolizmusban. A mindössze 2 %-nyi mennyiségben extracellulárisan előforduló kálium élettani szerepe a normális izom- és idegműködés biztosításában van.

A növényi eredetű takarmányok általában nagy %-ban tartalmazzak káliumot. A burgonya pl. 12 g, a lucernaliszt 23 g, a szójadara 21 g, a kukorica 3,9 g káliumot tartalmaz száraz anyag kg-onként. A fűvekben 25 g/kg is kimutatható, a legelő szarvasmarha ételszükségletének (60 g) akár tízszeresét, napi 600 g káliumot is felvehet a legelőn. Mindezen okokból megfelelő, természetes takarmányozás esetén háziállatainkban csak egészen kivételesen fordul elő a hiány. Hiánytüneteit, súlyos bénulást, gyengeséget, tetánias tüneteket alacsony K-tartalmú tejpótlókkal itatott bérányokban figyeltek meg.

A takarmánnyal felvett fölös kálium normális körülmények között gyorsan kiválasztódik a vizelettel. Mégis egyes kutatók feltételezik, hogy a nagy mennyiségben etetett kálium akadályozza a magnézium felszívódását, annak anyagforgalmát és így közvetve egyik fontos tényező lehet a hipomagneziémias tetánia kifejlődésében. A szervezet reguláló képessége révén a megfelelő K-vérszintet biztosítani képes, normális körülmények között.

Hazai viszonyaink között a legelőket káliummal nem trágyázzák, a K-trágyázás azonban a szántón termesztett takarmányokban sem jelenthet problémát, amennyiben az esetleges K-felesleget az állati szervezet kiüríti. A K-hiányról úgyszintén nincsen tudomásunk, csak a külföldi irodalom említi a bérányok kapcsán (FEKETE, 1993; BOKORI, 1983).

## *8. K-műtrágyázás és az ivóvizek minősége*

Németországban a Mosel völgyében a talajvizek és a kutak vízminősége már az 1960-as évek végével leromlott a túltrágyázás miatt. A N-trágyázás intenzitása és a talajvizek nitrátosodása közötti összefüggés hazánkban is bizonyítottá vált a 80-as években. Ma már az ivóvízellátás teljesen külső forrásokra támaszkodik a Mosel völgyében és részben a nitrát probléma miatt több száz településen hazánkban is

palackos vízzel kell ellátni a gyermekeket. Mint ismeretes, a nitrát nitrátté alakulva fulladásos halált okozhat csecsemőknél.

A nitrát erős oxidálószer, könnyen redukálódik. Bizonyos talajokban a reakció eredményeképpen szulfátok, vasvegyületek, hidrogénkarbonátok szaporodhatnak fel a talajvizekben. A műtrágyák vívbonyagai ugyancsak terhelik a talajt és hozzájárulhatnak a szennyezéshez. A szuperfoszfát kerekén 9 %-os elemi P-tartalmán kívül 13 % elemi kén (kb. 40 % szulfátot) is magában foglal, mely részben kimosódhat. A 40 %-os kálisó 10 % Na és 45 % Cl terhelést is jelenthet. Amíg a kálium megkötődik a talajban, a Na és a Cl a talajvizekbe juthat. Szabadföldi feltöltő NPK-műtrágyázási kísérletünk első évét követően, 1974-ben, 1 m mélységig vettünk talajmintákat, hogy a műtrágyák tápelemeinek és kísérő ionjainak mozgását nyomon kövessük.

A 25. táblázatban ismertetett NPK-műtrágyázási tartamkísérletünkben a feleslegben adott nitrogén 30-50 %-a, valamint a klorid és a szulfátion jelentős része oldható formában kimutatható volt a talaj mélyebb rétegeiben a talajvíz felé mozogva. A műtrágyák mint szervesetlen sók nagyságrendileg növelhetik az elektrolitok mennyiségét a talajban. Vizsgálataink szerint a nitrát-, szulfát-, klorid- és foszfát-anionok, valamint a Ca-, Mg-, Na-, K-kationok játszhatnak szerepet a szokásos pécisó, szuperfoszfát és kálisó alkalmazásakor (KÁDÁR, 1992).

A K-műtrágyáink döntően KCl, ritkábban  $K_2SO_4$  formát jelentenek. A kálium elhanyagolható mértékben és csak homokon mosódhat ki maximum pár kg/ha mennyiségben. A vizekbe jutása élettanilag inkább előnyös lehet, de alig észrevehetően járulhat hozzá K-ellátásunkhoz. A klorid azonban főként a kalciummal, mint kísérőionnal a vízbe juthat. Az ivóvizeket amúgy is klórozzuk, konyhasóval nagyságrendekkel több klór juthat a szervezetünkbe. Ez élettani problémát nem okoz, hozzájárulhat kloridigényünk kielégítéséhez. A kalcium- és kismértékben a szulfátion növelhetik a víz keménységét.

Összességében megállapítható, hogy a K-műtrágyázás csak elhanyagolható mértékben befolyásolhatja az ivóvizek minőségét. Nem maga a kálium jelenthet problémát (K-ionok nagy része alapvetően megkötődik), hanem a kísérő Cl-ion, mely a kalciummal együtt a vizek sótartalmát emeli. Egyértelműen azonban ez sem minősülhet élettanilag károsnak, nem úgy, mint a N-műtrágyák túlzott használatára visszavezethető nitrátosodás. A K-műtrágyák mérsékelt savanyító hatása bizonyos talajokon növelheti a vas, mangán és más nehézfémek oldékonyságát és ezzel hozzájárulhat ugyanakkor az általános vízminőségi paraméterek romlásához. Elsősorban azonban itt is a N-műtrágyák savanyító hatása dominál. A talajsavanyító hatás (a növényi

igény szempontjából) egy ismert és hétköznapi beavatkozással, a talajok meszezésével ellensúlyozható. A mű-trágyák talajvizekre gyakorolt hatása persze ezzel nem küszöbölhető ki.

#### **IV. A káliumműtrágyák előállítása, összetétele, felhasználása**

##### **1. A világ kálisó készletei és bányászata**

Bár a magmás kőzetek és számos ásvány is káliumban gazdag, a K-műtrágya gyártás alapanyagául szinte kizárólag a tengervíz elpárolgása nyomán visszamaradt üledékek jöhetnek szóba, gazdaságossági okokból.

A K-műtrágyák előállítása viszonylag a legtermészetesebb módon valósul meg a valamikori tengerfenék (kálilelőhelyek) bányászásával, mely a geológiai ciklus zárását jelenti, visszacsatolását a szárazföldi alciklusba az emberi tevékenység által. Maga a bányászat, a kitermelés nem szennyezi a környezetét, általában a föld alatt történik a szénbányászathoz hasonló módszerekkel és technikával. A feldolgozás a nyers kőzetek szétválasztását és tisztítását jelenti a kívánt minőségű és koncentrációjú K-műtrágya előállítása céljából. Ez közepesen energiaigényes folyamat.

A kálium ellenőrizetlen környezeti szétszóródására sem a bányászat, sem a feldolgozás során tehát nem kerül sor, a tiszta kereskedelmi kálisók előállítása gyakorlatilag zárt ciklusban történik. A kálisók természetes termékek, amennyiben telepeiket geológiai folyamatok hozták létre és a feldolgozás során, az alkalmazott technológia következtében, szennyeződésükre nem kerül sor. Amint később látni fogjuk, ebből adódóan trágyaszereink között a K-műtrágyák viszonylag a legtisztább sók közé tartoznak.

Kereskedelmi céllal először a múlt század 50-es éveinek végén bányásztak káliumsókat, miután LIEBIG (1840) tanai elterjedtek az ásványi táplálásról és elfogadottá vált a kálium esszenciális tápelem jellege a növények számára. 1900-ban 0,2; 1950-ben 4,0; 1983-ban és 1987-ben 29 millió t körül alakult a  $K_2O$ -ban kifejezett káliumsó-termelés. Az 1990-es évek elejére, napjainkra, a világ K-műtrágya



gyártása valamelyest csökkent. Általában a fejlett országokban a felhasználás stagnál vagy lassú visszaesés figyelhető meg, míg a dinamikusan fejlődő ázsiai és latin-amerikai régióban a növekedés folytatódik (SHELDRIK, 1985; DARST, 1992).

Amint a 41. táblázatból kitűnik, a Szovjetunió és Kanada 1987-ben a világ-termelés 60 %-át adta, a két Németország 20 %-át, míg a többi termelő ország együttesen a maradék 20 %-ot. A kálisó telepek eloszlása, így a termelés is, egyenlőtlen a Földön. A jelenlegi alig 30 millió t  $K_2O$ -termelést feltételezve az ismert készletek több mint 1200 évre elégségesnek bizonyulhatnak.

A K-műtrágya gyártásának alapanyagai tehát gyakorlatilag kimeríthetetlenek (42. táblázat).

41. táblázat  
A világ K-műtrágya gyártása 1987-ben (DARST, 1992)

Ország	$K_2O$ , millió t	Az összes %-ában
Szovjetunió	10,3	35
Kanada	7,3	25
NDK	3,5	12
NSzK	2,2	8
Franciaország	1,5	5
USA	1,3	4
Izrael	1,3	4
Egyéb	2,0	7
Összesen	29,4	100

42. táblázat  
A világ 1987-ben ismert kálisó tartalékai (DARST, 1992)

Ország	$K_2O$ , millió t	Az összes %-ában
Szovjetunió	22600	64
Kanada	9700	27
NDK	1000	3
NSzK	600	2
Brazília	400	1
USA	360	1
Egyéb	840	2
Összesen	35500	100

## 2. Magyarország műtrágya- és kálisó-felhasználása

Magyarország importálja a kálisót, saját termeléssel nem rendelkezik. Ennek ellenére a K-műtrágyák ára a többi tápelemhez viszonyítva alacsony, a világ-piaci árányoknak és az előállítás energiaigényének megfelelően. A gazdaságos termés előállításához szükséges K-ellátottságot tehát a gazda biztosíthatja, amennyiben a kálium minimumba kerül.

Amint a 43. táblázat adatai mutatják, a műtrágyahasználat elenyésző volt a háború előtt, a századunk első felében általában. Elsősorban a foszfor használata dominált. Mivel a K-igényes kapások alá istállótrágyáztak, mely jelentős K-forrás, a terméseket a foszfor és a nitrogén limitálta. A nitrogén hiányát a pillangósok természetével igyekeztek enyhíteni a forgóban. A műtrágyázási kísérletek zömét a két háború közötti időszakban FEKETE (1959) szerint kalászosokkal állították be, melyek közismerten nem K-igényesek. Így uralkodott az a nézet, hogy elsősorban a szuperfoszfát és a pétisó a "magyar föld" műtrágyái. A kapás, gyümölcs és szőlő kultúrákban a K-hatások gyakoribbak voltak.

A hazai műtrágyafelhasználás a 60-as évektől dinamikusan nőtt, a K<sub>2</sub>O-ban kifejezett kálium felhasználása a 70-es években megközelítette a nitrogén mennyiségét. Az utóbbi két évben a K-műtrágyázás gyakorlatilag megszűnt, az

43. táblázat

### Szerves- és műtrágya-felhasználás Magyarországon, 1931-1992 (KSH)

Időszak, év	Szerves trágya, millió t/év	Műtrágya hatóanyag, 1000 t/év				Művelt területre kg/ha/é v
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Összes	
1931-40	22,4	1	7	1	9	2
1951-60	21,2	33	33	17	83	15
1961-65	20,6	143	100	59	299	57
1966-70	22,2	293	170	150	613	109
1971-75	14,8	479	326	400	1205	218
1976-80	14,3	556	401	511	1468	250
1981-85	15,4	604	394	495	1493	282
1986-90	13,2	559	280	374	1213	230
1991	8,0	140	23	33	196	37

1992 (I-IX)	?	84	7	5	96	19
----------------	---	----	---	---	----	----

egyéb ásványi trágyákkal egyetemben szinte eltűnt a mezőgazdaságból. Ezért amint korábban utaltunk rá, K-mérlegünk negatívvá vált napjainkra. Mindez a laza szerkezetű, alacsony K-készlettel rendelkező talajokon jelentős termésvesztéseket jelenthet évente.

CSATHÓ (1991) összeállította az elmúlt 30 évben végzett K-hatás kísérleteket, kukoricában. Amint a 44. táblázatból látható az agyag és agyagos talaja-inkon érdemi termésvesztéstől nem kell tartanunk. A homokos és homokos vályog, sőt vályog talajainkon ez a veszteség elérheti a 0,4-1,7 t/ha/év szemtermés mennyiségét. Az irodalmi adatokra, valamint saját kísérleteinkre támaszkodva ezért a 45. táblázatban közölt határértékeket javasoltuk a K-műtrágyázás irányítására, országos irányelvként.

44. táblázat

**K-hatások Magyarországon a talaj kötöttsége függvényében.  
Irodalmi összesítés a publikált kukorica trágyázási szabadföldi kísérletek  
adatai alapján, 1960-1990 (CSATHÓ, 1991)**

Vizsgált változók	Homok talajok	Homoko s vályogo k	Vályog talajok	Agyagos vályogo k	Agyag talajok
Kísérletek száma, db	8	5	14	13	4
Kötöttség ( $K_A$ )	28	36	40	45	56
Humusz %	1,20	2,14	2,68	2,72	3,00
AL- $K_2O$ , ppm	83	134	156	173	208
Opt. $K_2O$ adag, kg/ha	130	134	59	34	0
Szemtermés, t/ha (kontroll)	4,68	5,56	5,43	5,86	6,42
%-ban	74	88	94	95	100
K-hatás, t/ha	1,68	0,69	0,36	0,22	0

45. táblázat

**A talaj AL-oldható PK-tartalmának javasolt határértékei szántóföldön**

(KÁDÁR, 1992)

Termőhely y talaja	A PK-ellátottsági tartomány határkoncentrációi				
	Gyenge	Közepes	Kielégítő	Magas	Káros
	<i>AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mg/kg</i>				
Savanyú	50 alatt	50 - 80	81-120	121 - 150	151 felett
Semleges	80 alatt	81 - 120	121 - 150	151 - 200	201 felett
Meszes	100 alatt	101 - 150	151 - 200	201 - 250	251 felett
	<i>AL-K<sub>2</sub>O, mg/kg</i>				
Homok	50 alatt	51 - 100	100 - 150	151 - 200	201 felett
Vályog	100 alatt	101 - 150	151 - 200	201 - 250	251 felett
Agyag	150 alatt	151 - 200	201 - 250	251 - 300	301 felett

### 3. Műtrágya- és kálisó-felhasználásunk nemzetközi összehasonlításban

Vajon sok műtrágyát, ezen belül K-műtrágyát használt Magyarország, vagy keveset? A korábban taglalt K-mérlegek szerint a pozitívum mindössze 20 éven át, 1970-1990 között állt fenn (11. táblázat). Lássuk a nemzetközi műtrágyafel-használási adatokat. A 46. táblázatban bemutatjuk a műtrágyafelhasználás trendjének alakulását a főbb európai országokban 1961-1965 és 1987 között.

46. táblázat  
A műtrágyafelhasználás trendjének alakulása néhány európai országban  
Összes N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O kg/ha mezőgazdasági területre  
(FAO Annual Fertilizer Review, 1976-1985-1988)

Ország	1961-65	1970	1975	1984	1987
Ausztria	76	105	82	100	86
Belgium-Luxemburg	245	298	284	289	276
Bulgária	39	106	114	156	121
Csehszlovákia	99	181	236	256	230
Dánia	147	201	217	227	216
Egyesült Királyság	74	100	98	123	134
Franciaország	82	143	144	178	186
Hollandia	232	296	303	317	316
Jugoszlávia	26	43	50	66	73
Lengyelország	52	132	190	181	174

Magyarország	42	122	224	232	211
NDK	171	238	284	250	269
NSzK	186	238	234	269	263
Olaszország	45	66	85	116	135
Románia	11	40	80	86	92
Svájc	24	68	68	84	88

47. táblázat

Egy hektár mezőgazdasági területre jutó N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O felhasználás  
1986-ban, európai rangsor (Mezőgazd. Stat. Zsebkönyv, 1988)

Ország	kg	%	Ország	kg	%
1. Hollandia	346	163	10. Franciaország	189	89
2. Belgium-Lux.	283	133	11. Lengyelország	183	86
3. NSzK	266	125	12. Egyesült Királyság	147	69
4. NDK	264	125	13. Bulgária	131	62
5. Csehszlovákia	252	119	14. Olaszország	120	57
6. Norvégia	244	115	15. Írország	118	56
7. Dánia	226	107	16. Svédország	115	54
8. Magyarország	212	100	17. Románia	91	43
9. Finnország	207	98	18. Ausztria	89	42

% (Magyarország = 100)

Amint látható, hazánk a 70-es évek közepével csatlakozott az intenzív, 200 kg/ha összes hatóanyag felhasználását mutató országok csoportjához, mezőgazdasági területre számítva.

