

**AZ ŐRBOTTYÁNI 50 ÉVES ÖRÖK ROZS
ÉS EGYÉB MŰTRÁGYÁZÁSI
TARTAMKÍSÉRLETEK TANULSÁGAI**

Szerzők:

Kádár Imre, Márton László és Láng István

**Magyar Tudományos Akadémia
ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet
Budapest, 2012**

File: 6b50éve

**AZ ŐRBOTTYÁNI 50 ÉVES ÖRÖK ROZS
ÉS EGYÉB MŰTRÁGYÁZÁSI
TARTAMKÍSÉRLETEK TANULSÁGAI**

Szerzők:

Kádár Imre, Márton László és Láng István

**Magyar Tudományos Akadémia
ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet
Budapest, 2012**

**AZ ŐRBOTTYÁNI 50 ÉVES ÖRÖK ROZS
ÉS EGYÉB MŰTRÁGYÁZÁSI
TARTAMKÍSÉRLETEK TANULSÁGAI**

Lektorálta: Dr. Szemes Imre

ISBN: 978-963-89041-3-3

**Technikai szerkesztő: Szilágyi Zoltánné
Hozott anyagból sokszorosítva
9421549 Akaprint Nyomdaipari Kft.
Budapest**

Tartalomjegyzék

I. Előszó	7
II. A növénytáplálással kapcsolatos elméletek fejlődéséről	9
III. A szabadföldi kísérletezésről	14
IV. A talajtulajdonságokról általában	17
1. A talajok fizikai jellemzői	17
2. A talajok kémiai és egyéb tulajdonságainak jellemzése	19
3. A hazai homoktalajok típusai és elterjedésük	23
4. A talajok vízgazdálkodása	25
5. A talajok levegő- és hőgazdálkodása	26
6. A homoktalajok műveléséről	27
V. Az örök rozs kísérlet első évtizede (1961-1972) eredményei (Láng István MTA Doktori Disszertációja kivonatos közlése alapján)	32
VI. A rozs szárazanyag-felhalmozása és elemfelvétele a tenyészidő folyamán	47
VII. Az „évhatás” és a tápláltság összefüggése a 20 éves őszi rozs tartamkísérletben	62
VIII. Trágyahatások elemzése 1961-2004 között a csapadékellátottság függvényében	65
IX. A N műtrágyák tanulmányozása tenyészedenyírási kísérletben	78
1. Kísérlet módszere	78
2. Kísérlet eredményei	79
X. Műtrágyahatások vizsgálata egyéb növényekkel	87
1. Műtrágyázás hatása a növények termésére 1971-1977 között	88
2. Műtrágyázás hatása a talaj felvehető PK-tartalmára	94
3. Műtrágyázás hatása az olajzöldre (<i>Carthamus tinctorius L.</i>) 1990-ben	95
4. Műtrágyázás hatása az őszi búzára (<i>Triticum aestivum L.</i>) 1991-ben	98
5. Műtrágyázás hatása a sárgaréparára (<i>Daucus carota L.</i>) 1992-ben	99
XI. A műtrágyázási szaktanács ajánlott módszere	102
1. Általános rész	102
1.1. Fontosabb talajtípusaink és átlagos jellemzőik	102
1.2. A tápelempótlás jelentősége	104
1.3. A trágyaszükséglet becslésének módszerei	107

1.3.1. Szabadföldi próba vagy kísérlet módszere	107
1.3.2. Talajvizsgálatok módszere	107
1.3.3. Tápelemmérlegek módszere. A táblatörzskönyv	109
1.4. Műtrágyaigényt módosító tényezők figyelembe vétele	110
1.5. Műtrágyázás és környezetvédelem	114
2. Részletes tanácsadás	116
2.1. Kalászosok	116
2.2. Kukorica	120
2.3. Repce	122
2.4. Napraforgó	125
2.5. Burgonya	126
2.6. Gyep	129
2.7. Lucerna	132
2.8. A P-túltrágyázás okozta termés csökkenésről	135
XII. A kémiai elemek légköri ülepedése és környezeti jelentősége	137
1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	137
2. Anyag és módszer	143
3. Eredmények megvitatása	144
4. Összefoglalás	153
5. Felhasznált irodalom	154
XIII. Az 1961-2011 közötti szem- és szalmatermések, valamint a havi és éves csapadékösszegek. Tanulságok összefoglalása.	157
XIV. Irodalomjegyzék	165
XV. Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet munkatársainak kiadványai 1980-2011 között	171

I. Előszó

A Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében a homokkutatások kiemelt jelentőséget kaptak. Az 1980-as évekig önálló homokkutatási osztály működött dr. Egerszegi Sándor nemzetközi hírű homokkutató vezetésével. Közvetlen munkatársai voltak Láng István, Hepp Ferenc, Lásztity Borivoj, Gáti Ferenc, Dvoracsek Miklós, Kozák Mátyás, Szemes Imre és mások. Az ott folyó átfogó vizsgálatokhoz kapcsolódtak a talajtani és az agrokémiai tudományos osztályok munkái, a talajtani kutatásokhoz Stefanovits Pál, Klimes-Szmik Andor, Várallyay György és Bodolai Istvánné, míg a későbbi agrokémiai, növénytaplálási kísérletezéshez Latkovics Györgyné, Kádár Imre és Németh Tamás tevékenysége.

A sokirányú átfogó kutatások kiterjedtek az alábbi kérdések vizsgálatára:

- Homoktalajok kialakulása és elterjedése Magyarországon;
- Homoktalajok fizikai, kémiai tulajdonságainak jellegzetességei;
- Homoktalajok művelése, erózió elleni védelme;
- Homoktalajok réteges javításának, gyökeres átalakulásának lehetősége;
- Homoktalajok meszezése és műtrágyázása, termékenységének növelése;
- Homoktalajokon termesztendő kultúrák ásványi táplálása.

Az 1950-es évek végén, ill. a '60-as, '70-es években beállított szabadföldi kísérletek (elsősorban a műtrágyázási tartamkísérletek) jó részét a mai napig sikerült megőriznünk két fontos homoktájunkon. Az Órbottyáni Kísérleti Telep a Duna-Tisza közti meszes, míg a Nyírlugosi Telep a nyírségi savanyú homokot képviseli. Az immár 5 évtizedes kutatások sokat adtak a hazai talajtani, növénytermesztési tudományoknak és a gyakorlatnak. Eredményei beépültek a homoki gazdálkodásba, szaktanácsadásba, oktatásba, kutatásba egyaránt. A több évtizedes, megszakítás nélkül folyó kísérletek felbecsülhetetlen nemzeti értéket jelentenek, nélkülük a jövő homoki gazdálkodása, környezetkímélő eljárások bevezetése nehezen képzelhető el.

A homoktalajok védelme, javítása, termékenységük megőrzése hazánkban kiemelt figyelmet érdemel, mert a hasznosított mezőgazdasági területünk 1/5-ét homokos területek képviselik. Itt terem a zöldség, gyümölcs, dohány és egyéb növényeink jelentős hányada, mely döntően befolyásolja a hazai lakosság ellátását, valamint a mezőgazdaság exportképességét. Másrészt a falusi népesség megélhetésének szinte egyedüli forrását helyenként az e talajokon folyó gazdálkodás jelenti, munkaalkalmat teremtve.

A homokok keletkezésükből eredően általában szegények humuszban, ásványi kolloidokban, tápanyagokban. Hangsúlyozni kell rendkívüli érzékenységüket mindenféle környezeti vagy emberi behatással szemben mint pl. aszály, elsavanyodás, tápelemek gyorsan fellépő hiánya vagy túlsúlya, talajszennyezés stb. Mivel a homoktalajok átalakító, szűrő és megkötő/pufferoló képessége csekély,

nem nyújthatnak megfelelő védelmet a talajvizek szennyeződése ellen. Ha a talajvíz a felszínhez közel helyezkedik el (homoktájaink jelentős részén ez nem kizárt), az ivóvízbázisok könnyen szennyeződhetnek nitráttal, nehézfémekkel, műtrágyák vivőanyagaival, növényvédőszer maradványaival, szerves szennyezőkkel.

Az elmondottakból adódóan a homoktalajokkal való törődés nem pusztán vagy nem csak az agrárpolitika feladata, hanem a környezet megóvásának, ill. az emberi élettér védelmének is fontos eleme. Tágabban tehát népgazdasági érdek és nemzeti ügy. Sajnos mindez nem tudatosult, vagy elfelejtődött még a szakmai körök egy részében is. Homok termőhelyeink általában egyúttal az ország legszegényebb, leginkább elmaradott régiói. A vidékfejlesztés programja, távlati célkitűzései nem valósíthatók meg, ha a negatív folyamatok erősödnek. Amennyiben e talajok tápelemekben elszegényednek, elsavanyodnak, gyakoribbá válik a szélerózió (homokverés), romlik vízgazdálkodásuk, szélsőségesebbé válik az aszály, és egyre kevesebb kultúra termesztető biztonsággal.

A szakszerűtlen gazdálkodás, a tudományosan megalapozott szaktanácsadás hiánya e talajok termékenységének csökkenéséhez és a népesség gyors elszegényedéséhez majd elvándorlásához vezethet. Az állam feladata támogatni a gazdálkodókat. Talán elsősorban nem is az exportot kell támogatnunk közvetlenül, hanem az exportképességet. Mégpedig a racionális gazdálkodás elősegítése, tapasztalatok átadása, szakismeretek terjesztése útján, hiszen e téren korlátozó tényező elsősorban a tapasztalat és szakismeret hiánya. A legnagyobb tartalékokkal éppen e téren rendelkezünk, mert nem versenyezhetünk Ny-Európa gazdáival az exporttámogatások terén.

A gyakorlatnak is átadható eredményeket már 1966-ban összefoglalta a "Növénytermesztés homokon" c. kézikönyv. A nyírlugosi kísérletekről 1994-ben és 2011-ben látott napvilágot önálló kiadvány. A jelen munka áttekinti a homoktalajokkal kapcsolatos alapvető ismereteket. Kitér azok képződésére, hazai elterjedésükre, taglalja termékenységüket és a rajtuk folyó gazdálkodást meghatározó tulajdonságaikat. Áttekinti e talajok javításával, trágyázásával nyert évtizedes eredményeket és javaslatokat fogalmaz meg a termékenység megőrzését szolgáló egyszerű és környezetkímélő eljárásokra a Duna-Tisza közti örbottyáni örökrozs és egyéb kísérletek félévszázados eredményére támaszköva. Nyelvezete egyszerű és közérthető, az elengedhetetlenül fontos fogalmat értelmezi.

A gazda találkozik majd e fogalmakkal a szaktanácsadás során, melyek elősegítik, hogy a talajának minőségét, jellemzőit megismerje. Erre épülhetnek a gazdálkodás elemei, a művelési, talajjavítási, trágyázási beavatkozásai. Reméljük az ismereteket gyümölcsözően hasznosítani fogja. A könyv egyaránt ajánlható a kutatás, oktatás és a szaktanácsadás számára.

Budapest, 2012

A Szerzők

II. A növénytáplálással kapcsolatos elméletek fejlődéséről

Történeti visszapillantás

A gondolkodó emberi elmét minden korban foglalkoztatta a növényi fejlődés misztériuma. Mitől nő a termés, melyek a növekedés tényezői? Gazdag mezőgazdasági irodalom létezett már az ókori Rómában, mely az egzakt tudományok kialakulásáig, az 1700-as évek végéig hatott. A római szakirodalmat egy kötetbe gyűjtve és sűrítve Bologna város szenátora *Petrus Crescentius* jelentette meg 1240 körül. Ez a munka „*Ruralium commodorum libri duodecim*” címmel vált ismertté és számos kiadást ért meg az évszázadok alatt. Az ismeretek forrását a megfigyelés és a tapasztalat képezte, melyeket az ókor gondolkodói rendszereztek. A kísérletezés módszeréről azonban alig volt elképzelésük. A haladás ezért lassú volt, tévelygéseken és zsákutcákon keresztül valósulhatott csak meg.

Gyakran hivatkozunk az olasz *Palissy 1563-ban* megfogalmazott és ma is korszerűnek tekinthető állítására, mely szerint trágyázással a növények által a talajból felvett sókat adjuk vissza. Ha a növényeket elégetjük, sós hamut kapunk. Minden növény valamiféle sót tartalmaz, mely leszántva a talajt javítja. A fenti állítás igaz. Tudományos igazsággá azonban csak akkor vált, amikor mennyiségi méréseket végeztek és ezt kísérletesen is igazolták. A sokféle uralkodó nézettel együtt ekkor még csak spekulációnak minősülhetett és el is felejtődött.

Glauber (1656) az istállók faláról salétromot nyert. Helyesen feltételezte, hogy mivel az állatok növényevők, növények lehetnek a salétrom elsődleges forrásai. Kimutatta, hogy ez az anyag ugrásszerűen növeli a termést, ezért következtetése szerint a talaj termékenységét és a trágyaszerek értékét a salétrom készlete határozhatja meg. Salétrom tehát a „vegetáció princípiuma” a növényi növekedés okozója, motorja, alapja. Hibásan feltételezve, hogy ez az egyedüli növényi tápanyag. *Mayow (1674)* később kísérletesen is megerősítette *Glauber* állításait, talajban vizsgálva a nitrátot. Azt találta, hogy az nagyobb mennyiségben a vegetáció kezdetén tavasszal fordul elő, azonban nem mutatható ki az erőteljes növényi növekedés idején. A növény „kiszívja” a salétromot a talajból.

Az elhalt növényi és állati maradványok talajba keverése, a trágyázás növeli a termést, melyre utal az az ókori mondás, hogy „a bomlás a vegetáció anyja”. A növényi növekedés alapelveit tisztázni kívánó első kísérletes próbálkozások során ezt az ősi bölcsességet az újkori kutatók gyakran szem elől tévesztették. Van *Helmont (1652)* Brüsszelben 90 kg talajban fűzfát nevelt esővízzel öntözve. 5 év után megállapította, hogy a kb. 23 kg fanövedék a vízből származott. A talaj tömege ugyanis gyakorlatilag nem változott, 60 g-mal csökkent. Utóbbi mérési hiba is lehetne. A víz tehát a növekedés princípiuma, a növények egyetlen tápláléka. A kísérlet egyszerű és meggyőző, a levont következtetés azonban helytelen. Két tényező elkerülte *Helmont* figyelmét, a levegő és a hiányzó 60 g

talajalkotó szerepe. *Boyle (1661)* megismételte *Helmont* kísérletét egy másik növényvel, egy indiai tökfélével, és hasonló következtetésre jutott. A növényt analizálva (desztillálva) azt találta, hogy az „sót, alkoholt, földet és olajat tartalmaz, melyeket a vízből készített.” A levegő és a hiányzó talaj jelentőségét ő sem ismerte fel. Megemlítjük, hogy a mai növénykísérletezők leggyakoribb, mondhatnánk klasszikus hibája szintén a talaj és az éghajlat nem kellő figyelembevétele.

Woodward (1699) Angliában ellenőrizte az elméletet. Mentát nevelt 77 napon át különböző eredetű, szennyezetségű vízben. A növény tömege a földes szennyezéssel nőtt. Szerinte a növényben felfelé áramló víz nagy része az atmoszférába távozik a pórusokon keresztül, míg a benne oldott földes anyagok visszamaradnak. Ezen anyagok vízbeni mennyiségétől függ a termés. A növényi és állati hulladékok azért jó trágyák, mert a földes anyagból a legtöbbet tartalmazzák. „Az az anyag, amiből a növények képződnek a föld, nem pedig a víz” – vonja le végső következtetését.

Helmont (1652) és *Boyle (1661)* kísérleteire támaszkodó hibás elmélet szerint tehát a víz az egyetlen növényi tápanyag és a növény elégetése után visszamaradó hamanyagokat a növény „készíti”. A tudomány haladásának lassúságát mutatja, hogy ez a teória csaknem 200 éven át fennmaradhatott. A berlini Tudományos Akadémia 1800-ban pályázatot írt ki: „Milyen vegyületekből áll a növényi hamu és e vegyületeket a növény maga állítja elő vagy környezetéből veszi fel?” *Schrader* jutalmazott munkája szerint „a hamanyagokat és az abban előforduló vegyületeket a növény maga készíti.” *Schrader* a magvakat nem tiszta közegbe vetette, így a csírázott növények több hamut tartalmaztak, mint a vetett mag. Ma is gyakori, hogy a szigorú kísérleti körülményeket, tiszta edényeket és vegyszereket nem tudjuk biztosítani és hamis következtetésekre jutunk.

Történeti érdekesség megemlíteni *Tull (1731)* Londonban megjelent munkáját, mely a lókapás gazdálkodás (*Horse hoeing husbandry*) címet viselte. A szerző szerint a növekvő gyökerek egyszerűen elnyelik a talajrészecskéket. A művelés, kapálás növeli a talaj felületét, aprómorzsa szerkezetét, így a növény táplálkozását. A talajrészecskék jobban „lejelhetők” a gyökerek által, vízben jobban feloldódnak. A különböző növényeknek nincs szüksége különböző táplálékra, mint az állatvilágban a lovaknak és a kutyáknak. *Tull* a művelés és a talajállapot fontosságára hívta fel tulajdonképpen a figyelmet.

Valójában az ókori görög bölcselek gondolatai követhetők nyomon. *Thalész i.e. 600* körül azt vallotta, hogy a növények vízből táplálkoznak. *Empedoklész (i.e. 495-435)* hangsúlyozta, hogy a négy őselem a víz és a föld, tűz és a levegő egymásba átalakulhat. *Arisztotelész (i.e. 384-322)* foglalta össze a legátfogóbban az ókor filozófiáját, hatása meghatározó volt az évszázadok folyamán. *Arisztotelész* alapvetően a talajt, annak humusztartalmát tekintette növényi tápláléknak és hirdette: „A növény gyökerei hasonlóak az állatok szájához, mindkettő a táplálékfelvételt szolgálja. A növények azért nem termelnek ürüléket, mert a föld és annak tüze szolgál gyomor helyett.”

Amikor van *Helmont* belga orvos 1652-ben ellenőrizte *Arisztotelész* tételét, cáfolta azt a brüsszeli fűzfa kísérletével. De nem volt ellentétben annak alapkoncepciójával, hiszen a talaj helyett a négy alapelemből pusztán egy másikat, a vizet jelölte meg. *Helmont* úgy képzelte, hogy amikor a szerves anyagok elbomlanak, anyagaikat a víznek adják le az égés során. Logikus volt számára tehát, hogy a víz hozza létre a növényi anyagot az égéssel ellentétes folyamatban. Woodward szintén az arisztotelészi koncepció keretében maradt, hozzá hasonlóan a földet tekintette a növekedés princípiumának. *Tull* még közelebb került e téren *Arisztotelészhez*. *Home* pedig mind a négy őselemet említi, némi módosítással (kiegészítve az olajjal).

Csodálkozhatunk *Helmont* naivitásán, de korába visszahelyezve meg kell állapítani, hogy következtetései helyénvalóak voltak. Minden bizonnyal hasonló vagy egyenértékű hibákat követünk el napjainkban, a ma uralkodó dogmáknak megfelelően. Kísérleti eredményeink értelmezését erőteljesen befolyásolják korunk szemléletei. A matematikai modellek leírhatnak egy jelenséget, de más modellek is létezhetnek. A megfigyelés és a hipotézis közötti egyezés nem mindig jelent okozati összefüggést. Ahogy nő az adatok száma, változhat a kép. Az élő rendszerek rendkívül összetettek, a megfigyelések tévútra vezethetnek. Ezért is részesítjük előnyben a hosszú távú, tartamhatású vizsgálatokat.

Az Edinburgh Society 1757-ben felkéri *Francis Home* ismert vegyész, hogy derítse ki, mire képes a kémia a földművelés alapelveinek tisztázásában. Ebben a korban általánossá válik a tudományos érdeklődés a mezőgazdaság iránt. *Home* tenyészedény kísérleteket végez és felismeri, hogy a növények táplálása több tényezőtől függhet, többféle tápláléka van a növénynek: víz, föld, különböző sók, levegő, olaj. Végül arra a megállapításra jut (mint később *Liebig és Timirjazev* is), hogy „A földművelés egész művészete egyetlen dologra összpontosul, a növények táplálására.” A tűz (tarlóégetés) is szerepelt *Home* listáján, „szilárd formában” is.

Az állati légzés, valamint az égetés és a rothadás, bomlás termékei a levegőt elrontják. *Priestley (1775)* bemutatta, hogy a növények az ilyen levegőt megtisztítják. Amikor az üvegharang alá egy cserép növényt tett, az egér életben maradt. Később felfedezte és meghatározta az oxigént is. A fény szerepét azonban nem ismerte fel. *Ingen-Housz (1779)* igazolta, hogy a folyamat csak fény jelenlétében megy végbe. Fény hiányában a növények is elrontják a levegőt. *Senebier (1782)* a gázok, ill. a levegő hatását vizsgálva a növényre arra a következtetésre jutott, hogy *Helmont (1652)* brüsszeli fűzfájának súlygyarapodása valójában a „megkötött levegő” rovására ment végbe. A CO₂ még nem jelenik meg ekkor önálló fogalomként.

A további áttöréshez új módszertan vált szükségessé, hogy *Senebier* szemlélete tovább fejlődhessen. A genfi híres tudós fia, *Théodore de Saussure 1804-ben* bevezette a mennyiségi kísérletes módszertant, mely megalapozta a modern élettani, agrokémiai, majd az agronómiai tudományokat. Előzményként utalnunk kell a kémia fejlődésére, a modern kémia alapítóra, az orosz *Lomonoszov (1711-*

1765) és a francia *Lavoisier* (1743-1794) munkáira, akik bevezették a mérleget a kémiai kísérletekben, egyenleteket felállítva kísérletekkel igazolták a tömeg megmaradásának törvényét. *De Saussure* mennyiségi kísérletes módszertanára épített azután *Boussingault* Franciaországban, *Liebig* Németországban, *Lawes* és *Gilbert* Angliában, *Timirjzev* Oroszországban stb. E módszer mind a mai napig kutatásaink alapjául szolgál.

Ami a gázok szerepét illeti *de Saussure* rámutat arra, hogy a növény nem tud csírázni légüres térben vagy olyan gázban, ami nem tartalmaz oxigént. A csírázás alatt abszorbeált oxigén mennyisége egyenlő a növény által képzett CO₂-dal. Megállapította, hogy a CO₂ jobban késlelteti a csírázást, mint a nitrogén vagy a hidrogén. A CO₂ kis mennyiségben elősegíti a fénynek kitett növények életműködését, de túlsúlya esetén a növény elsorvad. A zöld növény funkciója napfény hatására lebontani a légköri CO₂-ot.

A növény testének csak kicsiny része származik a talajban található vízben oldott anyagokból. Fő alkotó elemei a légköri CO₂ és a víz. A talajból felvett sók azonban a növény élettevékenységéhez elengedhetetlenek. Azok nem véletlenül kerülnek a növénybe és változnak a korrallal, termőhelyi viszonyokkal, növényi részekkel. *De Saussure* 200 évvel ezelőtt kiadott munkáját nemcsak a biológia és növényélettan tekinti korszakalkotónak, hanem a növénytáplálás gyakorlati oldalával foglalkozó agrokémia, növénytermesztés, ill. tágabban az agronómia is. Ez a mű volt ugyanis a diagnosztikai célú növényanalízis előfutára, mely módszer lehetővé teszi, hogy a termesztett növényeink tápláltsági állapotát (ezen keresztül tápanyag-, ill. trágyaigényét) közvetlen módon megítéljük és a nagyobb mennyiségű, jobb minőségű termékek elérése érdekében beavatkozzunk. A módszer a talajvizsgálatokkal együtt a tudományos igényű műtrágyázási szaktanácsadásunk egyik alappilléreül szolgál. *De Saussure* munkásságának jelentőségét akkor tudjuk igazán megítélni, ha áttekintjük a növényi fejlődésre vonatkozó szemléletek alakulását az elmúlt évszázadok folyamán.

Saussure ismerte *Senebier* munkáit és nyomdokain haladva tulajdonképpen két fő problémát vizsgált. Levegő és a gázok hatását a növényre, valamint a növényi hamu ill. a növény sóinak eredetét. Növényeket nevelt levegő, ill. levegő és CO₂ keverékén. A gázcsere mérésére eudiométeres (gázmérőcső, gázelegy égetésre és térfogatcsökkenés mérésre alkalmas osztályozott üvegcső) módszerrel, a növény ún. karbonizációval (O₂ abszorpció és CO₂ fejlődés) kísérte figyelemmel, bemutatva a CO₂ asszimilációját és az O₂ termelését fényben. A CO₂ kis mennyiségben szükséges volt a növény fejlődéséhez. Hiányában a növény elpusztult, mert ez a gáz biztosította nemcsak a C, de az O₂ egy részét is.

Saussure igazolta, hogy a víz is elbomlik, átalakul a növényben. A vízben oldott sók a növény testének elenyésző részét képezik, de elengedhetetlenek. Ide tartozik a N is, melyet a növények nem képesek közvetlenül a levegőből felvenni, valamint a hamuanyagok. A gyökér pedig nem egyszerű szűrő, mely bármely folyadékot átenged. Aktív szerve a növénynek, szelektíven veszi fel a különböző sókat. A növényi hamu nem állandó, változik a talaj természete és a növény faja, kora

szerint. Főként azonban alkáliák és foszfátok alkotják. A hamu összetevői a humuszban is megtalálhatók. Ha magot vízben csíráztatunk, a csíranövény hamujának tömege egyezik a magéval és csak a kis mennyiségű ráhullott porral gyarapodhat. A növény nem képes hamuelemeket előállítani.

A korábbi kutatók, írók nehézkes, nem szabatos nyelvezete után *Saussure* logikusan érvel, sokoldalúan és világosan bizonyít. Tanait ennek ellenére sokáig nem fogadták el, módszerét nem követték. *Thaer (1809)* Németországban közölte „Az ésszerű mezőgazdaság alapjai” c. nagyhatású könyvét, mely a korábban uralkodó szemléletet erősítette: növények a szenet és a többi tápelemet a humuszból nyerik. „A talaj termékenysége teljesen a humusztól függ. A vizet kivéve ez az egyetlen, mely a növényt táplálja. Ezért a humusz az élet terméke és egyben feltétele. Nélküle az individuális élet sem képzelhető el.”

Davy (1813) megjelentette Londonban „Az agrokémia elemei” c. munkáját. A könyv a régebbi szemléleteket tükröző utolsó nagy mű és azok összefoglalása. Szintén a gyökéren történő szénfelvételt hirdette nagy tekintéllyel. Az olajat pl. fontos trágyaszernek minősíti, mert sok szenet és hidrogént tartalmaz. Nem hallgatható el, hogy *Liebig* előtt a kémia pápájának tartott svéd *Berzelius* szintén a humusz-elmélet hívének vallotta magát az 1838-ban megjelent „Kémia alapjai” c. művében. *Liebig (1840)* szintetizálta korának tudományos eredményeit (kémia, élettan), felhasználva *Saussure*, *Boussingault* és mások eredményeit és így nevéhez kötődik az agrokémiai tudomány létrejötte. Hatásos könyvével elsöpörte a régi szemléleteket.

Az 1800-as évek elejével új korszak kezdődött. A tudomány lépett a porondra, hatása érintette az egész társadalmat, beleértve a mezőgazdaságot is. Nőtt az igény az élelmiszerek hatékonyabb termelésére, hiszen a munkaerő egy része a terjeszkedő iparba vándorolt. A római kortól az 1800-as évek elejéig a gabonatermések nem változtak Európában, 0.5-0.8 t/ha között ingadoztak átlagosan. Az 1900-as évek elejére az átlagtermés megháromszorozódott, azóta a növekedés szinte exponenciális. A mezőgazdaságban alkalmazott módszerek sem változtak sokat az 1800-as évek elejéig. Döntően az ókori tradicionális ismeretekre épültek. A vetésforgót, ugarolást, meszezést, szerves ill. zöldtrágyázást, pillangósok vetését a talajtermékenység megőrzése céljából már a római időkben bevezették. E módszerek tudományos alapjairól persze nem sokat tudtak a középkorban sem.

III. A szabadföldi kísérletezésről

Amióta az ember földműveléssel foglalkozik, megfigyeléseket végez és adatokat gyűjt. Hosszú évezredek át az empirikus megfigyelés és tapasztalat volt az agronómiai ismeretek forrása. Ismereteink szerint az 1700-as évek közepe előtt modern értelemben vett tudományos kutatás nem létezett. A mezőgazdasági kutatások valójában egy évszázaddal később, a XIX. sz. közepétől intézményesülnek. Az 1800-as évek elejéig még nem jöttek létre a mezőgazdasági kísérleti állomások, sem a mai értelemben vett, a szigorúbb követelményeknek megfelelő mezőgazdasági főiskolák. Ennek nem mond ellent az a tény, hogy egy-egy nagybirtokos esetleg létrehozott saját szakiskolát, intézőképzőt (lásd pl. Georgikon Magyarországon).

A mezőgazdasággal foglalkozó szakkönyvekben gyakran annyi volt a spekuláció, mint a józan gyakorlati útmutatás. Az újabb eljárásokat az üzemek úgy vezették be, hogy hiányzott az egzakt összehasonlítást lehetővé tevő kontroll. A siker vagy a kudarc okairól általában nem tudtak tiszta képet alkotni. Az ok-okozati ismeretek nélküli, a helyi körülményeket figyelmen kívül hagyó próbálkozások lassan szilárdították meg a helyes és általánosítható ismereteket. A haladás valójában kétségbeesetten lassú, fáradságos és kudarcokkal teli volt, mert vakon történt.

A haladás története, nyugodtan állíthatjuk, a tévedések története is volt. Az ókor gondolkodói valóban rendszerezték a megfigyeléseket és sok hasznos ismeretet halmoztak fel. A kísérletezés módszeréről azonban alig volt elképzelésük. Ezért alakulhatott ki a tekintélyelv, mely évezredek át nagy károkat okozott. És okozott vagy okozhatott az újkorban, napjainkban is (lásd pl. *Liszenko-tan*). A kísérlet, amennyiben objektív, megóv a hibáktól. A fejlődés a múlt század közepétől gyorsult, amióta kísérletezünk. A mezőgazdasági kutatás eredményei döntően járultak hozzá a civilizáció alapjainak bővüléséhez és a tudományos kutatás a fejlődés motorjává vált általánosan is.

A tudományos problémák kísérleti úton történő megválaszolásának alapelve tulajdonképpen a középkort követően egyre elfogadottabbá válik. A növényi élettan korai klasszikusai a vízkultúrát, tenyészedénykultúrát alkalmazzák abból a célból, hogy a növényi növekedés alapelveit, az ún. "princípiumait" tisztázzák. Gyakran vallják, hogy az "egyetlen út az igazsághoz a megfigyelés". Ezek közé tartozott *Bacon (1561-1624)*, *Helmont (177-1644)*, *Glauber (1604-1668)*, *Boyle (1627-1691)*. Az ekkor alkalmazott kísérleti technika még meglehetősen durva volt és az eljárást nem neveznénk tudományos kutatásnak.

Boussingault (1802-1882) az első, valóban kísérleti állomásnak nevezhető intézményt hozza létre 1834-ben a francia Elzászban. Szántóföldi kísérleteit, melyek a trágyázás és a vetésforgó kérdéseire vonatkoztak, gondosan megtervezte. Ezen felül saját gazdaságában laboratóriumot is állított fel. Lemérte és analizálta a parcellákra adagolt trágyákat és az onnan betakarított terményeket, tápelemmérlegeket felállítva. Elsőként bizonyította, hogy a pillangósok a levegőből

nitrogént képesek felvenni. Még *Boussingault* sem a mai értelemben vett ismétléses kisparcellás kísérleti technikát alkalmazta. Ez a technika tulajdonképpen hosszú fejlődés eredménye, mely általánosan elfogadottá csak a XX. század elején vált. Mégis Őt tekintjük a szabadföldi kísérletezés atyjának, mert a szabadföldi kísérletezést összekapcsolta a talaj- és növényvizsgálatokkal és bevezette a tápelemmérlegeket. Ezzel a szabadföldi kísérletezést tudományos módszerré avatta.

Liebig (1803-1882) ugyan nem végzett szabadföldi kísérleteket, de döntő befolyással volt azok elterjedésére. Szintetizálta kora tudományos eredményeit (kémia, élettan) és az agrártudományt alkalmazott természettudománnyá avatta. A mezőgazdaság *Liebig* előtt vagy után olyan vízvázalasztót jelöl, mint a keresztény világban a Krisztus előtti vagy utáni időszámítás - jegyzi meg *Salmon és Hanson (1970)*. *Liebig (1840)* újszerű nézetei nagy vitákat váltottak ki. Követői és ellenfelei egyaránt igyekeztek kísérletekkel igazolni álláspontjukat. *Liebig* Giessenben laboratóriumot létesített és oktatott, felhívta a figyelmet a mezőgazdasági kutatások fontosságára.

A Rothamstedi Kísérleti Állomás pl. London mellett 1843-ban létesült *Lawes (1914-1900)* birtokán. A kísérleti munkák irányítását *Liebig* egyik tanítványa, *Gilbert (1817-1901)* végezte. Az 1843-1856. között beállított 9 tartamkísérletből 8 többé-kevésbé változatlan formában ma is folyik "Rothamsted Classical Experiments" néven (*Guide 1984*). A Rothamstedi Kutató Központ ma is az agrokémikusok Mekkája, az agrokémiai-talajtermékenységi ismereteink egyik jelentős forrása. Az itt beállított kísérletek még nem a kisparcellás ismétléses technikát jelentették, hanem a *Boussingault* által Franciaországban kidolgozott mintára épültek. Az állomás megalapítása után 12 évvel *Lawes és Gilbert* az alábbi fontos következtetésre jutottak (*Tisdale és Nelson 1966*):

1. A gazdasági növényeknek szükségük van foszforra és káliumra, de a növényi hamu összetétele nem kritériuma a növény által igényelt mennyiségnek, mint ahogy azt *Liebig* mechanikusan feltételezte. (Tehát a tápelemigény és a trágyaigény nem ugyanaz.)
2. A légköri ammónia-N nem képes fedezni a nem-pillangós növények N igényét, mint ahogy azt *Liebig* vélte. A pillangós forgók többlet N-je a levegőből származik, ahogyan azt *Boussingault* is bizonyította. (A hogyanra ekkor még nem kapunk választ, hiszen a gyökérgümők és a bennük élő N-kötő baktériumok tevékenysége nem ismert.)
3. Az ugarolás kedvező hatása gyakran éppen a talajban lévő N-vegyületek felhalmozódásában rejlik, a humuszanyagok ásványosodása következtében. *Liebig (PK)* és *Boussingault (N)* gondolatát egyesíteni kell.
4. A talajok termékenysége fenntartható pusztán műtrágyákkal. Utóbbi megállapítást sokan még ma is vitatják. Az ásványi teória azonban véglegesen győzedelmeskedett. A kémia és az élettan (elmélet) eredményei megtermékenyítették az agronómiát (gyakorlat), most már nem válik el az elmélet és a gyakorlat. Közben *Boussingault* is közölte trágyázási kísérleteinek újabb eredményeit 1854-ben, megerősítve a rothamstedi kísérletek tanulságait. A

hitelesség érdekében meg kell jegyeznünk, hogy *Liebig* előtt mások is felvetették az államilag fenntartandó szabadföldi kísérletek fontosságát. *Haselhoff* idézi *Thaer-t* (*Cit. in: Deller 1988*): "Ilyen kísérletek nagy számban való beállítása az egyes ember erejét meghaladja, ezért az állam dolga lenne felnőtt férfiakat olyan helyzetbe hozni, hogy idejüket és tehetségüket teljesen a természet kutatásának szentelhessek, ezzel a mezőgazdaság és az általános jólét javát szolgálják."

Németországban az első mezőgazdasági kísérleti állomás 1851-ben létesült Lipcse mellett, Möckernben. *Nobbe* szerint (*Cit. in: Deller 1988*) alig 15 évvel később már 21 kísérleti állomás működött Németországban. Természettudomány-történeti fontossággal bír, hogy a kísérletek eredményeit rendszeresen és intézményesen megvitatták az akkori szakemberek. A véleménycserét szolgálta az 1858-ban megalapított "Die landwirtschaftliche Versuchstationen" folyóirat, valamint a vándorgyűlések. Az első vándorgyűlést 1863-ban szervezték Lipcsében. *Wolff (1864)* összeállította a talajvizsgálatok módszereit, azokat a kémiai és fizikai laboratóriumi eljárásokat, amelyeket alapjaiban ma is használunk.

Az Egyesült Államokban 1875-ben létesül az első ilyen intézmény, a Connecticuti Mezőgazdasági Kísérleti Állomás *Liebig* egyik tanítványa, *Samuel W. Johnson* vezetésével. A kutatás és a szakoktatás állami feladattá válását korábban már jelzi az 1862-ben a Kongresszus által elfogadott Morill-Törvény a mezőgazdasági főiskolák alapításáról. Majd ugyanezen évben az USDA (USA Mezőgazdasági Minisztériuma) megszervezése és végül 1887-ben az egyetemek mellett működő mezőgazdasági kísérleti állomások hálózatának létrehozása (*Hatch-Törvény*). Az állami egyetemi rendszer tovább bővül 1914-ben a szaktanácsadást és a felnőtt továbbképzést ellátó Cooperative Extension Service intézményével. Az egyetemek a kutatás-oktatás-szaktanácsadás hármass funkcióját ellátva mindhárom tevékenységükben támaszkodnak a szabadföldi kísérletezésre (*Kádár 1986*).

Klecskovszkij és Peterburgszkij (1964) szerint Mengyelejev, a periódusos rendszer megalkotója vezette azt a nagy műtrágyázási akciót, amelynek során minden akkor ismert fontos műtrágyát kipróbáltak Oroszországban 1867-1869 között. A szabadföldi kísérletek a moszkvai, peterburgszki, szimbirszi és a szmolenszki kormányzóságban folytak egységes metodikával. Az analízisek kiterjedtek nemcsak a műtrágyák, hanem a talaj és a termés vizsgálatára is. A kísérleti adatokat talán elsőként a világon, statisztikai próbáknak is alávetették. A kollektíva tagja volt *Timirjazev (1843-1920)* is, akinek tanítványa *Prjanisnyikov (1865-1948)* folytatta és alapozta meg a később kiterjedt kísérleti munkát.

Érdeemes megemlíteni, hogy ekkor ismerte fel az orosz agronómia-agrokémia a trágyák hatásában a zonalitás jelenségét. Az istállótrágya mindenütt hatásosnak mutatkozott, míg a P főként a csernozjomokon, a N és a mésztrágya pedig a podzolokon. A káliumot elsősorban a gyökérgumósok és a pillangós fűfélék hálálták meg. Mengyelejev arra a következtetésre jutott, hogy "...szinte minden talaj alkalmassá tehető a kultúrnövények termesztésére és termékenysége növelhető trágyázással, mert ezzel a talaj hiányosságait pótoljuk. A nálunk szokásos termékek nemcsak könnyen megduplázhatók ily módon, hanem három- és négyszeresére is növelhetők." (*In: Klecskovszkij és Peterburgszkij 1964*).

IV. A talajtulajdonságokról általában

1. A fizikai jellemzői

A talajok tulajdonságait döntően meghatározza, hogy milyen méretű részecskékből, szemcsékből áll. A részecskék aránya szabja meg a talaj fizikai féleségét (homokos, vályogos, agyagos voltát). A ma használatos szemcseméret beosztás alapjait *Atterberg* vezette be azok fizikai viselkedése alapján, melyet az alábbiakban ismertetünk.

1. Kavicsfrakció: 2 mm-nél nagyobb szemcsék, amelyek vizet nem tartanak meg és a talaj számára lényegében nem hasznosak, tápelemeket sem szolgáltatnak.
2. Durva homok: 2-0.2 mm frakció, mely a vizet áttereszt, de keveset tart vissza. Kapilláris úton a víz csak 25 mm magasra emelkedik benne, tápanyagot alig szolgáltat.
3. Finom homok: 0.2-0.02 mm frakció, mely a vizet jól áttereszt és 2 m-es rétege már 100 mm vizet képes visszatartani. Vízemelő képessége meghaladja az 1 métert. Kevés vizet a levegőből is megköt (gyengén higroszkópos), ill. némi tápelemeket is adszorbeál a vizes oldatból, de a növény ellátását nem képes biztosítani.
4. Por vagy iszap: 0.02-0.002 mm frakció, mely a vizet már rosszul ereszt át, de jól tartja vissza. Kismérvű hézagai már szűkek a növényi gyökerek számára. Higroszkóposága és tápelemszolgáltatása mérhető.
5. Agyag: 0.002 mm alatti frakció, mely a vizet alig vagy egyáltalán nem ereszt át, de igen erősen tartja vissza. Higroszkóposága és tápionmegkötő képessége nagy, gyúrható képlékeny anyagot alkot.

A fenti beosztást alapnak tekinthetjük, melyet a körülményeknek megfelelően finomítottak. Így pl. az USA-ban a homokfrakciót, míg Németországban a por és agyag frakciókat osztották több részre. A hazai szabványt és az *Atterberg* szerinti szemcseméret beosztást az *1. táblázat* foglalja össze. A szemcsearány megállapításakor csak az ún. "földes rész"-t, vagyis a 2 mm-es szitán átment talajt használjuk fel, de a 2 mm feletti részek mennyiségét is megmérjük. Utóbbi frakció aránya is fontos a talaj művelhetősége, víz- és tápanyaggazdálkodása szempontjából. A részecskék átmérői természetesen átlagértéket jelentenek, hiszen méreteik különböznek, nem feltétlenül szabályos gömb alakúak.

A szemcsefrakciók aránya határozza meg a talaj fizikai féleségét, szerkezetét (szövetét, textúráját). Az olyan talajt, amelyben a homok, iszap és agyag mennyisége többé-kevésbé kiegyensúlyozott, vályogtalajnak vagy vályogszövetű talajnak nevezzük. A kavics mindenképpen felesleges és káros a talajban. A durva homok 20-25 %-ig hasznos lehet, mert növeli a talaj szellőzősségét, vízvezető

képességét, művelhetőségét. A finom homok akár 60-70 %-ig is kedvező lehet, míg az iszap 30-40 % felett már nemkívánatos. A túl sok iszap és agyag a talajt tömötté, nehezen művelhetővé teszi, vízvezető képességét rontja. A 0.02 mm alatti iszap+agyag frakciók összegét "leiszapolható rész"-nek nevezik és arányuk meghatározó a talajok kötöttsége, víz- és tápanyaggazdálkodása szempontjából.

1. táblázat

A talajok fizikai tulajdonságai. Szemcseméret
(In: Hajas és Rázsó 1969)

Elnevezés szabvány szerint	Átmérő mm	Elnevezés Atterberg szerint	Átmérő mm
Kavics	2 felett	Kavics	2 felett
Homok durva	2.0-0.5	Homok durva	2.0-0.2
Homok középfinom	0.5-0.25		
Homok finom	0.25-0.10	Homok finom	0.2-0.02
Homokliszt (köliszt)	0.10-0.02		
Por vagy iszap	0.02-0.002	Por vagy iszap	0.02-0.002
Agyag	0.002 alatt	Agyag	0.002 alatt

A fizikai talajféleséget gyakran nem közvetlenül a mechanikai összetétel alapján határozzák meg, hanem más talajfizikai jellemzőből következtetnek rá. Az Arany-féle kötöttségi szám a K_A érték, mely a fonálpróbát adó talaj vízfelvételét jelöli. Tehát valójában nem a kötöttséget méri közvetlenül, csak jellemzi azt. A kötöttség gyakorlati fogalom, a talaj művelhetőségét, a talajellenállást, ill. a szükséges vonóerő-igényt méri, K_p/dm^2 egységben dinamóméterekkel. Ennek csak egyik összetevője a fizikai talajféleség, de nem azonos vele.

Másik gyakran használt talajfizikai mutató a higroszkóposág, a talaj vízmegkötő képessége. A homok alig 1, a vályog 2-4, az agyag 5-7 % vizet képes légszáraz állapotban megkötni. Ez a higroszkóposág az agyagtartalmat, kolloidális készletet jellemezheti. Mint felületi jelenség függ az agyagszemcsék méretétől és minőségüktől is, tehát csak közelítően alkalmas a fizikai-féleség jellemzésére a h_y értékszám. Hasonlóképpen a talaj ötórási kapilláris vízemelése is csak közelítően jellemzi a talaj fizikai-féleségét. A talajoszlopban felemelkedő víz magasságát a szemcseméretén túl befolyásolja a talaj humusz- és mésztartalma, szikessége stb. A talajfizikai jellemzők és a fizikai talajféleség közötti kapcsolatot ásványi talajoknál a 2. táblázat mutatja.

Meg kell azonban említeni a talaj érettségét is, amely a talaj mikrobiális hatásokra kialakult optimális fizikai állapota. Az érett nem homoktalaj szerkezetes, porhanyós, könnyen művelhető és tartósan ellenáll az esőnek. Az eső nem rombolja szét morzsáit, a vizet jól befogadja és kötöttsége kisebb, mint az ugyanolyan összetételű nem érett talajé. A rossz szerkezetű talajok felülete eltömődik,

elkérgesedik és a víz nem képes behatolni. A felületen elfolyó víz nagy károkat okoz, elmosza a termékeny felső réteget, a feltalaj gyorsan kiszárad, a növények vízellátása pedig elégtelenné válik.

2. táblázat A talajok jellemzése fizikai tulajdonságok szerint
(In: Hajas és Rázsó 1969)

Fizikai talajféleség elnevezése	Leiszapolható 0.02 mm alatti frakció %-a	Arany-féle kötöttségi szám, K_A *	Higroszkópos-sági értékszám hy **	5 órás kapilláris vízemelés, mm V_5 ***
Durva homok	0 - 10	25 alatt	0.5 alatt	-
Homok	11 - 20	25 - 30	0.6 - 1.0	300 felett
Homokos vályog	21 - 35	31 - 37	1.1 - 2.0	251 - 300
Vályog	36 - 60	38 - 42	2.1 - 3.5	151 - 250
Agyagos vályog	61 - 70	43 - 50	3.6 - 5.0	76 - 150
Agyag	71 - 80	51 - 60	5.1 - 6.0	41 - 75
Nehéz agyag	81 - 90	60 felett	6.0 felett	41 alatt

* Arany-féle kötöttségi szám (K_A) kifejezi, hogy 100 g ásványi talaj hány g víz hatására kezd elfolyósodni.

** Higroszkópos-sági értékszám (hy) kifejezi, hogy a légszáraz talaj mennyi vizet képes megkötni a 35.2 %-os relatív páratartalmú légkörből súly %-ban.

*** Ötórás kapilláris vízemelés (V_5) kifejezi, hogy a szerkezetes talaj 5 óra alatt hány mm magasságra emeli fel a vizet.

2.A talaj kémiai és egyéb tulajdonságainak jellemzése

A talaj fizikai félesége mellett meghatározó szerepet játszik a talaj savanyúsága, mésztartalma, humusz %-a, tápelem-tartalma, kolloidjainak adszorpciós viszonyai (adszorbeálható fémkationok mennyisége) stb. Mivel elkerülhetetlenül találkozunk e fogalmakkal a szaktanácsadás során és a talajainkkal való bánásmódot döntően befolyásolják az említett tulajdonságok, célszerű velük megismerkedni. A talajok pH(H_2O), kémhatás és mésztartalom, illetve $CaCO_3$ % szerinti osztályozását szemlélteti a 3. táblázat.

3. táblázat A talajok kémhatás és mésztartalom szerinti osztályozása

Talaj elnevezése	pH(H_2O)	Talaj elnevezése	$CaCO_3$ %
Erősen savanyú	4.5 alatt	Mészhiányos	-
Savanyú	4.5-5.5	Mészhiányos	-
Gyengén savanyú	5.5-6.8	Mészhiányos	-
Semleges/közömbös	6.8-7.2	Gyengén meszes	0-5
Gyengén lúgos	7.2-8.5	Közepesen meszes	5-10
Lúgos	8.5-9.0	Erősen meszes	10-20
Erősen lúgos	9.0 felett	Extrémén meszes	20 felett

A homoktalajokat humusztartalmuk alapján is osztályozhatjuk, melynek kategóriáit a 4. táblázatban mutatjuk be. Megjegyezzük, hogy a humusz-tartalom a talajok kötöttségével, ásványi kolloid/agyag készletével nőhet. A 2 % körüli vagy feletti humuszos homokok gyakran homokos vályogok vagy réti jellegűek. A kötöttebb, kolloidokban gazdag talaj nagymennyiségű fémkationt, tápelemet képes megkötni. A talajok fizikai félesége, a talajjellenállás és az adszorpciós kapacitás összefüggésére utal a 5. táblázat. Ez az összefüggés persze csak tendencia jelleggel érvényesül, hiszen számos más körülmény is befolyásolja a mutatók változását.

4. táblázat A homoktalajok osztályozása humusztartalmuk alapján

Talaj elnevezése	Humusz %
Igen gyengén humuszos (futóhomok)	0.5 alatt
Gyengén humuszos	0.5-1.0
Közepesen humuszos	1.0-1.5
Humuszos	1.5-2.0
Erősen humuszos (humuszgazdag)	2.0 felett

5. táblázat A talajok fizikai félesége, a talajjellenállás és a kationcserélő kapacitásának összefüggése (In: Hajas és Rázsó 1969, Stefanovits 1975)

Fizikai féleség elnevezése	Arany-féle kötöttség, K_A	Talajjellenállás K_p/dm^2	Kationadszorpciós kapacitás, T me/100 g
Durva homok	25 alatt	10-20	5 alatt
Homok	25-30	20-30	5-10
Homokos vályog	31-37	30-40	10-20
Vályog	38-42	40-50	20-30
Agyagos vályog	43-50	50-60	30-40
Agyag	51-60	60-70	40-50
Nehéz agyag	60-80	70-80	50 felett

A főbb talajtípusok talajkolloidjainak felületén megkötött fémkationokról tájékoztat a 6. táblázat. A Ca, Mg, K és Na ionok összegét a kicserélhető kationok összegének (S-értéknek) nevezzük és me/100 g-ban fejezzük ki. A T-érték a talajok kationcserélő kapacitását jelöli, a V % pedig a talajok fémissionokkal (Ca, Mg, K, Na) való telítettségéről informál, tehát az S/T érték hányadosa %-ban kifejezve. Amennyiben a talaj kilúgódik és elveszíti kationjait, úgy elsavanyodik és H^+ (hidrogén ion) foglalhatja el részben a kolloidok felületét. A műtrágyákkal egyoldalúan elsavanyított savanyú homoktalaj szántott rétegében a kation(bázis) telítettség pl. már a 20 % körülire csökkent a 7. táblázat eredményei szerint.

6. táblázat

Főbb talajtípusok adszorpciós viszonyai *Stefanovits (1966)* nyomán

Talajtípus megnevezése	Ca ²⁺	Mg ²⁺ S %-ában	K ⁺	Na ⁺	S me/100 g	T	V %
Mészlepedékes csernozj.	80	16	3	1	40	40	100
Réti szolonyec	57	25	3	25	52	52	100
Réti talaj	63	32	2	3	45	56	80
Barnaföld	80	17	2	1	26	35	75
Barna erdőtalaj	61	36	2	1	14	40	35
Meszes homoktalaj*	85	11	2	2	11	11	100
Savanyú homoktalaj**	66	33	0	0	7	9	78
Kovárványos szint	62	34	2	2	13	21	62
Átmeneti szint	70	26	4	0	1	2	50
Műtrágyázott szántott	44	33	23	0	1	5	20

* Órbottyán ** Nyírlugos

7. táblázat

Az órbottyáni Duna-Tisza közti 1. jelzésű csernozjom jellegű homoktalaj vizsgálati adatai *Stefanovits (1966)* nyomán

Szint jele	Mélység cm	Szemcseösszetétel %-ban				
		0,5-0,25	0,25-0,05	0,05-0,02	0,02-0,002	<0,002
Asz	0-27	12	79	3	2	4
A ₂	27-65	17	67	4	6	5
B	65-80	17	70	3	4	5
BC	80-100	21	71	2	2	4
C	100-150	20	75	1	2	2

Szint jele	Mélység cm	pH(H ₂ O)	CaCO ₃ %	hy	Humusz %	T-érték me/100 g
Asz	0-27	8,0	3	0,6	1,3	11
A ₂	27-65	8,0	8	0,7	1,3	16
B	65-80	8,2	5	0,5	1,1	13
BC	80-100	8,2	13	0,4	0,7	7
C	100-150	8,4	15	0,4	0,2	4

Szelvényleírás: Őrszentmiklós 1. Csernozjom jellegű homok. A környezetnél magasabban fekvő sík, kísérleti területen.

- A_{sz} = 0-27 cm:** Sötétszürkés barna (10 YR 3/2), laza szerkezetű finom homok. A szemcséket humusz-agyag ragasztó anyag tapasztja össze. A homokszemcsék nagysága 0,2 és 0,5 mm közötti. Sok fekete elegyrész van a homokban. Közepesen karbonátos.
- A₁ = 27-64 cm:** Sötétszürkés barna, gyengén tömött agyagos finom homok, melyben az állatjáratok árnyalati tarkaságot okoznak. Erősen karbonátos
- B = 65-80 cm:** Állatjáratoktól tarka, átmeneti szint. Az állatjáratok 1 cm átmérőjűek. A homok minősége hasonló a fenti rétegekéhez, de a szemcsék felületén karbonát bevonat van. A szerkezet gyengén tömődött. Erősen karbonátos.
- B= 80-100 cm:** Gyengén tömött, világossárgás (2,5 YR 6/4) finom homok, melyben sok a tarka elegyrész. A szemcsék átmérője 0,2 és 0,5 mm között változik, felületükön gyenge karbonát bevonattal.
- C=100-150 cm:** Tarka, éles szemcsés homok, karbonát bevonat nélkül. Apró, porló vaskiválásokkal, sok zöld elegyrésszel a piros és fekete ásványszemek mellett. Tömöttsége az említett rétegeknél kisebb.

Mindhárom homoktájunkra jellemző szelvényben meghatározó a 0.2-0.02 mm finomhomok frakció aránya. Az órbottyáni magyar és a münchenbergi német savanyú homoktalaj szelvényének mechanikai összetételét hasonlítja össze a 8. táblázat. A német és a németalföldi, ill. északnyugat-európai homoktalajok gyakran abban különböznek hazai homoktalajainktól, hogy mérhető kavics és jelentős durva homok frakciót tartalmaznak. E fiatal talajoknak nyershumusz készletük ugyanakkor jelentősebb lehet, bár elsavanyodásuk kifejezettebb, báziseltelítettségük kisebb.

8. táblázat Az órbottyáni magyar és a münchenbergi német homoktalaj mechanikai összetétele *Stefanovits (1966)* nyomán, mm

Mélység cm	Kavics >2	Durva homok 2-0,2	Finom homok 0,2-0,02	Por és iszap 0,02-0,002	Agyag <0,002
Órbottyán					
0-20	-	-	90	6	4
20-40	-	-	89	8	3
40-70	-	-	89	12	2
70-90	-	-	86	11	3
Münchenberg					
0-20	6	38	46	5	5
20-40	7	44	42	4	3
40-60	6	48	40	2	3
60-80	5	48	40	3	4

3.A hazai homoktalajok típusai és elterjedésük

Míg Európa országaiban a homokterületek anyaga főként durva tengeri üledék vagy fiatal jégkori hordalék, Magyarországon a homokot döntően a folyók terítették el, uralkodó szemcsemérete a 0.1-0.3 mm közötti finomabb frakció. Homoktalajaink a lösszel egyidőben jöttek létre, ebből adódóan gyakran kisebb-nagyobb löszfrakciót (poros, agyagos részt) is tartalmazhatnak. Mindehhez járul még a vulkáni tevékenység hatása, mely tápelemekben gazdag ásványi anyagot juttatott a vulkáni területek közelében található vagy onnan származó homokokba.

A homokok termékenységét, víz- és tápanyaggazdálkodását a hatástalan durva kvarc és az aktívabb finomfrakciók formájában megjelenő málló ásványok, valamint a humusz mennyisége behatárolják. A homokterületen kialakult talajok termékenységükben, tulajdonságaikban különböznek, mely hasznosításukat módosítja. Az alábbi főbb típusokat, ill. csoportokat szokás elkülöníteni (Stefanovits 1966):

1. *Futóhomok.* Humuszos felső rétege általában nem haladja meg a 20 cm-t, humusztartalma pedig az 1 %-ot. Terméketlen, művelésre alkalmatlan területek, megkötésük, fásításuk indokolt. Az 1-1.5 m szelvényben előfordulhat eltemetett nem homokos talajréteg (lepelhomok), mely nagy jelentőséggel bír a termékenység szempontjából. A lepelhomokok jobban hasznosíthatók erdősítésre, gyümölcs telepítésre vagy szántóföldi művelésre, hiszen a növényi gyökök által elérhető mélységben tápanyag- és vízkészlettel rendelkezhetnek.
2. *Gyengén humuszos homok.* Humuszos felső rétege 20-40 cm, humusztartalma pedig 1 % körül alakul. Lehetnek meszesek vagy savanyúak. Kevésbé termékenyek és erősen aszályérzékenyek. Jobban hasznosíthatók és termékenyebbek az eltemetett talajjal rendelkező kétrétegű homokok. Kifejezett talajképződés a gyenge humuszodáson kívül azonban még itt sem látható a szelvényben.
3. *Homokos barna erdőtalaj.* Általában 5 %-ot meghaladó agyagos, ill. 10 % feletti leiszapolható részt tartalmaz, agyagásványokban, esetenként humuszban is gazdag. A vas szabaddá válása nyomán barnás-vöröses felhalmozódási szintjük van, víz- és tápanyaggazdálkodásuk kedvezőbb.
4. *Homokos kovárványos barna erdőtalaj.* Általában 5 %-ot meg nem haladó agyag- és 10 %-ot meg nem haladó porfrakciót tartalmaz. Karbonátmentes. A korábbi erdőtakaró hatására mállás, agyagosodás és a mállástermékek bemosódása következett be kovárványcsíkokat alkotva a B és C szintekben, melyek kolloidfrakciója elérheti a 10-15 %-ot is. A kovárványcsíkok a vas- és agyagfelhalmozódás rétegei, barnás-vöröses színűek, néhány mm vagy cm vastag, felszínnel párhuzamos szintek. Tápanyag- és vízgazdálkodásuk ebből adódóan kedvező, termékenyebb talajokat alkotnak.

5. *Homokos agyagbemosódásos barna erdőtalaj.* Elsősorban a Somogyi Hátságban fordulnak elő, több porrrészt és kolloidot tartalmaznak. Kifejezett a kilúgzási szint a felső, valamint a felhalmozási szint az alsó rétegekben. Erősen elsavanyodtak. Az erőteljesebb kilúgzással összetömődött, gyakran vízzáró felhalmozási szint jár együtt időszakos levegőtleneséget (pszeudoglej) okozva, hiszen nagyobb mennyiségű agyagos, kolloidális részt érint a szelvényben a vertikális mozgás. Agyagbemosódási B és C szintben a kolloidfrakció elérheti a 15-20 %-ot. Viszonylag termékeny talajok.
6. *Homokos csernozjom jellegű talajok.* A humuszosodás kifejezett, csernozjom jelleget mutat. A humuszos réteg 60-100 cm körüli, szervesanyag-tartalma 1-2 % közötti. A huminsavak Ca-hoz kötöttek, kémhatásuk gyengén lúgos vagy semleges. A humuszos réteg barna, szerkezete azonban nem morzsalékos mint a csernozjomé. Víz- és tápanyaggazdálkodásuk, termékenységük az átlagnál jobb. Szélerózió itt is előfordulhat, mely több meszet és kevesebb humuszt eredményező talajfelszínt alakíthat ki a termékenységet csökkentve.
7. *Homokos szikes talajok.* Szoloncsák jellegűek, felszín közeli sós vizek betömnyedésekor keletkeznek. Régi folyómedrek, homokbuckák közötti mélyedésekben található, általában lefolyástalan területen legelőként hasznosulnak.
8. *Homokos réti és láptalajok.* Terepmélyedésekhez kötöttek, levegőtlen, rossz vízgazdálkodású belvizes helyeken található. Kaszálóként hasznosulnak.

A homokon kialakult talajok %-os megoszlását tekintve a futóhomok és a gyengén humuszos homoktalajok 30, a csernozjom jellegű homokok 20, a kovárványos barna erdőtalajok 18, a rozsdabarna erdőtalajok 16, az agyagbemosódásos barna erdőtalajok és a réti/láptalajok pedig 8-8 %-kal részesednek. Az említett talajtípusok nem önállóan fordulnak elő, hanem általában mozaikszerűen keveredve. Homokterületeink között a három legnagyobb alkot külön tájat: Nyírség, Duna-Tisza közti Homokhát, Somogyi Homokhát. A Duna-Tisza közti homoktáj kerekén 615, a Nyírség 402, a Dunántúl 348, az Északi Középhegység hegyháti homokterületei 26 ezer ha-t jelentenek, azaz összesen 1.4 millió ha-ral számolhatunk. Az erdő- és mezőgazdasági terület mintegy 20-22 %-a homok, melyből a kevés humuszt tartalmazó terméketlen talajok nagysága eléri az 1 millió ha-t, a 70 %-ot. (9. és 10. táblázat).

9. táblázat Homokon kialakult talajtípusok megoszlása az összes homokterület %-ában (Stefanovits 1966)

Talajtípus megnevezése	Elterjedés %-ban
Futóhomok és gyengén humuszos homoktalaj	30
Csernozjom jellegű homoktalaj	20
Kovárványos barna erdőtalaj homokon	18
Rozsdabarna erdőtalaj homokon	16
Agyagbemosódásos barna erdőtalaj homokon	8

10. táblázat

Homoktalajok területi megoszlása tájanként Magyarországon *Stefanovits (1966)* nyomán ezer ha-ban

Homoktáj megnevezése	Területe	Humusz-szegény
Duna-Tisza közti Homokhát	615	494
Nyírségi Homokhát	402	345
Dunántúli Homokhát	348	95
Északi Középhegység hegylábi homokhátjai	26	23
Összesen	1391	957

4.A talajok vízgazdálkodása

Vízartóképeségnek vagy vízkapacitásnak nevezzük azt a vízmennyiséget, melyet a talaj a nehézségi erő ellenében meg tud tartani. Az ezen felüli vízmennyiség addig szivárog lefelé, amíg az altalajban vízzáró réteget talál. A vízzáró réteg fölött összegyűlt vizet talajvíznek nevezzük. A homokok átlagosan 12, vályogok 24, agyagok 36 súly% vizet képesek visszatartani. Éppen ezért már 1-2 hetes aszály is a növény részbeni elszáradásához vezethet. A nagy vízkapacitású kötött vályog ugyanakkor az őszi-téli csapadékból a késő nyári hónapokra is tárolhat vizet és a növények egyenletesebb vízellátását biztosítja.

A talajok fajsúlya nem változik tág határok között, ásványi (nem tőzegek) talajoknál 2.5-2.8 közötti. Humuszban dús talajoké arányosan kisebb. Mivel a talaj pórusokkal teli, egy liter talaj súlya 1.4-1.7 kg körüli csupán. Utóbbi mutató a térfogatsúly. A talaj pórusait levegő és/vagy víz tölti ki. Homokok 20-30, vályogok 30-40, agyagok 40-50, tőzegek 50-60 %-át a visszatartott víz tölti ki. Ez a víz nem teljesen hasznosítható a növény számára. Egy része olyan erővel tapad a talajszemcsékhez, hogy nem vehető fel. Ez a holtvíz. A hasznos víz (HV) = vízkapacitás (VK) - holtvíz (HOV).

A tömött agyagos talaj vízáteresztő képessége kicsi, a homoké természetesen nagy. A könnyű talaj vízkapacitásig való telítődésénél a hézagterefogat 2/3-át töltheti ki a víz és 1/3-át a levegő. Szerkezetes morzsás vályogban szintén 15-20 % levegő marad a hézagokban, így kiadós eső vagy öntözés után sem fullad meg a növény. Tömött agyagon kiszorul a levegő a pórusokból, levegőtlené és terméketlenné válhat a talaj. A hasznos vízkészlet ill. a növények vízellátása a termőrétteg vastagságától függhet. Már *Kreybig* megfigyelte, hogy mélyrétegű talajon magas szárú, sekély termőtalajon alacsony növésű a termés, azaz a termőrétteg mélysége tükröződik a földfeletti növény fejlettségén.

Ahol a termőrétteg vékony, alatta durva homok vagy kavics található, száraz évben minden kisül. A növények máskor sem fejlődnek kielégítően. A felszín közeli szikes

vagy glejes szint vékony termőréteget jelent csekély vízkészlettel. Hasonló sekély termőrétegű talajokon őszi növényeket termelhetünk, melyek az őszi-téli-tavaszi csapadékot jobban hasznosítják és az aszályos idő beköszöntével már lekerülnek a tábláról. A lucerna és egyéb évelők gyökerei akár 10-20 m mélyre is lenőhetnek, a gabonaféléké 1-2 m-re, a mák, len, borsó, bab gyökerei 1 m-re, míg a burgonyagyökér kb. 60 cm mélyre hatol le. A gyökérjárta réteg vízkészlete a döntő. Más szóval nem az aszály tartama, hanem a termőréteg mélysége lehet a fontosabb a vízellátásban. A talajok vízgazdálkodási jellemzőit a 11. táblázat mutatja be kötöttségük alapján.

11. táblázat

A talajok vízgazdálkodási jellemzői kötöttségük alapján
(In: Hajas és Rázsó 1969, Stefanovits 1975)

Talajfésülés megnevezése	K _A	Hézagter- fogat %	VK	HOV térfogat %	HV	Vízáteresztés cm/óra
Homok	30 alatt	30	20	3	17	15-20
Homokos v.	31-37	41	27	6	21	18-25
Vályog	38-42	48	33	10	23	16-25
Agyagos v.	43-50	50	41	16	25	10-18
Agyag	51-60	53	48	23	25	5-12
Nehéz agyag	60 felett	56	52	30	20	5 alatt

VK - szabadföldi vízkapacitás (vízartó képesség)

HOV - holtvíz (nem hasznosítható) tartalom

HV - hasznos víztartalom

5.A talajok levegő- és hőgazdálkodása

A vízjárhatóság mellett a légjárhatóság is fontos. A vízi növények gyökereit a hajtás látja el oxigénnel, mert a gyökerek levegőt igényelnek, lélegeznek, oxigén nélkül a növény megfullad. A szárazföldi növények gyökerei a talajban lélegeznek. Amennyiben a talaj levegőtlen, tömődött vagy a víz kiszorította a levegőt, a növény elpusztul. Másrészt a mikrobiális tevékenység is igényli a levegőt, ellenkező esetben a legfontosabb tápanyagokat mint a nitrát, foszfát, szulfát redukálják, tőlük vonva el az oxigént. Helyettük a növény számára felvehetetlen vagy mérgező nitrit, foszfit, szulfid keletkezhet.