Az európai rangsorban Magyarország 1986-ban pl. a 8. helyet foglalja el. Az élen járó Hollandia pl. 63 %-kal használt több műtrágyát, mint hazánk, de ugyanakkor a fajlagos mutatóban megelőztünk több fejlett tőkés országot Ny-Európában. Ezek közé tartozik Finnország, Franciaország, az Egyesült Királyság, Olaszország, Svédország és Ausztria (47. táblázat).

48. táblázat

Tápelemarányok a műtrágyafelhasználásban néhány európai országban,  
1975,  
N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O (Nemzetközi Statisztikai Zsebkönyv, 1978)

Országok, régiók	Összesen n 1000 t	Ebből %-ban			1 ha művelt területen, kg
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Világ összesen	88 707	49	27	24	59
Ebből: KGST országok	28 006	41	28	31	101
Ausztria	310	39	24	37	192
Belgium-Luxemburg	464	39	29	32	524
Bulgária	658	53	39	8	152
Csehszlovákia	1 674	35	27	38	318
Dánia	639	53	20	27	240
Egyesült Királyság	1 835	57	21	22	256
Franciaország	4 640	37	35	28	246
Hollandia	626	72	12	16	748
Jugoszlávia	720	50	27	23	89
Lengyelország	3 672	33	26	41	243
Magyarország	1 388	37	27	36	254
NDK	1 804	37	24	39	373
NSzK	3 107	40	25	35	385
Olaszország	1 490	49	33	18	121
Románia	1 144	53	40	7	109
Svájc	138	30	28	42	360
Szovjetunió	17 512	41	28	31	76
India	2 754	74	16	10	17
Japán	1 779	36	35	29	317
USA	18 840	50	25	25	91
Kanada	1 303	43	40	17	30
Ausztrália	728	23	67	10	41
Új-Zéland	490	2	74	24	588
Egyiptom	501	83	16	1	176

Vajon mekkora a %-os aránya a K-műtrágyának az összes felhasználáson belül? A 48. táblázat adatai 1975-re vonatkoznak, amikor is a világ összes N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O hatóanyagából a K<sub>2</sub>O 24 %-ot képviselt. A KGST-országokban 31 % volt ez az arány. Az egyes országokat tekintve a szórás igen nagy. Az okok többfélék lehetnek, mert a kálium nem mindenütt, nem minden talajon és nem minden gazdálkodási rendszerben válik minimum tényezővé:

1. A hagyományos gabonagazdálkodásban, mely évszázadokig uralkodott Európában, a szántókon K-felesleg jelentkezett. Az

istállótrágyával a réti szénán keresztül a talajok káliumban inkább gazdagodtak, mint szegényedtek.

2. A kötöttebb talajok hatalmas K-készlete szinte kimeríthetetlennek mutatkozott e termelési rendszerekben.

3. A déli országok csapadékszegény vidékein a mállástermékek, így a kálium is felhalmozódik a talajban, kimosódás útján a veszteség nem jelentkezik.

4. A kálium hiánya akkor jelentkezik, amikor a N- és a P-trágyázás nyomán és a K-igényesebb takarmány- és ipari növények termesztésével minimumba kerül. Ez az állapot a századunk második felében, a 60-as évek végével jelentkezett Magyarországon.

Az elmondottak nyomán érthető, hogy szinte alig használtak K-műtrágyákat 1975-ben Egyiptomban (1 %), igen keveset Romániában és Bulgáriában (7-8 %), valamint Ausztráliában és Indiában (10-10 %). Alacsony a K-részaránya az uralkodó gabonagazdálkodásban Kanadában (17 %), valamint Hollandiában (16 %). Utóbbi országban, a legelőgazdálkodásban a kálium az ürülékkel visszakerül a talajba, igen kevés épül be az állati termékekbe, mint a hús, tej, stb.

Magyarországon, figyelembe véve talajaink K-készletét és az uralkodó gabonagazdálkodást, kontinentális klímaviszonyainkat, a jövőben 20-25 % K-részarányal számolhatunk reálisan. Nemzetközi összevetésben K-felhasználásunk közepesnek mondható és várhatóan ez marad a távolabbi jövőben is, földművelésünk iránya ezt indokolhatja. A 70-es, 80-as évek K-műtrágya felhasználásának színvonalát feltehetően nem fogjuk elérni, de megközelíthetjük.

#### *4. Káliumműtrágyák összetétele és szennyezettsége*

Amint utaltunk rá, a műtrágyák nem csupán a hatóanyagokat, tehát a szükséges tápelemeket tartalmazzák, hanem jelentős mennyiségű vízőanyagot és egyéb szennyezőket is. Az ismertebb hazai műtrágyaféleségek makroelem összetételét a 49. táblázatban foglaltuk össze a volt MÉM NAK (1981) összeállítására nyomán. A K-műtrágyákban a K, Mg, S tápanyagnak minősül. Kísérő ionok a Na<sup>+</sup> és a Cl<sup>-</sup>, amint a táblázatból látható. Szerepüket a vízminőség és a K-trágyázás kapcsán taglaltuk.

Saját vizsgálatainkban ICP technikát alkalmazva 26 elem meghatározására nyílt módunk, beleértve a nyomokban jelentkező nemkívánatos, esetleg toxikus elemeket, nehézfémeket is. A Se kivételével minden vizsgált elem előfordult valamely műtrágyában

kimutatható mennyiségben. Az átfogó elemzés eredményeit az 50. és 51. táblázatokban tekinthetjük át.

49. táblázat

Ismertebb hazai műtrágyák makroelem-összetétele a MÉM NAK  
(1981) összeállítása nyomán

Műtrágya kereskedelmi megnevezése	Hatóanyag kémiai formája	Elemtartalom %-ban						
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	N
Ammónium szulfát	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20- 22	-	-	-	-	23	-
Mészammon salétrom	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + CaCO <sub>3</sub>	25- 28	-	-	17- 20	2	-	-
Dolomitammon salétrom	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	25- 28	-	-	10	3-7	-	-
Ammónium nitrát	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	34	-	-	-	-	-	-
Karbamid	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	45- 46	-	-	-	-	-	-
Nitrosol-28	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	28	-	-	-	-	-	-
Szuperfoszfát	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O + CaSO <sub>4</sub>	-	18- 20	-	25- 30	-	13	-
Magnéziumos szuperfoszf.	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O + CaSO <sub>4</sub>	-	18- 20	-	25- 30	2-3	13	-
Triplepszuperfoszfát (TSP)	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	-	46	-	10	-	1	-
Hyperfoszfát	Foszforit	-	29	-	48	1	-	-
Kálium klorid	KCl + NaCl	-	-	40	-	2	1-2	10
Kálium klorid	KCl + NaCl	-	-	50	-	1	1	6
Kálium klorid	KCl + NaCl	-	-	60	-	-	-	1
Káli-kamex	KCl + NaCl + MgSO <sub>4</sub>	-	-	40	-	4	4	8
Kálium szulfát	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	50	-	1	17	1
Monoammónium foszfát	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	11	53	-	-	-	-	-
Nitrosol-P	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	16	30	-	-	-	-	-
PK keverék	Szuperfoszfát + kálisó	-	10	24	-	-	-	-
Bóros PK keverék*	Szuperfoszfát + kálisó	-	10	24	-	-	-	-
Plantosan 4-D	Karbamid + PK műtrágya	20	10	15	-	6	-	-
Peretrix NPK	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + MAP + KCl	4-8	14- 26	14- 23	-	-	-	-



Péti NPK	MAP + Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + KCl	16-22	11-16	11-16	-	-	-	-
Szuszpenziós NPK	MAP+KNO <sub>3</sub> +KCl + egyéb	9-26	13-19	13-27	-	-	-	-
Levéltrágyák NPK		0-12	6-20	4-16	-	-	-	-

\* 2 % B

50.táblázat

**A műtrágyák mikroelem-szennyezettsége, mg/kg**  
**Mintaelőkészítés: MTA TAKI, ICP analízis: Kertészeti Egyetem**  
**(KÁDÁR, 1991)**

Minta jele	As	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Ga
Pétisó, 1982	-	3	78	-	-	-	-	-
Pétisó, 1988	-	1	1	0,9	-	-	2	-
Ammonitrát, 1985	-	1	2	-	-	-	-	-
Ammonitrát, 1989	-	-	1	0,1	-	-	-	-
Karbamid, 1986	-	1	1	-	-	-	-	-
Szuperfoszfát, 1983	66	-	272	1,0	2,1	6	15	139
Szuperfoszfát, 1988	142	-	206	1,2	2,6	5	23	142
Ammonizált szuperfoszfát	1446	3	206	2,7	2,4	21	67	119
Savas szuperfoszfát	-	-	228	1,1	2,2	3	18	151
Ciklonfoszfát	-	50	40	22,5	1,0	241	57	4
Fini foszfát	-	35	39	40,5	0,9	230	10	17
Hyperfoszfát	-	20	85	29,8	2,0	323	26	26
Kolafoszfát	-	18	419	1,2	3,3	8	12	258
Nyersfoszfát	-	-	474	1,2	4,6	10	39	243
Foszforit	-	52	965	1,0	3,0	11	5	34
Arab Phos. Rock	-	143	338	11,5	0,5	160	22	-
NDK Thomasphosph.	-	-	26	101,8	4,4	1583	-	98
Libanoni 3-as szuperfoszfát	-	85	73	25,0	1,7	274	46	3
Peretrix-6	-	-	246	1,5	1,5	5	15	98
Holland 4196	-	1	71	2,5	1,5	78	23	58
Holland 4203	-	1	68	2,2	1,3	78	21	58
Norvég 4238	-	26	41	25,0	1,9	83	28	16
Norvég 4291	-	36	42	25,0	2,7	81	27	19
NSzK 4197	-	10	49	3,8	3,2	47	5	12
Kálisó, 1974	-	16,2	7	1,2	-	1	33	3
Kálisó, 1988	-	-	3	1,3	-	-	1	-
Termofoszfát	-	-	303	22,3	16,9	267	17	96

51.táblázat

**A műtrágyák mikroelem-szennyezettsége, mg/kg**  
**Mintaelőkészítés: MTA TAKI, ICP analízis: Kertészeti Egyetem**  
**(KÁDÁR, 1991)**

Minta jele	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Ti	V	Zn
Pétisó, 1982	-	2	-	-	-	16	1	-
Pétisó, 1988	-	2	-	-	-	1	1	-
Ammonitrát, 1985	-	-	-	-	-	1	-	1
Ammonitrát, 1989	-	1	-	-	-	1	-	-
Karbamid, 1986	-	2	-	1	-	1	-	5
Szuperfoszfát, 1983	0,6	182	-	1	12	332	53	15
Szuperfoszfát, 1988	0,9	201	-	1	14	406	66	24
Ammonizált szuperfoszfát	0,6	137	-	8	62	432	50	54
Savas szuperfoszfát	0,7	197	-	1	7	360	60	9
Ciklonfoszfát	1,9	24	5,7	112	12	31	139	454
Fini foszfát	2,5	21	1,1	14	-	40	58	368
Hyperfoszfát	3,9	65	0,4	33	13	142	133	386
Kolafoszfát	1,2	191	-	1	4	660	64	5
Nyersfoszfát	1,8	219	-	2	24	708	62	21
Foszforit	3,5	1225	-	5	12	84	53	6
Arab Phos. Rock	1,5	20	3,0	31	4	23	243	478
NDK Thomasphosph.	5,0	17648	-	-	14	1802	5836	137
Libanoni 3-as szuperfoszfát	1,5	62	4,2	46	-	54	220	567
Peretrix-6	0,5	141	-	2	6	221	45	12
Holland 4196	1,8	102	-	10	6	263	82	64
Holland 4203	1,9	96	-	11	4	266	81	50
Norvég 4238	0,7	73	-	14	7	45	41	94
Norvég 4291	1,0	71	-	13	6	52	40	92
NSzK 4197	1,0	190	2,0	10	8	84	68	38
Kálisó, 1974	2,3	21	-	1	-	24	2	9
Kálisó, 1988	0,6	18	-	1	-	3	1	7
Termofoszfát	10,5	1348	-	209	-	1060	101	219

Legtisztábbnak a N-műtrágyák adódtak, hiszen forrásul a levegő nitrogénje szolgál. A szennyeződés a gyártás során jelentkezik és a technológiát tükrözi. A N-műtrágyáink a N-forráson kívül (nitrát, ammónia, karbamid) elsősorban Ca, P és Sr források lehetnek. Legalábbis a hazai pétisók.

A foszfátműtrágyák a leginkább szennyezettek: %-os mennyiségben tartal-mazhatnak a foszforon kívül Ca, Mg, S esszenciális makroelemeket, valamint tized %-os nagyságrendben Al, Fe, K, Na, Si, Sr mikroelemeket. Található ben-nük több-kevesebb B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ga, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Ti, V, Zn is.

A K-műtrágyák nyomelemek tekintetében viszonylag tiszták. Elhanyagol-ható mennyiségben találunk Cu, Cd, Ba, Sr, Zn, Mn elemeket, míg más kör-nyezetterhelők (As, Co, Cr, Hg, Pb, Mo) ki sem mutathatók. A kimutatott nyomelemek közül a Cu, Zn, Mn esszenciális, nem káros. A korábban taglalt szabadföldi NPK-műtrágyázási tartamkísérletünkben a 16 év alatt maximálisan 6000 kg K<sub>2</sub>O/ha

feltöltést alkalmaztunk (25. táblázat). Az ICP-technikát alkalmazva megvizsgáltuk milyen mértékben mutathatók ki a talaj felvehető elem-tartalmában változások az extrém kálisó és szuperfoszfát terhelés hatására.

Amíg fele annyi  $P_2O_5$ -öt tartalmazó (maximális terhelés 3000 kg  $P_2O_5$ /ha) szuperfoszfát kezelésben a felvehető P-tartalmon túl igazolható volt a Sr jelen-tős dúsulása a szántott rétegben, valamint a B és Co enyhe csökkenése, a kálisó hatására csak a Ba és a Na alig igazolható csekély emelkedését tapasztaltuk (52. táblázat). A kálisók tehát nem tekinthetők talajszennyezőknek a toxikus nehéz-fémek tekintetében.

52. táblázat

**A P- és K-műtrágyázás hatása a szántott réteg felvehető elemtartalmára, mg/kg**  
 **$NH_4OAC+EDTA$  kioldás. Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörcsök, 1990.**  
**(KÁDÁR, 1990)**

Elem	0	1	2	3	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<i>Szuperfoszfát hatására</i>						
$P_2O_5$	42	72	129	196	14	110
Sr	23	29	38	43	4	33
B	3,8	2,7	2,2	2,3	1,1	2,8
Co	2,7	2,6	2,3	2,2	0,3	2,4
<i>Kálisó hatására</i>						
$K_2O$	155	234	373	537	51	325
Ba	20	24	23	24	3	23
Na	16	19	19	20	3	18

Lássuk hogyan alakult az 1990-ben termesztett borsó hajtásának tápelem-összetétele, mely takarmányként használva a táplálékláncba kerülhet. A vizsgált 20-25 elem közül 8 esetben tudtunk változást kimutatni a K-ellátás függvényében: 4 makro- és 4 mikroelem esetében. Amint az 53. táblázat adatai tanúsítják (melyek 16-16 parcella átlagait képviselik), a hajtás K %-a megduplázódott, a P-koncentráció érdemben alig változott, míg az egyéb elemek mennyisége szisztematikusan lecsökkent.