A levegőnek és a víznek tehát egyidőben kell jelen lennie a talajban ahhoz, hogy a gyökerek normálisan fejlődjenek, lélegezzenek, felvehessék a vizet és a vízben oldott ásványi sókat. A gyökerek légzése és a talajélet széndioxidot termel, ezért a talajlevegő szén-dioxidban gazdag, illetve oxigénben szegény. Ezért is folyamatosan meg kell újulnia. A jobban szellőző homokos talajban kevés a széndioxid, agyagosban több, a tőzegben a legtöbb, hiszen a tőzegben sok a bomló szerves anyag.

Gyakran a mélyebb rétegekben pangó víz akadályozza a levegő behatolását, ezért altalajlazítással, alagsövezéssel kell beavatkoznunk. A gyökerek addig a mélységig képesek lehatolni, ameddig a talajban levegőt találnak. Az intenzív légzést folytató és sok oxigént igénylő növények gyökerei általában nem hatolnak mélyre. A mélyen is jól szellőzött talajokon pl. a fákat mélyebbre ültetjük, így elkerülhetjük a túlzott kiszáradást. Nedvesebb, levegőtlenebb talajon sekélyen ültetünk. Levegőtlenység lép fel a talajvíz közeli rétegben, amennyiben a víz felemelkedik a hajszálvékony pórusokon, kapillárisokon.

A növény csírázása és fejlődése függ a talaj hőmérsékletétől. A felmelegedett talajban a talajélet is intenzívebb, legalábbis egy határig. A felmelegedés a déli lejtőn kifejezettebb, ahol a nap sugarai meredekebben esnek a felszínre. A növényzettel borított talaj kevésbé melegszik fel mint a csupasz felszín, de lassabban is hűl ki. A sötét színű talajok hőelnyelése nagyobb, mint a világos talajoké. Leginkább azonban a víztartalomtól függ a talaj felmelegedése. A száraz talaj gyorsan, míg a nedves lassan melegszik. A víz hőigénye 4-5-szörös a talaj szilárd részeinek hőigényéhez viszonyítva. Másrészt a víz a hőt jól elvezeti, míg a száraz felszín könnyen túlmelegszik.

Műveléssel, trágyázással befolyásolhatjuk a talaj hőgazdálkodását. Hideg, nedves, agyagos talajba gyorsan bomló "forró" lótrágyát ajánlottak. *Thaer 1809-ben* írja: "A lótrágyát agyagos, nedves talajon egymagában célszerű felhasználni. Mihelyt erjedni kezd (ami igen korán megtörténik) leszántjuk, így a talajt további erjedése és felmelegedése folytán mechanikusan is javítja és lazítja." Természetesen a talaj felmelegedését segíti a mélyművelés, a mélyebb lazítás. A levegő behatolását és a felmelegedést végső soron a morzsás szerkezet kialakítása biztosíthatja. A homoktalaj viszonylag gyorsan melegszik, jól szellőzik, így a nehezebben bomló szervestrágyaszereket részesíthetjük előnyben.

A laza, kisebb vízáteresztő képességű talajok túlmelegedését és ezzel együttjáró kiszáradását a felszíni 3-4 cm porhanyósan tartott réteg mérsékelheti. Ez a porhanyós, levegős párna ugyanis kiváló hőszigetelő és nedvesség-megőrző. Hatásos a talajfelszín borítása szalmával, törekkkel, fűrészporral (mulcsozás). Csapadékszegény viszonyaink között törekedni kell arra, hogy a talaj minél több vizet befogadjon és megőrizzen. Ezt a célt szolgálhatja az őszi mélyszántás, szükség esetén az altalaj lazítása, a talajfelszín porhanyón tartása, ill. az érett, morzsás szerkezetű talaj előállítás.

6. A homoktalajok műveléséről

Meszes homoktalajokban 2-30% CaCO_3 is előfordulhat részben finom eloszlásban vagy mészkiválásokban, konkréciókban, esetleg cementált mészpad formájában. A túlzott mennyiségű finom eloszlású mész a növényi tápelemfel-vételben okoz zavarokat, míg a cementálódott réteg a gyökérszövet fejlődését gátolja. Savanyú homoktalajban a kifejtettebb kovárványrétegek, vízzáró agyagrétegek levegőtlen viszonyokat teremtenek és a redukált vas Fe^{2+} mérgező lehet a növény fejlődésére. A glejes réteget és a mészpadot talajlazítással szüntethetjük meg.

Homokos talajban a finomabb por és agyag mennyisége nem elégséges a morzsalékos szerkezet kialakulásához, e talajok nem rugalmasak. Tömöttségüket jelzi nagy térfogatsúlyuk (1.5-1.7). A részecskék tömött elrendezése nyomán csökken az összporozitás. A természetes vízkapacitás esetén víz a póruster mintegy 20 %-át foglalja el, így a levegőzttség jó, amennyiben nincs dolgunk talajhibával, vízzáró agyagréteg jelenlétével. A porozitást növelő, térfogatsúlyt csökkentő talajlazítás, mélyművelés gyakran előnyös lehet és már önmagában is termésnövelő tényezővé válhat.

A gyökérszövet tömege a mélyművelés mélységével arányosan nő homokon is, mert a növény nehezen tudja a stabil elrendezésű szemcséket eredeti helyzetükből kimozdítani. A kutatások megállapították, hogy a lazított talajban csökken a növény energiaszükséglete, melyet a gyökérszövet mélyrehatolásakor fejt ki a talajellenállással szemben. A homok tehát növényélettanilag távolról sem tekinthető laza talajnak. Talajmechanikai szempontból sem az kiszáradt állapotban. A mechanikai ellenállást nem a kötöttség, hanem a mészhártyák, ill. a vasvegyületek tapadási ereje hozza létre. Mélyítő műveléskor a talajellenállás ugrásszerűen nőhet a kiszáradt talajban.

Művelés során a talaj kötöttségét kell legyőznünk, a talajnak a művelőeszközök munkájával szembeni ellenállását. A kötöttség nem azonos a mechanikai összetétellel, befolyásolja a talaj szerkezete, nedvessége, képlékenysége, humusztartalma, érettsége, a korábbi művelési mód stb. A talaj kötöttségét növeli a H és Na, csökkenti viszont a Ca ionok mennyisége. Az Arany-féle kötöttségi szám az elfolyási/képlékenységi felső határt méri, mely rossz szerkezetű talajoknál jól tükrözi a talaj kötöttségét, a jó szerkezetű talajoknál inkább a vízkapacitást jellemezheti.

A homokos talajok nedvesen, míg az agyagos talajok szárazon kötöttebbek. A homokok művelése azonban nedvesen sem ütközik nagyobb ellenállásba. A művelés eredményeképpen itt nem kapunk tartós morzsás szerkezetet, a kialakult morzsák ujjaink között könnyen szétnyomhatók. A jó szerkezet szerepe meghatározó viszont a kötöttebb réti agyagok művelhetőségében. Így pl. száraz állapotban a szikes réti agyag talajellenállása elérheti a 120, a nem szikes száraz réti agyag a 80, míg a rendszeresen művelt, trágyázott, meszezett réti agyag (gyeptörésben, jó szerkezettel) csupán a 30-40 kg/dm² értéket.

A jó szerkezetű mélyen művelt talajok átlagosan 10 cm-enként 20 mm körüli csapadékot képesek a növény számára tárolni. Ez azt jelenti, hogy 90 cm termőrétteg akár 180 mm hasznos vízkészletet őrizhet meg. A Dunántúlon a talajvíz gyakran mélyen van, így nincs közvetlen hatása a növénytermesztésre. A Duna-Tisza közén és a Nyírségben a talajvíz szintje általában a felszínhez közelebb van és a növények gyökerei a kapillárisan átnedvesedett rétegbe elérhetnek. A rétek sok vizet igényelnek, ezért a mélyebb helyeken található, ahova a felszíni vizek összefolynak és a talajvízszint emelkedettebb.

Talajművelés után a hézagterfogat megnő, ülepedéssel pedig csökken. A hézagterfogat homokon 30, vályogon 40-50, agyagon 50-60 %-ot tehet ki a feltalajban. Az altalajban ezek a különbségek mérséklődnek. Teljesen tömör talaj nincs, ha volna, akkor a súlya literenként 2.6 kg lenne. A fajsúly $F_s=2.6$. Amennyiben a talaj fele hézag, a térfogatsúly csak 1.3 kg/liter. Ideális, ha a porusok 2/3-át víz, 1/3-át levegő tölti ki. A homokok vízkapacitásnyi telítettségénél a hézagterfogatukban marad még 1/3 levegő, a növények öntözés után sem fulladnak meg. Hasonló esetben a vályogban csak mintegy 20 %, az agyagban 10 % levegő marad, tehát a növények agyagban már károsodhatnak. Itt a művelés, mélylazítás, alagsővezés segíthet.

A homoktalajok többségénél a mélyművelés nem növeli a termést és nincs is igazi hagyománya, ill. a hagyományos gazdálkodás gyakorlatában ismeretlen volt. Talán a burgonyatermesztésben divott helyenként 35 cm "kaláka-ásás", és a ritkán végzett 35 cm körüli gözekés szántás sorolható ide. A mélyművelés gyakran nem gazdaságos, felesleges vagy káros. A tápanyagszegény vagy túl meszes altalaj felhozatala a termékenység csökkenését eredményezi. A felhígult talajban a gyökerek ugyan mélyebbre hatolnak, de nagy energiavesztés árán sem képesek a növényt kielégítően táplálni. A mélyművelés akkor válik előnyössé, ha a talaj fizikai tulajdonságainak javításával együtt a tápanyagviszonyokat is rendezzük.

A mélyművelés eredményességének megítélésére Helvécián és Órbottyánban beállított kísérletek mutatnak példát. Mindkét termőhely talaja 7 körüli pH(KCl) értékkel rendelkező meszes homoktalaj, amely 4-6 % poros részt, 5-7 % kolloidfrakciót, valamint 0.5-0.8 % humuszt tartalmazott. Helvécián az 50 és 25 cm-es szántást hasonlították össze műtrágyázással és nélküle burgonya jelzőnövényrel. Az Órbottyáni Kísérleti Telepen a különböző mélységű lazítás szerepelt műtrágyázás nélkül és műtrágyázással kezelésként, takarmánycirok jelzőnövényrel. Az eredményeket a 12. és 13. táblázat tartalmazza *Egerszegi (1966)* nyomán.

12. táblázat

Művelés és műtrágyázás hatása a burgonyagumó termésére
Meszes homoktalaj, Helvécia, 1963. (*Egerszegi 1966*)

Kezelés (szántási mélység és műtrágyázás)	t/ha	%
25 cm-es szántás	7,8	100
25 cm-es szántás + 190 kg/ha NPK*	12,2	156
25 cm-es szántás + 380 kg/ha NPK*	16,5	212
50 cm-es szántás	10,2	131
50 cm-es szántás + 380 kg/ha NPK*	19,4	249
SzD _{5%}	2,8	34

13.táblázat

Talajlazítás és műtrágyázás hatása a zöld takarmánycirok termésére
Meszes homoktalaj, Órbottyán, 1963. (Egerszegi 1966)

Kezelés (lazítás és műtrágyázás)	t/ha	%
20 cm-es lazítás	166	100
20 cm-es lazítás + 140 kg/ha NPK*	231	139
35 cm-es lazítás	152	92
35 cm-es lazítás + 140 kg/ha NPK*	266	160
50 cm-es lazítás	190	114
50 cm-es lazítás + 140 kg/ha NPK*	297	179
SzD _{5%}	62	37

* N = 65 kg/ha, P₂O₅ = 35 kg/ha, K₂O = 40 kg/ha

A kísérleti adatok arra utaltak, hogy a mélyszántás ill. mélylazítás önmagában egyik termőhelyen sem növelte statisztikailag igazolhatóan a termést. A műtrágyázással egybekötött mélyművelés azonban mindkét esetben előnyösnek és statisztikailag igazolhatónak mutatkozott. A nyírségi homokon, savanyú kovárványos barna erdőtalajon *Láng (1973)* 1963-1973. között 10 éven át vizsgálta a 20 és 40 cm-es szántás hatását műtrágyázási kísérletben, burgonya-rozs vetésváltásban. A szántási mélység nem befolyásolta a növények termését egyetlen évben, egyetlen trágyázott kezelésben sem. A szerző ezzel kapcsolatos eredményeit értékelve az alábbiakat jegyzi meg:

"A nyírlugosi talaj genetikai felépítése megfelelő a burgonya termesztéséhez. A finom homokfrakció a 40-45 cm rétegben is 70-80 % között van. Nincsen olyan tömődött réteg ebben a mélységben, amit a gyökérrendszer nehezen törne át és ami gátolná a gyökerek mélységi irányú elterjedését. A kovárványos csíkok ugyanakkor kedvezően befolyásolják a talajszelvény vízgazdálkodását. Mindez azt eredményezi, hogy a szántás mélységének változtatása közömbös hatású. Ily módon nyilvánvaló, hogy a gazdaságosabb 20 cm-es szántás előnyben részesíthető."

Míg a nyírségi kovárványos homokon nem volt előnyös a mélyebb művelés, a Duna-Tisza közti gyengén humuszos homoktalajon kedvező hatásúnak mutatkozott. Kérdés, számolhatunk-e többévi pozitív utóhatással a mélyművelés vagy mélylazítás esetén, hiszen költséges beavatkozásról van szó homoktalajon is. Erre próbált választ keresni *Dvoracsek (1966)*, amikor a 25 cm-es művelést a 60 cm-es lazítással hasonlította össze az Órbottyáni Kísérleti Telepen, 4 éven át különböző növényeket termesztve és egységes NPK műtrágyázást alkalmazva.

Amint a 14. táblázatban látható, az 1. évi burgonya, a 2. évi búza, a 3. évi kukorica és a 4. évi takarmánycirok egyaránt meghálálta a mélylazítást. A termés átlagosan 1/3-ával emelkedett minden esetben, azaz a mélylazítás által kapott terméstöbblet a

14. táblázat

Mélylazítás hatása és utóhatása a termésre, t/ha
Meszes homoktalaj, Órbottyán, 1964-1967 (Dvoracsek 1966)*

Kezelés megnevezése	Burgonya	Búza	Kukorica	Tak. cirok
25 cm (művelés)	15.7	1.02	3.26	16.2
60 cm (lazítás)	20.4	1.32	4.49	22.0
SzD _{5%}	4.3	0.26	0.51	2.7

* Mélylazítás csak a burgonya alá történt.

Termés: burgonya gumó, búza szem, kukorica csó, zöld takarmánycirok

vizsgált 4 év alatt szignifikáns maradt és nem csökkent. Ilyen talajokon a mélyművelés költségei több évre oszlanak meg.

Míg a szőlő és gyümölcs termesztésében/telepítésénél számos gyakorlati tapasztalat igazolja a mélyművelés eredményességét, szántóföldön a vélemények nem ilyen egyértelműek. Hepp (1967b) ennek okát abban látta, hogy a mélyművelés kapcsán nem különböztetik meg a szántás és a lazítás fogalmát, funkcióját. Pedig ettől függhet, hogy adott talajon melyik eszköz hoz eredményt. Sőt, a szántásnál az eketípus sem közömbös, hiszen az utóhántó nélküli eke a lehasított talajszelvényt áttolva a barázdába inkább csak lazítást végez.

Az eke, amennyiben forgat, a talajszelvényt a szántás mélységéig átrendezi. A mélyszántással humuszosabb feltalaj kerülhet a barázda aljára. Ezzel szemben ha pl. a vékony, 20-30 cm mély lepelhomokot szántjuk így 60-70 cm mélyen, az eltemetett termékenyebb talaj kerülhet felszínre. A mélyszántás tehát ellentétes eredményeket adhat a két talajon. Amennyiben a művelés határáig a szelvényfelépítettség azonos, úgy a szántásnak és a lazításnak is csak a talajfizikai lazító hatása érvényesül. Eltérő genetikai szintek esetén azonban a mélylazítás és a mélyszántás más-más munkát végez és más-más eredményre vezethet.

Hepp (1967a) az órbottyáni meszes homokon beállított szabadföldi kísérletében a 20, 40, 60 cm szántást hasonlította össze, műtrágyázást és zöldtrágyázási kezeléseket is alkalmazva. A 40 és 60 cm mélyszántásra csak az első évben került sor, a további években egységes 20 cm-es szántás történt. A somkóró és napraforgó zöldtrágyák hatása nem bizonyult következetesnek, így tárgyalásuktól eltekintünk. Az első évben vetett burgonya gumótermése azonban a szántásmélységgel arányosan nőtt, különösen a műtrágyázott parcellákon. A 2. évi rozs és a 3. évi kukorica hozamait már csak a műtrágyázás növelte igazolhatóan.

V. Az örök rozs kísérlet első évtizede (1961-1972) eredményei

*Láng István: Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajokon.
Doktori Disszertáció. Budapest, 1973. MTA TAKI. Rövid kivonat.*

Az MTA Doktori Disszertációból 13 táblázatot változtatás nélkül közlünk. A termések az akkoriban elfogadott módon q/ha-ban adottak. Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet az 1950-es évek elején állította fel az Órbottyán Kísérleti Telepet (korábbi nevén Órszentmiklós Kísérleti Telep). Itt hamarosan széleskörű kutatások indultak a homoktalaj termőképességének fokozása céljából, érintve a talajok fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak mélyreható elemzését is. Egerszegi Sándor vezetésével dolgozó kollektíva tagjaként Láng István 1956 tavaszától kezdi meg tevékenységét.

A homokréteg vastagsága 12-16 m, talajvízszint átlagos mélysége 6 m körüli. A homok folyami eredetű lerakódás, mely két réteget képez. Felül egy barna színű homokos réteg, alatta a sárga homok. A humuszos szint vastagsága a deflációs viszonyoktól függ. Ahol a szél elhordta a felszínt, ott már a sárga altalaj is feltűnik. A szántott rétegben humusztartalom 0,5-1,2%; CaCO_3 1-2%; $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 7,2-7,6; $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ 40-60 mg/kg, $\text{AL-K}_2\text{O}$ 50-100 mg/kg. Az altalajban 15-20% CaCO_3 is előfordulhat. A mechanikai összetételében döntő a durva homokfrakció 4-6% agyagtartalommal.

A kontroll parcellák termése 5,5-8,7 q/ha közötti volt a 10 év alatt, míg az elvetett vetőmag 1,6 q/ha. A kontroll 10 éves átlagtermése 6,3 q/ha, az elvetett vetőmag alig 4-szerese. Nyírlugoson a savanyú homoktalajon 14,4 q/ha volt az átlag ugyanezen idő alatt. Pedig Órszentmiklóson 665 mm csapadék hullott a 12 év átlagában, míg Nyírlugoson a 10 éves átlag 527 mm/év volt. A meghatározó május-júniusi csapadék mennyisége is Órbottyánban volt nagyobb, 145 mm a Nyírlugoson mért 128 mm-rel szemben. A Duna-Tisza közti homokon kedvezőtlenebbek a talajtani adottságok a rozs termesztéséhez, mint a Nyírségben. Így pl. Bács-Kiskun megyében a rozs 10 éves átlagtermése 1961-1970 között mindössze 8,1 q/ha volt.

A kísérleti terület 1950 óta istállótrágyázásban nem részesült. A területen három éven át vakkísérlet folyt, a tényleges kísérleti periódus 1960 őszén kezdődött. Az első 12 év alatt két esetben (1963, 1970) a terméseredmények értékelését a jégverés lehetetlenné tette, így csak a $2 \times 5 = 10$ évet mutatjuk be. A kísérletet 10 kezelés $\times 5$ ismétlés = 50 parcellával állítottuk be. A parcellák mérete $10 \times 3,5 = 35$ m². A műtrágyákat 25%-os pétisó, 18%-os szuperfoszfát és 40 vagy 60%-os kálisó formájában alkalmaztuk. Adagok az alábbiak voltak: N1= 50, N2 = 100 kg/ha/év; P= 54 kg/ha/év P_2O_5 ; K= 80 kg/ha/év K_2O . Rozs fajtája a Kecskeméti-H rozs volt szeptember vége – október elejei vetésidővel és 160 kg/ha vetőmagnormával.

Az őszelel kiszórt műtrágyákat vetés előtt leszántottuk, míg a fejtrágya a N-t általában február végén/március elején adtuk ki. Aratás 1964-től kisparcellás kombájnnal történt a $10 \times 2,1 = 21$ m² területű nettó „kombájncsik” alapján.

Előtte kézi kaszálás és külön cséplés volt. Betakarítás előtt parcellánként 1-1 m² területről (8-8 fm) mintakévéket gyűjtöttünk a szem/szalma arány meghatározására, illetve a kémiai analízis céljaira. Talajmintavételre esetenként került sor a 0-20 cm rétegből botfúróval, parcellánként 20-20 lefűrés anyagából képezve 1-1 átlagmintát. A pH(H₂O), pH(KCl), CaCO₃, humusz, hy, összes-N, AL-PK jellemzőket a Talaj- és trágyavizsgálati módszerek (Szerk.: *Ballenegger és Digléria 1962, Egnér et al. 1960*) szerint leírtak alapján határoztuk meg. A növények NPK tartalmát a cc.H₂SO₄+cc.H₂O₂ roncsolást követően mértük.

A szem termése N-nélkül általában nem nőtt az önmagában adott PK-trágyázás pedig hatástalan maradt. A N önmagában is emelte a termést, a nagyobb N-adag kifejezettebben. Az évek múlásával azonban a PK trágyázás nélkül a N-hatások mérséklődtek. Az őszi és a tavaszi, illetve a megosztott N-adagolások között az első 5 évben még érdemi különbség általában nem volt kifejezett. Később, amikor a PK-ellátottság is minimum tényezővé vált, a PK-nélküli kezelésekben az őszi N-trágyázás hatása lecsökkent, mert a növények csak részben tudták hasznosítani kicsi terméstömegükkel az adott N mennyiségét. A PK-trágyázás kumulatív hatása, illetve az NxPK pozitív kölcsönhatás különösen a nagyobb N-adagú kezelésekben vált kifejezetté. Összességében megállapítható volt, hogy a rozs termése és NPK hozama műtrágyázással 2-3-szorosára növelhető.

Elsősorban a nagyobb N-adag növelte igazolhatóan a szem és a szalma N-tartalmát és ezzel együtt a földfeletti termésbe épült N tömegét, főként a PK-val is trágyázott talajon. A szem és a szalma P-tartalma lényegesen nem módosult a kezelések hatására. Tendenciájában általában érvényesült a hígulás, P-tartalom mérséklődött a jobb kezelésekben, a felvett P mennyisége azonban nőtt a nagyobb termékkel. Hasonlóképpen a rozs K-tartalmában sem mutatkozott egyértelmű változás a kezelések hatására, így a földfeletti biomasszába épült K tömegét alapvetően szintén a termésszint alakította.

Az adagolt NPK tápelemek látszólagos hasznosulása a klasszikus különbség módszerével mérve (amikor a kontrollhoz viszonyított terméstöbblet elemfelvételét fejezzük ki az adagolt %-ában) az alábbiak adódott a kezelések függvényében: N 10-33%, P 6-20%, K 8-33%. Maximális hasznosulást természetesen a maximális termésknél, az együttes NPK adagoknál kapjuk. Amennyiben az úgynevezett mérleg elv szerint becsüljük az egyes elemek hasznosulását (az összes földfeletti termésbe épült elemek mennyiségét fejezzük ki az adott %-ában), a maximális hasznosulás a nagyhozamú kezelésekben elérte N esetén a 47, P esetén a 35, K esetén az 54%-ot.

Utóbbi módon becsült hasznosulás realisabb képet adhat a jelenségről. Vajon mi történt a nem hasznosult, fel nem vett tápelemekkel? A N egy része, valamint a talajban maradó és akkumulálódó PK elemek a talaj tápelemkészletét gazdagíthatják, míg a N másik része a talaj mélyebb rétegeibe, végső soron a talajvízbe távozatott. Erre utalhat az is, hogy a maximális N-hasznosulást a tavaszi N-kiszórásnál mértük, míg minimális érvényesülést az őszi kiszórás jelzett.

A 12 éves műtrágyázás nyomán igazolhatóan nem változott a 27. táblázat eredményei szerint a szántott réteg pH(H₂O), pH(KCl), hy, CaCO₃, humusz és az össz-N értéke. Az ammonlaktát + ecetsav oldható AL-P tartalom igazolhatóan emelkedett a P-kezelésekben. Kevésbé látványosan vagy tendencia jelleggel pedig az AL-K tartalom a K-kezelésekben. A műtrágyázási kezelések az alábbiak voltak:

Kezelés	Kezelés kg · ha ⁻¹ · év ⁻¹			
	N (Ősz)	N (Tavaszi)	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-6 év				
1.	-	-	-	-
2.	-	-	54	80
3.	50	-	-	-
4.	-	50	-	-
5.	50	50	-	-
6.	-	100	-	-
7.	50	-	54	80
8.	-	50	54	80
9.	50	50	54	80
10.	-	100	54	80
7-25 év				
1.	-	-	-	-
2.	-	-	54	80
3.	100	-	-	80
4.	-	50	-	80
5.	50	50	-	80
6.	-	100	-	80
7.	100	-	54	80
8.	-	50	54	80
9.	50	50	54	80
10.	-	100	54	80
26-44 év				
1.	-	-	-	-
2.	60	60	60	-
3.	60	60	60	-
4.	60	60	120	-
5.	60	60	-	60
6.	60	60	-	120
7.	60	60	60	60
8.	60	60	60	120
9.	60	60	120	60
10.	60	60	120	120

15.táblázat

Őszi rozs terméseredménye 1961-1972 (Órbottyán)

Kezelés №*	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga
	1961	1962	1964	1965	1966		1967	1968	1969	1971	1972	
Szemtermés q/ha												
1	6,1	5,6	5,6	5,5	6,1	5,8	6,4	5,0	5,6	8,0	8,7	6,8
2	6,1	6,1	6,2	6,4	6,8	6,3	7,3	6,5	7,2	11,1	11,7	8,8
3	13,5	6,3	9,0	6,8	7,0	8,5	9,3	11,1	8,1	9,2	18,0	11,1
4	11,5	7,8	9,5	18,1	10,7	11,5	12,0	8,6	8,5	15,2	15,0	11,8
5	17,3	7,7	8,7	16,1	8,8	11,7	12,5	8,2	8,0	13,2	13,1	11,0
6	14,5	9,4	9,2	23,3	8,9	13,1	12,5	7,3	8,4	18,6	15,2	12,4
7	14,3	7,0	10,6	7,6	6,6	9,2	11,2	14,5	11,4	15,4	25,3	15,6
8	12,1	11,1	11,5	20,6	14,6	14,0	15,7	12,3	12,9	22,8	21,7	17,1
9	20,9	10,6	13,5	23,3	17,0	17,1	18,8	14,7	14,3	22,0	21,7	18,3
10	16,1	14,7	12,9	29,5	16,5	18,0	21,1	14,5	15,6	24,4	25,2	20,2
SzD _{5%}	2,3	2,3	0,6	2,3	0,5	1,8	2,4	2,2	2,7	3,5	2,4	2,1
Szalmatermés q/ha												
1	16,0	10,3	17,0	16,0	14,2	14,7	16,3	28,1	14,1	17,4	12,2	17,6
2	17,1	13,9	22,9	16,9	15,2	17,2	21,3	21,6	25,8	27,7	17,2	23,1
3	30,5	16,0	33,5	19,3	17,8	23,0	24,1	30,0	17,2	19,0	26,7	23,4
4	24,7	24,6	31,3	43,6	26,6	30,1	26,8	30,5	22,8	28,1	20,4	25,7
5	36,6	21,9	33,9	40,8	22,5	31,1	29,2	27,8	17,2	25,1	18,0	23,4
6	35,5	24,2	37,8	53,7	21,5	34,5	26,1	28,9	20,6	31,6	22,1	25,9
7	34,8	19,8	39,7	21,1	16,0	26,3	30,4	34,3	27,3	30,8	38,3	32,2
8	28,6	29,8	41,9	53,2	34,7	37,7	41,4	29,6	30,6	51,3	29,7	36,9
9	44,6	34,3	50,5	56,9	42,8	45,9	49,2	33,0	31,5	50,0	32,0	39,1
10	35,2	37,9	47,6	71,6	45,3	47,5	47,9	31,9	31,4	54,6	34,6	40,1
SzD _{5%}	5,8	4,9	10,8	5,7	5,5	4,4	6,5	9,4	10,0	8,7	4,8	4,3

*P=54 kg/ha P₂O₅, K=80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha N, N₂= 100 kg/ha N évente

16.táblázat

Őszi rozs össztermése 1961-1972 (Órbottyán)

Kezelés №*	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga
	1961	1962	1964	1965	1966		1967	1968	1969	1971	1972	
	Szem + szalmatermés q/ha											
1	22,2	15,9	22,5	21,5	20,3	20,5	22,7	33,2	19,7	25,4	20,9	24,4
2	23,2	20,0	29,0	23,3	21,9	23,5	28,6	28,2	33,0	38,8	28,8	31,9
3	44,0	22,2	42,6	26,1	22,8	31,5	33,4	41,1	25,3	28,1	44,7	34,5
4	36,2	32,4	40,9	61,0	37,3	41,7	38,8	39,1	31,2	43,3	35,4	37,6
5	53,9	29,6	42,5	56,9	31,3	42,8	41,7	36,0	25,3	38,3	31,1	34,4
6	49,1	33,6	47,0	77,0	30,3	47,6	38,6	36,2	29,0	50,2	37,3	38,2
7	50,1	26,7	50,3	28,7	22,5	35,5	41,5	48,7	38,7	46,2	63,6	47,8
8	40,7	40,9	53,4	73,8	49,3	51,6	57,1	41,9	43,5	74,2	51,4	54,0
9	65,6	44,9	64,4	80,2	59,7	62,9	68,1	47,6	45,7	72,0	53,7	57,5
10	51,3	52,7	60,5	101,2	61,7	65,5	69,0	46,3	47,0	79,0	59,8	60,2
SzD _{5%}	7,0	6,6	11,8	7,0	7,9	6,1	8,6	7,6	11,5	11,9	6,2	6,1

*P=54 kg/ha P₂O₅, K=80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha N, N₂= 100 kg/ha N évente

17.táblázat

Őszi rozs szemtermésének N tartalma és N hozama 1961-1972 (Őrbottyán)

Kezelés N ₂ *	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga
	1961	1962	1964	1965	1966		1967	1968	1969	1971	1972	
	N %											
1	1,52	1,54	1,42	1,60	1,38	1,49	1,29	1,53	1,53	1,37	1,13	1,37
2	1,50	1,50	1,42	1,51	1,42	1,47	1,41	1,47	1,51	1,33	1,15	1,37
3	1,33	1,68	1,34	1,57	1,37	1,46	1,31	1,61	1,58	1,31	1,13	1,39
4	1,57	1,55	1,48	1,42	1,30	1,46	1,29	1,48	1,61	0,96	1,13	1,29
5	1,72	1,64	1,68	1,43	1,26	1,55	1,32	1,82	1,65	1,33	1,15	1,45
6	1,81	1,70	1,86	1,58	1,48	1,69	1,41	1,73	1,75	1,36	1,16	1,48
7	1,40	1,63	1,29	1,53	1,42	1,45	1,27	1,50	1,51	1,23	1,12	1,33
8	1,59	1,74	1,48	1,39	1,18	1,48	1,16	1,43	1,63	1,26	1,09	1,31
9	1,60	1,87	1,56	1,41	1,27	1,54	1,24	1,64	1,63	1,07	1,18	1,35
10	1,88	1,60	1,82	1,51	1,53	1,67	1,30	1,57	1,79	1,40	1,17	1,44
SzD _{5%}	0,15	0,03	0,13	0,15	0,12	0,09	0,10	0,04	0,07	0,05	0,12	0,04
	N hozam kg/ha											
1	9,3	8,6	7,8	8,8	8,4	8,6	8,3	7,7	8,6	11,0	9,9	9,1
2	9,1	9,1	8,8	9,6	9,7	9,2	10,5	9,7	10,9	14,7	13,3	11,8
3	17,8	10,4	12,2	10,6	9,5	12,1	12,0	17,8	12,9	12,0	20,3	15,0
4	18,0	12,0	13,9	25,8	13,7	16,7	15,5	12,8	13,7	14,6	16,9	14,7
5	29,7	12,3	14,6	23,0	11,0	18,1	16,5	13,0	13,2	17,6	15,3	15,1
6	26,3	15,7	17,2	36,5	13,0	21,8	17,6	12,6	14,6	25,3	17,9	17,6
7	20,0	11,5	13,7	11,7	9,3	13,2	14,1	21,6	17,2	19,1	28,5	20,1
8	19,4	19,1	16,8	28,5	17,1	20,2	18,2	17,7	21,1	28,7	23,6	21,9
9	33,5	20,2	20,8	32,7	21,4	25,7	23,5	24,0	23,2	23,5	25,8	24,0
10	30,1	23,6	23,2	44,6	25,1	29,4	27,6	23,0	28,0	24,2	29,4	28,4
SzD _{5%}	4,5	4,1	2,7	3,8	3,3	2,7	3,4	4,8	4,7	4,7	3,3	3,1

*P=54 kg/ha P₂O₅, K=80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha N, N₂= 100 kg/ha N évente

18.táblázat

Őszi rozs szemtermésének P₂O₅ tartalma és P₂O₅ hozama 1961-1972 (Órbottyán)

Kezelés №*	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga
	1961	1962	1964	1965	1966		1967	1968	1969	1971	1972	
	P ₂ O ₅ %											
1	0,87	0,75	0,78	0,80	0,81	0,80	0,80	0,60	0,74	0,65	0,68	0,69
2	0,87	0,73	0,84	0,80	0,77	0,80	0,85	0,66	0,76	0,70	0,68	0,73
3	0,74	0,64	0,77	0,76	0,72	0,73	0,84	0,58	0,77	0,67	0,61	0,69
4	0,78	0,69	0,66	0,68	0,72	0,71	0,73	0,62	0,70	0,60	0,64	0,66
5	0,70	0,64	0,71	0,70	0,61	0,65	0,74	0,54	0,64	0,58	0,58	0,62
6	0,69	0,67	0,68	0,64	0,64	0,66	0,68	0,51	0,63	0,44	0,56	0,56
7	0,82	0,64	0,82	0,79	0,88	0,79	0,83	0,62	0,76	0,75	0,66	0,72
8	0,84	0,66	0,81	0,73	0,75	0,76	0,81	0,59	0,76	0,72	0,68	0,71
9	0,79	0,65	0,73	0,77	0,82	0,75	0,80	0,74	0,71	0,64	0,67	0,71
10	0,74	0,67	0,66	0,74	0,72	0,71	0,75	0,60	0,66	0,58	0,61	0,64
SzD _{5%}	0,04	0,07	0,09	0,06	0,12	0,04	0,07	0,08	0,05	0,05	0,08	0,03
	P ₂ O ₅ hozam kg/ha											
1	5,3	4,2	4,3	4,1	4,9	4,6	5,2	3,0	4,1	5,1	5,9	4,7
2	6,8	4,5	5,2	5,2	5,3	5,4	6,3	4,3	5,5	7,8	7,9	6,3
3	10,0	4,1	6,8	5,1	4,8	6,2	7,8	6,4	6,4	6,2	10,8	7,5
4	9,0	5,4	6,2	12,4	7,3	8,1	8,8	5,3	5,9	9,1	9,6	7,7
5	12,1	5,0	6,2	11,3	5,4	8,0	9,3	4,5	5,1	7,7	7,7	6,9
6	10,0	6,3	6,2	14,7	5,5	8,5	8,5	3,8	5,2	8,2	8,4	6,8
7	11,7	4,6	8,5	6,1	5,7	7,3	9,2	8,8	8,7	11,6	16,7	11,0
8	10,2	7,4	9,3	15,1	10,9	10,6	12,8	7,3	9,7	16,5	14,7	12,2
9	16,6	7,0	9,8	17,9	13,9	13,0	15,0	10,9	10,1	13,9	14,6	12,9
10	12,0	10,0	8,3	22,8	11,9	13,0	16,2	8,6	10,2	14,2	15,4	12,9
SzD _{5%}	2,7	2,4	1,6	1,7	7,1	1,3	2,2	1,4	2,0	2,7	2,0	1,6

*P=54 kg/ha P₂O₅, K=80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha N, N₂= 100 kg/ha N évente

19.táblázat

Őszi rozs szemtermésének K tartalma és K hozama 1961-1972 (Órbottyán)

Kezelés №*	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga	
	1961	1962	1964	1965	1966		1967	1968	1969	1971	1972		
K ₂ O %													
1	0,60	0,64	0,53	0,47	0,62	0,57	0,57	0,62	0,55	0,45	0,58	0,55	
2	0,60	0,63	0,54	0,48	0,62	0,57	0,63	0,62	0,59	0,49	0,63	0,58	
3	0,60	0,72	0,60	0,48	0,57	0,59	0,58	0,57	0,58	0,53	0,61	0,57	
4	0,61	0,71	0,58	0,47	0,65	0,60	0,59	0,59	0,57	0,52	0,60	0,57	
5	0,59	0,65	0,57	0,49	0,60	0,58	0,60	0,56	0,54	0,52	0,62	0,56	
6	0,57	0,88	0,55	0,49	0,63	0,62	0,58	0,56	0,55	0,58	0,58	0,57	
7	0,59	0,71	0,56	0,47	0,62	0,59	0,56	0,62	0,54	0,54	0,63	0,58	
8	0,61	0,64	0,59	0,48	0,65	0,59	0,58	0,64	0,56	0,55	0,65	0,60	
9	0,59	0,67	0,60	0,51	0,69	0,61	0,57	0,60	0,55	0,53	0,67	0,58	
10	0,57	0,63	0,57	0,51	0,67	0,59	0,59	0,60	0,53	0,54	0,60	0,57	
SzD _{5%}	0,04	0,13	0,20	0,04	0,08	0,03	0,04	0,04	0,02	0,12	0,14	0,02	
K ₂ O hozam kg/ha													
1	3,73	3,61	2,93	2,60	3,80	3,33	3,7	3,1	3,1	3,6	5,1	3,7	
2	3,66	3,89	3,34	3,09	4,19	3,63	4,4	4,1	4,3	5,4	7,3	5,1	
3	8,14	4,56	5,38	3,22	3,83	5,02	5,4	6,4	4,7	4,9	11,0	6,7	
4	6,95	5,73	5,51	8,46	6,75	6,68	7,1	5,0	4,9	7,9	9,0	6,8	
5	10,16	5,01	4,95	7,94	5,23	6,66	7,5	4,5	4,3	6,9	8,1	6,3	
6	8,25	8,54	5,01	11,43	5,44	7,81	7,2	4,1	4,6	10,9	8,9	7,2	
7	8,42	5,08	5,95	7,17	4,08	6,14	6,2	8,9	6,2	8,4	16,0	9,1	
8	7,37	7,17	6,68	9,95	9,48	8,13	9,1	7,9	7,4	12,5	14,1	10,2	
9	12,26	7,20	8,02	11,88	11,68	10,21	10,8	8,8	7,9	11,6	14,6	10,7	
10	9,15	9,38	7,32	15,22	10,95	10,40	12,6	8,8	8,2	13,1	15,0	11,6	
SzD _{5%}	1,42	2,30	1,20	4,60	1,70	1,30	1,5	1,5	1,6	2,2	1,7	1,2	

*P=54 kg/ha P₂O₅, K=80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha N, N₂= 100 kg/ha N évente

20.táblázat

Őszi rozs szalmatermésének N tartalma és N hozama 1961-1972 (Órbottyán)

Kezelés N ₂ *	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga
	1961	1962	1964	1965	1966		1967	1968	1969	1971	1972	
N %												
1	0,33	0,29	0,27	0,50	0,58	0,39	0,32	0,27	0,25	0,33	0,30	0,29
2	0,35	0,27	0,30	0,49	0,54	0,39	0,33	0,29	0,21	0,26	0,30	0,28
3	0,27	0,29	0,28	0,50	0,57	0,38	0,32	0,37	0,28	0,37	0,35	0,34
4	0,32	0,28	0,34	0,43	0,57	0,39	0,38	0,36	0,33	0,34	0,33	0,35
5	0,36	0,37	0,36	0,49	0,61	0,43	0,41	0,47	0,48	0,44	0,38	0,44
6	0,41	0,33	0,43	0,46	0,58	0,44	0,48	0,50	0,53	0,44	0,32	0,47
7	0,30	0,38	0,26	0,41	0,58	0,39	0,40	0,29	0,33	0,29	0,38	0,34
8	0,38	0,36	0,31	0,40	0,52	0,39	0,35	0,24	0,40	0,27	0,29	0,31
9	0,33	0,30	0,33	0,38	0,48	0,36	0,31	0,28	0,45	0,28	0,39	0,34
10	0,44	0,26	0,37	0,45	0,64	0,43	0,35	0,32	0,56	0,33	0,35	0,36
SzD _{5%}	0,09	0,10	0,11	0,12	0,10	0,04	0,08	0,05	0,03	0,03	0,06	0,10
N hozam kg/ha												
1	5,3	2,9	4,7	8,0	8,1	5,8	5,2	7,7	3,4	5,7	3,7	5,1
2	6,2	3,6	6,6	8,2	8,2	6,6	6,9	6,5	5,4	7,1	5,2	6,2
3	8,2	4,4	9,5	9,4	8,7	8,0	7,8	10,9	5,0	6,9	8,4	7,8
4	8,1	6,7	10,3	18,9	15,3	11,8	10,1	10,8	7,5	9,6	6,8	8,9
5	13,3	7,8	11,5	19,8	13,6	13,2	10,9	13,3	8,3	11,0	6,9	10,1
6	15,2	7,9	15,4	24,9	12,5	15,2	12,4	14,5	10,9	14,1	6,9	11,7
7	15,2	7,1	10,7	8,5	9,4	9,2	11,9	10,2	9,1	9,0	14,5	10,9
8	11,0	10,5	13,0	21,4	18,0	14,8	14,4	7,3	12,3	13,7	8,5	11,2
9	14,6	10,4	15,9	21,6	20,5	16,6	15,4	9,2	14,2	14,3	12,4	13,1
10	15,8	10,1	17,7	32,2	28,9	20,9	16,6	10,1	17,6	18,3	12,0	14,9
SzD _{5%}	4,4	2,4	4,1	4,9	4,8	1,9	2,8	3,9	4,2	3,4	2,8	1,5

*P=54 kg/ha P₂O₅, K=80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha N, N₂= 100 kg/ha N évente

21.táblázat

Őszi rozs szalmatermésének P₂O₅ tartalma és P₂O₅ hozama 1961-1972 (Órbottyán)

Kezelés N ₂ *	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga	
	1961	1962	1964	1965	1966		1967	1968	1969	1971	1972		
	P ₂ O ₅ %												
1	0,23	0,16	0,18	0,21	0,36	0,23	0,22	0,27	0,23	0,15	0,21	0,22	
2	0,23	0,14	0,20	0,25	0,40	0,25	0,28	0,30	0,32	0,25	0,27	0,28	
3	0,13	0,06	0,12	0,29	0,30	0,18	0,16	0,12	0,18	0,20	0,14	0,16	
4	0,12	0,11	0,10	0,19	0,24	0,15	0,17	0,14	0,12	0,12	0,15	0,14	
5	0,08	0,07	0,11	0,18	0,25	0,14	0,12	0,13	0,14	0,15	0,14	0,13	
6	0,10	0,09	0,09	0,17	0,20	0,13	0,12	0,15	0,16	0,26	0,15	0,17	
7	0,17	0,06	0,16	0,33	0,35	0,21	0,20	0,13	0,24	0,15	0,18	0,18	
8	0,19	0,09	0,10	0,24	0,32	0,19	0,16	0,16	0,16	0,15	0,19	0,16	
9	0,17	0,05	0,09	0,15	0,21	0,13	0,15	0,20	0,18	0,11	0,17	0,16	
10	0,13	0,08	0,10	0,17	0,17	0,13	0,13	0,17	0,14	0,12	0,16	0,14	
SzD _{5%}	0,06	0,04	0,02	0,10	0,09	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	
	P ₂ O ₅ hozam kg/ha												
1	3,8	1,6	3,0	3,3	5,0	3,4	3,6	7,5	3,3	3,0	2,6	4,0	
2	3,9	1,9	5,0	4,3	6,0	4,2	5,8	6,5	8,2	6,8	4,6	6,4	
3	3,9	1,0	4,1	5,5	4,7	3,8	3,8	3,7	3,0	3,5	3,7	3,6	
4	3,0	2,7	3,5	8,5	6,3	4,8	4,5	3,8	2,9	3,5	3,1	3,5	
5	3,0	1,5	3,7	7,5	5,6	4,3	3,5	3,7	2,5	3,6	2,4	3,2	
6	3,9	2,1	3,2	8,9	4,3	4,5	3,2	4,2	3,5	8,2	3,4	4,5	
7	6,1	1,3	6,1	7,2	5,7	5,3	6,4	4,5	7,2	4,7	6,9	5,9	
8	5,8	2,6	4,1	12,7	10,9	7,2	6,4	4,6	4,9	7,9	5,7	5,9	
9	7,5	1,8	4,6	8,5	9,1	6,3	7,3	6,7	5,7	5,7	5,4	6,2	
10	4,9	3,0	5,8	12,0	7,8	6,7	6,2	5,5	4,3	6,6	5,5	5,6	
SzD _{5%}	2,6	1,0	2,2	2,8	3,2	1,4	1,8	1,8	1,8	1,7	1,3	0,9	

*P=54 kg/ha P₂O₅, K=80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha N, N₂= 100 kg/ha N évente

22.táblázat

Őszi rozs szalmatermésének K tartalma és K hozama 1961-1972 (Órbottyán)

Kezelés N ₂ *	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga
	1961	1962	1964	1965	1966		1967	1968	1969	1971	1972	
K ₂ O %												
1	0,72	0,75	0,81	0,77	0,88	0,79	0,88	0,96	0,61	0,51	0,92	0,78
2	0,69	0,68	0,82	0,74	0,85	0,76	0,98	1,35	0,70	0,66	1,12	0,96
3	0,52	0,64	0,71	0,70	0,76	0,66	0,88	1,05	0,71	0,61	0,95	0,84
4	0,53	0,67	0,66	0,64	0,67	0,63	0,78	1,00	0,72	0,50	0,98	0,79
5	0,48	0,70	0,71	0,62	0,50	0,60	0,71	0,99	0,74	0,51	0,82	0,75
6	0,46	0,72	0,68	0,72	0,56	0,63	0,75	0,91	0,72	0,50	0,91	0,76
7	0,63	0,66	0,91	0,74	0,87	0,76	0,99	1,22	0,73	0,66	1,05	0,93
8	0,68	0,63	0,73	0,76	0,71	0,70	0,90	1,07	0,70	0,60	1,06	0,87
9	0,67	0,70	0,79	0,68	0,71	0,71	0,85	1,08	0,54	0,55	0,94	0,79
10	0,72	0,62	0,80	0,69	0,63	0,69	0,80	1,04	0,54	0,54	0,98	0,78
SzD _{5%}	0,11	0,14	0,18	0,14	0,11	0,07	0,13	0,08	0,03	0,04	0,20	0,05
K ₂ O hozam kg/ha												
1	11,5	7,6	13,6	12,5	12,6	11,5	14,4	26,8	8,6	9,0	10,8	13,9
2	11,7	9,6	20,0	12,7	13,0	13,4	20,6	34,5	18,1	18,3	19,3	22,1
3	15,7	10,3	23,6	13,3	12,2	15,1	21,1	31,6	12,2	11,4	25,5	20,4
4	13,0	16,6	20,8	28,0	18,5	19,4	20,2	30,4	16,3	14,1	20,0	20,2
5	17,7	15,5	25,1	25,2	11,6	19,0	20,7	28,4	12,8	12,9	14,4	17,8
6	16,7	17,4	25,5	38,4	12,3	22,1	19,4	26,5	14,9	16,0	19,8	19,3
7	21,9	13,2	35,4	16,0	13,7	20,0	30,2	42,3	19,9	20,5	39,7	30,5
8	19,7	18,8	30,3	40,2	24,8	26,8	36,8	31,5	21,5	30,7	31,7	30,4
9	30,0	24,0	40,4	38,5	30,7	32,7	41,4	35,6	17,2	27,3	29,4	30,2
10	25,6	24,1	37,6	48,9	28,5	32,9	38,2	33,1	17,0	29,2	34,1	30,4
SzD _{5%}	5,1	4,9	10,1	5,0	5,6	4,0	6,2	11,8	6,6	5,2	6,6	3,3

*P=54 kg/ha P₂O₅, K=80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha N, N₂= 100 kg/ha N évente

23.táblázat

Őszi rozs össztermésének N és P₂O₅ hozama 1961-1972 (Órbottyán)

Kezelés №*	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga
	1961	1962	1964	1965	1966		1967	1968	1969	1971	1972	
N kg/ha												
1	14,6	11,5	12,6	16,7	16,5	14,4	13,5	15,4	12,0	16,7	13,6	14,2
2	15,2	12,6	15,4	17,9	17,9	15,8	17,3	16,2	16,3	21,8	18,5	18,0
3	25,9	14,4	21,6	20,0	18,2	20,1	19,9	28,8	17,9	19,0	28,7	22,8
4	26,0	18,7	24,2	44,7	29,0	28,5	25,7	23,5	21,2	24,2	23,7	23,6
5	42,9	20,2	26,1	42,8	24,7	31,4	27,4	26,3	21,5	28,6	22,2	25,2
6	41,5	23,7	32,6	61,4	25,5	36,9	29,9	27,2	25,5	39,4	24,7	29,3
7	30,3	18,6	24,4	20,2	18,8	22,4	25,9	31,8	26,3	28,1	43,0	31,0
8	30,3	29,6	29,7	49,9	35,2	34,9	32,5	25,0	33,4	42,4	32,1	33,1
9	48,1	30,6	36,6	54,3	42,0	42,3	38,9	33,2	37,5	37,8	38,1	37,1
10	45,9	33,8	40,9	76,8	54,0	50,3	44,1	33,1	45,6	52,5	41,5	43,4
SzD _{5%}	6,9	5,3	4,9	8,1	7,4	4,3	5,2	5,1	7,2	7,6	4,6	4,1
P ₂ O ₅ kg/ha												
1	9,1	5,8	7,3	7,7	9,9	8,0	8,7	10,5	7,4	8,1	8,5	8,6
2	10,7	6,3	10,2	9,5	11,2	9,6	12,2	10,8	13,7	14,5	12,5	12,8
3	13,9	5,1	10,9	10,6	9,5	10,0	11,6	10,1	9,4	9,9	14,5	11,1
4	12,0	8,1	9,7	20,9	13,6	12,9	13,2	9,1	8,8	12,6	12,6	11,3
5	15,1	6,5	9,9	18,8	11,1	12,3	12,8	8,2	7,6	11,3	10,1	10,0
6	14,0	8,4	9,4	23,6	9,8	13,0	11,8	8,0	8,7	16,5	11,8	11,3
7	17,9	5,8	14,6	13,4	11,4	12,6	15,6	13,3	15,9	16,3	23,5	16,9
8	16,0	10,0	13,4	27,8	21,8	17,8	19,2	12,1	14,6	24,4	20,4	18,1
9	24,1	8,8	14,4	26,4	23,0	19,3	22,3	17,6	17,8	19,6	20,0	19,2
10	16,9	13,0	14,1	34,7	19,7	19,7	22,4	14,1	14,5	20,8	20,9	18,7
SzD _{5%}	4,4	2,3	3,1	4,2	4,4	2,5	3,9	2,1	3,5	2,0	2,6	2,3

*P=54 kg/ha P₂O₅, K=80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha N, N₂= 100 kg/ha N évente

24. táblázat

Őszi rozs össztermésének K hozama 1961-1972 (Órbottyán)

Kezelés №*	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga
	1961	1962	1964	1965	1966		1967	1968	1969	1971	1972	
	K ₂ O kg/ha											
1	15,2	11,2	16,6	15,1	16,4	14,9	18,0	29,9	11,7	12,6	15,9	17,6
2	15,4	13,5	23,4	15,8	17,2	17,0	24,9	38,5	22,4	23,7	26,6	27,2
3	25,9	14,8	29,1	16,6	16,0	20,1	26,5	38,0	16,9	16,3	36,4	27,0
4	19,9	22,4	26,3	36,4	25,3	26,0	27,3	35,4	21,1	22,0	29,0	27,0
5	27,9	20,5	30,1	33,1	16,8	25,7	28,2	32,9	17,1	19,8	22,5	24,1
6	24,9	26,0	30,6	49,8	17,7	29,9	26,6	30,6	19,5	26,9	28,7	26,5
7	30,3	18,3	41,3	23,2	17,8	26,2	36,4	51,2	26,1	28,9	55,7	39,6
8	26,4	26,0	37,0	50,1	34,3	34,9	45,9	39,4	28,8	43,2	45,8	40,6
9	42,2	31,2	48,4	50,3	42,4	42,9	52,2	44,4	2aasm,5,1	38,9	44,0	40,9
10	34,8	33,5	44,9	64,1	39,4	43,4	50,8	41,9	25,2	42,3	49,1	42,0
SzD _{5%}	5,5	6,3	10,5	5,8	6,8	4,9	7,2	19,3	7,4	7,0	7,4	4,3

*P=54 kg/ha P₂O₅, K=80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha N, N₂= 100 kg/ha N évente

25.táblázat

Őszi rozs termése, NPK tartalma és hozama tíz év átlagában, 1961-1972 (Órbottyán)

Kezelés N ₂	Szem							Szalma						
	q/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	q/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		%			kg/ha				%			kg/ha		
1	6,3	1,43	0,75	0,56	8,8	4,6	3,5	16,2	0,34	0,22	0,78	5,5	3,4	12,7
2	7,5	1,42	0,76	0,58	10,5	5,9	4,4	20,0	0,33	0,26	0,86	6,4	5,3	17,8
3	9,8	1,42	0,71	0,58	13,5	6,8	5,7	23,2	0,36	0,17	0,75	7,9	3,7	17,7
4	11,7	1,38	0,68	0,59	15,7	7,9	6,7	27,9	0,37	0,15	0,72	10,4	4,2	19,8
5	11,3	1,50	0,63	0,57	16,6	7,4	6,5	27,3	0,44	0,14	0,68	11,7	3,7	18,4
6	12,7	1,58	0,61	0,60	19,7	7,7	7,4	30,2	0,45	0,15	0,69	13,5	4,5	20,7
7	12,4	1,39	0,75	0,58	16,6	9,1	7,6	29,3	0,36	0,20	0,85	10,1	5,6	25,7
8	15,3	1,39	0,73	0,60	21,0	11,4	9,2	37,1	0,35	0,18	0,79	13,0	6,6	28,6
9	17,7	1,44	0,73	0,60	24,9	13,0	10,5	42,7	0,35	0,15	0,75	14,8	6,2	31,4
10	19,0	1,56	0,67	0,58	28,9	13,0	11,0	43,8	0,41	0,14	0,74	17,9	6,2	31,7
SzD _{5%}	1,8	0,04	0,02	0,02	2,7	1,3	1,1	3,8	0,02	0,02	0,04	1,5	1,0	3,0

*P=54 kg/ha P₂O₅, K=80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha N, N₂= 100 kg/ha N évente

26.táblázat

Őszi rozs össztermése (szem + szalma) és tápanyaghozama tíz év átlagában
1961-1972 (Órbottyán)

Kezelések* N ₂	q/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		kg/ha		
1. -	22,5	14,3	8,2	16,2
2. P ₁ K ₁	27,5	16,9	11,2	22,2
3. N ₁ (ősz)	33,0	21,4	10,5	23,4
4. N ₁ (tavasz)	39,6	26,1	11,9	26,5
5. N ₂ (ősz + tavasz)	38,6	28,3	11,1	24,9
6. N ₂ (tavasz)	42,9	33,2	12,2	28,1
7. N ₁ P ₁ K ₁ (ősz)	41,7	26,7	14,8	33,3
8. N ₁ P ₁ K ₁ (tavasz)	52,4	34,0	17,9	37,8
9. N ₂ P ₁ K ₁ (ősz + tavasz)	60,4	39,7	19,2	41,9
10. N ₂ P ₁ K ₁ (tavasz)	62,8	46,8	19,1	42,7
SzD _{5%}	5,5	3,9	2,1	5,7

*P=54 kg/ha P₂O₅, K=80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha N, N₂= 100 kg/ha N évente

27.táblázat

Talajvizsgálati eredmények 12 év után, 1972-ben, 0-20 cm (Órbottyán)

Kezelés* N ₂	pH		hy	CaCO ₃ %	Humusz %	AL-mg/100 g		Össz-N mg/100 g
	H ₂ O	KCl				P ₂ O ₅	K ₂ O	
1	7,24	6,96	0,85	1,1	1,10	4,2	6,5	81
2	7,20	6,91	0,81	1,3	1,10	9,6	8,4	76
3	7,17	6,87	0,79	1,8	1,06	4,9	7,5	77
4	7,18	7,09	0,78	1,6	1,10	4,3	7,1	79
5	7,28	7,08	0,84	1,4	1,12	3,5	6,8	76
6	7,26	7,04	0,86	1,7	1,12	4,0	7,1	80
7	7,09	6,92	0,81	1,8	1,01	9,2	8,1	78
8	7,16	7,00	0,84	1,5	1,05	9,8	8,1	77
9	7,09	6,88	0,90	0,6	1,19	8,9	8,4	77
10	7,10	6,92	0,89	1,1	1,13	8,7	8,7	78
SzD _{5%}	0,50	0,48	0,10	2,6	0,19	1,5	1,3	13

*P=54 kg/ha P₂O₅, K= 80 kg/ha K₂O, N₁= 50 kg/ha Na, N₂= 100 kg/ha N évente

VI. A rozs szárazanyag-felhalmozása és elemfelvétele a tenyészidő folyamán

A kísérlet 18. évében a tenyészidő folyamán bokrosodáskor 1978-ban őszele és 1979-ben szárba induláskor, kalászoláskor és virágzáskor parcellánként 4-4 folyóméter föld feletti növényi anyag felhasználásával mintavételezést végeztünk. Aratáskor hasonlóképpen 4-4 folyóméter növényi anyagból parcellánként mintakévév vettünk a szem/szalma arány, valamint a fő- és melléktermékek beltartalmi vizsgálataihoz. A növényi mintákban meghatároztuk a N-, P-, K-, Ca-, Mg-, Na-, Fe-, Mn, Zn- és Cu-tartalmakat és a minták súlyait megmértük. A növényelemzés adatai minden esetben elemi tápelemtartalmakat jelölnek, abszolút szárazanyagra számítva. Kísérleti növényünk a Kecskeméti H-fajtájú rozs volt. E közleményben a megosztott N-adagolás hatásait nem tárgyaljuk, mivel a tápelemfelvételt számottevően nem befolyásolta. Így az eredeti 10 kezelésből csak 6 kezelést mutatunk be, ahol a N kijuttatása tavasszal történt.

Az évenként alkalmazott 54 kg/ha P_2O_5 hatására a talaj AL- P_2O_5 -tartalma 100-120 ppm-re, a közepes ellátottsági tartományba emelkedett 1977-ben. Az évenként 80 kg/ha K_2O adag hatására a talajok AL- K_2O -tartalma 100 ppm körüli értékre nőtt, közepes K-ellátottsági tartományt mutatva a kísérlet 18. évében. A kísérletben alkalmazott, a termékek által felvett tápelemek mennyiségét lényegesen meg nem haladó, mérsékelt P- és K-adagok nem tették lehetővé, hogy közel két évtized alatt e talajok P- és K-ellátottsága kielégítővé váljon.

Az őszi rozs szárazanyagának képződése a szárba indulás kezdete és a virágzás szakaszai között volt a legintenzívebb, az április közepétől május végéig tartó időszak alatt, amikor is a betakarításkori összes száraz anyagának átlagosan mintegy 80%-át halmozta fel. A virágzás és az aratás közötti mintegy másfél hónap alatt, a generatív szakaszban, a kísérlet átlagában mintegy 16%-os szárazanyag-vesztés lépett fel. Ez utóbbi jelenség különösen a nagyobb hozamú trágyázott kezelésekben fellépő vízhiánnyal, a levelek, különösen az alsó levelek idő előtti leszáradásával függ össze. A szárazanyaghozamnak 70%-át a szalma, 30%-át a szemtermés adta (28. táblázat).

Ha elemezzük a műtrágyázási kezelések hatását a szárazanyag képződésére megállapíthatjuk, hogy az április közepe – május vége közötti intenzív szervesanyag-felhalmozás idején a műtrágyahatások a legkifejezettebbek a kontrollon mért hozam átlagosan négyszeresére emelkedett a legjobb kezelésben. Az őszi, bokrosodás elejei stádiumban, valamint aratásra ez a műtrágyahatás csupán a trágyázatlan parcella hozamának megduplázódását jelenti. Megállapítható, hogy önmagában sem a PK-, sem a NK-kezelés-kombinációkban nem nő lényegesen a termés a kontrollhoz képest. Csak a NPK, különösen az évi 100 kg/ha N adagú NPK-kombináció tekinthető előnyösnek, bár az itt elért 1,3 t/ha szemtermés szintje is rendkívül alacsony. Az alacsony termésszint elsősorban a vízhiányra, a viszonylag mérsékelt műtrágyaadagokra és feltehetően a hosszú, a 3

éves vakkísérletet is figyelembe véve 21 éves őszirozsmonokultúrára vezethető vissza (28. táblázat).

28.táblázat A rozs szárazanyag felhalmozása és Mg-felvétele a tenyésztő folyamán, 1978/79

Kezelés jele	nov.17.	ápr.17.	máj.8.	máj.23.	máj.30.	július 17.	
	Bokrosodás		Szárbasz.	Kalászol.	Virágzás	Szem	Szalma
	Szárazanyag, t/ha						
Kontroll	0,22	0,29	0,84	1,48	1,80	0,72	1,36
PK	0,25	0,39	1,13	1,56	1,91	0,71	1,50
N ₁ K	0,24	0,28	0,80	1,89	2,20	0,66	1,40
N ₂ K	0,23	0,29	0,90	1,54	2,25	0,60	1,31
N ₁ PK	0,38	1,20	3,05	4,06	5,14	1,25	3,62
N ₂ PK	0,44	1,35	4,50	6,05	6,60	1,33	2,99
a)SzD _{5%}	0,09	0,21	0,45	0,56	0,88	0,34	0,83
b)Átlag	0,29	0,63	1,87	2,76	3,32	0,88	2,03
%	10	22	64	95	114	30	70
	Mg, %						
Kontroll	0,33	0,16	0,11	0,09	0,08	0,11	0,06
PK	0,24	0,14	0,08	0,07	0,08	0,10	0,05
N ₁ K	0,27	0,15	0,12	0,09	0,08	0,10	0,07
N ₂ K	0,25	0,16	0,14	0,10	0,10	0,10	0,07
N ₁ PK	0,28	0,11	0,09	0,07	0,06	0,11	0,04
N ₂ PK	0,33	0,18	0,12	0,09	0,08	0,11	0,06
a)SzD _{5%}	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
b)Átlag	0,28	0,15	0,11	0,09	0,07	0,11	0,06
%	187	100	73	60	47	73	40
	Mg, kg/ha						
Kontroll	1	0	1	1	1	1	1
PK	1	1	1	1	2	1	1
N ₁ K	1	0	1	2	2	1	1
N ₂ K	1	0	1	2	2	1	1
N ₁ PK	1	1	3	3	3	2	2
N ₂ PK	1	2	5	6	6	2	2
a)SzD _{5%}	0	1	1	1	1	0	1
b)Átlag	1	1	2	3	3	1	1
%	38	43	95	124	133	43	57

A bokrosodás végén mért Mg-tartalom az aratás idejére közel felére csökkent a föld feletti növényben. Az őszi, bokrosodás elejei Mg-koncentráció mintegy kétszerese volt a tavaszinak. A kalászolás stádiumától a tenyésztő végéig az átlagos Mg-tartalomban változás már nem volt észlelhető. A trágyázási kezelések

nem voltak egyértelmű befolyással a koncentrációra. A felvett Mg mennyiségének alakulása, ami a trágyázási kezelések hatását illeti, a szárazanyag-képződéssel mutatott analóg képet. A felvett Mg mennyisége virágzásig nőtt, majd aratás idejére mérsékelten csökkent. A felhalmozott Mg mennyiségének közel fele-fele arányban hordozója a szem és a szalma (28. táblázat).

A bokrosodás végén mért N%, a kísérlet átlagában, az aratás idejére mintegy 1/4-ére csökkent a föld feletti növényben. Az őszi, bokrosodás elejei N-tartalmak átlagosan mintegy 10%-kal meghaladták a bokrosodás végén, tavasszal mért értékeket. A N-kezelések hatása általában jól nyomon követhető a N-tartalmakban; különösen a 100 kg/ha N-adagok hatására nőtt jelentősen a N koncentrációja a tenyészidő folyamán. A különbségek, a N-trágyázás hatásai, a bokrosodás vége/virágzás közötti intenzív növekedés időszakában a legkifejezettebbek. Ugyanakkor az is szembetűnő, hogy a N koncentrációinak hígulása szintén ebben a periódusban jelentősebb, különösen a teljes NPK-kezelésekben, ahol a szárazanyag-gyarapodás igen gyors volt (29. táblázat).

Az aratáskori felvett N mennyiségét 100-nak véve megállapítható, hogy a szárba indulást követően a N-nel nem trágyázott talajon a további felvétel már megszakadt, sőt a virágzás és az aratás ideje között 33%-os csökkenés volt kimutatható a kísérlet átlagában. A legnagyobb adagú NPK-kezelés a felvett N mennyiségét a bokrosodás vége/virágzás közötti intenzív növekedés idején 5-7-szeresére emelte a trágyázatlanhoz viszonyítva.

Az őszi, bokrosodás elejei stádiumban, valamint aratáskor ez a műtrágyahatás a kontroll parcella hozamának csupán a megduplázásához vezetett. A felvett N mintegy 2/3-a a szemben, 1/3-a a szalmában halmozódott fel (29. táblázat).