53. táblázat

**Káliumműtrágyázás hatása a borsó hajtásának elemtartalmára, mg/kg**

**Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörcsök, 1990 (KÁDÁR, 1992)**

<b>Elem</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>SzD<sub>5%</sub></b>	<b>Átlag</b>
K, %	1,47	2,51	2,91	2,86	0,16	2,44
Ca, %	2,47	2,23	1,92	1,90	0,12	2,21
P, %	0,36	0,37	0,33	0,33	0,03	0,35
Mg, %	0,46	0,33	0,30	0,31	0,02	0,35
Na, mg/kg	606	243	159	151	46	290
Sr, mg/kg	108	84	68	72	7	83
Mn, mg/kg	54	44	45	42	5	17
B, mg/kg	17	13	12	12	1	13

*Megjegyzés:* A kezeléseket a 25. táblázat ismerteti.

A K-trágyázás tehát nemcsak a talaj szennyezéséhez nem járul hozzá káros nehézfémekkel, hanem a növényéhez sem. Sőt, mint a Na és a Sr példája mutatja, e nemkívánatos elemek felvételét jelentősen gátolja. Ez utóbbi annál is inkább figyelemre méltó, mert e kísérletben a borsó hajtásának Sr-tartalmát a szuperfoszfát kezelés megháromszorozta, míg a Na-tartalmat 40 %-kal emelte. A megfelelő K-ellátás, illetve K-trágyázás tehát a szuperfoszfát nemkívánatos mellékhatását részben ellensúlyozhatja (KÁDÁR, 1992).

## ***V. Javaslatok a kálium-egyensúly biztosítása érdekében***

### ***1. A kálium rablógazdálkodás következménye***

A rendszeresen végzett talajvizsgálatok, felvételezések, szabadföldi és üzemi kísérletek tanulsága szerint az ország termőtalajainak 30 %-a, kerekén 1/3-a káli-ummal nem kielégítően ellátott. Ezt a volt MÉM NAK által végzett rendszeres talajelemzések is alátámasztják. Összességében tehát kb. 1,5-2 millió ha termő-földön a K-műtrágyázás elhagyása, az elégtelen istállótrágyázással párosulva, termés kiesést okozhat.

Mértékadó becslések szerint, támaszkodva a szabatos kisparcellás és üzemi kísérletekre, ez a K-igényes kultúráknál (kukorica, burgonya, stb.) 20-50 %-os termés kiesést is jelenthet. Amennyiben feltesszük, hogy a K-hiányos területek felén, tehát 0,7-1 millió hektáron természetnek K-igényesebb növényeket, és a veszteség 20 % körüli, átlagosan 1 t/ha/év szemtermés csökkenéssel számolva, ez több milliárd Ft veszteséget jelenthet évente a népgazdaságnak.

Amennyiben a K-hiány tartósan fennmarad, a termés kiesés fokozatosan nőni fog a jövőben. Mezőgazdaságunk érzékenyebbé válhat a szárazságra, fagyokra, betegségekre, nőni fog a termésszűkülés az évek között. Mindez egyéb agro-technikai hiányosságokkal párosulva veszélyeztetheti a stabil exportot, sőt idő-vel a hazai élelmiszer-ellátás biztonságát is.

Az alábbiakban egy szabadföldi kisparcellás tartamkísérletben mutatjuk be, hogy milyen következményekkel járna a műtrágyázás (kiemelten a K-műtrágyázás) elhagyása tápanyag-szegény Duna-Tisza közti meszes homoktalajaink egy részén. A műtrágyázási kezeléseket az 54. táblázat mutatja be. A kezelések száma 10, az ismétlések száma 4, az összes parcellaszám tehát 40. Az egyes parcellák mérete 50,4 m<sup>2</sup>, utakkal és szegélyvetéssel együtt a kísérlet 3.870 m<sup>2</sup> területet foglal el. A csernozjom jellegű humuszos homoktalaj a szántott rétegben 1 % körüli humuszt és 3-5 % körüli meszet tartalmazott. A három fő tápelemmel, azaz nitrogénnel, foszforral és káliummal egyaránt gyengén ellátott. A kísérletet 23 évvel ezelőtt KOZÁK MÁTYÁS állította be, aki az első évi eredményeket korábban már publikálta (KOZÁK, 1977).

#### *Az olajzön fejlődése és termésének alakulása 1990-ben*

A kísérlet 20. évében az olajzön vagy sáfrányos szeklice (*Carthamus tinctorius L.*) ásványi táplálását vizsgáltuk. Ez a festő és olajos növény újra az ér-

54. táblázat  
A tartamkísérlet kezelései, kg/ha/év  
(Meszes homoktalaj, Örbottyán)

Kezelés kód NPK	A kísérlet első 20 évében			A kísérlet 21. éve óta		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
000	0	0	0	0	0	0
110	80	60	0	100	100	0

111	80	60	100	100	100	100
112	80	60	200	100	100	200
113	80	60	300	100	100	300
220	160	120	0	200	200	0
221	160	120	100	200	200	100
222	160	120	200	200	200	200
223	160	120	300	200	200	300
224	160	120	400	200	200	400

deklődés előterébe került a homoki természetben, ahol más olajnövények, mint pl. a repce és a napraforgó sikerrel nem termesztethők. A kísérlet 1990. évi főbb eredményeit az 55., 56. és 57. táblázatokban foglaltuk össze.

55. táblázat

**A műtrágyázás hatása a talaj felvehető foszfor- és káliumtartalmára, valamint az olajzöng kaszattömegére, olaj %-ára és olajhozamára a kísérlet 20. évében (Meszes homoktalaj, Örbottyán, 1990)**

Kezelés NPK	AL-K <sub>2</sub> O mg/kg	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/kg	Kaszat tömege, kg	Kaszat olaj %-a	Olajhozam kg/hg
000	54	76	30	21,7	44
110	46	117	28	21,6	42
111	61	118	37	22,8	83
112	81	124	38	22,9	98
113	99	109	40	23,0	130
220	45	177	28	21,8	56
221	58	205	35	22,7	100
222	86	208	38	23,0	103
223	111	179	39	23,2	118
224	133	183	40	23,5	150
SzD <sub>5%</sub>	14	48	3	1,2	19
Átlag	77	150	35	22,6	92

Amint az 55. táblázat adatai mutatják, a két évtizedes műtrágyázás eredményeképpen a szántott réteg felvehetőnek tekintett K-tartalma mintegy 2,5-szeresére emelkedett és a jó-közepes ellátottsági tartományba jutott az évi 300-

56. táblázat

Tartós műtrágyázás hatása az olajzön légszár az anyaghozamára  
a kísérlet 20. évében (Meszes homoktalaj, Örbottyán, 1990)

Kezelés kód NPK	Kaszat kg/ha	Szalma kg/ha	Pelyva kg/ha	Összesen t/ha
000	205	441	389	1,03
110	195	659	482	1,34
111	364	717	524	1,60
112	428	904	568	1,90
113	563	1189	745	2,50
220	257	801	640	1,70
221	441	1176	791	2,41
222	449	1063	697	2,21
223	510	1128	756	2,40
224	639	1436	893	2,97
SzD <sub>5%</sub>	156	490	276	0,88
Átlag	405	951	649	2,01

57. táblázat

Műtrágyázás hatása az olajzön kelésére és virágzására a kísérlet 20.  
évében (Meszes homoktalaj, Örbottyán, 1990)

Kezelés NPK	Kelési % V. 25-én	Virágzó állomány %-a			
		VII. 26-án	VIII. 2-án	VIII. 7-én	VIII. 19-én
000	8	8	30	54	100
110	12	16	34	48	100
111	23	28	58	70	100
112	33	35	83	83	100
113	36	56	85	91	100
220	11	12	39	60	100
221	28	43	74	83	100
222	33	45	80	76	100
223	49	70	86	86	100
224	51	68	86	84	100
SzD <sub>5%</sub>	26	28	22	18	-
Átlag	28	38	65	73	100

400 kg/ha/év K<sub>2</sub>O adagú parcellákon. A talaj felvehető P-tartalma hasonló mér-

tékben nőtt és ezzel a P-ellátottság a talajvizsgálatok szerint kifejezetten "ki-elégítő" szintre került, különösen az évenkénti 120 kg/ha/év  $P_2O_5$  adaggal kezelt parcellákon. A talaj K-ellátottságával együtt javult a kaszattermés olaj-tartalma és a hektárra számított olajhozam megháromszorozódott.

A tartós műtrágyázás hatása az olajzön termésére az 56. táblázatban tanulmányozható. Mint ismeretes, az 1990. évi "évszázad szárazsága" különösen erősen jelentkezett homokon, ahol a különféle természetű növények gyakran elszáradtak, kiégtek. Kétségtelen, hogy a mélyebben fekvő, humuszosabb kiserületi területeinken látványos hatásokat kaptunk. A trágyázatlan kontroll-parcella 200 kg/ha körüli termését műtrágyázással megháromszorozhattuk, bizonyos fokig ellensúlyozva az aszály negatív befolyását. A kaszattermésével párhuzamosan nőtt a szalma, pelyva, ill. az összes földfeletti légszáraz anyag produkciója is. Az itt nem közölt erodáltabb, sülevényesebb, természetlenebb talajon beállított szomszéd kísérletben a termések  $\frac{1}{3}$ -dal alacsonyabb szinten jelentkezték, bár a trágyahatások jellege nem változott.

A talajvizsgálati eredményeket is figyelembe véve az alábbi következtetéseket vontuk le az olajzön táplálására vonatkozóan (KÁDÁR, 1990):

1. A nagyobb és biztonságosabb termések elérése céljából, amennyiben választási lehetőség áll fenn, célszerű a növényt is a jobb vízgazdálkodású és termékenységteljes homokterületeken termesztetni.

2. Az olajzön is meghálálja és igényli a talaj felvehető foszfor- és kálium- szintjének közepes vagy kielégítő szintre emelését, azaz a 100-150 mg/kg  $P_2O_5$ , ill.  $K_2O$  AL-oldható tartalmát a szántott rétegben.

3. A homoktalajok termékenységét, amennyiben K-készletük eredendően is alacsony, döntően befolyásolhatjuk K-trágyázással. Bár az olajnövények közismerten elsősorban nitrogén- és foszfor-igényesek, az olajzön K-igénye K-szegény homokon elérheti az évenkénti 200-300 kg/ha  $K_2O$  mennyiségét.

4. Mivel aszályos években a fontosabb kalászosok, mint a rozs és búza szemtermése is alig 1-2 t/ha mennyiségeket tesz ki, a kaszattermése alapján az olajzön versenyképesnek tekinthető a homoki természetűben, mivel termése 3-4-szerese a rozsénak.

5. Amint az 57. táblázat adatai tanúsítják, a káliummal megfelelően ellátott termékenyebb talajon gyors és egyenletes volt a növények kelése, nőtt a fiatal növények fotoszintetizáló aktív levélfelületét jellemző levélsúly, valamint közel 2 héttel előbb következett be a virágzás. A kielégítő K-táplálás, ill. a rendszeres K-műtrágyázás meghatározó



fontosságú lehet e talajon az olajzön fejlődésére, biológiájára, minőségére.

6. A K-ellátás javulásával 2-3-szorosára nőtt az aktív fotoszintetizáló levelek K-tartalma, ezzel együtt kedvezően csökkent a Ca és Mg túlsúlya, ill. módosult a főbb kationok aránya (58. táblázat). A K-műtrágyázás tehát ellensúlyozni képes e talajok meszes, sülevényes jellegét, hozzájárul az élettanilag kedvezőbb tápelemegyensúly és ionarány létrejöttéhez a növényi szövetekben. Ilyen mó-

58. táblázat

**Műtrágyázás hatása az olajzön fiatal leveleinek kationtartalmára és arányára a kísérlet 20. évében (Meszes homoktalaj, Örbottyán, 1990)**

Kezelés NPK	K	Ca %	Mg	K/Ca arány	K/Mg
000	1,62	3,53	0,54	0,46	3,0
110	1,50	3,09	0,56	0,49	2,7
111	3,78	3,64	0,52	1,04	7,3
112	3,98	2,39	0,37	1,67	10,8
113	4,25	2,28	0,33	1,86	12,9
220	1,39	3,31	0,70	0,42	2,0
221	2,83	3,05	0,45	0,93	6,3
222	3,90	2,45	0,37	1,59	10,5
223	4,65	2,23	0,34	2,09	13,7
224	4,93	2,25	0,33	2,19	14,9
SzD <sub>5%</sub>	1,07	1,03	0,12	1,04	8,9
Átlag	3,28	2,82	0,45	1,16	7,3

don a szárazságnak is ellenállóbb, jobb minőségű és nagyobb termésű növényzet képződik.

7. Ha istállótrágya vagy más K-forrás nem áll rendelkezésre, K-műtrágyázás nélkül a termés, ill. az olajhozam felét-kétharmadát veszítenénk el, mely gazdaságtalanná tehetné e növény termesztését. A megfelelő K-műtrágyázás tehát ezen a talajon a sikeres termesztés alapfeltétele.

#### *A búza fejlődése és termésének alakulása 1991-ben*

A kísérlet 21. évében a búza műtrágyázásával foglalkoztunk. Vizsgálataink szerint a talajok tápanyagállapotával együtt javult az

állomány fejlettsége a te-nyésidő egésze folyamán. A búza földfeletti hajtásának tömege bokrosodás vé-gén, április 30-án, 2-3-szorosára nőtt a nagyobb adagú együttes NPK műtrágyá-zás nyomán. A táplálás magasabb szintjén a hajtások élettanilag aktívabbak, vízzel telitettebbek voltak (59. táblázat).

A hozambeli különbségek az aratás idején is kifejeződtek. Nőtt a m<sup>2</sup>-re szá-mított kalászsúly és kalászsám, ennek megfelelően a szem, szalma, pelyva és az összes földfeletti hozam. A szalma és a pelyva jobban reagált a trágyázásra, mint a szem, így a melléktermés/főtermés aránya tágult az intenzíven trágyázott talajon (60. táblázat).

Az elmúlt évi adatokhoz hsonlóan itt is megfigyeltük, hogy a fiatal hajtások K-tartalma növekedett és vele együtt csökkent a főbb kationok túlsúlya. A

59. táblázat

**A műtrágyázás hatása a búza fejlődésére és az április 30-án mért földfeletti hajtására (Meszes homoktalaj, Örbottyán, 1991)**

Kezelés NPK	Bonitálás fejlettségre*			Hajtás, g/m <sup>2</sup>		Hajtás lég- szár az anyag %-a
	V. 22.	VI. 18.	VII. 8	zöld	lég- szár az	
000	1,0	1,0	1,0	281	78	28,1
110	3,3	3,3	3,3	604	147	24,5
111	3,8	3,8	3,5	712	163	23,0
112	3,8	3,8	3,5	686	158	23,2
113	4,0	4,3	3,8	780	180	23,2
220	4,8	4,0	4,3	858	186	21,7
221	5,0	4,0	5,0	1076	219	20,4
222	5,0	4,3	4,8	1071	222	20,8
223	5,0	4,5	4,8	1059	220	20,9
224	5,0	4,8	5,0	1154	225	19,9
SzD <sub>5%</sub>	0,5	0,6	0,6	224	37	1,9
Átlag	4,1	3,8	3,9	828	180	22,6

\*Megjegyzés: 1 = igen gyenge; 2 = gyenge; 3 = közepes; 4 = jó; 5 = igen jó állomány

60. táblázat

**Műtrágyázás hatása a búza termésére és terméselőmeire betakarításkor (Meszes homoktalaj, Örbottyán, 1991)**

Kezelés	Kalász		Szem	Szalma	Pelyva	Összes	Szalma
	g/m <sup>2</sup>	db/m <sup>2</sup>					
NPK			t/ha				
000	204	296	1,3	1,2	0,3	2,8	1,0
110	360	350	2,6	3,1	0,8	6,5	1,2
111	379	352	2,7	3,2	0,6	6,5	1,2
112	382	371	2,8	3,6	0,8	7,1	1,3
113	381	382	3,2	4,0	0,8	8,0	1,3
220	466	440	3,6	4,5	1,0	9,1	1,3
221	533	474	4,2	5,3	1,0	10,6	1,3
222	491	434	4,0	5,2	1,0	10,2	1,3
223	506	460	4,3	5,7	1,1	11,1	1,3
224	514	470	4,2	5,8	1,2	11,2	1,4
SzD <sub>5%</sub>	116	96	0,4	1,0	0,2	1,3	0,3
Átlag	422	403	3,3	4,2	0,9	8,3	1,2

61. táblázat  
Műtrágyázás hatása a búza hajtásának elemtartalmára  
(Meszes homoktalaj, Órbottyán, 1991. április 30)

Kezelés	K	Ca	Mg	Sr	K/Ca	K/Mg	K/Sr
	%		mg/kg		arányai		
NPK							
000	1,96	0,50	0,12	17,4	3,9	16	1126
110	1,73	0,42	0,12	21,8	4,1	14	794
111	2,49	0,39	0,10	16,6	6,4	25	1500
112	2,42	0,31	0,10	15,1	7,8	24	1603
113	2,54	0,28	0,09	13,7	9,1	28	1854
220	1,73	0,45	0,14	29,9	3,8	12	579
221	2,58	0,40	0,11	22,5	6,4	23	1147
222	2,30	0,42	0,12	22,8	5,5	19	1009
223	2,62	0,34	0,09	18,3	7,7	29	1432
224	2,78	0,36	0,10	18,5	7,7	28	1503
SzD <sub>5%</sub>	0,37	0,11	0,03	6,3	1,2	6	402
Átlag	2,32	0,39	0,11	19,6	5,9	21	1184

K/Ca, K/Mg és K/Sr arányokat sikerült átlagosan kétszeresre növelni és így élettanilag kedvezőbbé tenni. A Sr izotópja a rádióaktív terhelésünkhöz járulhat

hozzá. Míg a NP-táplálás növelte, a K-táplálás ellensúlyozta a stronciumion növénybe jutását (61. táblázat).

A búza termését döntően az együttes NP-trágyázás növelte, de a K-ellátás pozitív hatását is igazolni lehetett mind a főtermésben, mind a melléktermésben. Míg az NP-adagolás 200-250 %-kal, a kálium átlagosan mintegy 50 %-kal növelte a trágyázatlan kontrollhoz viszonyított terméseket.

#### *A sárgarépa fejlődése és termésének alakulása 1992-ben*

A kísérlet 22. évében egy zöldségnövényt, a sárgarépát termesztettük. Megfigyeléseket és méréseket végeztünk a tenyészedő közepén, amikor a gyökér fejlődése még nem intenzív, valamint betakarításkor. Amint a 62. táblázat adatai mutatják, a sárgarépa K-igényes növényünk. Döntően a K-ellátás növelésével javult az állomány, fejlődött a lomb- és gyökérsúly. Megállapítható, hogy a K-trágyázás a sikeres és gazdaságos termesztés előfeltétele, mert e nélkül a termés felét-kétharmadát, esetenként  $\frac{3}{4}$ -ét is elveszítenénk.

Mind a lomb, mind a gyökér K-tartalma nőtt a K-trágyázással, s ezzel párhuzamosan csökkent a két másik fő kation, a Ca és Mg koncentrációja. A K/Ca, K/Mg, K/P arányokat átlagosan az eredeti arány 2-3-szorosára sikerült tágítani, az élettanilag kívánatos tartomány felé mozdítani. A 63. táblázat eredményei ar-

62. táblázat

#### **Műtrágyázás hatása a sárgarépa fejlődésére és tömegére (Meszes homoktalaj, Örbottyán, 1992.. június 12.)**

Kezelés NPK	Bonitálás fejlettsége	Lomb gyökér	Lomb, g/20 növény		Gyökér, g/20 db	
			zöld	légszáraz	nyers	légszáraz
000	1,0	3,3	49	10	15	2,0
110	1,5	2,3	81	16	39	5,3
111	3,3	2,0	98	20	50	6,5
112	3,0	2,0	91	17	52	6,8
113	4,0	1,6	149	28	96	12,3
220	2,5	2,1	106	22	62	8,3
221	3,0	1,9	104	20	52	6,8
222	3,8	1,5	165	31	108	13,3
223	3,8	1,5	197	36	150	17,8
224	4,3	1,8	178	32	103	12,5

SzD <sub>5%</sub>	1,0	0,6	62	11	52	6,2
Átlag	3,1	1,9	124	24	76	9,6

63. táblázat  
Műtrágyázás hatása a sárgarépa fejlődésére és tömegére  
(Meszes homoktalaj, Örbottyán, 1992. szeptember 15.)

Kezelés NPK	Bonitálás fejlettsége	Lomb gyökér	Lomb, t/ha		Gyökér, t/ha	
			zöld	légszáraz	nyers	légszáraz
000	2,0	0,12	0,4	0,2	2,8	0,5
110	2,5	0,17	0,8	0,4	4,1	0,9
111	4,0	0,15	1,5	0,8	13,1	2,5
112	3,8	0,16	1,6	0,8	11,5	2,2
113	4,8	0,15	2,2	1,1	16,6	3,7
220	3,0	0,19	1,1	0,5	7,9	1,4
221	4,0	0,15	1,9	1,0	12,6	2,7
222	4,5	0,16	1,8	0,9	13,2	2,8
223	5,0	0,13	2,3	1,1	16,6	3,6
224	5,0	0,17	2,3	1,2	17,5	3,6
SzD <sub>5%</sub>	0,8	0,03	0,9	0,5	5,3	1,2
Átlag	3,9	0,16	1,7	0,8	12,0	2,5

Megjegyzés: Bonitálás: 1 = igen gyengén; 2 = gyengén; 3 = közepesen; 4 = jól; 5 = igen jól fejlett növényállomány

64. táblázat  
Műtrágyázás hatása a sárgarépa elemösszetételére betakarításkor  
(Meszes homoktalaj, Örbottyán, 1992. szeptember 15.)

Kezelés NPK	Ca	K	Mg	P	K/Ca	K/Mg	K/P
	száraz anyag %-ában				aránya		
<i>Lombban</i>							
000	3,90	0,78	0,44	0,18	0,20	1,8	4,3
110	3,60	0,58	0,46	0,18	0,16	1,3	3,2
111	3,61	0,73	0,42	0,15	0,20	1,7	4,9
112	3,66	1,02	0,38	0,15	0,28	2,7	6,8

113	3,15	1,27	0,31	0,15	0,40	4,1	8,5
220	3,09	0,58	0,48	0,17	0,19	1,2	3,4
221	3,10	0,92	0,42	0,20	0,30	2,2	4,6
222	3,18	1,33	0,38	0,15	0,42	3,5	8,9
223	3,26	1,51	0,36	0,17	0,46	4,2	8,9
224	2,63	1,45	0,31	0,16	0,55	4,7	9,1
SzD <sub>5%</sub>	0,60	0,23	0,06	N			
Átlag	3,18	0,99	0,40	0,17	0,31	2,5	5,8
<b>Gyökérben</b>							
000	0,93	1,74	0,54	0,29	1,9	3,2	6,0
110	0,83	1,32	0,47	0,28	1,6	2,8	4,7
111	0,46	1,61	0,25	0,27	3,5	6,4	6,0
112	0,53	1,75	0,27	0,27	3,3	6,5	6,5
113	0,49	2,14	0,23	0,28	4,4	9,3	7,6
220	0,42	0,94	0,26	0,27	2,2	3,6	3,5
221	0,62	1,56	0,32	0,33	2,5	4,9	4,7
222	0,51	1,82	0,25	0,33	3,6	7,3	5,5
223	0,49	1,91	0,28	0,30	3,9	6,8	6,4
224	0,51	1,90	0,23	0,29	3,7	8,3	6,6
SzD <sub>5%</sub>	0,22	0,18	0,08	0,04			
Átlag	0,54	1,63	0,28	0,29	3,0	5,8	5,6

ra is utalnak, hogy míg a Ca és Mg főként a földfeletti lombban akkumulálódik, a K és a P a gyökérben. Ebből adódóan a K/Ca aránya tízszerese, a K/Mg aránya durván duplája a gyökérben, mint a lombban. A K/P aránya ezzel szemben megközelítően azonos.

A példaként bemutatott három kísérleti év eredményei összességükben jól tükrözik a K-ellátás, ill. K-műtrágyázás jelentőségét a szántóföldi növényter-mesztésben. A K-igényes homokon termesztendő kultúrák hozamai, biztonságuk, szárazságtűrésük, minőségük a K-utánpótlásnak is függvénye. Amennyiben megszüntetjük a K-műtrágyázást a káliummal gyengén ellátott területeinken, úgy biztosan számíthatunk a negatív következményekre. E területek termékenysége és eltartóképessége rohamosan fog csökkenni, csak extenzív hasznosításukra kerülhet sor (rét-legelő, erdősítés, stb.).

## *2. Szakmai intézkedések, agrárpolitikai megfontolások*

Ahhoz, hogy talajaink termékenységét, növényeink hozamait és egészséges táplálkozásunkat biztosítsuk, szükséges a talajok K-mérlegének egyensúlyát megőrizni országosan, valamint differenciált és tudományosan megalapozott szaktanácsadással a K-műtrágyázást irányítani. Utóbbi azt jelenti, hogy a gyengén ellátott talajokra és a K-igényes növények alá kell juttatni a K-forrásul szolgáló trágyaszereket, míg a kötöttebb vagy felvehető tápanyaggal jól ellátott területeken és a nem K-igényes növényeknél a K-műtrágyázás szüneteltethető, illetve a K-hiányos gazdálkodás folytatható. E célból K-ellátottsági határértékeket is javasoltunk (45. táblázat).

A racionális K-trágyázás azt eredményezheti, hogy a káliumban szegény táblák és talajok fokozatosan elérik a kielégítő K-ellátottságot és így helyreállíthatják termékenységüket. Másrészt a káliumban túlságosan jól és bőségesen ellátott területek K-feleslege csökken, a talajok extra K-készlete hasznosul. Itt érvényesíthető a rablógazdálkodás, mindaddig csökkenthető vagy szüneteltethető a K-pótlás, míg a talaj felvehető K-szintje kielégítő marad.

Ahhoz, hogy a racionális K-pótlás jobban érvényesüljön a gyakorlatban, az alábbi beavatkozások szükségesek:

1. Államilag támogatott műtrágyázási szaktanácsadás, mely az ökológiai és az ökonómiai irányelveket egyaránt magában foglalja.

2. Az oktatás minden szintjén közérthető formában tudatosítani kell az ásványi táplálás, a talajtermékenység megőrzésének fontosságát és ebben a K-műtrágyázás szerepét.

3. A K-műtrágyázással, a kálium "mérgező" voltaival kapcsolatos tudománytalan nézeteket és hiedelmeket vissza kell utasítani az írott sajtóban, médiákban.

4. A káliummal, illetve egyéb tápelemekkel gyengén ellátott talajokon gazdálkodóknak lehetővé kell tenni, hogy rövidlejáratú hitelhez jussanak (zöld hitel) a szükséges műtrágyák megvásárlása céljából, amennyiben erre nem képesek.

## *3. Esetleges hatósági feladatok megfogalmazása, normatívák*

A környezetkímélő tápanyaggazdálkodás összehangolt tevékenységet igényel, osztársadalmi érdekeket tükröz, ezért az állami tevékenység részét képezi. Egyedül az állam képes központi

szabályozásra, a megfelelő hatósági feladatok ellátására. A kielégítő működés feltételeihez (infrastruktúra) kell sorolnunk többek között:

- a megfelelő intézményi háttérrel, egységes irányítást;
- a megfelelő laboratóriumi hálózatot egységes műszerparkkal;
- valamint a megfelelően kiképzett szakember állományt.

A költségeket döntően a jövőben is az államnak kell viselnie, beleértve részben a közvetlen műtrágyázási-gazdálkodási szaktanácsadás terheit. Ez nem pusztán a termelő érdeke, hanem közérdek. A földet valójában csak használja a gazda akkor is, ha jogilag az egyedüli tulajdonosa. A gazdálkodás, a föld és a víz használata nem pusztán termelési aktus, hanem az egész társadalom létfeltételeit meghatározó élettér, illetve természeti erőforrás használatát jelenti. A tulajdonos (termelő) csak a föld (víz) környezetkímélő használatára jogosult. Amennyiben erre nem képes, úgy a használatától eltiltható, illetve jogosítványa megvonható.

A gazdálkodás magas szintű ismereteket igényel, ezért némely nyugat-európai országban űzése vizsgához vagy diplomához kötött. A gazdát segíteni köteles az állam, elsősorban a szaktanácsadáson keresztül. Az útmutatásokon és ajánlásokon túl azonban korlátokat is előírhat és ellenőrzési funkciókat elláthat. Hazánkban e funkcióra, illetve feladatok végzésére a Növény- és Talajvédelmi Szolgálat alkalmassá válhat, megfelelő átképzéssel, illetve tudományos-módszertani irányítással.

Az irányelvek és szabványok meghatározása és fejlesztése állandó feladatot jelent. E tevékenység megköveteli, hogy az illetékes állami szervek szakértői szabványelőkészítői grémiumokat működtessenek, a tudomány legjobb képviselőit ide bevonják és velük a kapcsolatokat fenntartsák. A legújabb ismeretek és kutatási eredmények alapján folyamatosan revideálni kell az említett szakértői bizottságoknak pl.:

- a termőföld védelmével kapcsolatos normatívákat,
- a növényi termékek összetételére vonatkozó szabványokat,
- a gazdálkodást korlátozó normatívákat (állatsűrűség, trágyatermelés),
- a szaktanácsadás alapelveit és módszereit érintő előírásokat.

A környezetkímélő tápanyaggazdálkodás a földművelési tárca felelőssége. Hatósági felügyeletet kell gyakorolnia és érvényt szerezni az ökológiai gazdálkodás követelményeinek. Mivel a tárca elsődlegesen a termelést koordinálja rövid távú termeléspolitikai érdekeinek megfelelően, szükség van független környezetvédelmi ellenőrző hálózatra és tudományos független testületekre, melyek mint kívülről ellenőrizhetik az FM hatóságok ítéleteit, ellenőrzik méréseit.



Ami a normatívákat illeti, a kálium esetén nem merül fel annak szükségessége, hogy a talajokban (vizekben), növényekben, állatokban az ellátottsági határkoncentrációkon túlmenően veszélyességi határértékeket állapítsunk meg. Eddigi kiterjedt ismereteink és adataink alapján hasonló toxikussági, terhelési határértékek felállítása nem indokolt. Hasonlóképpen nem látszik indokoltnak e téren hatósági felügyeleti funkció vagy feladat kijelölése. Mindez ál-problémát takarna és elvonná a figyelmet a valóságos gondoktól és a környezetet ténylegesen terhelő elemek vizsgálatától. Környezetvédelmi okokból nem indokolt, a káliummal összefüggésben, külön kutatási prioritások kijelölése. A kutatások legfontosabb területének továbbra is a K-hiány és K-túlsúly együttesének sokoldalú vizsgálatát és az optimumok tudományos feltárását tekinthetjük. A jövő kutatásainak integráltan kell történnie a tápláléklánc egészét érintve úgy, ahogy a K-forgalom a természetben is megnyilvánul (trágya - talaj - növény - állat egységes rendszer).

## **VI. Összefoglalás**

Tanulmányunkban összefoglaltuk a káliummal összefüggő nemzetközi tudományos ismereteket és hazai tapasztalatokat. Főbb következtetéseinket az alábbiakban megkíséreljük röviden, tételelesen is áttekinteni:

1. A kálium az élethez nélkülözhetetlen, esszenciális elem. Nélküle nem fejlődhetnek a vízi szervezetek, növények, állatok és az ember sem. Kálium nélkül nem lenne élet a Földön. A bioszférában ezért részlegesen akkumulálódik.

2. A 7. leggyakoribb elem a földkéregben, a talajokban feldúsul, megkötődik. A vizek ezért általában káliumban szegényebbek. Alapvetően a talajok agyagfrakciójában van jelen.

3. A kontinentális kötöttebb szerkezetű talajok természettől fogva gazdagok káliumban (pl. a Tiszántúl), míg a homokos és kilúgzásnak kitett talajok szegények (Nyírség, Somogy).

4. Agronómiai, élettani szempontból a kicserélhető vagy felvehető frakció a fontos, mely közvetlenül részt vehet a növény táplálásában.