A bokrosodás végén talált P-tartalom, a kísérlet átlagában, az aratás idejére mintegy felére csökkent az összes föld feletti termésben. Az őszi, bokrosodás elejei P-tartalmak 25%-kal haladták meg a bokrosodás végén tavasszal mért értékeket. A P-tartalom különösen a NK-kezelésekben volt alacsony, a tenyészidő folyamán fellépő hígulás mértéke pedig a N-tartalomhoz hasonlóan, a teljes NPK-kezelésekben. A P felvétele a N-felvételhez hasonló képet mutat. Itt is megfigyelhető, hogy a virágzás és az aratás ideje között fellépő tápanyagveszteség a nagyobb hozamú, teljes NPK-kezelésekben jelentős, melyekben a leszáradás és a vízhiány nagyobb károsodást okozott, míg a kontroll parcellán kapott alacsony terméseken ez a jelenség elmaradt. A felvett P 70%-a szemben, 30%-a a szalmában halmozódott fel (29. táblázat).

A kísérlet átlagában számolt tavaszi, bokrosodás végi K-tartalom aratásra 1/5-ére süllyedt a föld feletti termésben. Az őszi, bokrosodás elejei K-tartalmak átlagosan 15%-kal voltak magasabbak a bokrosodás végén mért értékeknél. A legmagasabb K-tartalmakat a NK-kezelésekben kaptuk, míg a PK-kezelésekben a K-tartalom növekedése a kontrollhoz viszonyítva átlagában nem volt megbízható. A NPK-kezelésekben a már említett hígulási effektus is megnyilvánult, a NK-kezelésekhez viszonyítva alacsonyabb K-tartalmakban (30. táblázat).

29.táblázat A rozs N- és P-felvétele a tenyésztő folyamán, 1978/79

Kezelés jele	nov.17.	ápr.17.	máj.8.	máj.23.	máj.30.	július 17.	
	Bokrosodás		Szárbasz.	Kalászol.	Virágzás	Szem	Szalma
	N, %						
Kontroll	3,65	2,66	1,48	0,92	0,76	1,60	0,45
PK	3,17	2,30	1,30	0,88	0,72	1,62	0,40
N ₁ K	3,73	4,19	3,03	1,70	1,29	1,69	0,60
N ₂ K	3,77	4,48	3,32	2,27	1,78	1,95	0,76
N ₁ PK	4,09	2,99	1,48	0,85	0,70	1,66	0,30
N ₂ PK	4,38	4,05	1,98	1,20	1,00	1,89	0,47
a)SzD _{5%}	0,28	0,44	0,25	0,13	0,14	0,14	0,10
b)Átlag	3,79	3,44	2,10	1,30	1,04	1,73	0,50
%	110	100	61	38	30	50	15
	N, kg/ha						
Kontroll	8	7	12	15	15	11	6
PK	8	9	15	15	15	11	6
N ₁ K	9	12	24	36	32	11	8
N ₂ K	9	13	30	39	44	12	10
N ₁ PK	16	36	45	38	40	21	11
N ₂ PK	19	54	89	81	73	25	14
a)SzD _{5%}	4	8	9	9	1	6	4
b)Átlag	11	19	36	37	37	15	9
%	46	78	146	153	149	62	38
	P, %						
Kontroll	0,36	0,27	0,26	0,22	0,20	0,40	0,07
PK	0,46	0,41	0,31	0,28	0,25	0,37	0,11
N ₁ K	0,29	0,20	0,22	0,18	0,16	0,33	0,05
N ₂ K	0,24	0,19	0,22	0,18	0,14	0,29	0,05
N ₁ PK	0,52	0,39	0,30	0,24	0,18	0,40	0,07
N ₂ PK	0,49	0,40	0,28	0,21	0,17	0,39	0,07
a)SzD _{5%}	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,05	0,01
b)Átlag	0,39	0,31	0,26	0,22	0,18	0,36	0,07
%	125	100	84	71	58	116	23
	P, kg/ha						
Kontroll	1	1	2	3	4	3	1
PK	1	2	4	5	5	3	2
N ₁ K	1	1	2	4	4	2	1
N ₂ K	1	1	2	3	4	2	1
N ₁ PK	2	5	9	11	10	5	3
N ₂ PK	2	6	13	14	13	5	2
a)SzD _{5%}	1	1	1	1	2	1	1
b)Átlag	1	2	5	7	7	3	1
%	28	49	111	140	140	70	30

30.táblázat

A rozs K- és Ca-felvétele a tenyésztési folyamán, 1978/79

Kezelés jele	nov.17.	ápr.17.	máj.8.	máj.23.	máj.30.	július 17.	
	Bokrosodás		Szárbasz.	Kalászol.	Virágzás	Szem	Szalma
K, %							
Kontroll	2,77	2,31	1,84	1,61	1,47	0,55	0,44
PK	3,15	2,67	1,84	1,74	1,54	0,51	0,59
N ₁ K	3,56	3,50	3,06	2,27	1,94	0,49	0,66
N ₂ K	3,48	3,38	3,24	2,86	2,42	0,45	0,75
N ₁ PK	3,78	2,84	2,11	1,71	1,50	0,54	0,57
N ₂ PK	3,45	2,87	2,26	1,80	1,52	0,55	0,52
a)SzD _{5%}	0,44	0,45	0,20	0,18	0,08	0,06	0,10
b)Átlag	3,37	2,93	2,39	2,00	1,73	0,51	0,59
%	115	100	82	68	59	17	20
K, kg/ha							
Kontroll	6	7	16	27	29	4	6
PK	8	10	21	30	33	3	9
N ₁ K	8	10	24	48	48	3	9
N ₂ K	8	9	29	49	61	3	9
N ₁ PK	14	34	64	77	86	7	20
N ₂ PK	15	39	102	121	111	8	15
a)SzD _{5%}	4	8	10	13	17	2	5
b)Átlag	10	20	43	59	61	5	12
%	62	122	264	362	378	29	71
Ca, %							
Kontroll	0,95	0,62	0,36	0,28	0,27	0,05	0,33
PK	0,81	0,51	0,32	0,28	0,27	0,05	0,32
N ₁ K	0,73	0,66	0,50	0,34	0,31	0,05	0,35
N ₂ K	0,66	0,65	0,60	0,45	0,40	0,05	0,42
N ₁ PK	0,65	0,49	0,32	0,22	0,20	0,05	0,22
N ₂ PK	0,55	0,62	0,36	0,30	0,26	0,05	0,27
a)SzD _{5%}	0,23	0,15	0,09	0,05	0,05	0,01	0,09
b)Átlag	0,73	0,59	0,41	0,31	0,29	0,05	0,32
%	124	100	69	53	49	8	54
Ca, kg/ha							
Kontroll	2	2	3	5	6	0	4
PK	2	2	4	5	6	0	4
N ₁ K	2	2	4	7	8	0	5
N ₂ K	2	2	5	8	10	0	5
N ₁ PK	3	6	10	10	11	1	8
N ₂ PK	2	8	16	20	19	1	8
a)SzD _{5%}	1	2	2	2	3	0	2
b)Átlag	2	4	7	9	10	0	6
%	33	59	115	149	162	7	93

A felvett K mennyisége virágzásig nőtt, majd aratás idejére a virágzaskori mennyiségnek alig 1/3-1/4-e volt a föld feletti termésben megtalálható. A zöld növényi részek, levelek idő előtti és nagymérvű leszáradása és lehullása természetesen elsősorban a K-veszteségeket növelte a homokon természetesen rozsnál. A nagyobb adagú teljes NPK-kezelésben a felvett K mennyisége, az intenzív növekedés szakaszaiban, 4-5-szöröse volt a trágyázatlan kontroll talajon felvettnek. A felvett K csaknem 3/4-e a szalmában halmozódott fel (30. táblázat).

A bokrosodás végén mért Ca-koncentráció aratásra mintegy 40%-ára süllyedt a kísérlet átlagában. Az őszi, bokrosodás elején talált Ca-tartalom 24%-kal haladta meg átlagosan a tavaszi értéket. A legmagasabb Ca%-okat a NK-kezelésekben, valamint a kontroll talajon termelt növény adta. Valószínűleg ez a jelenség az alacsony hozamokkal is összefüggésbe hozható. A felvett Ca mennyisége lényegében a szárazanyag-képződéshez hasonló képet mutatott, ami a trágyázási kezelések hatását illeti. A növények által felvett Ca mennyisége a virágzaskor érte el maximumát, majd aratás idejére mintegy 40%-os csökkenés következett be. A Ca 93%-a a szalmában, 7%-a a szemben akkumulálódott a kísérlet átlagában (30. táblázat).

A növények átlagos Fe-tartalma, a tavaszi bokrosodás végén mért koncentrációhoz viszonyítva, mintegy a felére csökkent aratásra. A bokrosodás eleji őszi koncentráció 3,5-szöröse volt a bokrosodás végén kapott értékeknek. A műtrágyázási kezelések hatása a koncentrációra nem volt egyértelmű. Általában megállapítható, hogy a száraz anyag képződésének intenzív szakaszaiban, különösen a szárba indulás és a kalászás idején, valamint a nagyobb hozamú kezelésekben a hígulás kifejezettebb volt. A felvett Fe mennyisége virágzás idején volt a legnagyobb, átlagosan mintegy 80%-kal haladta meg az aratáskorit. E tápelem több mint 9/10-e a szalmában akkumulálódott (31. táblázat).

A rozs Na-tartalmát és a felvett Na mennyiségét a kezelések átlagaiban tüntettük fel, mivel a trágyázás a Na-tartalomra egyértelmű befolyást nem gyakorolt. A bokrosodás végén kapott koncentráció az érés idejére mintegy a 40%-ára csökkent a föld feletti növényben. Ősszel a Na-tartalmak kerekén 20%-kal haladták meg a tavaszi értékeket. A felvett Na mennyisége egyenletesen nőtt a virágzásig, majd ezt követően az érés folyamán 40%-ot meghaladó veszteség lépett fel az aratásig. Az összes felvett Na 95%-a a szalmában halmozódott fel (31. táblázat).

A bokrosodás végén mért átlagos Mn-tartalom aratás idejére mintegy 1/3-ára csökkent a föld feletti növényben. Ősszel a koncentráció átlagosan 76%-kal haladta meg a tavaszi értékeket. A szárazanyag gyarapodásával a Mn-tartalom egyenletesen hígult a tenyésztési folyamán és különösen alacsonnyá vált a nagyobb hozamú NPK-kezelésekben. A felvett Mn mennyisége a kalászás – virágzás fázisáig növekedett, majd ezt követően az érés folyamán mintegy 30%-os veszteség lépett fel. Műtrágyázás hatására a felvett Mn mennyisége 2-4-szeresére emelkedett, a kezelések hatása többé-kevésbé a szárazanyag-felhalmozáshoz hasonló képet mutatott. Az aratás idején felvett Mn 2/3-a a szalmában volt kimutatható (32. táblázat).

31.táblázat

A rozs Fe és Na felvétele a tenyészidő során, 1978/79

Kezelés jele	nov.17.	ápr.17.	máj.8.	máj.23.	máj.30.	július 17.	
	Bokrosodás		Szárba	Kalász.	Virágz.	Szem	Szalma
	Fe, ppm						
Kontroll	1025	374	165	228	285	36,0	263
PK	1139	348	108	202	250	35,7	247
N ₁ K	995	418	162	310	190	37,2	267
N ₂ K	1045	414	182	240	190	41,0	263
N ₁ PK	1182	166	128	158	165	33,7	143
N ₂ PK	1218	191	70	145	220	39,5	159
a)SzD _{5%}	133	191	47	66	33	5,6	120
b)Átlag	1101	318	124	214	217	37,2	224
%	346	100	39	65	66	12	70
	Fe, g/ha						
Kontroll	221	108	140	375	568	25	357
PK	288	133	119	351	531	25	338
N ₁ K	231	116	132	661	462	24	347
N ₂ K	246	125	164	410	476	24	307
N ₁ PK	454	199	386	706	958	42	479
N ₂ PK	535	258	326	991	1578	53	446
a)SzD _{5%}	116	90	74	133	177	15	206
b)Átlag	329	157	211	582	762	32	379
%	80	38	51	142	185	8	92
	Na, %						
b)Átlag	0,17	0,14	0,10	0,10	0,09	0,01	0,08
%	121	100	71	71	64	7	57
	Na, kg/ha						
b)Átlag	0,6	0,9	1,9	2,8	3,2	0,1	1,7
%	33	50	105	155	178	5	95

Szárba=szárbaszökés, Kalász=kalászlás, Virágz=virágzás

Az átlagos Zn-tartalom őszelel több mint kétszerese volt a bokrosodás végén mért tavaszi koncentrációnak. A bokrosodás végétől a virágzásig lényeges módosulás nem következett be, azonban ezt követően az érés folyamán a teljes föld feletti növény Zn-tartalma mintegy 30%-kal csökkent. A bokrosodás végétől aratásig viszonylag magasabb koncentrációval rendelkeztek a növények a NP kezelésekben

32.táblázat

A rozs Mn és Zn felvétele a tenyésztő során, 1978/79

Kezelés jele	nov.17.	ápr.17.	máj.8.	máj.23.	máj.30.	július 15.	
	Bokrosodás		Szárba.	Kalász.	Virágzás	Szem	Szalma
Mn, ppm							
Kontroll	134	78	40	30	27	25	22
PK	115	60	32	27	23	25	20
N ₁ K	130	81	51	42	28	22	25
N ₂ K	133	91	55	45	32	22	28
N ₁ PK	112	48	30	22	18	22	14
N ₂ PK	108	58	30	25	18	22	15
a)SzD _{5%}	7	19	10	7	4	2	6
b)Átlag	122	69	40	32	24	23	21
%	176	100	57	46	35	34	30
Mn, g/ha							
Kontroll	29	22	34	50	54	18	31
PK	29	23	37	47	48	18	29
N ₁ K	30	23	41	87	69	14	34
N ₂ K	31	26	49	77	80	13	37
N ₁ PK	43	57	90	97	100	28	50
N ₂ PK	48	77	133	165	128	30	45
a)SzD _{5%}	11	12	15	20	22	9	19
b)Átlag	35	38	64	87	80	20	38
%	60	66	110	150	138	35	65
Zn, ppm							
Kontroll	45	20	12	13	19	24	11
PK	49	26	12	15	19	28	8
N ₁ K	47	25	22	24	27	24	15
N ₂ K	45	31	25	32	34	28	19
N ₁ PK	50	15	13	14	18	23	7
N ₂ PK	47	22	13	13	20	23	8
a)SzD _{5%}	5	9	4	6	5	3	4
b)Átlag	47	23	16	18	23	25	11
%	207	100	70	80	101	108	49
Zn, g/ha							
Kontroll	10	5	10	21	38	17	14
PK	12	10	13	26	41	19	12
N ₁ K	11	7	18	49	66	15	20
N ₂ K	11	9	23	54	85	16	24
N ₁ PK	19	18	39	61	104	28	26
N ₂ PK	20	29	58	87	146	30	21
a)SzD _{5%}	4	4	7	13	23	6	7
b)Átlag	14	13	27	50	80	21	20
%	34	32	66	124	199	52	48

míg a NPK- és részben PK-, valamint a kontrollkezelések növényeiben a koncentráció alacsony maradt. A Zn-felvételére tehát a N és a K együttes adagolása serkentően hatott. A felvett Zn mennyisége virágzáskor érte el maximumát, majd az ezt követő érés folyamán átlagosan mintegy a felére süllyedt. Ez a veszteség különösen a műtrágyázott és nagyobb hozamú kezelésekben volt kifejezettebb. A szem és a szalma közel fele-fele arányban volt az összes felvett Zn-mennyiség hordozója (32.táblázat).

Az átlagos bokrosodáskori Cu-tartalom őszeleken háromszorosa a tavaszinak. Kalászosítás és virágzás idejére a Cu koncentrációja ismét növekedett a növényben mintegy 50-60%-kal, majd az érés folyamán enyhén csökkent. A műtrágyázási kezelések hatása a Cu-tartalomra nem volt egyértelmű, annak ellenére, hogy esetenként az előforduló különbségek statisztikailag is igazolhatók. A felvett Cu mennyisége virágzáskor érte el maximumát, majd átlagosan mintegy 60%-os csökkenés mutatkozott aratás idejére. Az érés alatt fellépő tápelemvesztés különösen a nagyobb hozamú NPK-kezelésekben volt számottevő. A szem és a szalma közel fele-fele arányban vette fel a tápelemet (33. táblázat).

33.táblázat A rozs Cu felvétele a tenyészidő során 1978/79

Kezelés jele	nov.17.	ápr.17.	máj.8.	máj.23.	máj.30.	július 15.	
	Bokrosodás		Szárba.	Kalász.	Virágz	Szem	Szalma
Cu, ppm							
Kontroll	12	4	3	5	7	7	4
PK	12	5	5	8	5	7	3
N ₁ K	13	3	3	4	5	7	4
N ₂ K	15	4	5	7	7	7	4
N ₁ PK	10	4	7	7	7	7	4
N ₂ PK	13	4	3	7	7	8	4
a)SzD _{5%}	1	1	1	2	1	0	1
b)Átlag	13	4	4	6	6	7	3
%	312	100	100	155	150	177	78
Cu, g/ha							
Kontroll	3	1	3	7	13	5	5
PK	3	2	5	14	11	5	4
N ₁ K	3	1	2	7	12	5	6
N ₂ K	4	1	4	12	16	4	5
N ₁ PK	4	4	21	31	37	9	17
N ₂ PK	6	6	11	47	48	10	11
a)SzD _{5%}	1	1	2	4	6	3	3
b)Átlag	4	3	8	20	23	6	8
%	25	18	54	139	159	44	56

Szárba=szárbaszökés, Kalász=kalászosítás, Virágz=virágzás

A fajlagos tápelemtartalmakat vizsgálva megállapítható, hogy az őszi rozs 1 t szemtermés és a hozzátartozó szalmatermés előállításához a műtrágyázási kezelésektől, illetve a termésszintektől függően 24-37 kg N, 4-6 kg P-, 14-22 kg K-, 6-9 kg Ca-, 2-3 kg Mg- és Na-, 380-560 g Fe-, 60-80 g Mn-, 40-70 g Zn-, 10-20 g Cu-mennyiségeket vont el a talajból. Műtrágyázással a kísérlet tápanyagszegény talaján a legtöbb elem fajlagos tartalma nőtt és csak a kiegyensúlyozottan táplált NPK-kezelésű parcellákon figyelhető meg a fajlagos N-, K-, Ca- és a mikroelem-tartalom csökkenése. A legtöbb tápelem biológiai hasznosulása tehát a harmonikus tápláltság esetén a kedvezőbb (34. táblázat).

34. táblázat

A rozs 1 t szem + hozzátartozó szalma fajlagos elemtartalma, 1978/79

(1) Kezelés jele	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
	kg						g			
Kontroll	24,0	5,3	14,0	6,3	2,4	1,8	530	68	43	14
PK	24,4	5,8	17,5	6,3	2,1	2,8	511	66	44	13
N ₁ K	29,1	4,4	18,5	7,7	2,3	2,0	562	73	53	17
N ₂ K	36,7	4,0	20,0	9,2	2,5	2,3	552	83	67	15
N ₁ PK	25,6	6,2	21,8	6,6	2,4	2,3	417	62	43	21
N ₂ PK	29,5	5,4	17,4	6,5	2,6	2,9	375	56	38	16
a)Átlag	28,2	5,2	18,2	7,1	2,4	2,4	491	68	48	16

Ha a kísérletünkben őszi rozs növényre kapott fajlagos tápelemtartalmakat – azok szórását is figyelembe véve a műtrágyázás és a termésszint függvényében – összevetjük az általunk hasonló tartamkísérletekben vizsgált őszi búza fajlagos tápelemtartalmával akkor arra a következtetésre juthatunk, hogy az őszi rozs ásványi összetétele nem tér el lényegesen az őszi búza ásványi összetételétől. Ezért durvább becsléseknél, üzemi táblaszintű tápanyagmérlegek felállításánál, úgy tűnik, e két őszi kalászos esetén közös átlagértékekkel is dolgozhatunk. Megemlítendő, hogy a vizsgált 10 elem közül egyedül az agrokémiai szempontból nem különösebben jelentős, sokak által nem is tápelemnek tekintett Na mennyiségében volt eltérés. Az őszi búza fajlagos Na-tartalma ugyanis, vizsgálataink szerint, mindössze 1/3-a, 1/4-e volt a rozsénak.

Az őszi rozs tápláltsági állapotának növényanalízissel történő megítélésére az irodalomban meglehetősen kevés adatot találunk. A 35. táblázatban a *Cerling (1978)* által megadott optimumokat figyelembe véve megállapítható, hogy – a talajvizsgálati eredményekkel összhangban – a trágyázás nélküli növények N-, P- és K-ellátottsága nem volt kielégítő és meglehetősen távol állott az optimumtól. Megfelelő műtrágyázással, a NK-, valamint a nagyobb adagú NPK-kezelésekben általában az egész tenyészidő folyamán kielégítő vagy közel kielégítő N-ellátottságot tapasztalhattuk. A kísérletben kapott meglehetősen alacsony termésszintek N-igényét még az évi 50 kg/ha (N₁K-kezelések), illetve az évi 100 kg/ha N-adagok (N₂PK-kezelések) is fedezni tudták.

35.táblázat: A rozs „kielégítő” tápláltsági állapotának megítélése a különböző fejlődési stádiumokban kapott növényelemzés- adatok alapján (Cerling 1978)

Növényvizsgálati	Bokrosodás	Szárbaindulás	Kalászás	Virágzás
A) Tápelemtartalom				
N %	4,0-5,0	3,2-3,8	1,1-1,5	1,0-1,1
P %	0,5-0,7	0,4-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3
K %	4,0-5,0	2,5-3,3	1,7-2,3	2,1
B) Tápelemarány				
N/P	8-10	6-8	5-7	4-5
K/P	8-10	5-7	6-8	8-10
N/K	1	1	0,5-0,8	0,5

Ami a P-ellátottságot illeti, megállapítható, hogy a PK-, valamint a NPK-kezelésekben a növények P-tartalma általában a kielégítő ellátottság alsó határa körül volt. A növényanalízis adatai szerint tehát a foszforral trágyázott talajok P-ellátottsága (a talajvizsgálati eredményekkel összhangban) jó közepessé – gyengén kielégítővé vált. Az évenkénti 54 kg/ha P₂O₅-trágyázás, közel 20 év után, a talaj eredeti gyenge P-ellátottságát egy ellátottsági kategóriával javította. Ez a P-adag ugyanis több mint kétszeresét tette ki a növény általi felvételnek, így a talaj P-készletének fokozatos növekedését eredményezte.

A K-ellátottság elsősorban az alacsony hozamú NK-kezelésekben volt a legkedvezőbb, itt a növények K-tartalma a kielégítő ellátottság alsó határát több fejlődési fázisban megközelítette vagy elérte. A káliummal trágyázott talajok K-ellátottsága közepessé – gyengén kielégítővé vált. Az évenkénti 80 kg/ha K₂O-trágyázás, a közel 20 év után, a talajok eredeti gyenge K-ellátottságát egy kategóriával javította. Hasonlóan a P esetéhez, a K évi adagja több mint a duplája volt a növény általi felvételnek, így a talaj könnyen oldható K-készletének lassú növekedését eredményezte.

A N/P átlagos aránya a tenyésztési folyamán szűkült, a bokrosodáskori P-hoz viszonyított mintegy tízszeres N-túlsúly a kalászás – virágzás stádiumában 6 körülire csökkent. A szalma N/P aránya tágabb volt, mint a szemtermésé. Műtrágyázás hatására az arányok jelentősen eltolódnak. Így pl. a PK-kezelésekhez viszonyítva a NK-kezelések N/P aránya 2-4-szeresére tágul a növényben, jól jelezve a relatív N-túlsúlyt, illetve P-hiányt. A tápelemarányok arra utalnak, hogy a N₁K kezelésben adott évenkénti 50 kg/ha N is N-túltrágyázáshoz vezetett e P-hiányos parcellákon. A PK-kezelés szűk N/P aránya az egész tenyésztési folyamán N-hiányról tanúskodik, illetve relatív P-többletet mutat. Az optimális N/P arányokat a legnagyobb hozamú N₂PK-, teljes műtrágyázásban részesült, parcellák mutatták (36. táblázat).

Az átlagos 9 körüli K/P arány lényegesen nem módosult a tenyésztési folyamán, virágzásig. A szalma K/P aránya szintén 9 körüli volt átlagosan, közelállóan a zöld

36.táblázat

A rozs főbb elemarányainak változása a kezelések hatására
a tenyészidő folyamán, 1978/79

Kezelés jele	nov.17.	ápr.17.	máj.8.	máj.23.	máj.30.	július 17.	
	Bokrosodás		Szárba	Kalász.	Virágzás	Szem	Szalma
	N/P						
Kontroll	10,1	9,8	5,7	4,2	3,8	4,0	6,4
PK	6,9	5,6	4,2	3,1	2,9	4,4	3,6
N ₁ K	12,9	21,0	13,8	9,4	8,1	5,1	12,0
N ₂ K	15,7	23,6	15,1	12,6	12,7	6,7	15,2
N ₁ PK	7,9	7,7	4,9	3,5	3,9	4,2	4,3
N ₂ PK	8,9	10,1	7,1	5,7	5,9	4,9	6,7
b)Átlag	10,4	12,9	8,4	6,4	6,2	4,9	8,0
	K/P						
Kontroll	7,7	8,6	7,0	7,3	7,4	1,4	6,3
PK	6,8	6,5	3,9	6,2	6,2	1,4	5,4
N ₁ K	12,3	17,5	13,9	12,6	12,1	1,5	13,2
N ₂ K	14,5	17,8	14,7	15,9	17,3	1,6	15,0
N ₁ PK	7,3	7,3	7,0	7,1	8,3	1,4	8,1
N ₂ PK	7,0	7,2	8,0	8,6	8,9	1,4	7,4
b)Átlag	9,3	10,8	9,1	9,6	10,0	1,4	9,2
	N/K						
Kontroll	1,3	1,2	0,8	0,6	0,5	2,9	1,0
PK	1,0	0,9	0,7	0,5	0,5	3,2	0,7
N ₁ K	1,0	1,2	1,0	0,8	0,7	3,4	0,9
N ₂ K	1,1	1,3	1,0	0,9	0,7	4,3	1,0
N ₁ PK	1,1	1,0	0,7	0,5	0,5	3,0	0,5
N ₂ PK	1,3	1,4	0,9	0,7	0,7	3,4	0,9
b)Átlag	1,1	1,2	0,9	0,7	0,6	3,4	0,8

növényi részekéhez, míg a szemben a K túlsúlya csak mintegy 1,5-szerese a P-nak. Műtrágyázás hatására az arányok jelentősen, a N/P arányokhoz hasonló mértékben, eltolódnak. Annak ellenére, hogy a kontroll kivételével a többi kezelésben a K-műtrágyázás egységes volt, a K/P arányaiban 2-3-szoros különbségek fordultak elő a PK- és a NK-kezelések között. A NK-kezelésekben ez az arány mintegy 1,5-2-szeresen haladta meg az optimálist a tenyészidő folyamán, tehát K-túltrágyázáshoz vezetett, ugyanakkor a PK-kezelésben az optimum alatt maradt, és relatív K-hiányt regisztrálhattunk. Az optimálishoz közeli K/P arányokat a kontroll, valamint a legnagyobb hozamú NPK-kezelések növényei mutatták. A kontroll talajon termelt növények optimálishoz közeli K/P aránya

azonban, mint azt korábban láthattuk, egyaránt alacsony K- és P-tartalmakat takart.

37.táblázat

A rozs átlagos főbb elemarányainak változása a bokrosodás végén mért %-ában

Elem arányok	nov.17.	ápr.17.	máj.8.	máj.23.	máj.30.	július 17.	
	Bokrosodás		Szárba.	Kalász.	Virágzás	Szem	Szalma
N/K	92	100	75	50	50	292	67
N/P	87	100	70	54	50	43	63
N/Ca	92	100	86	73	61	620	25
N/Mg	55	100	85	66	52	64	34
N/Na	95	100	85	53	46	709	25
N/Fe	33	100	150	58	45	425	21
N/Mn	65	100	105	83	84	147	48
N/Zn	53	100	82	46	29	46	29
N/Cu	37	100	66	23	20	28	15
K/P	93	100	93	98	99	15	91
K/Ca	100	100	116	132	122	218	38
K/Mg	60	100	114	120	104	22	49
K/Na	101	100	114	96	92	248	37
K/Fe	35	100	201	105	90	149	31
K/Mn	70	100	140	149	166	51	70
K/Zn	57	100	110	83	58	16	43
K/Cu	40	100	88	42	40	10	22
P/Ca	120	100	120	140	120	1540	40
P/Mg	67	100	124	124	105	157	57
P/Na	114	100	124	100	95	1714	43
P/Fe	38	100	214	107	91	1007	35
P/Mn	75	100	150	155	168	352	77
P/Zn	61	100	117	84	60	107	47
P/Cu	43	100	94	43	40	65	25
Ca/Mg	58	100	97	93	85	10	129
Ca/Na	102	100	98	73	76	115	98
Ca/Fe	36	100	174	81	74	69	83
Ca/Mn	70	100	121	114	138	24	188
Ca/Zn	57	100	95	63	48	7	113
Ca/Cu	41	100	76	33	33	4	59

37.táblázat folytatása

Elem arányok	nov.17.	ápr.17.	máj.8.	máj.23.	máj.30.	július 17.	
	Bokrosodás		Szárba	Kalász.	Virágzás	Szem	Szalma
Mg/Na	170	100	100	80	90	1100	80
Mg/Fe	66	100	177	89	86	666	64
Mg/Mn	117	100	124	124	160	228	143
Mg/Zn	95	100	95	68	55	71	86
Mg/Cu	67	100	77	35	38	43	45
Na/Fe	34	100	177	111	98	61	84
Na/Mn	69	100	124	156	180	21	190
Na/Zn	56	100	96	86	63	6	115
Na/Cu	39	100	77	44	43	4	60
Fe/Mn	196	100	70	140	183	34	226
Fe/Zn	162	100	55	78	65	10	138
Fe/Cu	114	100	44	40	44	6	71
Mn/Cu	58	100	63	28	24	18	32
Mn/Zn	84	100	77	55	35	32	61
Zn/Cu	71	100	80	51	69	60	53

A N/K aránya bokrosodástól virágzásig szűkült a növényben, különösen a N-nel nem kielégítően trágyázott kezelésekben, ahol a virágzáskori N-túlsúly mintegy fele volt a bokrosodáskorinak. Az éréskor a N/K arány ismét tágult, a szalmában átlagosan mintegy 30%-kal, míg a szemben az intenzív N-felhalmozódás eredményeképpen többszörösére növekedett. A műtrágyázás hatása a N/K arányokra kevésbé kifejezett. Általában megfigyelhető, hogy a legalacsonyabb N/K arányok a N-nel gyengébben ellátott, PK-, valamint a N1PK-kezelésekben fordulnak elő a tenyészidő folyamán. E két elem egymáshoz viszonyított aránya azonban nem mutat olyan nagy különbségeket az egyes kezelések hatására, mint azt a korábban tárgyalt N/P és K/P arányoknál megfigyelhettük, és viszonylag közel állnak az optimálishoz (36. táblázat). A rozs átlagos főbb elemarányainak változását a bokrosodás végén mért adatok %-ában a 37. táblázat tekinti át.

Összefoglalóan megállapítható, hogy az őszi rozs szárazanyag-képződése a szárba indulás kezdete – virágzás szakasza között volt a legintenzívebb, amikor is a betakarításkori összes hozamnak átlagosan mintegy 80%-át halmozta fel. A generatív szakaszban mintegy 18%-os súlycsökkenés lépett fel átlagosan, amely a homoktalajon előálló vízhiánnyal és a levézet leszáradásával függött össze. A szárazanyag 70%-át a szalma, 30%-át a szemtermés adta.

Az aratáskor felvett tápelemek mennyiségét 100-nak véve azt találtuk, hogy a műtrágyázott és nagyobb hozamú parcellákon a felvett tápelemek maximuma a

kalászás, illetve a virágzás idején található, majd az aratásig a föld feletti növény jelentős tápelemmennyiségeket veszített. A legkedvezőbb NPK-kezelésben a felvett tápelemek mennyisége többszörösére emelkedett a trágyázatlan kontrolléhoz viszonyítva. A tápelemek megoszlását tekintve azt találtuk, hogy a száraz anyag 30%-át kitevő szemtermés halmozta fel az összes terméssel kivont Ca 6, K 27, Mg 45, N 62 és P 70%-át.

Az aratáskori föld feletti növény átlagos tápelemtartalma, a bokrosodás végén tavasszal mért értékekhez viszonyítva, elemenként eltérő volt. Jelentős hígulás a tenyészidő folyamán a Na, Fe és Mn koncentrációjában lépett fel. Az őszi, bokrosodás elején mért tápelemtartalom általában magasabb volt a tavaszi, bokrosodás végén kapott értékeknél.

A NPK-mútrágyázás hatására, a nagyobb hozamú kezeléseknél, alacsonyabb Fe-, Mn- és Zn-tartalmakat mutattunk ki. A Cu-tartalomban ez a jelenség nem nyilvánult meg. A felvett tápelemek maximumát a föld feletti növényben, virágzás – kalászás idején találtuk, majd az érés folyamán tápelemvesztések léptek fel. A legnagyobb hozamú NPK-kezelésekben a felvett mikroelemek mennyisége általában 2-3-szorosa volt a kontrollnak a Fe és a Mn, valamint 3-5-szöröse a Zn és a Cu esetében.