\*

5. Élettani szerepe a növényben tisztázott, a növények a nitrogén mellett a legnagyobb mennyiségben igénylik. Nélkülözhetetlen a fotoszintézishez, a szerves anyag képződéséhez és vándorlásához, az enzimek aktiválásához, a sejtek vízháztartásának szabályozásához, stb.

6. A K-ellátásnak függvénye (amennyiben minimumba kerül), nemcsak a termés, hanem a minőség, a betegségekkel, a kártevőkkel, a széllal, a faggal, az aszályal szembeni ellenállás is, tehát a környezeti stresszel szembeni viselkedés.

7. Túlsúlyát a növények elviselik, talajon történő természetnél károsó-dásokat nem jelez az elérhető irodalom. A talaj és növény nagy K-tartalma azonban más fontos elemek felvételét gátolhatja és közvetve nemkívánatos K-túlsúly jöhet létre (pl. Mg-hiány magnéziummal gyengén ellátott területen. A probléma a K-trágyázás szüneteltetésével, ill. Mg-trágyázással korrigálható).

\*

8. Az állati szervezet egyik legfontosabb eleme, ill. kationja, kb. 98 %-ban a sejtben található. A 2 %-nyi extracelluláris K legfőbb élettani szerepe a normális izom- és idegműködés biztosítása.

9. Hiánya (hipokalémia) ritkán fordul elő, mert a táplálék bőségesen tartalmazza. A legelő szarvasmarha pl. életszükségletének (60 g) akár tízszeresét, napi 600 g-ot is felvehet legelőn.

10. Hiánytünetekről a külföldi irodalom számol be (súlyos bénulás, gyengeség, tetániás tünetek), melyeket az alacsony K-tartalmú tejpótlókkal itatott bányókban figyeltek meg. Takarmányok 0,6-0,8 % K-tartalmát már kielégítőnek tartják.

11. Az extrém K-túlsúly (hiperkalémia) is veszélyes lehet, szinte ugyanazon tüneteket idézheti elő, mint az extrém K-hiány. Az irodalom mind a mai napig nem egységes abban, hogy ilyen K-túlsúly a legelők túlzott K-trágyázásával előidézhető-e. A fűtetánia okát sokan a megzavart nitrogén-anyagcserében látják (ammónia felszaporodása hirtelen a bendőben).

12. Hazai körülmények között általánosan elfogadott, hogy sem a hiány, sem a túlsúly nem jelent problémát. Az állati szervezet az esetleges hiányt vagy túlsúlyt képes bizonyos fokig kiegyenlíteni. A kálium elraktározódik, illetve vi-zelet útján a felesleg kiválasztódik.

\*

13. Az emberi szervezet K-igénye még nem teljesen ismert. Az átlagos kon-centráció az állati szervezethez hasonlóan 0,2 %. A táplálékkal bekerült kálium a bélrendszerben szívódik fel, a felesleges kálium 85 %-ban a vese útján vizelet-tel és 15 %-ban a fekáliával, a gyomor-bél traktuson át távozik.

14. Hipokalémia (K-hiány) gyakran lép fel nagymérvű vízvesztés, mint pl. hasmenés, hányás esetén, illetve a diuretikus kezelés gyakori mellékhatásaként. Kiváltója lehet az elégtelen bevétel és a veserendellenesség, valamint a túlzott konyhasó (NaCl) használata. Következésképpen izomgyengeség léphet fel, mely a szív leállítását is eredményezheti és halálhoz vezethet.

15. A hiperkalémia tünetei szinte a K-hiány tünetekkel azonosak. Kiváltója lehet a veseelégtelenség (kiválasztás gátolt), szövetroncsolás, égés, traumák, tehát a sejtek nagymérvű szétesése és a sejt-K elárasztása. Emellett bizonyos gyógyszerek és K-tartalmú oldatok túladagolása is előidézheti.

16. Általánosan elfogadott vélemény szerint sem a hiánya, sem a túlsúlya nem fordul elő normál táplálkozás és vesefunkció esetén. A szervezet sza-bályozza a K-forgalmat. A jelenlegi túlzott konyhasó-használat azonban Na-túlsúlyt, valamint az élelmiszerek sózása részleges K-hiányt okozhat.

17. Az OÉTI vizsgálatai szerint a kívánatos Na/K egyensúly megbomlott, a K-ellátás alacsony, a Na túlsúlya mintegy duplája a kívánatosnak. Ez is hozzá-járulhat az infarktusok gyakori előfordulásához.

18. Nem találtunk olyan irodalmat, mely a táplálék magas K-tartalmát ká-rosnak minősítette volna, ill. a táplálással indukált hiperkalémia esetére vonat-kozna. Étkezéssel gyakorlatilag lehetetlen veszélyes K-túlsúlyt létrehozni.

\*

19. Hazai adatok szerint a lehullott csapadék átlagos K koncentrációja álta-lában 1 ppm alatt van, jelentéktelen. A homokos vidékek talajvizeiben elérheti a K-tartalom a 10-12 ppm értéket. Német adatok szerint a csapvízzel elfogyasz-tott, ill. készült ételek és italok (tea, kávé, levesek) K-készlete az összes forga-lomnak néhány %-ára tehető és elhanyagolható.

20. Általában kívánatosnak tartjuk az ásványvizek, gyümölcslevek fogyasz-tását, részben magas K-tartalmuk miatt. A kálium koncentrációja bennük a több száz, esetleg a 2000 ppm értéket is meghaladhatja.

21. A K-műtrágyázás kevéssé hat a talajvizek minőségére. Nem a kálium je-lent problémát (részben mert megkötődik, részben mert nem káros), hanem a kísérő Cl-ion, mely általában a Ca-ionnal együtt kimosódva növeli a vizek keménységét. A kálisó mérsékelt savanyító hatása bizonyos talajokon növelheti a Fe, Mn és más fémek oldékonyságát és hozzájárulhat a vízminőségi paramé-terek romlásához. A savanyító hatás azonban a meszezéssel ellensúlyozható.

\*

22. Földművelésünk K-mérlegét vizsgálva megállapítottuk, hogy a század elejétől napjainkig (az elmúlt 90 év alatt) mindössze három évtizeden át muta-tott pozitívumot a mérleg, a K-műtrágyázás következtében. A három évtized pozitívuma kb. megfelelt az előző hat évtized hiányának, tehát talajaink K-készlete e durva becslések szerint az 1900-as évek állapotának felelhet meg.

23. Nemzetközi összehasonlításban, a FAO vizsgálatok alapján, a hazai tala-jok és növények K-ellátottsága közepes, a nemzetközi átlaghoz közeli.

24. Az elmúlt három évtizedben extrém K-adagokkal szabadföldön és te-nyészedényekben számos kísérletet végeztünk. Az extrém K-túlsúly ellenére nem tapasztaltunk termés-csökkenést, vagy mérgezést egyetlen évben, egyetlen növényfajon sem. Ilyen "mérgezésről" beszámoló szabatos kísérleti eredménye-ket a hazai szakirodalomban nem találtunk és az elérhető nemzetközi irodalom-ban sem leltünk fel.

25. A homok és vályog csernozjom talajokon is, a növények többségénél je-lentősen nőtt a termés a K-trágya hatására, javult a minőség, betegségellenállás, termésbiztonság. A kálisó mérsékelt talajsavanyító hatása rutin eljárással, a me-szezéssel vagy dolomitos trágyákkal ellensúlyozható volt.

\*

26. Hazánk K-műtrágya felhasználása a 80-as években 60-80 kg  $K_2O$ /ha mennyiséget jelentett évente mezőgazdasági területre számítva. Európában ez a felhasználás jó közepesnek minősíthető. A kálisók viszonylag természetes ter-mékek, amennyiben telepeiket geológiai folyamatok hozták létre és feldolgozá-suk során szennyeződésükre nem kerül sor.

27. Egzakt szabadföldi műtrágyázási 18 éves tartamkísérletben 6000 kg  $K_2O$ /ha felhasználást követően sem lehetett talajszennyezést kimutatni káros nehézfémekkel. Sőt, a rajta termő növények

nemkívánatos Na- és Sr-tartalma csökkent. A K-túlsúly ezzel a szuperfoszfát káros mellékhatását is részben ellensúlyozhatja.

\*

28. Hazai adatok szerint mintegy 1,5-2 millió ha termőföld káliumban nem kellően ellátott. A K-igényes növények (kukorica, burgonya, zöldségfélék, stb.) terméskiesése a területeken, amennyiben a K-trágyázás szünetel, évente több milliárd Ft nagyságrendű veszteséget jelenthet a mezőgazdaságnak kísérleti adataink alapján becsülve.

29. Amennyiben a K-hiány e területen fennmarad, a terméskiesés folyamatosan nőni fog a jövőben. Mezőgazdaságunk méginkább érzékenyebbé válik a szárazságra, fagyokra, betegségekre. Gyengülni fog a termésstabilitás, mely veszélyeztetheti a stabil élelmiszer exportot, sőt idővel a hazai élelmiszerellátás biztonságát is.

\*

30. Államilag továbbra is támogatni kell a műtrágyázási szaktanácsadást, az ezzel kapcsolatos kutatást, oktatást, mely az ökológiai és ökonómiai alapelveket egyaránt magában foglalja. A káliummal jól ellátott területeken továbbra is kevesebb kell a kálisók alkalmazását, mert ott mind gazdasági, mind környezeti okokból nemkívánatosak.

31. Tudatosítani kell minden szinten az ásványi táplálás és a talajtermékenység megőrzésének fontosságát, benne a K-műtrágyák szerepét, melyek istállótrágya hiányában mással nem helyettesíthető természetes K-források. Amennyiben a K-műtrágyák a hiányt pótolják a talajban, úgy felhasználásuk egészségesebb talajéletet, növényzetet, rajta legelő állatot és egészségesebb virágzó emberi közösségeket jelenthet.

32. A tápelemekkel, így a káliummal gyengén ellátott talajokon gazdálkodóknak rövid lejáratú hitelfelvétellel is elő kell segíteni (zöld hitel), hogy a hiányzó műtrágyákat, illetve kálisókat megvásárolják, amennyiben erre anyagilag képtelenek, istállótrágyával pedig nem rendelkeznek.

33. A káliummal kapcsolatosan nem merül fel annak szükségessége, hogy a talajokban, vizekben, növényekben, állatokban veszélyességi normatívákat alapítsunk meg, hasonlóan, mint a toxikus nehézfémekre. E téren hatósági felügyeleti feladatok sem jelentkeznek. A kutatási prioritásokat továbbra is a K-hiány és K-túlsúly, valamint az optimális ellátottság együttes vizsgálata jelentheti, amennyiben azok

integráltan történnek az egész táplálékláncban, ahogy a természetben is megjelennek.

## **VII. Felhasznált irodalom**

- AMBERGER, A., 1979. Pflanzenernährung. Ökologische und physiologische Grundlagen. Ulmer. Stuttgart.
- ANKE, M. et al., 1992. Potassium in human nutrition. In: Potassium in Ecosystems. 187-204. IPI 23rd Colloquium. Prague.
- BERGMANN, W., 1979. Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BERGMANN, W., 1983. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB. Gustav Fischer Verlag. Jena.
- BÍRÓ, GY. & LINDNERN, K., 1988. Tápanyagtáblázat. Medicina Kiadó. Budapest.
- BOKORI, J., 1983. Általános takarmányozástani és takarmányozásélettani ismeretek. I. Egyetemi Jegyzet. ÁTE. Budapest.
- COOKE, G. W., 1971. Fertilisers and society. Proceedings of the Fert. Soc. 121. 1-48.
- COOKE, G. W., 1973. The possibilities of polluting soils by fertilisers and the way they are used. In: Fertilisation et pollution des sols. 561-583. Gembloux, Belgium.
- COOKE, G. W., 1976. A review of the effects of agriculture on the chemical composition and quality of surface and underground waters. In: Agriculture and Water Quality. MAFF Bulletin. 32. 5-57. London.
- COOKE, G. W., 1981. The fate of fertilisers. In: the Chemistry of Soil Processes. (Eds.: GREENLAND, D. J. & HAYES, M. H. B.) 563-592. J. Wiley & Sons, Ltd. London.
- COOKE, G. W., 1984. Constraints on crop production. Opportunities for chemical industry. Chemistry and Industry. 730-737.
- CSATHÓ P., 1991. Káli-útmutató a kukoricában. Magyar Mezőgazdaság. 46. (49. ) 11.
- CSATHÓ P., 1993. Kukorica káliumhatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata. Kand. Disszertáció. Kézirat. MTA TAKI. Budapest.
- DARST, B. C., 1992. Development of the potash fertilizer industry. Potash Review. 1992/1. Subject 12. Misc. 12th. Suite 1-10.
- DVORÁK, J., 1992. Ion composition of mineral waters in Czechoslovakia with special reference to K concentration. In: Potassium in Ecosystems. 159-166. IPI 23rd Colloquium. Prague.
- FAO Annual Fertilizer Review, 1976, 1985, 1988. FAO. Rome.

- FEKETE B., 1959. A hazai káliumtrágyázás kritikai elemzése. Agrártudomány. 11. (8-9.) 20-24.
- FEKETE S., 1993. Szóbeli közlés. ÁTE Takarmányozástani Tanszék. Budapest.
- GNAUK, G., 1977. Untersuchungen über den Gehalt von Mineralstoffen und Spuren-elementen in der Aorta des Menschen in Relation zu Arteriosklerosegrad, Lokalisation, Alter und Geschlecht. Institut für Ernährungslehre. Hohenheim.
- GROSSKLAUS, R., 1992. K concentrations in beverages as a guidance for K threshold levels in drinking water. In: Potassium in Ecosystems. 251-262. IPI 23rd Colloquium. Prague.
- GYÖRI D., 1984. A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- HOLLÓ S., 1993. A szerves- és műtrágyázás hatásának összehasonlítása vetésgörög trágyázási kísérletekben. Kand. Disszertáció. Kézirat. Kompolt.
- JOHNSTON, A. E. & GOULDING, K. W. T., 1992. K concentrations in surface and groundwater and the loss of K in relation to land use. In: Potassium in Ecosystems. 135-158. IPI 23rd Colloquium. Prague.
- KADLICKSKÓ B., 1993. A tartamtrágyázás hatása a talajtulajdonságokra agyagbemosó-dásos és csernozjom barna erdőtalajokon. Kand. Értekezés Tézisei. Kompolt.
- KADLICKSKÓ B., KRISZTIÁN J. & HOLLÓ S., 1988. Kálium műtrágyázási kísérletek barna erdőtalajon. Növénytermelés. 37. 43-51.
- KÁDÁR I., 1979. Földművelésünk nitrogén, foszfor és kálium mérlege. Agrokémia és Talajtan. 28. 527-544.
- KÁDÁR I., 1987. Földművelésünk ásványi tápanyagforgalmáról. Növénytermelés. 36. 517-526.
- KÁDÁR I., 1988. Kevesebb műtrágyát! Búvár. 7. szám. 12.
- KÁDÁR I., 1990. Sáfrányos széklice NPK tápanyag-szükségletének vizsgálata tartam-ísérletben, homoktalajon. Jelentés a NMV Növényolaj és Mosószeripari Kutató-ntézet részére. MTA TAKI. Budapest.
- KÁDÁR I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. Akaprint. Budapest.
- KÁDÁR I. & ELEK É., 1980. A burgonya tápláltsági állapotának kontrollja levélnalízissel. Növénytermelés. 29. 413-420.
- KÁDÁR I. & FÖLDESI D., 1986. A mák ásványi táplálásáról. A mezőgazdaság kemizása. 56-61. NEVIKI - KAE. Keszthely.
- KÁDÁR I. & LÁSZTITY B., 1979. A feltöltő foszfor és kálium műtrágyázás lehetőségének vizsgálata néhány magyarországi talajon. Agrokémia és Talajtan. 28. 123-142.
- KÁDÁR I. & LÁSZTITY B., 1988. Műtrágyahatások elemzése környezetvédelmi szempontból a nyírségi savanyú homoktalajon. Jelentés. MTA TAKI - KTM.
- KÁDÁR I. & SHALABY, H. 1985. A K és B trágyázás hatása a talaj és a növény tápelem tartalmára. Növénytermelés. 34. 321-327.
- KÁDÁR, I., CSATHÓ, P. & SARKADI, J., 1991. Potassium fertilization in Hungary: Re-sponses in maize and in other crops. Acta Agr. Hung. 40. 295-317.
- KÁDÁR I., PUSZTAI A. & SÜLYÖK L., 1987-1988. A meszezés és műtrágyázás hatásának vizsgálata tenyészedény kísérletben. I. Talajvizsgálati és terméseredmények. Agrokémia és Talajtan. 36-37. 223-238.

- KÁDÁR I. & SZ. NAGY, L-NÉ, 1990. Adatok a tavaszi árpa sôtűrésének és lisztharmat fogékonyságának összefüggéséhez. *Növénytermelés*. 39. 503-513.
- KECSKEMÉTI, V., 1992. Therapeutic implications of alterations in endogenous K concentrations for organ functions. In: *Potassium in Ecosystems*. 235-250. IPI 23rd Colloquium. Prague.
- KEMMLER, G. & HOBT, H., 1985. Potash a product of nature. K+S Booklet. Kassel.
- KOZÁK M., 1977. A kálium műtrágyázás hatása a búza, kukorica és takarmányborsó termésére és tápanyagtartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. 26. 363-378.
- KÖRMENDI I., 1986. Az általános orvoslás gyakorlata. *Medicina Kiadó*. Budapest.
- KÖSTER, W. et al., 1988. NPK Bilanzen landwirtschaftlich genutzten Böden der BRD von 1950-1986. *LUFA Hameln Landw. - Kammer*. Hannover.
- KRISZTIÁN J., 1989. A túltrágyázás még nem reális veszély. *Magyar Mezőgazdaság*. 44. (1) 7.
- Levegőkörnyezeti Tájékoztató, 1991. OMSZ. 1. (13)
- Levegőkörnyezeti Tájékoztató, 1992. OMSZ. 2. (13)
- LIEBIG, J. v., 1840. *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*. 9. Auflage. Vieweg und Sohn. Braunschweig. 1876.
- MENGEL, K., 1976. A növények táplálkozása és anyagcseréje. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.
- Mezőgazdasági Élelmiszeripari Statisztikai Zsebkönyv, 1988. KSH. Budapest.
- MUNSON, R. D. (ed), 1985. *Potassium in Agriculture*. ASA, CSSA, SSSA Publication. Madison, Wisconsin. USA.
- NATIV, R., 1992. Potassium in natural groundwater systems. In: *Potassium in Ecosystems*. 117-134. IPI 23rd Colloquium. Prague.
- NÁRAY-SZABÓ I., 1957. *Szervetlen kémia II*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Nemzetközi Statisztikai Zsebkönyv, 1978. KSH. Budapest.
- PAIS, I., 1991. Criteria of essentiality, beneficiality and toxicity. What is too little and too much? In: *Cycling of Nutritive Elements in Geo- and Biosphere*. (Ed.: PAIS, I.) 59-77. Proc. IGBP. Budapest.
- PRJANISNYIKOV, D. N., 1965. *Agrohimiya. Izbrannü Szocsinenija*. Tom. 1. Izd. Ko-losz. Moszkva.
- PRESTON, R. L & LINSNER, J. R., 1985. Potassium in animal nutrition. In: *Potassium in Agriculture*. (Ed.: MUNSON, R. D.) ASA, CSSA, SSSA Publ. Madison, Wisconsin. USA.
- RECHKEMMER, G., 1992. Absorption and secretion of K in the gastrointestinal tract. In: *Potassium in Ecosystems*. 205-220. IPI 23rd Colloquium. Prague.
- RODEWYK, A., 1979. Kali im menschlichen und tierischen Organismus. *Ratgeber für die Landwirtschaft*. Heft 4. 95-98.
- RUBIN, B. A., 1963. *Kursz fiziologi rasztenij*. Vüzsaja Skola. Moszkva.
- SARKADI J., 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P., 1970. *Lehrbuch der Bodenkunde*. 7. Aufl. Verlag F. Enke. Stuttgart.



- SCHMALFUSS, K., 1966. Pflanzenernährung und Bodenkunde. S. Hirzel Verlag. Leipzig.
- SEEKLES, L., 1960. Pathology of potassium in animals. In: Potassium in the Animal Organism. 349-379. IPI Congress. Berne. Switzerland.
- SEMB, A., 1978. Deposition of trace elements from the atmosphere in Norway. Research Report 13/78. SNSF Project. Norway.
- SERFASS, R. E. & MANATT, M. W., 1985. K in human nutrition. In: Potassium in Agri-culture. (Ed.: MUNSON, R. D.). ASA, CSSA, SSSA Publ. Madison, Wisconsin. USA.
- SILLANPÄÄ, M., 1982. Micronutrients and the Nutrient Status of Soil: Global Study. FAO Soils Bulletin No. 48. FAO. Rome.
- STEFANOVITS, P., 1985. Clay mineral content of soils and fertilizer use. *Agrokémia és Talajtan.* 34. Suppl. 65-72.
- STEFANOVITS P. & SARKADI J., 1963. A műtrágyázás várható hatásának térképei. In: STEFANOVITS P.: Magyarország talajai. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- STEPP, W. (ed.), 1939. Ernährungslehre. Grundlagen und Anwendung. Verlag v. Julius Springer. Berlin.
- SZ. NAGY L-NÉ, 1989. A tápanyagellátottság hatása az árpa *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* lisztharmatgomba iránti viselkedésére. Jelentés. OTKA. MTA TAKI. Budapest.
- SZ. NAGY L-NÉ, 1991. Összefüggés a búza tápanyagellátottsága, növekedése és hel-mintospóriumos fertőzöttsége között. *Növényvédelem.* 11-12. 521-527.
- SZÜCS E., 1986. A tápanyag ellátottság hatása az őszibarack termőüregyek fagytűrő-képességére. *Kertgazdaság.* XVIII. évf. (6) 39-42.
- SZABÓ S. A., 1985. Radioökológia és környezetvédelem. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SZÁDECZKY-KARDOS E., 1955. Geokémia. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- TISDALE, S. L. & NELSON, W. L., 1966. A talaj termékenysége és a trágyázás. Mező-gazdasági Kiadó. Budapest.
- TÖRÖK J., 1993. Kálium és káliumhiány. Az orvos írja. TVR Hét. Március.
- VARGA P. et al., 1977. Az intenzív betegellátás elmélete és gyakorlata. Medicina Kiadó. Budapest.
- VÁRALLYAY GY. et al., 1980. Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talaj-tani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan.* 29. 149-156.
- VESTER, F., 1972. Das Überlebensprogramm. Kindler Verlag GmbH. München.
- VOISIN, A., 1963. Weidetetanie. Bayerischer Landw. Verlag. München.
- WHANG, R., 1985. Medical and health aspects of potassium. In: Potassium in Agri-culture. (Ed.: MUNSON, R. D.). ASA, CSSA, SSSA Publ. Madison. Wisconsin, USA.
- WIKLANDER, L., 1954. Forms of potassium in the soil. In: IPI Symposium. Berne. Switzerland.
- ZEMKOVÁ, H., 1992. Physiology and pharmacology of K channels. In: Potassium in Ecosystems. 221-234. IPI 23rd Colloquium. Prague.

### **VIII. MELLÉKLET**

## 1. Válaszok közérdekű kérdésekre

Az alábbiakban egy tucat kérdést, ill. állítást gyűjtöttünk össze, melyek az elmúlt években a napi sajtó szintjén publicitást kaptak. A laikusok által feltett kérdésekre gyakran a szakkörökön kívülről jött a válasz, mely nem nélkülözte a megalapozatlan állításokat, tudománytalan és igazolatlan hiedelmeket, eseten-ként még a legalapvetőbb tényeket is elferdítve. A kérdésekre rövid, egyértelmű feleletekkel kísérünk reagálni, közérthetően.

1. Beszélhetünk-e "kálium problémáról" Magyarországon? Miben van a "ká-lium-probléma súlyossága és elhárításának fokozódó fontossága"?

Igen. Beszélhetünk kálium problémáról, mert közismerten a művelt talajaink  $\frac{1}{3}$ -a káliummal nem kellően ellátott. E területeken évente sokmilliárdos vesz-teség éri a mezőgazdaságot, hiszen az egyetlen rendelkezésre álló K-forrás, a kálisó alkalmazása, szünetel. A kálium probléma súlyosságát és elhárításának növekvő fontosságát az jelenti, hogy amennyiben ez a rablógazdálkodás fenn-marad, tovább nő a K-hiány, vele a terméscsökkenés, az aszály-, fagy- és beteg-séggár. Mindez a mezőgazdaság stabilitását, a megbízható exportot, sőt idővel a hazai ellátás stabilitását is veszélyeztetheti.

2. A kálium mérgező a növényekre, állatra, emberre?

A kálium az élethez nélkülözhetetlen tápelem. Nélküle nem fejlődhetnek a vízi élőlények, növények, állatok, az ember. Kálium nélkül nem lenne élet a Földön. A mérgező jelleg némely toxikus nehézfémre igaz, melyek nem esszen-ciális elemek.

3. A kálium mérgező, ha könnyen felvehető formában van a talajban. A növény ezért teljesen védetlen a káliumműtrágyák káros hatásával szemben.

A kötött, a talaj agyagásványaiba zárt kálium közvetlenül nem felvehető alapvetően a növény számára. A növény igényeit csak a könnyen felvehető frakció képes biztosítani, ezért agronómiai és élettani szempontból a könnyen oldható frakció a fontos. A K-műtrágyák a talaj felvehető frakcióját hivatottak fenntartani és így megőrizni annak termékenységét. A növények a kálium esetleges túlsúlyát elviselik, de a kálium hiányával szemben teljesen védtelenek. Védelmet a K-trágyák nyújtanak.

4. Mezőgazdaságunk "ráfizetéses", mert K-műtrágyát használunk.

Az ún. nem ráfizetéses országok soha sem használtak ilyen műtrágyákat (pl. Kína, Svédország, Dánia, Hollandia, USA, Anglia, Egyiptom).

Művelt talajaink mintegy  $\frac{1}{3}$ -a gyengén,  $\frac{1}{3}$ -a megfelelően,  $\frac{1}{3}$ -a igen jól ellátott káliummal. Mivel nem rendelkezünk elégséges istállótrágyával vagy más K-forrással, a kálisók alkalmazása indokolt a gyengén ellátott talajokon minden növénynél, valamint a megfelelően ellátott területeken a K-igényes kultúráknál (kukorica, burgonya, zöldség, gyümölcs, stb.). Az igen jó ellátottságon a trágyázás mindaddig szüneteltethető, míg a talaj felvehető K-szintje egy ellátottsági kategóriával le nem süllyed az évek múlásával.

A 80-as években jórészt sablonosan műtrágyáztak a gyakorlatban, tehát kb. az ország  $\frac{1}{3}$ -án túltrágyáztak, indokolatlanul. A kálisó itt növelhette a gazdaságtalan termelést, visszaszoríthatta az üzemi trágya anyagok (istállótrágya, szalma, komposzt, stb.) felhasználását. Ennek ellenére K-műtrágya felhasználásunk az európai színvonal közepén helyezkedett el, nem értük el az élen járó országokét. Döntően egyéb tényezők, köztük a nitrogén- és foszfor túltrágyázás járulhatott hozzá a veszteségekhez. A kálisók a legolcsóbb műtrágyák és részben hasznosulhatnak a növények által a későbbi években, nem mennek veszendőbe. Inkább a hiányuk teheti veszteségesé a termelést.

A FAO műtrágyázási statisztika szerint az említett országok mindegyike használ K-műtrágyákat. Legtöbbjük nem is keveset. Az említett európai országokban az érdemi kálisó-felhasználás kb. fél évszázaddal régebbi múltra tekinthető vissza, mint Magyarországon. A kálisók iránti igényt a gazdálkodás módja, a talajok eredeti K-készlete, feltöltöttsége, valamint a műtrágyázás (NP) általános színvonala, a mezőgazdaság fejlettségi állapota, terméseredményei határozzák meg. Az egyes országok K-felhasználása ezért rendkívül heterogén.

A ráfizetéses mezőgazdaság fogalma félrevezető. A mezőgazdaság mind a fejlődő, mind a fejlett országokban szubvencionált. Az említett országok mind-egyikében nagyobb, néha többszörös a "ráfizetés", mint hazánkban (az egyetlen kivétel talán Kína).

5. A kálisók a talajból való vízfelvételt, nitrogén- és tápanyagfelvételt blokkoló hatással rendelkeznek.

Éppen ellenkezőleg. A kálium a vízháztartást javítja, szabályozza és a szárazságtűrést növeli. A nitrogén beépülését, a fehérjék szintézisét a kálium segíti. Mindez a múlt század 80-as éveitől kísérletileg is bizonyított, ill. LIEBIG (1840) munkássága nyomán már korábban is ismert. A K az antagonista Ca, Mg, Na kationok felvételét szorítja vissza és fordítva. Ez a kémiai antagonizmus szintén közismert és lejátszódik a növényben, állatban, emberben egyaránt.

A növények kiegyensúlyozott táplálást igényelnek, a nitrogén, foszfor és kálium egyensúlyát. A kálium az NPK-műtrágyázás, illetve ellátáson belül ki-egyensúlyozó szerepet játszik, amennyiben a mikroelemek (köztük a nem-kívánatos nehézfémek) nitrogén vagy foszfor túlsúly által indukált felvételét mérsékli.

6. A tankönyvek "hibásan szerepeltetik terméscsökkenést okozó anyagként a kálium-műtrágyákat".

Valóban így van ott, ahol a talaj káliummal jól ellátott. A minimum törvény azonban érvényesül. Ahol a K-ellátás limitálja a termést, ott a termések a K-műtrágya vagy más K-trágya mennyiségétől függenek. Erősen K-hiányos ho-moktalajon, a kísérletekben pl. 2 t/ha körüli a kukorica szemtermése, míg a kálisókkal a talaj K-szintjét a kielégítő ellátottságra emelve 6-8 t/ha évente.

7. A kálium veszélyes az emberre "és még akkor is meghaladhatja a veszélyes szintet, ha normális a kálium az élelmiszerben".

Mind a hazai, mind a külföldi szakirodalom egyöntetűen hangsúlyozza, hogy a szokásos étrenddel gyakorlatilag lehetetlen káros K-túlsúlyt indukálni az emberi vagy állati szervezetben. Táplálkozásból eredő K-mérgezésről az elérhető irodalom nem tudósít. A hiányos K-ellátás viszont általános mind a fejlődő, mind a fejlett országokban,

különböző okokból eredően. Az egészséges szervezet mind a hiányt, mind a túlsúlyt ellensúlyozza, döntően a vesefunkció révén. Veseelégtelenség esetén mind a hiány, mind a túlsúly (kiválasztás gátolt) felléphet és végzetessé válhat.

#### 8. Vajon "mérgeznek-e bennünket káliummal"?

Az OÉTI vizsgálatai szerint a magyar lakosság K-ellátása alacsony. A Na/K egyensúly megbomlott, étkezésünk túlságosan sós, ill. kicsi a hazai konyhasó K-tartalma. A kívánatos 1:1 Na/K arány helyett 2:1 arány alakult ki. Ez az ál-lapot hozzájárul a magas vérnyomás és az infarktus gyakoribb kialakulásához. Tehát mérgezzük magunkat, de nem káliummal.

#### 9. A nagyobb K-tartalmú takarmányok, füvek mérgezést okoznak az állatban.

Egyes kutatók feltételezik, hogy a káliumban dús takarmány akadályozza a Mg felszívódását és így közvetve hozzájárulhat a hipomagneziámiás tetánia ki-fejlődéséhez. Mások szerint a fütetániát a nitrogén (ammónia) hirtelen felszapo-rodása okozza a bendőben. Hazai viszonyainkra a tankönyvben, jegyzetekben foglaltakra hivatkozhatunk:

A legelő szarvasmarha ételszükségletének akár tízszeresét, napi 600 g káli-umot is felvehet legelőn. Mindezen okokból természetes takarmányozás esetén háziállatainkban egészen kivételesen fordul elő a hiány, hiszen más takarmá-nyok is elégséges K-források. A takarmánnyal felvett kálium feleslege gyorsan kiválasztódik a vizelettel normális körülmények között. Mind a hiány, mind a feleslege általában a megzavart vesefunkció következménye.