A felvett tápelemek megoszlását tekintve megállapítható, hogy az összes szárazanyag-hozam 30%-át kitevő szemtermésben a Na 7, a Fe 8, a Mn 35, a Cu 44 és a Zn 52%-a halmozódott fel. Amennyiben tehát kombájnaratásnál a szalma a táblán marad, jelentős növényi Ca-, Na-, Fe-, K- és Mn-vesztésekkel nem kell számolnunk. Ugyanakkor árugabona-termesztésnél a szemterméssel elsősorban a N, P, Zn, Mg és részben a Cu távozik el a talajból.

Vizsgálataink szerint az őszi rozs fajlagos tápelemtartalma (1 t szemtermés és a hozzátartozó szalmatermés) nem tér el lényegesen az általunk vizsgált őszi búza tápelemtartalmától, így durvább becsléseknél és üzemi táblaszintű tápanyagmérlegek felállításánál e két őszi kalászos növényre átlagszámokkal dolgozhatunk.

A műtrágyahatások a növényvizsgálati eredményekkel jó összefüggést mutattak. Az irodalomban található optimális tápelemtartalmak és az abból számított arányok alkalmasak lehetnek a növény tápláltsági állapotának megítélésére, így felhasználhatók szaktanácsadási célokra, műtrágyaigény becslésére. A főbb tápelemarányok, különösen a N/P és a K/P arány igen érzékenyen tükrözte az egyoldalú, illetve a teljes műtrágyázás hatását az egész tenyészidő folyamán.

A tápelemarányok nem állandóak a növényben, változhatnak mind a tenyészidő, mind a tápláltság függvényében. A trágyázás nagyobb változásokat indukálhat az arányokban, mint a növény kora. A diagnosztikai célú növényanalízis során az optimális tápelemarányok csak adott fejlettségi állapothoz kötve értelmezhetők.

VII. Az „évhatás” és a tápláltság összefüggése a 20 éves őszi rozs tartamkísérletben

Az 38. táblázatban az őszi rozs szemtermésének alakulását tanulmányozhatjuk a trágyázási kezelések függvényében. A táblázat adataiból, az 5 éves ciklusok eredményeit is figyelembe véve, az alábbi fontosabb következtetések vonhatók le.

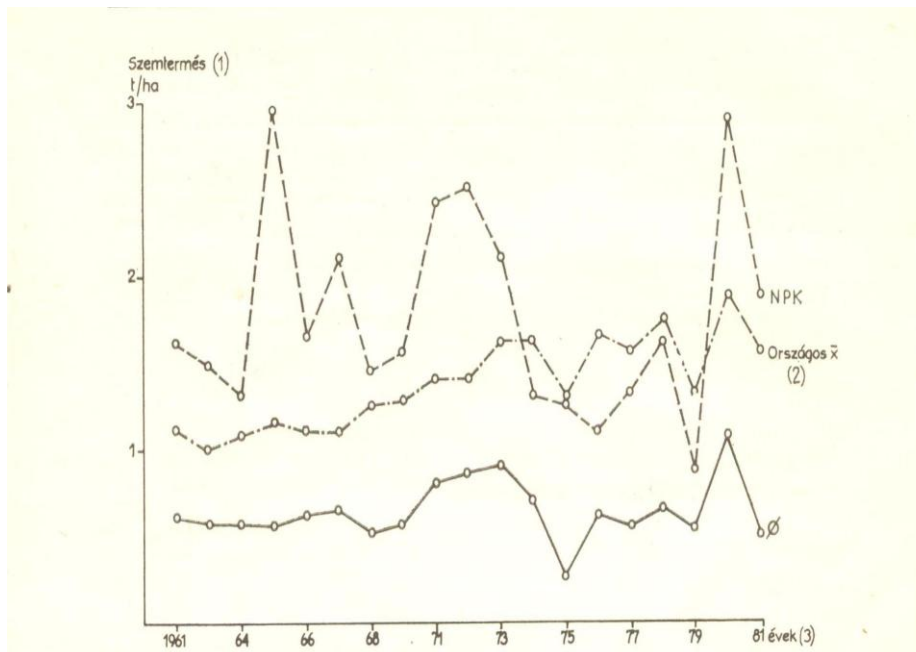
1. A trágyázatlan kontroll parcellák termése rendkívül alacsony, azonban az 5 éves átlagok trendje arra utal, hogy trágyázás nélkül sem csökken, sőt enyhén nő a termésszint. A terméseket nagy instabilitás jellemzi, a minimális 1975. évi termést a maximális 1980. évi több mint 4-szeresen haladja meg.
2. A PK-kezelések terméstrendje javul, különösen az utolsó ciklus átlaghozama múlja felül mintegy kétszeresen az első évek átlagait. Az 1980. évi maximális termés közelítően 10-szerese az 1975. évi minimális hozamnak. Az instabilitási faktor rendkívül kifejezett.
3. Az NK, illetve az első ciklusban az N-trágyázás hatására a hozamok jelentősen felülmúlták mind a kontroll, mind a PK-kezelések terméseit. E foszforral gyengén ellátott talajon azonban az NK-kezelések előnye a PK-kezeléssel szemben fokozatosan eltűnt és az utolsó ciklusban már a PK-trágyázás volt a hatékonyabb. A maximális termés 1965-ben megközelítően 6-szorosa volt a minimális hozamú 1979. évinek. A termések instabilitása tehát a kezelésekben is kifejezett és növekvő.
4. A legnagyobb hozamokat a teljes NPK-kezelés biztosította, azonban az 5 éves trendeket stagnálás, sőt bizonyos terméscsökkenés jellemezte az utóbbi évtizedben. A termések instabilitása itt relatíve mérsékeltebb, mintegy háromszorosan múlta felül az 1965. évi maximális szemterméshozam az 1979. évi minimális termésszintet (*1. ábra, 38. táblázat*).
5. Az országos átlagot a lassú termésemelkedés, a vetésterület folyamatos csökkenése és a monokultúrához viszonyított termésstabilitás jellemzi. Az instabilitás faktora, a termések szórása az évek között nem éri el a kétszeres mennyiséget, ez is részben a termésemelkedés trendjére vezethető vissza. A kísérletben a trágyázatlan kontroll parcellák termései az első években mintegy 0,5 t/ha, míg az utóbbi években 1 t/ha körüli szemterméssel maradtak el az országostól. A teljes NPK-trágyázás nem tudta azonban ellensúlyozni a monokultúra hátrányait, az utóbbi évtizedben a hozamok az NPK-kezelésekben is egyre kisebbek az országoshoz viszonyítva.

Megállapítható, hogy nincs egyenes összefüggés a tenyészidőszak alatt lehullott csapadék és a termésszintek, illetve a műtrágyahatások között. Az erősen csapadékhiányos években valóban nem kaphatunk maximális terméseket, ugyanakkor a legcsapadékosabb évek nem járnak mindig együtt a nagy hozamokkal. A csapadék kedvező eloszlása fontosabb lehet e rossz vízgazdálkodású talajon, mint az összes lehullott csapadék összege. Így pl. az 1979. év a 20 éves monokultúra egyik „legrosszabb” éve volt (hasonló rossz év csak 1975-ben volt). Mindkét említett évben a lehullott, tenyészidő alatti csapadék összege átlagos volt. Előfordult azonban egy viszonylag hosszantartó aszályos periódus, mely radikális terméscsökkenéshez vezetett mindkét évben.

Általánosságban az is megállapítható, hogy a termések abszolút szórása, és értéke nő a termésszintekkel. A kontroll és a teljes NPK-kezelést összevetve tapasztaljuk, hogy nemcsak a termésátlagokat növelte a műtrágyázás több mint duplájára, hanem azok abszolút szórását is. A relatív szórás, melyet a CV%-ával, illetve a maximális/minimális termés hányadosával jelöltük inkább a termések instabilitásának jellemzésére szolgál az évhatásra utalva.

1.ábra

Az őszi rozs szemtermésének alakulása monokultúrában és az országos átlag (Órbottyán, Kecskeméti 4 fajta)



38.táblázat

Az őszi rozs szemtermésének alakulása és a tenyészidő alatt lehullott csapadék
 Órbottyán, Kecskeméti H fajta 1961-1982)

Évek	Órbottyán, szem t/ha, rozs monokultúra							Csapadék X-VI. mm
	Ø	PK	N(K)	NPK	NPK-Ø	SzD _{5%}	Átlag	
1961	0,61	0,61	1,45	1,61	1,00	0,23	1,07	511
1962	0,56	0,61	0,94	1,47	0,91	0,23	0,90	614
1964	0,56	0,62	0,92	1,29	0,73	0,06	0,85	387
1965	0,55	0,64	2,33	2,95	2,40	0,23	1,62	639
1966	0,61	0,68	0,89	1,65	1,04	0,05	0,96	566
Átlag	0,58	0,63	1,31	1,79	1,22	0,16	1,08	543
1967	0,64	0,73	1,25	2,11	1,47	0,24	1,18	490
1968	0,50	0,65	0,73	1,45	0,95	0,22	0,83	241
1969	0,56	0,72	0,84	1,56	1,00	0,27	0,92	493
1971	0,80	1,11	1,86	2,44	1,64	0,35	1,55	416
1972	0,87	1,17	1,52	2,52	1,65	0,24	1,52	445
Átlag	0,67	0,88	1,24	2,02	1,34	0,26	1,20	417
1973	0,92	1,08	1,50	2,09	1,17	0,20	1,40	351
1974	0,72	0,66	0,59	1,30	0,58	0,18	0,82	284
1975	0,25	0,26	0,48	1,26	1,01	0,16	0,56	469
1976	0,63	0,78	0,41	1,09	0,46	0,15	0,73	393
1977	0,55	0,61	0,53	1,35	0,80	0,20	0,76	711
Átlag	0,61	0,68	0,70	1,42	0,80	0,18	0,85	442
1978	0,65	0,70	0,65	1,67	1,02	0,22	0,92	449
1979	0,53	0,52	0,37	0,86	0,33	0,29	0,57	483
1980	1,11	2,70	1,60	2,91	1,80	0,45	2,08	513
1981	0,49	1,84	0,99	1,90	1,41	0,21	1,31	510
1982	0,86	1,44	1,73	1,60	0,74	0,33	1,41	403
Átlag	0,73	1,44	1,07	1,79	1,06	0,30	1,36	472
	Évhatás jellemzésére szolgáló mutatók							
S t/ha	0,26	0,55	0,55	0,58	-	-	0,42	
CV %	44,2	61,0	50,8	33,2	-	-	40,0	
Max/min	4,44	10,4	6,30	3,43	-	-	3,71	

VIII. Trágyahatások elemzése 1961-2004 között a csapadék-ellátottság függvényében

Napjainkra az emberi tevékenység okozta klímaváltozás „Global Climate Change”, illetve a globális felmelegedés „Global Warming” az egyik legfrekvenciáltabb világméretű interdiszciplináris tudományos problémájává nőtte ki magát (Easterling et al. 1999, Rajendra 2004, Láng et al. 2004). Az egyik fő kiváltó ok lehet a légkör CO₂ („üvegházhatású gáz”) koncentrációjának növekedése, amely az iparosítás kezdetekori (18 sz. eleje) 280 mg · kg⁻¹-os szintről ma eléri 367-375 mg · kg⁻¹-ot (IPCC 2004).

A globális felmelegedés (+0.6 °C) (Hulme et al. 2002, Láng et al. 2004) következményeként jellemzővé vált a globális csapadékviszonyok kedvezőtlen tér-, és időbeni megváltozása. Egyre gyakoribbá és szélsőségesebbé válnak a csapadék anomáliák amelyek főként sújtó aszályok, vagy árvizek formájában mint természeti katasztrófák jelentkeznek (IPCC 2004). 2004. évi adatok szerint a 20. század 100 legjelentősebb világméretű természeti katasztrófája által okozott kár értéke meghaladja a 630 billió US\$-t. Ebből öt esetben a szárazság negatív hatása közel 18 billió US\$-ban (az összes kárérték 3%-a) és harminchárom esetben az árvíz mintegy 207 billió US\$ értékben (az összes kárérték 33%-a) volt meghatározható. 2003-ban az EU által közzétett adatok arról számolnak be, hogy a nagymértékű szárazság miatt Olaszországban a búzánál és a kukoricánál 10-10%-al, Németországban a gabonaféléknél 13%-al, Franciaországban a búzánál 19.5%-al és a kukoricánál 25%-al csökkent az összes termés tömege. Ez a kiesés 11 milliárd EUR-ot jelentett (EU 2003).

Hazánkban Rácz (1999) kutatási eredményei azt mutatják, hogy az 1950-es évektől kezdődően jelentős mértékben csökken a csapadékellátottság. Márton (2002c, 2004) hasonló következtetésre jut munkáiban. Megállapítja azt, hogy Magyarország három nagyterjedésű természeti tájkörzetében: Nyírség, Mezőföld, Duna-Tisza közti homokhátság 56, 50 és 47%-al nőtt az aszályos évek gyakorisága az utóbbi négy évtizedben. Németh (2004) adatai alapján az aszálykár 1990-ben 30-35, 1992-ben 30, 2000-ben több mint 60, 2002-ben 18 Mrd Ft-ra volt becsülhető. A 2003. évi aszály (hőségrekord és hat hónapig tartó csapadékhiány) hatására a kalászosgabonák terméstömege (4,2 M t) 24,7%-al volt kevesebb mint 2002-ben (5,6 M t).

A változó csapadékmennyiségeket és azok eloszlását a különböző növényfajok terméstömegeikben egymástól eltérő módon jelzik (Láng 1973, Várallyay 1992, Lásztity et al. 1993, Murray 1999, Harnos 2001). Láng (1973) az őszi rozs tekintetében a május-júniusi csapadékösszegeket tartja termésmeghatározónak. Kádár et al. (1984) arról írnak, hogy a monokultúrában termesztett rozs esetében a tenyészidő alatt lehullott csapadék összege és a hozamok, ill. a műtrágyahatások között egyenes összefüggést nem tudtak kimutatni. Szemes (1986) a K-műtrágyázás évhátás csökkentő hatását emeli ki kukorica monokultúrában. Szemes és Kádár

(1990) szerint a nyírségi homokon a május-júniusi csapadékmennyiség lehet fontos a kalászos gabonák hozama szempontjából. Az említett szerzők a korai burgonyánál a június-július havi csapadék összegeket és azok eloszlását tartják döntőnek a gumótermés mennyiségét illetően. Murray (1999) a rozs jó szárazságtűrését az erőteljes gyökérzetével magyarázza. Márton (2004) elemezve az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet és a FAO (2004) 44-44 éves (1961 és 2004 között) számítógépes csapadék és főtermés adatbázisait azt találta, hogy a maximális termések rozs, burgonya, búza, tritikálé, kukorica és borsó esetében az éves csapadék 543, 579, 548, 541, 555 és 553 mm-es mennyiségeihez köthetők. Ugyanezen kultúráknál az 1 mm-es csapadékváltozás 3.9, 30.1, 8.1, 5.4, 10.2 és 4.4 kg terméstmegváltozást (pozitív, ill. negatív) idézett elő hektáronként.

A nemzetközi és a hazai szakirodalomban megjelent adatok általában a csapadék mennyiségének és eloszlásának lehetséges hatásait mutatják be a különböző növénykultúrák termésére és nem nyújtanak konkrét adatszerű megbízható felvilágosítást más fontos meghatározó termesztési körülmény hatására, ill. kölcsönhatására mint például a műtrágyázás. Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézetének Kísérleti Telepein fél évszázada folynak műtrágyázási tartamkísérletek különböző jelzőnövényekkel és megbízható meteorológiai adatgyűjtéssel. Az itt nyert adatbázisok lehetővé teszik az Intézet számára az olyan új típusú agroökológiai kutatásokat amelyek a klímaváltozással kapcsolatos speciális tudományos problémák megválaszolására irányulnak, így a különböző növényfajok abiotikus -csapadékhiány, csapadékbőség, műtrágyázás- stressztűrő képessége.

Munkánkban az örök rozs monokultúrában (MTA TAKI, Örbottyán) kísérreljük meg választ keresni a következő kérdésekre:

-a kísérlet negyvenéves éves csapadék adatbankja alapján milyen típusú kísérleti évek különböztethetők meg a sokévi átlagokat (30 év = 1961-1990, Örbottyán) figyelembevételével,

- a természetes csapadék éves mennyiségei: hiánya, ill. bősége és a csapadék eloszlása valamint a nitrogén, foszfor, kálium tápelemek és ezek kombinációi mennyiben befolyásolják a monokultúrában termesztett rozs szemtermését

- hogyan változnak a maximális termések 1 kg légszáranyagának előállításához felhasznált optimális vegetációs csapadékmennyiségek és a vegetációban lehullott összes csapadékmennyiségek (literben) a különböző növénytápláltságoknál,

A kísérletet tíz kezeléssel öt ismétlésben összesen ötven parcellával latin téglá elrendezésben állították be. A bruttó parcellaméret 35 m². A kezeléseket a 39. táblázatban mutatjuk be. A beállításkor 50 és 100 kg ha⁻¹ nitrogén, 54 kg P₂O₅ és 80 kg ha⁻¹ K₂O adagok kombinációit alkalmazták. 1967. után K és PK alapon is vizsgálták a nitrogén trágyázás hatását. 1986. évet követően egységes nitrogén trágyázás mellett a foszfor és a kálium adagok 2-2 szintjét építették be a kezelésekre. A műtrágyázást 25%-os pécisó és 34%-os ammóniumnitrát, 17 és 19%-os szuperfoszfát valamint 40 és 60%-os kálisóval végezték. A szuperfoszfátot és a kálisót ősszel, a szántás előtt szórták ki. A nitrogént a kezeléseknél megfelelően alap-, és fejtrágyaként, 1986-tól egységesen fele-fele arányban

39.táblázat A kísérlet N, P, K-kezelései 1961 és 2011 között, Órbottyán

Kezelés	Kezelés kg · ha ⁻¹ · év ⁻¹			
	N (Ősz)	N (Tavaszi)	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-6 év				
1.	-	-	-	-
2.	-	-	54	80
3.	50	-	-	-
4.	-	50	-	-
5.	50	50	-	-
6.	-	100	-	-
7.	50	-	54	80
8.	-	50	54	80
9.	50	50	54	80
10.	-	100	54	80
7-25 év				
1.	-	-	-	-
2.	-	-	54	80
3.	100	-	-	80
4.	-	50	-	80
5.	50	50	-	80
6.	-	100	-	80
7.	100	-	54	80
8.	-	50	54	80
9.	50	50	54	80
10.	-	100	54	80
26-44 év				
1.	-	-	-	-
2.	60	60	60	-
3.	60	60	60	-
4.	60	60	120	-
5.	60	60	-	60
6.	60	60	-	120
7.	60	60	60	60
8.	60	60	60	120
9.	60	60	120	60
10.	60	60	120	120

megosztva adagolták. A kísérletben a hagyományos termesztéstechnológiát alkalmazták és parcellánkénti betakarítást végeztek. Az 1960-as évet vakkísérletként kezelték. 1963. és 1970. években jégverés miatt nem volt értékelhető terméseredmény.

A bemutatásra kerülő rozskísérletek csapadékhatás-vizsgálataiban a kísérleti telepen mért adatok szerepelnek. Az évhatások elemzésekor Márton (2004) növény-specifikus aszályindexeit (NAI) vettük figyelembe rozsra. A kísérleti évekre

vonatkozó országos termésátlagokat a *FAO (2004)* adatbankja szolgáltatta. A műtrágyázás és a termés kapcsolatát varianciaanalízissel (*Sváb 1981, MANOVA*), a csapadékmennyiségek és a termés összefüggéseit regresszióanalízissel (*SPSS*) határoztuk meg. A monokultúras rozs fenológiai fázisainak és a kísérleti évek csapadékmennyiségeit mm-ben 1961. és 2004. között a *40. táblázat* mutatja be.

40.táblázat

Havi csapadékösszegek 1961-2004 között fenofázisonként, mm

Év	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	CS	K	Bokrosodás					SZI	V	É	B	
1961	46	42	59	50	31	28	0	65	87	48	61	7
1962	0	22	119	41	70	70	68	25	46	23	49	2
1964	40	59	13	34	0	36	38	21	31	157	55	57
1965	42	163	17	81	25	4	49	68	47	184	121	97
1966	102	7	175	72	42	49	32	38	47	105	144	108
1967	11	66	89	65	23	26	7	83	47	80	18	7
1968	65	28	16	39	24	19	14	44	35	22	48	117
1969	69	4	63	47	16	122	44	11	38	118	63	42
1971	13	10	23	81	58	16	19	35	112	64	60	38
1972	61	5	39	9	16	31	18	132	141	64	123	146
1973	44	12	45	0	25	42	2	75	1	148	46	21
1974	19	43	17	25	37	36	6	22	53	46	27	62
1975	75	173	36	43	8	7	44	46	54	59	175	49
1976	70	72	23	46	84	4	23	56	38	48	95	28
1977	169	94	65	139	75	89	63	38	57	90	69	88
1978	31	19	60	28	43	31	34	57	96	82	90	23
1979	32	31	23	37	94	54	51	55	9	129	39	40
1980	27	21	118	64	49	30	51	76	31	72	52	30
1981	34	77	148	40	33	7	42	13	47	103	36	59
1982	70	65	27	110	47	8	24	8	54	61	60	36
1983	14	33	35	76	15	54	41	40	53	63	22	18
1984	34	31	34	11	52	34	26	25	150	31	3	61
1985	93	57	47	25	9	26	54	15	109	75	30	77
1986	17	9	106	19	49	43	28	34	16	49	12	31
1987	0	19	14	90	67	24	34	74	154	38	24	55
1988	20	19	49	39	37	43	36	22	44	52	17	46
1989	76	11	14	58	7	16	43	66	53	115	42	57
1990	31	8	50	0	37	20	15	36	16	70	25	18
1991	57	72	28	44	0	43	25	52	86	41	175	51
1992	7	62	76	27	9	2	44	5	23	56	39	0
1993	23	60	36	44	11	7	6	17	9	22	77	5
1994	65	131	74	58	48	9	15	52	75	38	16	67
1995	31	51	22	3	30	45	31	38	74	75	42	86
1996	90	0	51	76	48	23	2	29	64	39	33	25

40.táblázat folytatása

Év	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	CS	K	Bokrosodás					SZI	V	É	B	
1997	91	19	24	48	51	0	4	18	60	34	43	6
1998	2	4	43	26	42	0	7	89	131	56	60	19
1999	144	86	69	14	16	26	7	30	72	50	151	96
2000	12	53	54	26	7	6	32	49	15	7	71	8
2001	6	3	58	30	48	4	73	170	115	48	117	19
2002	80	3	37	39	6	13	14	30	46	41	52	98
2003	59	52	32	40	40	27	0	12	32	8	57	13
2004	17	79	45	7	46	49	53	39	42	68	35	67
Átlag	45	43	49	42	34	28	28	43	57	63	59	45
*	46	42	59	50	39	35	33	46	59	80	58	54

Megjegyzés: CS = csírázás, K = kelés, SZI = szárbaindulás, V = virágzás, É = érés, B = betakarítás. * = 30 évi (1961-1990) csapadék átlag Órbottyán mérőállomáson. A szeptember, október, november, december hónapok csapadék adatai a megelőző évre vonatkoznak. Az 1961. év esetében ezek azonosak a sokéves átlag ugyanezen hónapjainak csapadék adataival.

A 40. táblázat adataiból megállapítható az, hogy a negyvennégy éves kísérleti időszakban a rozs fenofázisaiban lehullott havi csapadékmennyiségek 0 és 184 mm, az éves csapadékmennyiségek 317 és 1036 mm között változtak. A sokévi átlaghoz hasonlított csapadékelterések maximális és minimális értékei a rozs tenyészidejére 401 és -267 mm-ben, a kísérleti évekre vonatkozóan 435 és -284 mm-ben voltak meghatározhatók.

A 41. táblázat a rozsra specifikus aszályindexeket (NAI) ismerteti Márton (2004) nyomán. A kísérleti évek periódusainak „NAI” mutatóit a 42. táblázat szemlélteti. Az adatok azt mutatják, hogy a vizsgált időszakban a sokévi átlagnak megfelelő (a továbbiakban „átlagos” évjárat) tizenkét esetben fordult elő. További hét évet szárazság, tizenhatot aszály, egyet csapadékos és hatot csapadékbőség határozott meg. A kísérletek téli félévei főként csapadékhiányt (NAI = -4.5) mutattak. A nyári félévekben, a kísérleti hónapokban, a vetés előtti hónapokban és a vegetációkban a sokévinek megfelelő (NAI = 0.6, 0.2, -0.6, 0.3) csapadékviszonyok uralkodtak. A betakarításkori (július) hónapok csapadékosak voltak. Az egymást követő csapadékanomáliákkal terhelt hónapok tekintetében mind a vegetációkban, mind a kísérleti éveken egyaránt átlagosan két aszályos és két csapadékbő hónap követte egymást.

A 43. táblázat a műtrágyázás hatásait ismerteti „átlagos”, száraz, aszályos, csapadékos és csapadékbő éveken a monokultúrás rozs szemtermésére.

41. táblázat Növényspecifikus aszályindex (NAI) rozsra (Márton, 2004)

Időszak	Átl.*	Szárasság				Aszály			
		Enyhe	Mérs.	Köz.	Erős	Mérs.	Köz.	Erős	Sujtó
Vízhiány									
I	-1	-	-2	-	-3	-4	-6	-8	-9
II	-1	-	-2	-	-3	-4	-6	-8	-9
III	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
IV	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
V	-1	-	-2	-	-3	-4	-6	-8	-9
VI	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
VII	-1	-	-	-	-2	-3	-6	-8	-9

Időszak	Átl.*	Csapadékos				Csapadékbő			
		Enyhe	Mérs.	Köz.	Erős	Mérs.	Köz.	Erős	Sujtó
Víz többlet									
I	1	-	2	-	3	4	6	8	9
II	1	-	2	-	3	4	6	8	9
III	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IV	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V	1	-	2	-	3	4	6	8	9
VI	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VII	1	-	-	-	2	3	6	8	9

42. táblázat

A kísérleti évek periódusainak növényt specifikus aszályindex (NAI) értékei rozsra eltérő csapadékelátottságú években 1961 és 2004 között, Órbottyán

Év száma	Periódus					
	TFÉ	NYFÉ	O-SZ	VEH	V	BH
Átlagos*						
1969	-9	-3	1	-3	1	1
1976	-1	2	1	-5	1	7
1978	-9	6	1	-6	1	6
1979	-9	-9	1	-3	1	-4
1980	9	-9	1	-5	1	-2
1981	9	-9	1	1	1	-4
1982	4	-9	1	-4	-1	1
1985	-8	9	1	5	-1	-5
1987	-1	2	1	1	-1	-6
1989	-9	9	-1	1	-1	-3
1994	-9	-3	1	3	1	-8
2001	-9	9	1	-7	2	9
Átlag	-3.5	-0.4	0.9	-1.8	0.4	-0.7

42.táblázat folytatása

Év száma	Periódus					
	TFÉ	NYFÉ	O-SZ	VEH	V	BH
Szárász						
1961	-9	-4	-1	-9	-1	1
1962	9	-9	-1	-9	-1	-2
1964	-9	-2	-1	1	-2	-1
1967	-1	-9	-1	-9	-1	-7
1971	-9	-6	-1	-4	-2	1
1984	-9	-7	-1	2	-3	-9
1995	-9	1	-1	6	-2	-3
Átlag	-5.3	-5.1	-1.0	-3.1	-1.7	-2.9
Aszályos						
1968	-9	3	-1	9	-4	-2
1973	-9	-4	-1	-7	-3	-3
1974	-9	-9	-1	2	-5	-6
1983	1	-9	-1	-7	-2	-7
1986	-3	-9	-1	-5	-4	-8
1988	-7	-9	-1	-2	-4	-8
1990	-9	-9	-1	-7	-5	-6
1992	-9	-9	-1	-9	-4	-4
1993	-9	-9	-1	-9	-5	4
Aszályos						
1996	-9	-9	-1	-6	-2	-5
1997	-9	-9	-1	-9	-3	-3
1998	-9	3	-1	-7	-2	1
1996	-9	-9	-1	-6	-2	-5
2000	-9	-9	-1	-9	-4	3
2002	-9	5	-1	9	-4	-2
2003	-9	-9	-1	-8	-4	-1
2004	9	-9	-1	3	-5	-5
Átlag	-6.8	-6.3	-1.0	-3.9	-3.8	-3.3
Csapadékos						
1991	-9	9	1	-1	2	9
Csapadékbó						
1965	9	9	1	9	5	9
1966	9	9	1	9	5	9
1972	-9	9	1	9	2	9
1975	4	-9	1	-1	4	9
1977	9	9	1	7	8	2
1999	-9	9	1	8	3	9
Átlag	2.2	6.0	1.0	6.8	4.5	7.8
Fóátlag	-4.5	0.6	0.2	-0.6	0.3	2.0

Megjegyzés: TFÉ = téli félév (október-március), NYFÉ = nyári félév (április-szeptember), O-SZ = október 1-től következő év szeptember 30-ig, VEH = vetés előtti (augusztus) hónap, V = vegetáció (szeptember-július), BH = betakarításkori (július) hónap. * Sokévi (30 év = 1961-1990, Örbottyán) átlagnak megfelelő.

43. táblázat

A műtrágyázás hatása különböző csapadékelátottságú években 1961 és 2004 között, Órbottyán, t/ha

Év	Kezelés									SzD _{5%}
	0	NP ₁	NP ₂	NK ₁	NK ₂	NP ₁ K ₁	NP ₁ K ₂	NP ₂ K ₁	NP ₂ K ₂	
	1	2-3	4	5	6	7	8	9	10	
	Átlagos*									
1969	0.6	0.8	0.9	0.8	0.8	1.1	1.3	1.4	1.6	0.3
1976	0.6	0.7	0.4	0.4	0.4	1.2	1.1	1.1	1.1	0.2
1978	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	1.9	1.5	1.9	1.7	0.2
1979	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	1.0	0.8	0.9	0.9	0.3
1980	1.1	2.6	2.5	1.5	1.6	3.0	2.9	3.1	2.9	0.5
1981	0.5	1.8	1.8	1.0	1.0	1.9	1.9	2.0	1.9	0.2
1982	0.9	1.5	1.5	0.7	1.7	1.7	1.5	1.6	1.6	0.3
1985	0.6	1.8	2.1	0.8	1.5	1.7	2.0	2.2	2.3	0.4
1987	0.7	1.8	2.0	0.9	1.0	1.9	2.0	2.0	2.0	0.6
1989	1.3	2.9	2.8	2.4	2.4	3.3	3.5	3.2	3.4	0.8
1994	0.8	2.3	2.6	1.9	2.0	2.6	2.9	2.9	2.6	0.7
2001	0.9	1.9	1.9	1.4	1.4	2.1	2.1	2.2	2.3	0.5
SzD _{5%}						0.4				-
Átlag	0.8	1.6	1.7	1.2	1.3	2.1	2.1	2.1	2.1	0.4
	Szárász									
1961	0.6	1.0	1.2	1.7	1.5	1.4	1.2	2.1	1.6	0.2
1962	0.6	0.6	0.8	0.8	0.9	0.7	1.1	1.1	1.5	0.2
1964	0.6	0.8	1.0	0.9	0.9	1.1	1.2	1.4	1.3	0.6
1967	0.6	0.8	1.2	1.3	1.3	1.1	1.6	1.9	2.1	0.2
1971	0.8	1.0	1.5	1.3	1.9	1.5	2.3	2.2	2.4	0.4
1984	1.6	3.9	3.8	2.1	2.5	3.4	4.2	3.6	3.6	0.8
1995	1.3	2.4	2.2	1.8	1.9	2.7	2.6	2.8	2.7	0.5
SzD _{5%}						0.4				-
Átlag	0.8	1.5	1.7	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2	2.2	0.4
	Aszályos									
1968	0.5	0.9	0.9	0.8	0.7	1.5	1.2	1.5	1.5	0.2
1973	0.9	1.4	1.4	1.4	1.5	2.0	1.7	1.9	2.1	0.3
1974	0.7	0.6	0.5	0.5	0.6	1.0	1.1	1.2	1.3	0.2
1983	1.5	2.7	2.9	2.3	2.7	3.1	3.0	3.2	3.2	0.5
1986	0.9	1.8	2.0	1.4	1.4	1.7	2.0	2.0	2.1	0.3
1988	1.3	3.0	3.1	2.4	2.6	3.3	3.5	3.5	3.4	0.6
1990	0.7	1.5	1.8	1.3	1.1	1.8	2.0	1.9	2.3	0.6
1992	1.1	1.9	2.0	1.5	1.5	2.2	2.2	2.2	2.3	0.4
1993	0.5	0.6	0.7	0.3	0.4	0.8	0.8	0.8	0.9	0.7
1996	0.7	1.2	1.2	1.0	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3	0.3

43. táblázat folytatása

Év	Kezelés									SzD _{5%}
	0	NP ₁	NP ₂	NK ₁	NK ₂	NP ₁ K ₁	NP ₁ K ₂	NP ₂ K ₁	NP ₂ K ₂	
	1	2-3	4	5	6	7	8	9	10	
Aszályos										
1997	0.9	1.6	1.6	1.5	1.6	2.0	2.0	2.0	2.1	0.5
1998	0.6	1.0	1.1	1.0	0.9	1.5	1.6	1.5	1.8	0.4
2000	0.5	0.9	0.9	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	0.3
2002	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2
2003	0.6	1.2	1.4	0.6	0.7	1.4	1.2	1.3	1.3	0.3
2004	0.4	0.7	1.0	0.6	0.7	1.0	1.4	1.0	1.4	0.4
SzD _{5%}						0.4				-
Átlag	0.7	1.3	1.4	1.1	1.2	1.6	1.6	1.7	1.8	0.4
Csapadékos										
1991	0.9	2.5	2.7	1.6	1.5	2.6	2.9	3.1	2.9	0.7
SzD _{5%}						0.7				-
Átlag	0.9	2.5	2.7	1.6	1.5	2.6	2.9	3.1	2.9	0.7
Csapadékbő										
1965	0.6	0.7	1.8	1.6	2.3	0.8	2.1	2.3	3.0	0.2
1966	0.6	0.7	1.1	0.9	0.9	0.7	1.5	1.7	1.7	0.1
1972	0.9	1.5	1.5	1.3	1.5	2.5	2.2	2.2	2.5	0.2
1975	0.3	0.2	0.4	0.2	0.5	0.4	0.7	1.2	1.3	0.3
1977	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.9	1.0	1.2	1.4	0.2
1999	0.6	1.1	1.1	0.9	0.9	1.5	1.4	1.5	1.3	0.4
SzD _{5%}						0.2				-
Átlag	0.6	0.8	1.1	0.9	1.1	1.1	1.5	1.7	1.9	0.2

* A sokévi (30 év = 1961-1990, Órbottyán) átlagnak megfelelő

A 7.5-7.8 pH (H₂O)-jú, 0.6-1.0% humusz, 40-60 mg · kg⁻¹ AL-oldható P₂O₅ és 50-100 mg · kg⁻¹ AL-oldható K₂O tartalmú meszes homoktalajon a sokévi átlaghoz hasonló csapadékvizonyok mellett a trágyázás nélküli parcellák termése 0.8 t · ha⁻¹ körül stabilizálódott (44. táblázat). Az előforduló anomáliák mellett a nitrogén trágyázás lehetővé tette a termések megkétszerezését (1.8 t · ha⁻¹) és az országosnak megfelelő termések elérését. A NP és NK táplálások átlagosan 1.9 t · ha⁻¹-os hozamokat biztosítottak. A maximális 2.1 t · ha⁻¹-os termések a teljes NPK adagoknál jelentkeztek alig haladva meg az országos 44 éves átlagot 1.8 t · ha⁻¹-t. A monokultúrás rozs termése csak a teljes NPK kezelésekkkel volt fokozható. A trágyázatlan, a nitrogénnel, a NP-al, a NK-al és a NPK-al kezelt parcellák termése lényegében nem változott az „átlagos” évjáratokhoz hasonlítva. Termésdepressziót ezekben a kísérleti években nem tapasztaltunk.