#### 10. Mérgezhethet-e az ivóvíz káliumtartalma?

Vizeink, ivóvizek, talajvizek, élővizek K-koncentrációja alacsony, ritkán ha-ladja meg a 10-12 mg/l értéket. Becslések szerint az ivóvíz mindössze néhány %-kal járul hozzá K-bevételünkhöz. Általában kívánatosnak tartják az ásvány-vizek és gyümölcslevek fogyasztását, részben magas K-tartalmuk miatt. Ben-nük a kálium koncentrációja

néhány 100 vagy ezer mg/l. Az ivóvíz K-tartalma tehát inkább nemkívánatosan alacsony.

11. A K-műtrágyák veszélyeztetik az ivóvizek, élővizek minőségét.

Hazánkban a K-műtrágyák általában KCl felhasználását jelentik. A káliumot a növények felveszik, ill. a talaj megkötöti. A klorid a vizekbe juthat, Ca- vagy Mg-kation kíséretében. Nőhet a vizek keménysége. Nőhet egyéb iontartalma is, pl. a  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  terhelés, különösen savanyú talajokon. A nit-rátosodást, illetve az eutrofizációt okozó N és P elemekhez viszonyítva a kálium nemkívánatos hatása a talajvizekre kismérvű. Az eutrofizációt nem növeli, mert vízi rendszerekben a kálium nem limitáló tényező. Összefoglalóan megállapítható, hogy főként a homokos talajokon, a nagymérvű istállótrágyázás, híg-trágya és kálisó-felhasználás valóban ronthatja a vízminőséget, de nem a K-tartalma miatt.

12. Hozzájárulhatnak-e a K-műtrágyák a toxikus nehézfém terheléshez?

Ilyen hatást még az extrém nagy kálisó-terhelésnél sem lehetett igazolni. A K-műtrágyák viszonylag tiszták, természetes termékek, amennyiben telepeik geológiai folyamatokban képződtek és feldolgozásuk (finomításuk) során szennyeződésükre nem kerül sor. A megfelelő K-ellátás kiegyensúlyozhatja a N- és P-műtrágyák által esetenként indukált nemkívánatos elemek, köztük nehézfémek, mint a Sr túlzott felvételét. Ezzel csökkentheti a tápláléklánc terhelését.

## **2. Mennyiben fordult elő túlzott műtrágyahasználat Magyarországon az elmúlt évtizedekben és milyen anyagi károkat okozhatott?**

Az országos tápelemmérlegek, talaj- és növényvizsgálati adatok, szabadföldi kísérletek és üzemi vizsgálatok eredményeire támaszkodva az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet szakemberei a 70-es évek közepétől egyre inkább felhívták a figyelmet a helyenként mutatkozó műtrágyázás következményeire. A tervegazdálkodás növekvő műtrágyahasználattal számolt, erre épültek az elvárások, a MÉM nyomást gyakorolt az üzemekre. Az Intézet szembekerült ezekkel az

elvárásokkal és a MÉM akkori irányításával, a hivatalos agrárpolitikai irány-elvekkkel. Mint MTA, a MÉM irányításától független kutatóhely, publikálta újabb eredményeit és minden szakmai fórumon hangoztatta ellenvéleményét. A vita a 80-as években élessé vált.

A műtrágyafelhasználás ugyan lényegében stagnált 1975 óta, de ez a talaj-gazdagító műtrágyázás sablonosan történt és egyre több talajon eredményezett nemkívánatos túladagolást. A MÉM központi irányelveket adott ki 1987-ben, melyek szerint további "20-30 %-os növekedést kell elérni a műtrágya-felhasználásban". A MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központja ezzel párhuzamosan "Új műtrágyázási irányelveket" bocsátott ki, amelyben az üzemek műtrágyaszükségletét mintegy  $\frac{1}{3}$ -ával megnövelték. A talajvizsgálati határkoncentrációkat önkényesen megemelték, hogy a (szakszerűtlen) szaktanácsadás nagyobb műtrágya vásárlásokat eredményezzen.

E sorok szerzője több folyóirat hasábjain vitát kezdeményezett a túltrágyázás veszélyeiről és következményeiről (Magyar Mezőgazdaság, Agrokémia és Talajtan, Magyar Tudomány, Búvár, stb.). Elsősorban a nitrogén és a foszfor túltrágyázás negatív hatását tudtuk meggyőzően bizonyítani. A N-túlsúly rontotta számos fontos ipari növény, mint a cukorrépa, olajosok, stb. minőségét, növelte gyarkán a betegségekkel szembeni érzékenységüket, nem ritkán csökkentve hozamaikat. A P-túlsúly főleg a kukorica és a más Zn-igényes növényeknél bizonyult károsnak meszes talajokon. A K-túlsúly negatív hatása nem jelentkezett közvetlenül.

K túltrágyázás a művelt terület kisebb részén fordult elő és a feleslegesen ki-szórt műtrágyázás költségeit jelenthette a már káliummal amúgy is igen jól ellátott talajokon. Ez becsléseink szerint megközelíthette az évi 1 milliárd Ft-ot a 80-as években. Hangsúlyozzuk azonban, hogy a K-túlsúly termés-, illetve minőségcsökkenést nem okozott. Ugyanakkor a káliummal gyengén ellátott talajokon egészségesebb talajt, növényzetet, életképebb emberi közösségeket hozhatott létre.

A 80-as évek végétől azonban ez a helyzet gyökeresen megváltozott. A túltrágyázás gyakorlatát felváltotta a tápanyaghiány, a rablógazdálkodás. A jelenlegi veszélyt a hiány jelenti, melynek következményeire az V. 1. pontban utalunk.

Budapest, 1993 május

Dr. Kádár Imre

## **Potassium Supply in Hungary**

by

Prof. Dr. Imre KÁDÁR

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the  
Hungarian Academy of Sciences  
H-1022 Budapest, Herman O. út 15. Hungary

*Editors:*

Erzsébet NECHAY-LIGETI and  
Dr. Tivadar BARTALOS

Ministry of Environment and Regional Policy  
H-1011 Budapest, Fő u. 44-50, Hungary



This report was compiled on behalf of the Ministry of Environment and Regional Policy at the Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences. The main aim of this publication is to give the public an overview on the role of potassium in the food chain and on the potassium supply in Hungary. Summarizing the scientific knowledge and our experimental data we have tried to find out whether K fertilization of previous decades in Hungary is or might be a danger for soil, plant, animal or human-beings. The main conclusions drawn from this study are as follows:

1. Potassium is an essential element for maintaining soil, plant, animal, aquatic and human life on Earth. That is why it accumulates partially in the biosphere. As the seventh most abundant element in the Earth's crust, potassium builds up in soils, where it is predominantly present in the clay fraction.

2. It is a matter of course that heavy structured soils in Hungary (e.g. in the Tiszántúl region) are K-abundant, while sandy soils subject to leaching (e.g. in the Nyírség, Somogy regions) are deficient in potassium.

3. From the point of view of agronomy or physiology the exchangeable or available potassium fraction (taking part directly in plant nutrition) is of great importance.

4. The physiological role of potassium in plant is basically known, plant K- requirement is second greatest, following nitrogen. This element takes part in processes, such as photosynthesis, organic matter formation and transformation, enzyme activation, water balance control, etc.

5. K supply determines (when minimum factors) the quantity and quality of crop yield, the plants' behavior to environmental stress, such as resistance against diseases or parasites, its toleration to wind, frost or drought, etc.

6. According to the literature and our experimental data, plants grown on soil tolerate an excess of potassium without any notable damage. However, a high K content in soils and plants may hinder the uptake of

other essential elements. An undesirable K excess may arise in this way (e.g. a Mg deficiency in areas poorly supplied with Mg).

\*

7. Potassium represents one of the most important cations in animal organisms. 98% of the K content is found in the cells. The remaining 2% extra-cellular potassium controls normal muscle and nerve functions.

8. K deficiency (hypokalemia) seldom occurs, as fodder contains K in abundant quantities. Grazing cattle may even consume 600 g/day, that is the 10-fold of its daily requirement. Deficiency symptoms (such as: serious paralysis, weakness, symptoms of tetany) are reported in literature when lambs were nourished with milk substitutes poor in K. 0,6-0,8 % potassium in fodder is regarded as sufficient.

9. Extreme K excess (hyperkalemia) - causing similar symptoms as extreme K deficiency - may also be dangerous. Literature cannot serve with a clear cut answer to the question whether K overfertilization can cause such K excess or not. A number of experts state that the reason for grass tetany lies in the suddenly disturbed N metabolism and accumulation of ammonia in the rumen.

10. In Hungary it is generally accepted that neither deficiency, nor excess causes problems. Animal organisms are able to compensate K imbalances, potassium may be stored and the excess may be secreted by urine.

\*

11. The K requirement of human beings is not yet fully known. The mean K concentration is 0,2% in the body, similar to animal organisms. Potassium, getting into the digestive system with food is absorbed by the intestines, 85% of the K excess leaves the organism with urine, and the remaining 15% excess is secreted by the faeces.

12. K deficiency (Hypokalemia) often occurs in humans as a consequence of considerable fluid loss, e.g. following diarrhoea or vomiting, and as a frequent by-effect of diuretic treatment, respectively. Its cause may be the insufficient K intake/ingestion or renal inadequacy, and the excessive use of salt (NaCl). Hypokalemia involves a weakening of skeletal and cardiac muscles and in serious cases it can lead to cardiac arrest and death.

13. Hyperkalemia causes similar symptoms as K deficiency. It can be brought about by renal insufficiency (when K secretion is inhibited),

tissue breakdown, burning, traumas, i.e. by all kinds of severe decomposition of the cells. Overdosage of some K containing medicine or solutions may also result in hyperkalemia.

14. It is generally accepted in Hungary that neither K deficiency nor K excess may occur as long as kidney functions and the diet are normal. The human organism controls the K cycle. However, excessive use of salt may cause a Na excess and a partial K deficiency. According to the investigations of the Hungarian Nutritional Institute the desirable Na/K ratio is disturbed, K supply is low, while Na excess is about twice as high as desirable. This may also add considerably to the frequency of cardiac infarctions.

15. No literature reference was found that qualified high K content of food as deleterious, or regarded hyperkalemia as induced by foodstuff. It is almost impossible to create K excess with normal diet.

\*

16. The mean K concentration of precipitation is generally negligible (below 1 ppm). The K content of groundwater under sandy soils may reach 10-12 ppm. According to German data, the K-intake via tap water (or via meals and drinks prepared from tapwater, such as tea, coffee, soup, etc.) represents only a few per cents of the K metabolism and is therefore non-significant.

17. In general, the consumption of mineral water and (fruit) juices is regarded desirable, partially due to their high K reserves. Their K content may exceed the value of several hundreds, or even 2000 mg/l.

18. Groundwater quality is only affected to a minor extent by K fertilization, partially because it is fixed basically by soil particles, partially because it is unharmed in water. Chloride or sulphate ions - usually accompanying K ions in K salts - increase the hardness of waters when leached from soil together with soil Ca and Mg ions.

19. The moderate acidifying effect of K salts may increase the solubility of metals in certain soils and so, affect water quality. The acidifying effect may be counterbalanced by liming, however.

\*

20. The K balance in Hungarian agriculture seems to be positive for only three decades during this century as a consequence of the use of mineral K fertilizers. The K balance for 1900-1990 shows an equilibrium by our rough estimates. This means that the K pool of Hungarian soils by the end of the 20th century might be similar to that of the early 1900's.

21. On the basis of an FAO international comparison study it can be stated that the K supply of soils and crops in Hungary can be regarded as moderate, lying close to the average international value.

22. During the past three decades, in Hungary, several experiments were carried out under field and greenhouse conditions using extremely high K doses. In spite of the build-up K fertilization with high dosages, no toxicity symptoms or yield losses were observed in any year or any plant species. On sandy, and even on loamy chernozem soils, most crops showed yield increase, quality improvement and an increased crop resistance.

\*

23. The K fertilizer consumption in Hungary amounted to 60-80 kg  $K_2O$ /ha/year in the 80's (on agricultural land). This is qualified as a good-medium consumption in Europe.

24. Potassium salts are natural products as far as their deposits take their origin in geological processes and no significant contamination occurred during processing.

25. In one of our long-term field trials, following a 6000 kg  $K_2O$ /ha application in 18 years, no soil contamination with toxic heavy metals could be detected. Moreover, the undesirable Na and Sr content of the plants decreased, partially counterbalancing the harmful by-effect of superphosphate.

\*

26. About one-third of the agricultural land (1,5-2 million hectares) in Hungary is poorly supplied with K. Estimated on the basis of our experimental data, the yield losses of K demanding crops (such as maize, potatoes, vegetables, etc.) make up several milliard Forints in these areas during the 90's.

27. When K deficiency remains constant (as a result of absence of K fertilizers) the yield losses will continuously increase in the future. Generally, because the K balance sheet shows a minus 30-40 kg  $K_2O$ /ha/year in Hungarian agriculture in the 90's, as a consequence of

soil mining, our plant production will be even more sensitive to drought, frost and diseases. The stability of yields will diminish, and this may endanger the stability of agricultural export, and furthermore, with time the security of Hungarian food supply, too.

\*

28. Fertilizer recommendation and extension work based on both ecological and economical principles must be supported by the state. Through education and using the media (TV, radio), public must be made aware of the importance for maintaining soil fertility and proper plant nutrition. This includes the disseminating information on the role of K fertilizers, which are irreplaceable natural K sources when FYM is failing. K fertilizer application in K deficiency area results in more sound life in soil, more sound plant, animal and human communities.

29. Farmers, cultivating land poor in nutrients and producing none or non-sufficient organic fertilizers, when they are incapable to buy mineral fertilizers, must be financially supported with short-term credits.

30. In connection with potassium, it is not necessary to determine toxicity norms in soils, waters, plants, animals as it is in the case of nitrate or toxic heavy metals. The future research on potassium must clear details of the movement of this element in the food chain and in the whole biosphere.

\*

Summarizing the above-mentioned, in conclusion, we may state that potassium intake by humans depends mainly on the diet. A high diet in potassium has generally no harmful effect. It has even been observed that a high K intake is recommended for people suffering from hypertension.

It seems that disturbances in K homeostasis of humans have no direct connections with the amount of K fertilizer applied to crops. As agronomists, we conclude that a reduction in K fertilizer usage just for ecological or health reasons, as recommended for nitrogen or phosphorus, is in no way justified. The limits on potassium content of food or drinking water have no sound basis. They can create confusion for the consumer taking K as a harmful element whereas the evidence given by scientists proves the contrary.

***Acknowledgements:***

This publication is the result of collective efforts. Heartfelt acknowledgements are due to Prof. Dr. J. SARKADI, Dr. H. BALLA, Prof. Dr. J. LOCH and Prof. Dr. Gy. FILEP for reading and revising the manuscript, and to editors Mrs. E. NECHAY-LIGETI and Dr. T. BARTALOS.

Special thanks are also expressed to Dr. E. ANDRES (Kassel, Germany) for supplying author with scientific material, books and new publications on potassium.

Budapest, August 1993

Imre KÁDÁR

**Contents**

Foreword

I. Current aspects of the potassium problem and approach to problem solution.

- II. Potassium in nature and in the food chain.
  - 1. Occurrence and chemistry of potassium.
  - 2. Potassium in soils.
  - 3. Potassium in plant nutrition.
  - 4. Potassium in animal nutrition.
  - 5. Potassium in human nutrition.
  - 6. Potassium in waters.
  
- III. Potassium supply in Hungary and its relation to environment pollution.
  - 1. K balance and K supply of soils in Hungary between 1900-1990.
  - 2. K supply of soils and crops in Hungary within an international comparison.
  - 3. Effect of extreme K supply in pot experiments.
  - 4. Effect of extreme K supply in field trials.
  - 5. Effect of K fertilization on plant health and quality.
  - 6. Effect of extreme K supply in nutrient solution experiments.
  - 7. Effect of K supply on animal feeding.
  - 8. Effect of K fertilization on the quality of drinking waters.
  
- IV. Production, composition and use of K fertilizers.
  - 1. World reserves and mining of K salts.
  - 2. Use of K salts and fertilizers in Hungary.
  - 3. Use of K salts and fertilizers in an international comparison.
  - 4. Composition and contamination of fertilizers in Hungary.
  
- V. Proposals for maintaining K balance in Hungary.
  - 1. Consequences of the negative K balance on sandy soils with low K pool.
  - 2. About the measurements needed for maintaining K balance.
  - 3. Principles of agricultural policy concerning K fertilization.
  
- VI. Summary.
  
- VII. Literature cited.
  
- VIII. Appendix.
  - 1. Answers to questions of public interest.
  - 2. Negative consequences and occurrence of possible K overfertilization in Hungary during the 70-s and 80-s.

## List of Tables

- Table 1.* Effect of mining and natural geological processes on element movement according to VESTER (1972) and SEMB (1978), in 1000 t/year.
- Table 2.* Estimated mean concentrations of the main elements in the earth crust, seawater, plants, animals and human according to PAIS (1991), in mg/kg
- Table 3.* Effect of fodder enriched with Al and P on the mineral composition of broyler chickens' organs. Feeding experiment at the Institute for Animal Feeding. [Element determined, fodder, femur, milt, brain, testis, liver, kidney, lung, heart, muscle, in mg/kg dry matter]
- Table 4.* Average K, Ca, Mg and Na content of the human body, its requirement and uptake according to BIRÓ & LINDNER (1988). [Element, mean concentration, g/kg; total amount in g, daily requirement in g, daily intake in Hungary in g].
- Table 5.* Distribution and physiological function of the main cations in the human body according to BIRÓ & LINDNER (1988). [Element, distribution in organs in %, physiological functions].
- Table 6.* Precipitation in Hungary in 1991 and 1992. Data of the Central Meteorological Service. [Stations, pH, amount in mm, cations in mg/l, years 1991 and 1992].
- Table 7.* Composition and nutrient yield of precipitation in England during 1969-1973. [Ions or elements, stations, amount in mg/liter, mean yield in kg/ha/year].
- Table 8.* Composition of drainage waters during 1968-1974 in three different stations at the Rothamsted Experimental Farm, mg/liter. [Ions or elements, stations, plowland, greenland, in 1968-1970].
- Table 9.* Soil analysis data obtained at the Nyírlugos Experimental Farm, May 1988. Deep sampling, mg/kg, First sampling. [Profile in cm, pH(KCl), Humus %, KCl extraction, Ammonium-lactate extraction (AL), EDTA method].
- Table 10.* See Table 9. Second sampling.
- Table 11.* K balance of the Hungarian agriculture in 1900-1991. Agricultural area, kg K<sub>2</sub>O/ha. [Input/output: taken up; returned by FYM, fertilizers, by-products, total; balance sheet; returned in %].
- Table 12.* K supply of soils in Hungary between 1900-1986, as a % of the area tested. [Years, supply: poor, medium, satisfactory, high; citation].
- Table 13.* K supply of soils and crops under wheat and maize production area in Hungary. FAO study, spring 1975, according to SILLANPÄÄ (1982). (Soil testing: K mg/liter. Under wheat: mean for Hungary, international mean value. Under maize: mean for Hungary, international mean value. Plant analysis: K %. Under wheat: mean for Hungary, International mean value. Under maize: mean for Hungary, international mean value].





- Table 14.* Effect of extreme K and B supply on 4-6 leaf sunflower shoot on calcareous sandy soil. Pot experiments, Órbottyán, 1983. [Dry weight of the shoot in g/pot, mean cation concentration as a function of K supply. K fertilization given in mg K/kg soil].
- Table 15.* Effect of extreme K and B supply on 4-6 leaf sunflower shoot on calcareous chernozem soil. Pot experiment, Nagyhörcsök, 1983. [See Table 14].
- Table 16.* Effect of liming and PxK fertilization on 6 leaf shoot of maize. Air dry weight, g/pot. Ragály brown forest soil. Sum of 2 yields, 1979. [Fertilization in mg/kg soil P and K, on limed and unlimed pots].
- Table 17.* Effect of liming and K fertilization on the available K content and pH(KCl) of the soil. Ragály, brown forest soil, 1979. [Liming: limed, unlimed. AL-soluble K, mg/kg. pH(KCl)].
- Table 18.* Effect of fertilization on the yield of potato tuber, rye and wheat yield. Acid sandy soil at Nyírlúgos, field experiment, 1963-1980. [Years, control, treatments, LSD<sub>5%</sub>, Mean. Potato tuber, rye and wheat grain, t/ha] *Remarks:* Treatments N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O and Mg kg/ha/year depending on crops.
- Table 19.* Effect of liming and fertilization on some soil properties after 22 years. Acid sandy soil at Nyírlúgos, 1983. [Treatments, pH, Humus %, AL-soluble P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O in mg/kg].
- Table 20.* Effect of fertilization and liming on sunflower. Long-term field experiment at Nyírlúgos, acid sandy soil, 1983. [Treatments, seed yield, oil content, oil yield].
- Table 21.* Effect of fertilization on maize yield in an 8-year monoculture. Long-term field experiment on calcareous sandy soil at Órbottyán, t/ha. [Treatment, kg/ha/year P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O. Mean of the years 1976-1979; Mean of the NP treatments].
- Table 22.* Effect of K fertilization on the K supply of maize. Long-term field experiment on calcareous sandy soil at Órbottyán. [Elements or their ratios, K treatment in kg/ha/year K<sub>2</sub>O, LSD<sub>5%</sub>, optimum content. In the shoot in 6 leaf stage, 1976 and 1977. In the leaves at the beginning of flowering, 1976].
- Table 23.* Effect of usual and build-up PK fertilization on the grain yield of wheat, t/ha. [Treatment, research stations and years. Treatment in kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O].
- Table 24.* Effect of build-up PK fertilization on the available PK content of the soil, mg/kg. [Treatment in P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O kg/ha, research stations and years, AL-soluble P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O in mg/kg].
- Table 25.* Treatments of a 16-year-old field experiment. Calcareous chernozem at Nagyhörcsök, kg/ha during 1979-1989. [Treatment's code, nutrient supply levels: poor, medium, satisfactory, high. N kg/ha given yearly, amount of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O given during 16 years].
- Table 26.* Available nutrient content in soil after 16 years. Calcareous chernozem soil at Nagyhörcsök, 1988. [Treatment's code, supply levels, NO<sub>3</sub>-N kg/ha in the 0-60 cm profile, AL-soluble P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O in mg/kg].

- Table 27.* Effect of PxK fertilization on yield. Calcareous chernozem soil at Nagy-höröcsök, t/ha. [PxK levels, LSD<sub>5%</sub>, Mean. Wheat grain, Kavkaz, 1974 and 1975. Maize grain MV-SC-380, 1976 and 1977].
- Table 28.* Effect of fertilization on tuber yield of potato. Calcareous chernozem soil at Nagy-höröcsök, sorte Desire, t/ha, 1978. [NPK treatment: See footnote, in kg/ha/year; LSD<sub>5%</sub>, Mean: Mean of the P treatments, Mean of the N treatments].
- Table 29.* Effect of PxK fertilization on yield. Calcareous chernozem soil at Nagy-höröcsök, t/ha. Continuing Tables 27 and 28. [P levels, K levels, LSD<sub>5%</sub>, Mean. Winter barley grain, 1979, oat grain 1980, sugar beet root 1981, sun-flower seed 1982].
- Table 30.* Effect of PxK fertilization on yield. Calcareous chernozem soil at Nagy-höröcsök, t/ha. Continuing Tables 27, 28, 29. (P and K treatment: See Table 25. Yields: poppy seed 1983, poppy capsule 1983, oil rape seed 1984, mustard seed 1985].
- Table 31.* Cont. Table 30. [Spring barley grain 1986, oil flax seed 1987, soybean seed 1988, fibre hemp 1989].
- Table 32.* Cont. Table 31. [Green peas seed 1990, Triticale grain 1991, sorghum grain 1992].
- Table 33.* Effect of PxK fertilization on maize at harvesting. Calcareous chernozem soil, Nagy-höröcsök, 1976. [P and K levels, LSD<sub>5%</sub>, Mean. Plant density piece/24.5 m<sup>2</sup>, damaged or broken plant in %, dry matter % in stalk, 1000-seed mass in g].
- Table 34.* Effect of PxK supply on crop resistance to disease, given in % of the total plant number. Calcareous chernozem soil, Nagy-höröcsök. [Powdery mildew of wheat 1975, leaf-blight of potato 1978, macrophomina phaseolina of soy-bean 1988].
- Table 35.* Effect of PxK fertilization on potato yield components. Calcareous chernozem, Nagy-höröcsök, 1978. [Average weight of a potato tuber g/piece, starch %, starch yield kg/ha, composition of the leaves at flowering as a function of K fertilization].
- Table 36.* Effect of PxK fertilization on poppy. Calcareous chernozem, Nagy-höröcsök, 1983. [Assessing of flowering. 1 = less than 10%, 5 = 100% in flower. Seed yield, capsule yield, stalk yield, kg/ha].
- Table 37.* Effect of nutrition on frost damage, leaf K % and yield of peach, 1983 (according to SZÜCS, 1986). [Treatment, frost damage in %, leaf K %, yield kg/tree].
- Table 38.* Effect of K concentration on spring barley and the number of powdery mildew colonies. Hoagland solution experiment, 1989. [K treatment mg/l, total salt burden, shoot length, root length, shoot fresh weight, root fresh weight, colonies per 20 plants and in %].
- Table 39.* Effect of Na concentration on spring barley and the number of powdery mildew colonies. Hoagland solution experiment, 1989. [Explanation: See Table 38].
- Table 40.* Effect of K concentration on wheat and the number of Helminthosporium colonies. Hoagland solution experiment, 1991. [K

- treatment mg/l, total salt load, shoot length, shoot fresh weight, number of colonies piece/20 plants or piece/cm shoot and %].
- Table 41.* World production of K fertilizers in 1987, according to DARST, 1992. [Countries: Soviet Union, Canada, E-Germany, W-Germany, France, USA, Israel, Others, total.  $K_2O$  in million t and in % of total].
- Table 42.* Known world K salt reserves in 1987, according to DARST, 1992. [Countries: Soviet Union, Canada, E-Germany, W-Germany, Brasil, USA, others, total.  $K_2O$  in million t and in % of total].
- Table 43.* Use of organic and mineral fertilizers in Hungary in 1931-1932, according to the statistical yearbook. [Period or year, FYM million t/year, fertilizer 1000 t/year, total, total NPK active ingredient kg/ha/year].
- Table 44.* Effect of K fertilization in Hungary as a function of soil texture. Data based on long-term field K fertilizer experiments, published in the literature 1960-1990. [Characteristics: number of experiments, soil texture index, humus %, AL-soluble  $K_2O$  in soil, optimum  $K_2O$  dosage kg/ha, grain yield of the unfertilized plot t/ha and in %, effect of K treatment in t/ha].
- Table 45.* Suggested limit values for soil available PK content in Hungary. [Soil groups for PK supply categories: poor, medium, satisfactory, high and harmful. Soil groups for P supply categories: acid, neutral and calcareous soils. Soil groups for K supply categories: sandy, loamy, clayey texture.  $P_2O_5$  and  $K_2O$  mg/kg soil.]
- Table 46.* Use of fertilizers in some European countries. Total N +  $P_2O_5$  +  $K_2O$  kg/ha agricultural area between 1961-65 and 1987.
- Table 47.* The first 18 European countries by orders of fertilizer usage in 1986, according to agricultural statistics.
- Table 48.* The N +  $P_2O_5$  +  $K_2O$  ratios and total fertilizer application in 1000 t and in kg/ha arable land in some countries. International Statistical Yearbook, 1978.
- Table 49.* Macroelement composition of the most known fertilizers in Hungary. [First line: commercial name of fertilizer, chemical symbol of the active agents, element content in %].
- Table 50.* Microelement pollution of fertilizers. ICP analysis.
- Table 51.* Microelement pollution of fertilizers. ICP analysis. Cont. Table 51.
- Table 52.* Effect of P and K fertilization on the available element content in the plow-ed layer. Calcareous chernozem, Nagyhörcsök, 1990. [ $NH_4OAC$  + EDTA available  $P_2O_5$ , Sr, B, Co as a function of superphosphate levels and  $K_2O$ , Ba, Na as a function of muriate of potash levels].
- Table 53.* Effect of K fertilization on the element concentration of the peas' shoot, mg/kg. Calcareous chernozem, Nagyhörcsök, 1990. (KÁDÁR, 1992).
- Table 54.* Applied fertilizers, kg/ha/year. Calcareous sandy soil, Őrbottyán. [First 20 years, after the 21st year].
- Table 55.* Effect of fertilizers on the available P and K content of the soil, as well as on the 1000-seed mass, oil content and oil yield of safflower plant. Cal-careous sandy soil at Őrbottyán, 20th year, 1990].

- Table 56.* Effect of long-term fertilization on the seed, straw, head and total air-dry yield of safflower plant. Calcareous sandy soil at Örbottyán, 1990.
- Table 57.* Effect of fertilization on the shooting and flowering of safflower plant in % of the total plant. Calcareous sandy soil, Örbottyán, 20th year, 1990.
- Table 58.* Effect of fertilization on the cation content and ratio in the leaves of saf-flower. Calcareous sandy soil, Örbottyán, 1990.
- Table 59.* Effect of fertilization on the development and shoot yield of winter wheat. Calcareous sandy soil, Örbottyán, 1991. [Development state at 22 May, 18 June, 8 July: 1 = very poor, 5 = very good stand. Shoot yield fresh and air dry g/m<sup>2</sup>, air dry matter content in %].
- Table 60.* Effect of fertilization on the yield and yield component of winter wheat. Calcareous sandy soil, Örbottyán. [Treatment code, heads g/m<sup>2</sup> and piece/m<sup>2</sup>, seed, straw, husks and total in t/ha, straw/seed ratio].
- Table 61.* Effect of fertilization on the cation content and ratios of winter wheat shoot. Calcareous sandy soil, Örbottyán, 30 April, 1991.
- Table 62.* Effect of fertilization on the development and mass of carrot. Calcareous sandy soil, Örbottyán, 12 June, 1992. [Treatment code, development assessment: 1 = poor and 5 = very good stand, canopy/root ratio, canopy g/20 plants green and air dry weight, root g/20 plants green and air dry weight].
- Table 63.* Effect of fertilization on the development and mass of carrot. Calcareous sandy soil, Örbottyán, 15 September, 1992. [See Table 62].
- Table 64.* Effect of fertilization on the mineral composition of carrot at harvest. Calcareous sandy soil, Örbottyán, 15 September, 1992. [Ca, K, Mg, P % in dry matter, K/Ca, K/mg, K/P ratios, canopy, root].

 Könyvismertetés 

Dr. KÁDÁR IMRE

A kálium-ellátás helyzete Magyarországon

Jelen kiadványunk célja, hogy tudományos igényű áttekintést nyújtson hazánk kálium ellátásáról és a kálium forgalmával összefüggő környezetvédelmi aspektusokról. A tanulmány vizsgálja ezen elem előfordulását és lehetséges feldúsulását a talajban, vizekben, növényben, állatban, emberben - tehát a

tápláléklánc egészében. Kitér a kálium élettani szerepére, valamint a K-hiány, illetve a K-túlsúly következményeire.

A szerző nemzetközi adatokra, hazai országos vizsgálatokra, valamint a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében végzett több évtizedes kutatási eredményekre támaszkodva egyértelmű választ kíván adni mindazon kérdésekre, melyek a közvéleményt és a politikai döntéshozókat is foglalkoztatták az elmúlt években, ill. foglalkoztathatják a jövőben. E célból összegyűjtötte a leggyakrabban felvetődő kérdéseket és a könyv mellékletében röviden és közérthetően külön is válaszol rájuk.

A tanulmány megfogalmazza azokat a javaslatokat, melyek kijelölhetik az esetleges tenni-valókat (szabályozási feladatok, hatósági beavatkozások, jövőt megalapozó kutatási prioritások stb.) Magyarország kálium egyensúlyának biztosítása érdekében.

Kiadványunk ajánlható az e témában dolgozó irányító és szaktanácsadó szervezetek szakembereinek, az oktatásban és kutatásban, valamint tágabban a környezetvédelemben érdekelt széles körének.

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, 1022. Budapest, Herman Ottó út 15.

Postacím: 1525. Budapest, Pf. 35. Tel. és fax: (06-1) 155 8491