44. táblázat

**Magyarország rozstermesztésének főbb jellemzői
1961 és 2004 között (FAO 2004)**

Vizsgálat éve	Területe 1000 ha	Szemtermés t/ha	Vizsgálat éve	Vetésterület 1000 ha	Szemtermés t/ha
1961	280	1.1	1983	72	1.9
1962	254	1.0	1984	75	2.6
1963	221	1.0	1985	85	1.9
1964	257	1.1	1986	89	1.9
1965	255	1.2	1987	94	2.0
1966	228	1.1	1988	97	2.6
1967	209	1.1	1989	97	2.8
1968	192	1.3	1990	92	2.5
1969	186	1.3	1991	94	2.4
1970	152	1.1	1992	71	1.9
1971	128	1.4	1993	68	1.7
1972	121	1.4	1994	88	2.2
1973	107	1.7	1995	77	2.2
1974	106	1.7	1996	59	1.7
1975	104	1.4	1997	67	2.3
1976	93	1.7	1998	62	2.1
1977	91	1.6	1999	40	2.0
1978	78	1.8	2000	43	2.0
1979	69	1.3	2001	50	2.4
1980	73	1.9	2002	49	2.0
1981	74	1.6	2003	47	1.4
1982	74	1.6	2004	45	2.8
Átlag	-	-	-	112	1.8

A kontroll területeken $0.7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -os termések voltak elérhetőek. A sokévi átlagnak megfelelő évekhez viszonyítva a monokultúrás rozs az aszályt ezeken a parcellákon 13%-al kisebb hozamokkal jelezte. A trágyázási szintek átlagos minimális termése $1.1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, az átlagos maximális $1.8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ volt. Ezen a vékony termőrétegű kis víztározó kapacitással rendelkező meszes homoktalajon a N, NP és NK kezelések termései a 44 éves országos termésszint alá zuhantak és 1.2 , 1.6 , $1.5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -ban voltak meghatározhatók. Ezek az értékek 33%, 16% és 21%-os termésszint csökkenést jelentettek az átlagosnak megfelelő évek termésszintjeivel összehasonlításban. A NPK trágyázás esetében is a főterméstömeg a 44 éves országos termésszint alatt maradt ($1.7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), itt a termésnövekedés 20%-os volt.

A kontroll talajok termése $0.9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -ra növekedett, ez az érték az átlagosnak megfelelő évekkel összevetve közel 13 %-os növekménynek felelt meg. A N-, NP-, és NK kezelések termései a negyvennégy éves országos termésszint fölé emelkedtek és 2.5 , 2.8 , $2.4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -ban voltak kifejezhetőek, így 39%, 47% és 26%-os termésszint

növekedést jeleztek az átlagosnak megfelelő évek termésintjeihez hasonlítva. A NPK trágyázás esetében a $2.9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -os főterméstömeg $0.8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -al haladta meg az „átlagos” éveket, ezzel 38 %-os termésszint növekményt eredményezett. A negyvennégy éves országos termésszinttel ($1.8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) szemben $1.1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ volt a növekmény. A monokultúrás rozs csapadékos évjáratban 35%-al többet termelt mint a sokévi átlagosnak megfelelőkben.

A természetes csapadék túlzott bőségére a monokultúrás rozs drasztikus termésdepresszióval reagált. A nem trágyázott parcellákon a termés alig haladta meg a $0.5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -t ($0.6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), így a termésnövekedés 25 %-os volt az „átlagos” évekkel összevetve. A N-, NP-, és NK kezelések termései 1.3, 1.4 és $1.4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -nak feleltek meg, azaz 28%, 26% és 26%-os termésszint csökkenést jeleztek az átlagosnak megfelelő évek termésintjeihez viszonyítva. A NPK trágyázás esetében az $1.6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -os főterméstömeg nem érte el a 44 éves országos termésszintet ($1.8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) és 26 %-al elmaradt az „átlagos” évek terméseitől. A csapadékbő évjáratokban tehát átlagosan 29%-al kisebb a terméstömeg mint a sokévi átlag. A csapadékbő évek termésdepressziós szintjeit összehasonlítva az aszályos évekével megállapítható volt, hogy a monokultúrás rozs mintegy 5% körüli értékkel kevésbé tolerálta a csapadékbő (0=25%, N=28%, NP=26%, NK=26%, NPK=26%, átlag=26%) viszonyokat mint az aszályost (0=13%, N=33%, NP=16%, NK=21%, NPK=20%, átlag=21%).

A vegetációs időszakok csapadékmennyiségei, a N, NP, NK, NPK-kezelések és a monokultúrás rozs termése közötti összefüggésrendszer regresszióanalízis eredményeit a 2. ábra szemlélteti. A csapadékmennyiségek és a termések között az elemellátottságtól függő másodfokú szignifikáns összefüggések a meghatározók. A legmagasabb korrelációs együttható 0.1%-os megbízhatósági szinten ($R=0.9047^{***}$) a NPK tápelemekkel kezelt területek esetében jelentkezett. A kísérletek teljes-determinációs koefficiense ($R^2=0.6691$) azt mutatta, hogy a vegetációban lehullott csapadék mennyisége és a műtrágyázás együttesen közel 67%-ban határozta meg a termését. A különböző N, P, K kezelések és ezek kombinációinak optimális szemtermés tömegei és az ezekhez köthető optimális vegetációs csapadékmennyiségek $1.5\text{-}3.6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ és 504-566 mm között változtak.

Számítottuk a vegetációs optimális (maximális terméshez kötődő) csapadékmennyiség 1 mm-re megadható szemtermés tömegét. A kezelésektől függően ezek az értékek 3.0 és $6.4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ -t (0=3.0, N=5.3, NP=6.5, NK=4.4, NPK=6.4, kezelések átlaga= $5.1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) jeleztek. Megállapítható volt az, hogy a N=77%, NP=117%, NK=47%, NPK=113% értékkel javította a csapadék hasznosulását a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva. A vegetációban leesett összes csapadékmennyiség 1 mm-ére számított főtermés tömege a kezelésektől és az évjáratoktól függően 1.5 és $3.6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ -ban adható meg.

Meghatároztuk a maximális termések 1 kg légszáranyag előállításához felhasznált optimális vegetációs vízmennyiségeket literben (kontroll=3360, N=1890, NP=1529, NK=2300, NPK=1572, műtrágyakezelések átlaga=2130). Az eredmények

azt mutatják, hogy a trágyázatlan kontroll területek növényállománya 44%, 55%, 32% és 53%-al fogyasztott több vizet mint a N-el, NP-al, NK-al és NPK-al kezeltéké (műtrágyakezelések átlaga=46%). Ez a paraméter (1 kg légszáranyag előállításához felhasznált vízmennyiség literben) a vegetációban leesett összes csapadékmennyiséget figyelembevéve a kezelésektől és az évjáratoktól függően 2774 és 6705 liter-ben volt meghatározható.

A monokultúrában meszes homokon (Örbottyán) termesztett rozs $1.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -al kevesebbet termelt ($1.4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) mint a savanyú homokon (Nyírlugos) bikultúrában termesztett ($2.6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) azonos trágyázási (0, N, NP, NK, NPK) és csapadékviszonyok (sokévi átlagnak megfelelő, aszályos, csapadékbő) mellett. Ez a tény azt bizonyítja, hogy a monokultúras rozs meszes homokon versenyképtelenebb a savanyú homokon vetésváltásban termesztettel szemben. Az előbbieket alátámasztják Láng (1973) megállapítását, miszerint "A későbbiek folyamán látni fogjuk, hogy Órszentmiklóson az őszi rozs átlagtermése jelentősen elmarad a Nyírlugoson termesztett rozs átlagtermésétől. A magyarázat minden bizonnyal nem a csapadékviszonyokban keresendő, hanem (véleményem szerint) a talaj kémiai és fizikai sajátosságaiban.

Összefoglalás

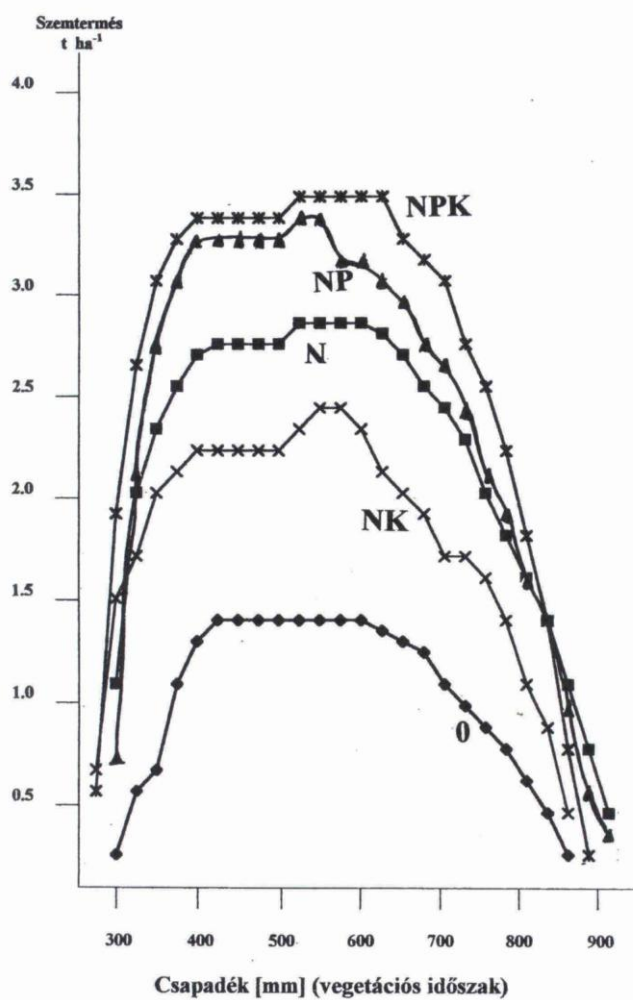
„Átlagos” évjáratban a kontroll parcellák termése $0.8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ körül stabilizálódott. A N, NP és NK trágyázások lehetővé tették a termések megkétszerezését ($1.8\text{-}1.9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). A maximális $2.1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -os termések a teljes NPK adagoknál mutatkoztak. Aszályban a trágyázatlan területeken $0.7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -os termések voltak betakaríthatók. A sokévi átlagnak megfelelő évekhez hasonlítva a termés csökkenés 13%. A N, NP, NK és NPK-kezelések az aszályt 33%, 16%, 21% és 20 %-os termésdepresszióval jelezték. Csapadékbő években a nem trágyázott parcellákon a termés alig haladta meg a $0.5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -t ($0.6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), így a termés csökkenés 25 %-os volt az „átlagos” évekhez viszonyítva. A N, NP, NK és NPK kezelések termései 28%, 26%, 26% és 26 %-os termésszint-csökkenést mutattak. A monokultúras rozs mintegy 5% körüli értékkel kevésbé tolerálta a csapadékbő, mint az aszályos viszonyokat.

A csapadékmennyiség és a termés között az elemellátottságtól függő másodfokú (0: $R=0.7489^{***}$, nitrogén: $R=0.8974^{***}$, NP: $R=0.8020^{***}$, NK: $R=0.7370^{***}$, NPK: $R=0.9047^{***}$) szignifikáns összefüggések voltak a meghatározók. A vegetációs optimális csapadékmennyiség 1 mm-re megadható szemtermés tömegek a kezelésektől függően 3.0 és $6.4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ között, a maximális termések 1 kg légszáranyag előállításához felhasznált optimális vegetációs vízmennyiségek 1529 és 3360 liter között változtak. Megemlítjük, hogy a monokultúrában meszes homokon (Örbottyán) termesztett rozs átlagtermése jelentősen elmaradt a savanyú homokon (Nyírlugos) bikultúrában termesztett rozs átlagtermésétől azonos trágyázás és csapadékviszonyok mellett.

2.ábra

A vegetáció alatti csapadékmennyiségek és a monokultúrás rozs (*Secale cereale* L.)
termésének összefüggései különböző tápanyagellátottsági szinteken
(Karbonátos homoktalaj, Órbottyán 1961-2004)

●	0	$Y' = 0.2519 + 2.1829 \cdot 10^{-3}x - 2.1642 \cdot 10^{-6}x^2$	N = 210	R = 0.7489***
■	N	$Y' = -0.4371 + 7.8573 \cdot 10^{-3}x - 7.1680 \cdot 10^{-6}x^2$	N = 210	R = 0.8974***
▲	NP	$Y' = -0.4919 + 7.9720 \cdot 10^{-3}x - 7.6591 \cdot 10^{-6}x^2$	N = 210	R = 0.8020***
×	NK	$Y' = -0.1127 + 5.1341 \cdot 10^{-3}x - 4.6519 \cdot 10^{-6}x^2$	N = 210	R = 0.7370***
✕	NPK	$Y' = -0.5008 + 8.9101 \cdot 10^{-3}x - 7.8750 \cdot 10^{-6}x^2$	N = 210	R = 0.9047***



IX. A N műtrágyaformák tanulmányozása tenyészedény-kísérletben

A N meghatározó jelentőségű a homoktalajok termékenységének alakításában. Fontos ezért a N-formák hatásmechanizmusának megismerése az adott talajon. A talajba került műtrágya-N sokirányú változást szenvedhet. A különböző talajokkal és N-formákkal végzett tenyészedény kísérletek hazai viszonyok között is igazolták, hogy egyaránt felléphet az immobilizáció, nitrifikáció, denitrifikáció, kimosódás, az ammónia fixációja vagy elillanása a növényi felvételen túl (Németh 1996).

Nem elhanyagolható tényező a talajok tápanyagállapota, különösen a P és K ellátottság szerepe. Mindez különösen fontossá válhat a gyengén pufferolt, tápanyagszegény homoktalajokon. A N-formák hatását a talajra és növényre, ill. a N talajbani átalakulását célszerű a P és K ellátás függvényében elemezni. A három fő tápelemet együtt alkalmazzuk, hatásaikat összetettségükben kell vizsgálnunk. A kölcsönhatások, az ionantagonizmusok és szinergizmusok szerepe meghatározó lehet a talajbani átalakulások, valamint a növényi felvétel során. Így pl. Purchase (1974) kimutatta, hogy P-hiányos talajon csökkenhet a nitrifikáció, mert a nitrifikáló szervezetek megfelelő P-ellátást igényelnek.

Fleige et al. (1971) szerint a bőséges NH_4^+ koncentráció szintén gátolhatja ezt a folyamatot, amennyiben közbülső terméként sok $\text{NO}_2\text{-N}$ halmozódik fel a talajban. A műtrágyák által kiváltott savanyodás helyileg időlegesen szintén leállíthatja a nitrifikációt. Az NH_4^+ túlsúly a gyökérlégzés gátlásán keresztül akadályozhatja a növény fejlődését és tápelemfelvételét. Ismert az NH_4^+ és K^+ kationok versengése a talajkolloidok felületén és rácsaikban, valamint a növényi felvétel során. Az előre adott K-trágyázás csökkentheti az $\text{NH}_4\text{-N}$ fixációját, míg az egyidejű trágyázás növelheti az $\text{NH}_4\text{-N}$ megkötődését a talajban. Ezzel együtt mérsékeltebb N-felvétellel számolhatunk a növényeknél.

1. Kísérlet módszere

Kezelések száma: $3\text{P} \times 3\text{K} \times 5\text{N} = 45$ kezelés

Ismétlések száma: 3

Összes edény száma: 135 db/év

Kísérleti elrendezés: osztott parcella (split-plot)

Talajtömeg/edény: 2 kg légszáraz talaj

P-trágyázás $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 0, 500, 1000 mg/kg P_2O_5

K-trágyázás K_2SO_4 formájában 0, 500, 1000 mg/kg K_2O

N-trágyázás 500 mg/kg N az alábbi formában adagolva:

1. Kontroll	= 0	g műtrágya edényenként
2. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	= 8.43	g műtrágya edényenként
3. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	= 4.88	g műtrágya edényenként
4. NH_4NO_3	= 2.86	g műtrágya edényenként
5. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	= 2.16	g műtrágya edényenként

Edényenként 7-7 kukoricaszemet vetettünk május elején-közepén, majd kelés után az egyelés 5-5 növény/edény növényszámra történt. Az edények aljára 150 g kavicsot helyeztünk az átrostált és műtrágyával kevert talajjal való betöltés előtt. Az öntözés desztvízzel igény szerint történt, a fejtrágyaként adott N-t az öntözővízzel juttattuk a talajba a kelést követő 2. és 4. héten. A tenyészidő kb. 6 hétig tartott, az edényeket június végén, július elején bontottuk. Növedék betakarítása a föld feletti hajtás levágását jelentette. A kb. 30-40 cm magas 6 leveles kukorica hajtását megszáritottuk, súlyát lemértük és meghatároztuk a fontosabb makro- és mikroelem tartalmát a 45-45 kezelésben. Jelzőnövényül a P-3732 hibrid szolgált.

Az edények talaját átrostáltuk és a nagyobb gyökérmaradványokat eltávolítva 10-15 pontból átlagmintákat vettünk analízisre. A talajmintákban mértük a felvehető tápelemeken és a N-formákon túl a pH értékeit is. Az ismétlések mintáiból átlagokat kevertünk, így 45-45 kezelés talaját elemeztük évenként. Mivel a PxK kölcsönhatások elhanyagolhatók voltak, ismétlésül szolgálhattak. A továbbiakban a 45 kezelés helyett csak az NxP (5x3), ill. az NxK (5x3) kétirányú táblázatok adatait mutatjuk be. Az ismertetett kísérleti tervvel sikerült olyan eltérő tápláltsági szituációkat létrehozni eltérő tulajdonságú talajokon, melyek egyaránt reprezentálják az extrém hiány, túlsúly és a kiegyensúlyozott trágyázás viszonyait, amelyek a gyakorlatban is előfordulhatnak, előfordulhattak a múltban, ill. előfordulhatnak a jövőben.

2. Kísérlet eredményei

Ahhoz, hogy a szárazanyag-hozam illetve a növényi felvétel eredményeit értelmezni tudjuk, először tekintsük át azokat a talajban végbement változásokat, amelyeket a trágyázás okozott. A 45. táblázat adatai szerint a talaj pH(KCl) értékei N-forma hatására nem változtak, míg az AL-oldható P mintegy 5-szörösére, az AL-K készlet közel 10-szeresére nőtt meg a kezelések hatására. Megállapítható az is, hogy a lúgosan ható karbamid N-forma hatására az AL-P tartalmak emelkedést mutatnak a talajban. Ismeretes, hogy az erősen savanyú AL-oldat meszes közegben nagyobb értékeket mutat, azaz felfelé torzít. Utóbbival magyarázható, hogy az AL-módszerrel becsült P-ellátottsági határértékek meszes talajokra nagyobbak a szak-tanácsadásban.

A talajok $\text{NH}_4\text{-N}$ tartalma jól tükrözi az alkalmazott N-formákat. A $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ forma alig növelte meg az $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyiségét a tenyészidő végére a kontrollhoz képest. Az 500 ppm $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ formában adott N-ből 383 ppm $\text{HN}_4\text{-N}$ formában kimutatható a talajban, míg a $\text{NO}_3\text{-N}$ forma mennyisége elhanyagolható.

Az NH_4NO_3 trágyázás nyomán a $\text{NO}_3\text{-N}$ és az $\text{NH}_4\text{-N}$ formák talajbani koncentrációja közelinek adódik. Mindkét NO_3 formát tartalmazó műtrágya egy nagyságrenddel megnövelte a mérgező $\text{NO}_2\text{-N}$ mennyiségét is, mégpedig a kontroll és az NH_4 -formához viszonyítva. A karbamid nagyobb része szintén $\text{NH}_4\text{-N}$

formává alakult a talajban, a nitrifikáció azonban általában gátolt volt, illetve csak mérsékelten jelentkezett (46. táblázat).

45. táblázat Tenyészedény kísérlet meszes homoktalajjal (Őrbottyán)
Talajvizsgálati eredmények, 1991

P és K szintek	Kontroll	N-formák				SzD _{5%}
		Ca(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	CO(NH ₂) ₂	
pH(KCl)						
P0	7,3	7,3	7,2	7,3	7,3	
P1	7,0	7,1	7,2	7,0	7,1	
P2	6,7	7,0	6,7	6,7	6,9	
						0,7
K0	7,0	7,1	7,0	6,9	7,1	
K1	7,0	7,1	7,0	7,0	7,1	
K2	7,0	7,2	7,0	7,0	7,1	
Átlag	7,0	7,1	7,0	7,0	7,1	0,4
AL-P ₂ O ₅ , ppm						
P0	172	159	167	167	154	
P1	502	446	530	525	576	
P2	938	740	816	900	1014	
						100
K0	556	509	504	542	602	
K1	536	409	509	461	578	
K2	520	427	501	589	564	
Átlag	537	448	505	531	581	56
AL-K ₂ O, ppm						
P0	357	343	358	435	414	
P1	362	348	320	338	347	
P2	383	389	386	415	394	
						280
K0	63	52	76	63	76	
K1	391	401	355	438	422	
K2	648	626	632	687	656	
Átlag	367	360	354	396	385	172

Megjegyzés: Az SzD_{5%} értékek oszlopra és sorra is azonosak minden táblázatban

46 táblázat Tenyészedény kísérlet meszes homoktalajjal (Őrbottyán)
Talajvizsgálati eredmények, 1991

P és K szintek	Kontroll	N-formák				SzD _{5%}
		Ca(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	CO(NH ₂) ₂	
NH ₄ -N, mg/kg						
P0	10	15	365	174	257	
P1	7	10	291	175	228	
P2	7	15	492	192	234	
						100
K0	10	12	367	176	271	
K1	6	10	376	193	237	
K2	8	18	405	172	211	
Átlag	8	13	383	180	240	60
NO ₂ -N, mg/kg						
P0	3	22	0	18	2	
P1	1	17	5	20	3	
P2	1	16	2	27	2	
						12
K0	2	6	3	27	0	
K1	3	29	4	7	4	
K2	0	19	0	31	3	
Átlag	2	18	2	21	2	8
NO ₃ -N, mg/kg						
P0	0	280	10	147	9	
P1	0	175	9	140	10	
P2	1	255	4	144	5	
						120
K0	0	282	13	110	11	
K1	1	224	6	165	7	
K2	0	205	4	156	4	
Átlag	0	237	8	144	8	70

Az összes ásványi felvehető NH₄ + NO₂ + NO₃-N mennyisége az (NH₄)₂SO₄ kezelésben volt a legnagyobb, elérve csaknem a 400 mg/kg értéket, azaz az adott N 4/5-ét, 80 %-át a talajban találjuk a kísérlet végén. A hiányzó 100 mg/kg beépülhetett részben a növénybe, a talaj agyagásványaiba és szerves anyagaiba, ill. denitrifikáció esetén eltávozhatott a légkörbe. Mivel jól szellőzött meszes talajról van szó, utóbbi kevésbé valószínűsíthető. A növényi felvétel mértékét külön kell majd megbecsülnünk. A Ca(NO₃)₂ esetén elsősorban kimosódással, a karbamid formánál meszes talajokon nagyobb légköri veszteséggel számolhatunk, itt az összes ásványi felvehető N készlet mindössze 250-270 mg/kg értéknek adódott, azaz az adott trágya-N 50-60 %-át tudtuk kimutatni a talajban (47. táblázat).

47. táblázat Tenyészedény kísérlet meszes homoktalajjal (Őrbottyán)
Talaj összes ásványi készlete, ppm, 1991

P és K szintek	Kontroll	N-formák				SzD _{5%}
		Ca(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	CO(NH ₂) ₂	
NH ₄ +NO ₂ +NO ₃ -N, mg/kg						
P0	13	317	375	339	268	162
P1	8	202	305	335	241	
P2	9	286	498	362	241	
K0	12	300	382	312	282	95
K1	10	263	386	365	248	
K2	8	242	410	359	219	
Átlag	10	268	393	346	250	

Az egyoldalú N stressz nyomán a növények mérgezési tüneteket mutattak, lilás szín és elszáradás jelentkezett. A P1 szint és a K1 szint ellensúlyozta a mérgező mennyiségű NH₄-N káros hatását, a termés 12-20 g/edény körüli tartományba emelkedett. Az extrém 1000 mg/kg P₂O₅, illetve K₂O terhelés azonban már szárazanyag-csökkenéshez vezetett, a növények itt is mérgezési tüneteket, lilás elszíneződést és elszáradást mutattak. Összességében megállapítható, hogy a N-formák közül az erősen savanyító (NH₄)₂SO₄ műtrágya produkált legnagyobb terméstöbbletet, míg a Ca(NO₃)₂ és a lúgosan ható karbamid a legkisebbet ezen a meszes homokon (48. táblázat).

48. táblázat Tenyészedény kísérlet meszes homoktalajjal (Őrbottyán)
Terméseredmények, 6 leveles kukorica, hajtás, sz.a., 1991.

P és K szintek	Kontroll	N-formák				SzD _{5%}
		Ca(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	CO(NH ₂) ₂	
Hajtás szárazanyaga, g/edény						
P0	4,0	1,6	4,0	3,1	2,9	1,2
P1	3,8	5,3	20,2	15,2	13,1	
P2	3,2	5,1	9,3	8,0	6,6	
K0	3,9	3,2	8,2	6,9	7,1	0,7
K1	3,6	7,0	15,9	12,2	8,5	
K2	3,5	1,9	9,4	7,1	7,0	
Átlag	3,7	4,0	11,2	8,8	7,5	

49. táblázat

Növényelemzési eredmények. Tenyészedény kísérlet őrbottyáni talajjal
Hajtás, 6 leveles kukorica, 1991.

P és K szintek	Kontroll	N-formák				SzD _{5%}
		Ca(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	CO(NH ₂) ₂	
N %						
P0	1,34	3,00	3,23	3,91	3,44	0,92
P1	1,30	3,07	2,22	2,83	3,23	
P2	1,59	3,60	3,25	3,60	3,44	
K0	1,58	3,06	3,12	3,74	3,83	0,92
K1	1,35	2,95	2,34	3,03	3,22	
K2	1,30	3,65	3,24	3,57	3,06	
Átlag	1,41	3,22	2,90	3,45	3,37	0,50
P %						
P0	0,17	0,17	0,15	0,15	0,18	0,12
P1	0,35	0,21	0,19	0,22	0,21	
P2	0,46	0,32	0,32	0,35	0,23	
K0	0,30	0,22	0,21	0,28	0,20	0,12
K1	0,33	0,21	0,22	0,22	0,20	
K2	0,36	0,27	0,23	0,22	0,22	
Átlag	0,33	0,23	0,22	0,24	0,21	0,06
K %						
P0	3,09	3,18	3,17	3,07	3,28	0,98
P1	3,18	2,81	1,96	2,43	2,54	
P2	3,07	2,77	2,05	2,42	2,64	
K0	1,80	1,58	1,07	1,28	0,96	0,98
K1	3,46	2,72	2,58	2,76	3,32	
K2	4,08	4,47	3,53	3,88	4,19	
Átlag	3,12	2,92	2,39	2,64	2,82	0,46

A növényelemzés eredményei szerint a N-kontroll talajon fejlődött hajtás átlagosan 1.4 % N tartalommal rendelkezett, míg legmagasabb N %-okat az NH_4NO_3 trágyázás produkált 3.45 átlagértékkel. Korábbi vizsgálataink és az irodalmi adatok szerint az optimális N/P arány 10 körüli ebben a korban. A P %-ok a P0 szinteken 0.16 értéket jeleznek, azaz több mint 20-szoros N túlsúly alakult ki az egyoldalú N trágyázás nyomán. A P1 szinteken beáll a 10 körüli N/P arány és itt kapjuk a legnagyobb terméseket. Hasonló a helyzet K esetén, ahol a K1 szinten alakul ki az optimális 1:1 körüli N/K aránya és a termések maximumai (49. táblázat).

A P2 szint óriási P túlsúlyt eredményez és a termések ismét csökkenést mutatnak. Hasonlóképpen a K2 szint is termésnövekedéshez vezet. A táblázat adatain az is látható, hogy a kontrollhoz viszonyítva átlagosan 1/3-ával kevesebb P épül be a hajtásba a N trágyázás nyomán. Csökkent a K felvétele is a N-szinteken, különösen az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kezeléseknél. Összességében a hajtás P %-a a P0 szinten megfigyelt 0.16 értékről 0.24, illetve 0.34 %-ra nő a P1 illetve P2 szinten, míg az 1.34 K % a K1 szinten közel 3, illetve a K2 szinten 4 %-ra emelkedik (49. táblázat).

Figyelemre méltó a hajtás Ca tartalmának alakulása. A $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ forma több mint 3-szorosára növeli a növények Ca koncentrációját. Az extrém Ca a növények mérgezését tükrözi, illetve a mérgezőanyagok detoxikálását szolgálja. A pusztuló, elszáradó, előregedő hajtásban akkumulálódik a Ca, mivel a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ forma volt a növényekre leginkább mérgező. Jelentkezik a K/Mg antagonizmus, az átlagos Mg tartalom 0.49 %-ról 0.20 %-ra süllyed a K-túlsúly nyomán. Ugyanakkor a Na koncentrációja egyértelműen emelkedik a K ellátással, melynek oka ismeretlen. A P és a N ellátás a Na felvételre érdemi hatást ugyanakkor nem gyakorol (50. táblázat). A Fe, Mn, Zn, Cu mikroelemek mennyisége sem változik a trágyázás nyomán, ezért koncentrációikat a N-formák függvényében mutatjuk be az 51. táblázatban tájékoztató jelleggel, a P és K kezelések átlagában.

A N-felvétel adatait az NxP kétirányú táblázatban közöljük, mert a K-ellátás a felvételt érdemben nem módosította. A felvett és hajtásban talált N mennyisége közel 300 mg/edény körüli átlagos értéket ért el az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ és az NH_4NO_3 kezeléseknél. Amennyiben a talajban talált összes felvehető ásványi N és a növénybe épült N mennyiségeit összegezzük, felállítható az egyszerűsített N-mérleg. A 2 kg talajba adott 1000 mg/edény műtrágya N teljes mennyisége kimutatható volt gyakorlatilag az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ és a NH_4NO_3 kezeléseknél, míg a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ és a $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ formáknál 300-400 mg/edény veszteség vagy hiány jelentkezett. Feltehető, hogy az utóbbi N trágyaformák 1/3-a légköri elillanást szenvedett ezen a meszes homoktalajon (52. táblázat).

50. táblázat

Növényelemzési eredmények. Tenyészedény kísérlet meszes homoktalajjal
(Órbottyán) Hajtás, 6 leveles kukorica, 1991.

P és K szintek	Kontroll	N-formák				SzD _{5%}
		Ca(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	CO(NH ₂) ₂	
			Ca %			
P0	0,45	1,86	1,17	1,72	1,18	
P1	0,70	1,90	0,58	0,91	0,76	
P2	0,72	2,26	0,78	1,20	0,68	
						0,90
K0	0,86	2,24	1,16	1,61	1,19	
K1	0,59	1,62	0,63	1,01	0,77	
K2	0,42	2,17	0,74	1,21	0,66	
Átlag	0,62	2,01	0,84	1,27	0,87	0,45
			Mg %			
P0	0,21	0,25	0,33	0,32	0,31	
P1	0,26	0,29	0,34	0,35	0,31	
P2	0,33	0,34	0,44	0,33	0,33	
						0,16
K0	0,46	0,41	0,61	0,48	0,50	
K1	0,19	0,28	0,27	0,27	0,26	
K2	0,15	0,19	0,24	0,25	0,19	
Átlag	0,27	0,29	0,37	0,33	0,32	0,08
			Na mg/kg			
P0	91	126	98	115	157	
P1	136	136	108	112	115	
P2	108	115	77	136	126	
						75
K0	80	91	63	98	105	
K1	115	101	91	101	147	
K2	140	185	129	164	147	
Átlag	112	126	94	121	133	42

51. táblázat

Növényelemzési eredmények. Tenyészedény kísérlet meszes homoktalajjal
(Órbottyán) Hajtás, 6 leveles kukorica, 1991.

Vizsgált elemek	Kontroll N0	N-formák				SzD _{5%}
		Ca(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	CO(NH ₂) ₂	
PK szintek átlagában, ppm						
Fe	120	117	118	138	121	32
Mn	51	57	67	71	67	25
Zn	35	49	55	58	64	26
Cu	6	6	7	8	8	2

52. táblázat

N-felvétel és N-forgalom a meszes homoktalajjal beállított tenyészedény
kísérletben, Órbottyán. Hajtás, 6 leveles kukorica, mg/edény

P-szintek (K átlagai)	Kontroll N0	N-formák				SzD _{5%}
		Ca(NO ₃) ₂	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	CO(NH ₂) ₂	
Hajtásban						
P0	54	48	129	121	100	
P1	49	163	448	430	423	60
P2	51	184	302	288	227	
Átlag	51	132	293	280	250	35
Talajban						
Összesen	71	668	1079	972	750	235
Hiány*	0	-403	+8	-99	-321	140

*Hiány az edényeként adott 1000 mg-hoz viszonyítva

X. Műtrágyahatások vizsgálata egyéb növényekkel

Hároméves búza előkísérletek után 1970-ben állította be *Kozák Mátás* az NPK műtrágyázási kezeléseket 10 kezelés x 4 ismétlés = 40 parcellával a „humuszos”, és külön 10 kezelés x 4 ismétlés = 40 parcellával a „meszes” területen. A továbbiakban csak a „humuszos” kísérlet eredményeit ismertetjük. Valójában a műtrágyahatások hasonló módon jelentkeztek mindkét talajon, a termékenyebb humuszos talajváltozaton azonban egyértelműbben és látványosabban követhetők nyomon az évek során.

A kísérletben 1 2 x 4,2 = 50,4 m² területű parcellákat alakítottuk ki. A foszfor és kálium műtrágyákat minden évben őszi szántás előtt szórtuk ki, míg a nitrogén felét vetés előtt, másik felét fejtrágyaként juttattuk a talajba. Műtrágyaként 25%-os pécisót, 18%-os szuperfoszfátot és 40%-os kálisót alkalmaztunk. Lucerna telepítése előtt a 3 évre tervezett PK adagokat és 50 kg/ha N-t szántottunk le, majd évente tavasszal az első kaszálás után 30 kg/ha N-t adtunk fejtrágyaként egységesen a kontroll kivételével. A műtrágyázási kezeléseket az 53. táblázat mutatja be.

53. táblázat

Műtrágyázási kezelések a tartamkísérletben, kg/ha/év
(Meszes humuszos homoktalaj, Örbottyán, Duna-Tisza köze)

Kezelés kód NPK	A kísérlet első 20 évében			A kísérlet 21. éve óta		
	N*	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ 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

*Lucerna alá az 1975-78. években 30 kg/ha/év N-fejtrágyázás a kontroll kivételével

1. Műtrágyázás hatása a növények termésére 1971-1997 között

Az első vizsgált 8 év időjárása általában kedvező volt, aszályosabb év egyszer fordult elő 1974-ben. Domináltak az átlagos csapadékhozamú esztendők többé-kevésbé megfelelő csapadékeloszlással, sőt 3 évben (1972, 1976, 1977) az éves csapadék összege több mint 100 mm-rel meghaladta a sokévi átlagot. A kedvező időjárás és a megfelelő műtrágyázás, illetve a kielégítő tápelemellátás nyomán a humuszosabb homoktalaj gyenge termékenységét feledtető vagy meghazudtoló jó terméseket adott. A 4-5 t/ha búza, a 7-8 t/ha kukorica szemtermés-maximumok, vagy a 4 év alatt értékelt 13 kaszálás a lucernában, 27 t/ha szénatermésével, erről meggyőzően tanúskodik. Kiugró terméseket a csapadékos 1972, 1976, 1977. években kaptunk, míg a száraz 1974. esztendő alacsony termésével szintén kitűnik. Az első 8 év terméseredményeit az 54. táblázat foglalja össze.

Ami a trágyahatásokat illeti az 54. táblázatban megfigyelhető, hogy a kalászos búza termését a NP-trágyázás növeli, a K hatása nem igazolható. A kukoricában sincs K-hatás az 1972. csapadékos évben, viszont a szárazabb 1973-as esztendőben a K-műtrágya közepes adagig hatékonynak mutatkozik és részben ellensúlyozza a szárazabb és kedvezőtlen hatást 6 t/ha körüli szemterméseket produkálva. A 4 év átlagában a NP-kezelések 70-80%-os terméstöbbletbe vezetnek, míg a NPK kezelésekben a termések megduplázódnak. A lucernában a NP-kezelés a 4 év átlagában 0,6-0,7 t/ha, míg a NPK-kezelés 1-2 t/ha szénatöbbletet adott a trágyázatlan kontrollhoz képest. A K-trágyázás tehát meghatározó jelentőségű volt.

Kísérleti körülmények között a széna tonnánként átlagosan 34 kg N, 8 kg P₂O₅, 18 kg K₂O, 22 kg Ca és 4 kg Mg tápelemet vont ki a talajból és a nyersfehérje tartalma 210 kg-ot tett ki. A széna N-tartalma a kaszálásoktól és a kezelésektől függően 2-4 %, a P 0,3-0,5 %, a K 1-2 %, a Ca 2-3 %, a Mg 0,3-0,6 % között váltakozott. A növekvő K-adagokkal nőtt a széna K %-a, valamint csökkent a Ca és Mg %, azaz az ismert kationantagonizmus nyilvánul meg az összetételben és a felvételben. A búzaszem 1,5-2 % N, 0,3-0,4 % P, 0,3-0,4 % K, míg a szalma átlagosan 0,3-0,6 % Ca összetételét főleg a K-ellátás befolyásolta.

1979-82. között a NP-hatások a 30-40, míg a K-kiegészítés 10-20% átlagos terméstöbbletet eredményezett a 4 év átlagában, a kísérlet 9-12. éveiben búza-kukorica vetésváltásban. 1983-86. között a kísérlet 13-16. éveiben a NP hatások mintegy 50%-kal növelték a kontroll termését, míg a K-kiegészítés további 30-50%-os terméstöbbletet adott átlagosan. A trágyázatlan talaj lassan elszegényedett különösen K-ban, így egyre nőttek a trágyahatások, különösen a K-trágyázás hatékonysága az 55. táblázat adatai szerint.

54.táblázat

Műtrágyázás hatása a növények termésére t/ha/év (Kozák 1990)
(Meszes humuszos homoktalaj, Órbottyán, Duna-Tisza köze)

Kezelés NPK	Búza 1971	Kukorica		Búza 1974	Átlag	%
		1972	1973			
000	2,55	3,96	2,41	1,34	2,56	100
110	4,17	6,71	3,61	2,78	4,32	169
111	4,10	6,39	3,91	2,81	4,30	168
112	3,96	6,49	4,12	2,73	4,32	169
113	4,37	6,98	6,08	3,58	5,25	205
220	4,29	7,40	4,12	3,19	4,75	186
221	4,23	7,32	4,17	3,20	4,73	185
222	4,41	7,39	4,40	3,21	4,85	189
223	4,49	7,62	5,94	3,89	5,48	214
224	4,52	7,50	4,82	3,35	5,05	197
SzD _{5%}	0,70	1,05	1,97	0,87	0,88	35

Kezelés NPK	Lucerna szénatermés 4 éven át				Átlag	%
	1975	1976	1977	1978		
000	3,24	6,74	6,85	3,25	5,02	100
110	3,48	7,47	7,74	3,86	5,64	112
111	4,24	8,39	8,80	4,11	6,38	127
112	4,76	9,37	8,77	4,41	6,83	136
113	4,72	10,34	9,12	3,64	6,96	139
220	3,72	8,14	7,02	3,90	5,70	114
221	4,22	8,92	7,99	4,31	6,36	127
222	4,31	9,17	8,96	4,37	6,70	133
223	4,04	9,36	9,16	4,22	6,70	133
224	4,23	9,70	9,31	3,73	6,74	134
SzD _{5%}	0,71	1,65	0,90	1,20	0,88	18

55.táblázat

Műtrágyázás hatása a növények termésére, t/ha (Kozák 1990)
(Meszes humuszos homoktalaj, Órbottyán, Duna-Tisza köze)

Kezelés NPK	Búza 1979	Kukorica 1980	Búza		Átlag	%
			1981	1982		
000	1,90	2,78	1,49	1,82	2,00	100
110	2,26	2,82	2,55	2,82	2,61	130
111	2,13	3,14	2,49	2,87	2,66	133
112	2,18	3,40	2,50	3,34	2,86	143
113	2,56	3,31	2,57	3,16	2,90	145
220	2,06	2,93	2,88	3,18	2,76	138
221	2,29	3,40	2,95	3,51	3,04	152
222	2,23	3,32	3,03	3,41	3,00	150
223	3,02	3,37	3,14	3,44	3,24	162
224	3,28	3,30	3,10	3,53	3,02	151
SzD _{5%}	0,67	0,28	0,21	0,23	0,47	24

Kezelés NPK	Kukorica		Búza		Átlag	%
	1983	1984	1985	1986		
000	2,37	1,61	1,29	0,76	1,51	100
110	2,36	1,55	3,59	1,47	2,24	148
111	2,67	2,64	3,85	1,78	2,74	181
112	3,14	3,31	3,78	1,64	2,97	197
113	2,65	2,90	3,87	1,67	2,77	183
220	2,23	1,36	3,87	1,84	2,32	154
221	3,00	2,67	4,57	1,95	3,05	202
222	2,68	2,52	4,71	2,00	2,98	197
223	2,67	2,15	4,63	1,95	2,85	189
224	2,90	2,46	4,85	2,16	3,09	205
SzD _{5%}	0,54	0,99	0,45	0,33	0,60	40

56.táblázat

Műtrágyázás hatása a növények termésére, t/ha (Kádár 1999)
(Meszes humuszos homoktalaj, Órbottyán, Duna-Tisza köze)

Kezelés NPK	Kukorica 1987	Búza		Tritikále	Átlag	%
		1989	1991	1993		
000	1,97	1,67	1,28	0,81	143	100
110	2,85	4,05	2,60	1,35	271	190
111	3,97	4,58	2,65	1,61	320	224
112	4,40	4,87	2,78	1,23	332	232
113	4,22	4,83	3,20	1,16	335	234
220	2,70	4,71	3,55	1,37	308	215
221	4,33	5,50	4,18	1,39	385	269
222	4,19	5,50	4,00	1,16	371	259
223	3,85	5,61	4,30	1,21	374	262
224	4,25	5,44	4,20	1,63	388	271
SzD _{5%}	0,46	0,72	0,40	0,21	060	42

Kezelés NPK	Napraforgó 1988	Olajözön 1990	Átlag	%	Sárgarépa 1992	Gyökér %
000	0,93	0,20	0,56	100	2,8	100
110	0,95	0,20	0,58	104	4,1	146
111	1,13	0,36	0,74	132	13,1	468
112	1,18	0,43	0,80	143	11,5	411
113	1,19	0,56	0,88	157	16,6	593
220	1,00	0,26	0,63	112	7,9	282
221	1,10	0,44	0,77	138	12,6	450
222	1,01	0,45	0,73	130	13,2	471
223	1,13	0,51	0,82	146	16,6	593
224	1,02	0,64	0,83	148	17,5	625
SzD _{5%}	0,29	0,16	0,22	40	5,3	189

Közepes kukoricatermő évnek minősült az 1987-es esztendő kifejezett K-hatásokkal, míg 1988-ban az aszály nyomán a műtrágyázás gyakorlatilag eredménytelen maradt a napraforgónál. A búzában 1989-ben a csapadék összege ugyan az átlagos alatti, de az eloszlása viszonylag kedvező volt. Mindez a trágyázás hatékonyságát ugrásszerűen megnövelte. Látható az 56. táblázat adataiból, hogy ilyen kedvező évben trágyázás nélkül elveszítenénk a lehetséges termés 2/3-át, akár 3-4 t/ha szemtermést is és ezzel a búzatermesztés gazdaságosságát. Mint általában a kalászosoknál, itt is meghatározó a NP-ellátás, de a K-trágyázás is 0,5-0,8 t/ha szemterméstöbbletet nyújtott. Hasonló eredményeket mutatott az 1991. év némileg alacsonyabb hozamokkal de kifejezettebb K-hatásokkal (56. táblázat).

Rendkívüli aszálysújtotta évek voltak 1990. és 1993. esztendők. Az 1993. évi triticales termése 1-1,5 t/ha körül maradt a NP-kezelésekben, a kiegészítő K-trágyázás vízhiány miatt nem fejtett ki pozitív hatást. Az 1987. évi kukorica, 1989. és 1991. évi búza, valamint az 1993. évi triticales 4 éves átlagai szerint a gabonafélék szemtermését a NP-kezelés megkétszerezte, míg a további K-trágyázással 30-70% többletet érthetünk el a kontrollhoz képest. A kistestű olajözön kicsi vízigényével 1990-ben ugyan kis kaszatterméseket adott, de látványos K-hatásokkal. A javuló K-ellátás a magtermést csaknem megháromszorozta. A két olajnövény tehát másképpen reagált a K-trágyázás eltérő aszályérzékenységéből, vízigényéből adódóan (56. táblázat).

57. táblázat

Műtrágyázás hatása a növények termésére, t/ha (Kádár 1999)
(Meszes humuszos homoktalaj, Órbottyán, Duna-Tisza köze)

Kezelés NPK	Rozs 1994	Kukorica 1995	Árpa 1996	Köles 1997	Átlag	%
000	0,64	2,99	0,26	0,55	1,11	100
110	1,41	3,34	0,42	0,99	1,54	139
111	2,70	4,35	0,33	0,54	1,98	178
112	3,01	3,96	0,34	0,67	2,00	180
113	2,42	4,69	0,57	1,20	2,22	200
220	2,97	3,44	0,34	1,11	1,97	177
221	2,98	4,05	0,22	0,84	2,05	182
222	2,50	5,19	0,45	0,85	2,25	203
223	2,44	5,03	0,38	1,34	2,30	207
224	3,93	5,21	0,40	0,88	2,60	234
SzD _{5%}	0,30	0,71	0,32	0,44	0,46	41

1992-ben az aszály folytatódott. Ebben az évben sárgarépat termesztettünk, amely a K-hiányos parcellákon nehezen kelt és később is vontatottan fejlődött. A K-ellátással arányosan nőtt a gyökér termése 16-18 t/ha friss hozamot eredményezve. A sárgarépa K-igényes kultúra, csak a K-mal kielégítően ellátott talajon termesztendő gazdaságosan. Az 1994-97. években folytatódott a gabonafélék vizsgálata rozs, kukorica, árpa, köles növényekkel. Az utolsó 4 éves ciklus a kísérlet 23-27. éveit foglalja magában, szemtermésadatait az 57. táblázat foglalja össze.

1994-ben a rozs tenyészideje alatt az átlagot valamelyest meghaladó csapadék hullott és kedvező évet zártunk. A rozs meghálálta a nagyobb NP trágyázást és a javuló K-ellátást egyaránt. A 23 éve nem trágyázott parcella termékenysége lecsökkent 0,6 t/ha szemtermést adott mindössze, míg a maximális NPK kezelésben 3 t/ha körüli vagy feletti hozamok adódtak. Kedvező volt az 1995-ös esztendő is a kukoricára, az áprilistól októberig tartó tenyészidő alatt 405 mm esőt kapott az állomány, amely kereken 60 mm-rel több volt a sokéves átlagnál. A termések is ennek megfelelően átlagon felüliek, az NPK maximális adagjai 5 t/ha feletti szemterméshez vezettek. A K-hatás a nagyobb NP szinten jelentősebb.

Az 1996-os aszályos évet jellemzi a 150 mm hiány az éves csapadékösszegben, valamint 100 mm feletti hiány az árpa tenyészideje alatt. Valójában az árpa nem kimondottan a homokra való növény, ilyen aszályos esztendőben pedig sikerrel nem is termesztendő. Az állomány kiszáradt, alacsony és fejletlen maradt, semmilyen trágyahatások nem jelentkeztek. Megállapítható, hogy amennyiben nincs mód öntözésre, ilyen talajon az érzékenyebb tavaszi árpa vetését kerülni kell. A kumulatív vízhiányt már a szárazságot jobban elviselő köles sem bírta 1997-ben. Egyértelmű trágyahatások nem figyelhetők meg, a szemtermés általában 1 t körül vagy alatt alakult és nagy szórásokat mutatott.

A gabona szemtermések 4 éves átlagai nem nőttek, hanem csökkentek az elmúlt 27 év alatt. A kontroll talaj termékenysége természetesen trágyázás nélkül csökkent még a viszonylag jobb években is, hiszen a talaj elszegényedett. A trágyázott talajon gyakran vízhiány miatt nem érvényesülhet a terméspotenciál, a halmozódó és gyakoribbá váló aszály a terméslehetőségeket behatárolta. Ezen a termőhelyen különösen érzékenyek a tavaszi vetésű növények, így pl. a kukorica. A kukorica szemtermései a csapadékösszegekkel mutatnak jó összefüggést. Ami a trágyahatásokat illeti megállapítható, hogy a kalászosoknál a NP-trágyázás meghatározó jelentőségű, a K-trágyákra csak szárazabb évben reagálnak. Kukorica esetében fordított a helyzet, a NP-trágyázás kevésbé hatékony K-adagolás nélkül, csapadékos években a talaj K-formái jobban oldódnak, így a K-hatások kevésbé jelentkeznek. Az egyoldalú NP trágyázás viszonyt aszályos évben tovább növelheti a szárazság káros hatását.

2. Műtrágyázás hatása a talaj felvehető PK-tartalmára

Az 58. táblázat adatai szerint 1080, illetve 2160 kg P₂O₅ mennyiséget adtunk a 19 év alatt szuperfoszfát formájában. Az évenkénti növényi felvétel átlagosan 25-40 kg/ha között alakult. A trágyázatlan kivételével a P mérleg mindenütt pozitív egyenleget mutatott, természetesen a nagyobb P-trágyázásnál az egyenleg pozitívuma kifejezettebb közel 1300-1400 kg/ha mennyiséggel. A növényi K-felvétel mintegy duplája a foszfornak, pozitív egyenleg csak az évenkénti 120 és 160 kg/ha K₂O adagnál jelentkezett megbízhatóan.

58. táblázat

A műtrágyákkal adott és a növények által felvett P₂O₅, K₂O mennyisége
(Meszes humuszos homoktalaj, Órbottyán, kg/ha 1971-1989 között)

Kezelés NPK	P ₂ O ₅			K ₂ O		
	Adott	Felvett	Mérleg	Adott	Felvett	Mérleg
000	0	428	-428	0	795	-795
110	1080	617	463	0	1003	-1003
111	1080	666	414	720	1227	-507
112	1080	699	381	1440	1428	12
113	1080	734	346	2160	1767	393
220	2160	706	1454	0	988	-988
221	2160	769	1391	720	1273	-553
222	2160	788	1372	1440	1547	-107
223	2160	824	1336	2160	1736	424
224	2160	813	1347	2880	1865	1015

A lucerna 3 évre kapott PK trágyákat, így a 19 év alatt 18 adagot alkalmaztunk

Parcellánként 20-20 pontminta (lefűrés) egyesítésével átlagmintákat vettünk a szántott rétegből 1974, 1978, 1986 és 1989. években. A mintákban meghatároztuk az ammoniumlaktátban oldható, a növények számára felvehetőnek tekintett P és K koncentrációkat. Az 59. táblázat eredményei szerint az AL-oldható P és K készlet arányosan nőtt vagy csökkent az egyes kezelések P és K mérlegeivel. A különbségek az évek előrehaladtával egyre kifejezettebbeké váltak. A kontroll és a negatív mérlegű parcellákon maradt az alacsony P és K ellátottság 50-80 ppm körüli értékben, míg a pozitív talajgazdagító trágyázás nyomán a talajok P-ellátottsága a kifejezetten jó 200 ppm körüli, a K-ellátottság pedig a 100 ppm körüli közepes tartományba emelkedett.

59.táblázat

A talaj AL-oldható P₂O₅ és K₂O tartalmának változása
(Meszes humuszos homoktalaj, Órbottyán, mg/kg)

Kezelés NPK	AL-P ₂ O ₅				AL-K ₂ O			
	1974	1978	1986	1989	1974	1978	1986	1989
000	70	50	86	86	54	63	57	54
110	96	75	138	117	53	64	53	46
111	95	76	139	118	52	83	60	61
112	97	81	148	124	67	98	83	81
113	96	75	136	109	66	104	104	99
220	115	83	196	177	54	66	52	45
221	122	107	220	205	62	115	63	58
222	120	108	215	208	71	118	81	86
223	113	102	201	204	79	140	102	111
224	118	117	211	183	80	135	116	133
SzD _{5%}	17	20	37	52	11	18	9	14

3. Műtrágyázás hatása az olajzönre (*Carthamus tinctorius L.*)1990-ben

A tenyészdíó során végzett megfigyelések bepillantást engednek a műtrágyázás hatásának tanulmányozásába a növény különböző fejlődési stádiumaiban, az egyes terméselemek kialakulására, a virágzás vagy a kelés folyamatra stb. Ezek az információk nemcsak tudományos érdeklődésre tarthatnak számot, hiszen eredőjük maga a termés és a minőség. A kísérlet 20. évében az olajzön vagy más néven sáfrányos szeklice (*Carthamus tinctorius L.*) ásványi táplálását vizsgáltuk. Ez a festő és olajos növény újra az érdeklődés előterébe kerülhet a homoki termesztésben, ahol más olajnövények mint pl. a repce és a napraforgó sikerrel kevésbé termesztethők.

A káliummal megfelelően ellátott termékenyebb talajon gyors és egyenletes volt a növények kelése. Nőtt a fiatal növények fotoszintetizáló aktív levélfelületére utaló levélsúly tömege, valamint közel 2 héttel előbb következett be a virágzás. Ily módon javulhatott a termésképződés, a szemtelítődés az 1990. évi extrém időjárás viszonyai között. A 60. táblázat eredményei szerint a virágzás előtti levélzet K-tartalma mintegy megháromszorozódott a nagyobb K-adagú parcellákon, ezzel együtt a Ca és Mg túlsúlya 1/3-ával mérséklődött. A kationok aránya, a K/Ca és K/Mg hányados drasztikusan módosult. A K-műtrágyázás tehát képes ellensúlyozni e talajok túlzottan meszes, sülevényes jellegét és hozzájárul az élettanilag kedvezőbb ionarányok létrejöttéhez a növényi szövetekben.

60.táblázat

Műtrágyázás hatása az olajzön levézetének elemtartalmára
(Meszes humuszos homoktalaj, Órbottyán, 1990)

Kezelés NPK	P	K	Ca	Mg	K/Ca	K/Mg
	%					
000	0,25	1,6	3,5	0,54	0,5	3
110	0,29	1,5	3,1	0,56	0,5	3
111	0,29	3,8	3,6	0,52	1,0	7
112	0,29	4,0	2,4	0,37	1,7	11
113	0,26	4,2	2,3	0,33	1,9	13
220	0,37	1,4	3,3	0,70	0,4	2
221	0,39	2,8	3,0	0,45	0,9	6
222	0,34	3,9	2,4	0,37	1,6	10
223	0,36	4,6	2,2	0,34	2,1	14
224	0,31	4,9	2,2	0,33	2,2	15
SzD _{5%}	0,07	1,1	1,0	0,12	0,4	5

A kationok aránya befolyásolja a növény anyagszerjét, vízháztartását, egész biológiáját. Így pl. a K növeli, a Ca pedig csökkenti a sejtek átteresztőképességét. A fiatal szövetek K-ban gazdagok, míg az előregedő szövetekben a Ca halmozódik fel. A K növeli a vízfelvételt és aszály idején zárja a levél légzőnyílásait, csökkentve a párologtatást. A Ca ezzel ellentétesen hat. A K fiatalít, vízdús, élettanilag aktívabb szöveteket eredményez. Hiánya hervadást, elszáradást, rossz vízháztartást eredményez. Hiányában kevesebb szénhidrát (cukor, olaj, keményítő stb.) képződik, csökken a környezeti tűrés, mint a szárazság, fagy, betegség stb. károkkal szembeni ellenállás.

K hiányában gátolt a fotoszintézis, viszont erősödik a növény légzése, a fehérjék lebomlása, nő az energiavesztés. A növényben kismolekulájú oldható szénhidrátok és N-vegyületek halmozódnak fel, melyek a gombák és élősködő rovarkártevők számára vonzerőt jelentenek táplálékkul szolgálva. A kálium sokoldalú szerepe nyomán érthetővé válik kedvező hatása a termésre és a minőséget meghatározó beltartalmi anyagokra mint a cukor, keményítő, fehérje, cellulóz, vitaminok. Emellett a növénytermesztés biztonsága miatt fontos a nemkívánatos éghajlati jelenségek (fagy, szélkár okozta megdőlés, szárazság), valamint a gyomokkal, növényi és állati kártevőkkel szembeni ellenállás növelésében.

A megfelelő K-ellátás eredményeképpen p. olajzön növénnyel kísérletünkben nagyobb növények fejlődtek, nőtt az elágazások és a gubók száma, valamint az értékesebb szemtermés tömege az összes földfeletti biomasszában belül. A

szalma/szem és a pelyva/szem aránya átlagosan 1/3-ával szűkült. A szalma+pelyva melléktermés/szem aránya K-hiányos talajon 5,6-5,8 közötti, míg a kielégítő K-ellátottságon 3,5 körüli. A szemtermés tömege megháromszorozódott a K-mal jól ellátott parcellákon, mely annak is köszönhető, hogy az 1000-kaszattömeg látványosan javult a K-trágyázással. Mivel a kaszatok olaj%-a bizonyíthatóan szintén emelkedett, az olajhozam több mint 3-szorosára nőtt hektáronként (61. táblázat).

61.táblázat

Műtrágyázás hatása az olajjözön termésére és minőségére
(Meszes humuszos homoktalaj, Órbottyán, 1990)

Kezelés NPK	Szem kg/ha	1000-kaszat tömege, g	Kaszat olaj %-a	Olajhozam kg/ha
000	205	30	21,7	44
110	195	28	21,6	42
111	364	37	22,8	83
112	428	38	22,9	98
113	563	40	23,0	130
220	257	28	21,8	56
221	441	35	22,7	100
222	449	38	23,0	103
223	510	39	23,2	118
224	639	40	23,5	150
SzD _{5%}	156	3	1,2	19

Kétségtelen, hogy abszolút értelemben a maximálisan elért 600 kg/ha szemtermés, illetve a 150 kg/ha olajhozam is kicsinek minősíthető. Ebben az aszályos esztendőben viszont a rozs és a búza is alig adott 1 t/ha körüli szemterméseket. Így az olajjözön versenyképesnek minősülhet, különösen ha tekintetbe vesszük kaszattermésének értékét, amely 3-szorosára lehet a rozsénak. A nagyobb és biztonságosabb termések céljából amennyiben választási lehetőségünk van, természetesen célszerű e növényt is a jobb vízgazdálkodású termékenyebb talajon termesztetni, ahol az új fajták, hibridek a napraforgóval azonos kaszatterméseket produkálnak. Az olajjözön előnye a mérsékelt vízigény, kistestű állományról lévén szó. Tápelemigénye, amint láttuk különösen a K-igénye viszont kifejezett, trágyázott talajt kíván, mert gyökérrendszere kevésbé agresszív és fejlett.

4. Műtrágyázás hatása az őszi búzára (*Triticum aestivum* L.) 1991-ben

Vizsgálataink szerint a talajok tápanyagállapotával együtt javult az állomány fejlettsége a tenyésztési egésze folyamán. A búza földfeletti hajtásának tömege bokrosodás végén, 04.30-án 2-3-szorosára nőtt a kielégítő NPK műtrágyázás nyomán. A tápanyagdús talajon fejlődött növényzet vízzel telítettebb, élettanilag aktívabb tömeget képviselt, melyre az alacsonyabb szárazanyag-tartalom utal. A 21 éve nem trágyázott kontroll talajon a növények gyorsabban száradtak, öregedtek.

Elsősorban a NP kezelés eredményeképpen nőtt a kalászkok száma és súlya egységnyi területen. Ismert, hogy hazai viszonyaink között a kielégítő termésekhez 500-600 db kalász szükséges minimálisan m²-enként. A kontroll tápanyagszegény talajon mindössze 300 db/m² a kalászkok száma. A szemtermés megháromszorozódik ebben a jó gabonaévből, főként a NP kezelések nyomán, de a K-hatások is igazolhatók. A szalma és a pelyva hozamok négyeszeresednek a kontrollhoz képest, tehát a szalma és a pelyva jobban reagált a trágyázásra, mint a szem. Az összes földfeletti termés a legjobb kezelésekben elérte a 11 t/ha légszáraz tömeget (62. táblázat).

62. táblázat

Műtrágyázás hatása a búza termésére és terméselemeire betakarításkor
(Meszes homoktalaj, Órbottyán, 1991)

Kezelés NPK	Kalász		Szem	Szalma	Pelyva	Összes	Szalma/ Szem
	g/m ²	db/m ²					
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 _{5%}	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

A hajtás bokrosodás végén összetételével jól jellemzi a tápláltsági állapotot. A 63. táblázatban néhány kation koncentrációját és azok arányait szemléltetjük. Az olajzönnél tapasztaltakhoz hasonlóan itt is megfigyelhető, hogy a K-trágyázás a K-felvétel serkentésén keresztül gátolja egyéb kationok mint a Ca, Mg, Sr növénybe jutását. Míg a K-tartalom átlagosan 1/3-ával nő, az egyéb kationok

koncentrációja 1/3-ával mérséklődik a K-ellátással, így a K/Ca, K/Mg, K/Sr arányok közelítően kétszeresére tágulnak. Mindez előnyös változást jelent a búza számára, javult a termés és annak minősége. Emlékeztetőül, a kálium hatására mintegy 50%-kal nőttek a szemtermések átlagosan a kontrollhoz viszonyítva (míg az NP-adagok nyomán a kontroll hozama 200-250%-kal átlagosan).

63.táblázat

Műtrágyázás hatása a búza hajtásának elemösszetételére
(Meszes humuszos homoktalaj, Órbottyán, 1991.04.30)

Kezelés NPK	K	Ca	Mg	Sr ppm	K/Ca	K/Mg	K/Sr
	%				arány		
000	2,0	0,50	0,12	17	4	16	1126
110	1,7	0,42	0,12	22	4	14	794
111	2,5	0,39	0,10	17	6	25	1500
112	2,4	0,31	0,10	15	8	24	1603
113	2,5	0,28	0,09	14	9	28	1854
220	1,7	0,45	0,14	30	4	12	579
221	2,6	0,40	0,11	23	6	23	1147
222	2,3	0,42	0,12	23	6	19	1009
223	2,6	0,34	0,09	18	8	29	1432
224	2,8	0,36	0,10	18	8	28	1503
SzD _{5%}	0,4	0,11	0,03	7	2	6	402

5. Műtrágyázás hatása a sárgarépa (*Daucus carota L.*) 1992-ben

A kísérlet 22. évében egy zöldségnövényt, a sárgarépát termesztettük. Megfigyeléseket és méréseket végeztünk a tenyészidő közepén, amikor a gyökér fejlődése még nem intenzív, valamint betakarításkor. Amint a 64. 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 3/4-ét is elveszítenénk.

64.táblázat

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

Kezelés NPK	Bonitálás fejlettségre	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 _{5%}	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

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 65. táblázat eredményei arra 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 utóbbi három kísérleti év eredményei összességükben jól tükrözik a K-ellátás, illetve K-műtrágyázás jelentőségét a szántóföldi növénytermesztésben. 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 eltartó képessége rohamosan fog csökkenni, csak extenzív hasznosításukra kerülhet sor (rét-legelő, erdősítés, stb.).

Megemlítjük, hogy e kísérletben 2004-ig még sor került egyéb növények tesztelésére is mint pl. tavaszi és őszi árpa, mák, köles, stb., melyek eredményeinek

közlésére az irodalomjegyzék utal. A tanulások beépültek a műtrágyázási szaktanácsadás ajánlott módszere című fejezetbe is.

65. táblázat

Műtrágyázás hatása a sárgarépa elemösszetételére betakarításkor
(Meszes homoktalaj, Órbottyán, 1992. szeptember 15.)

Kezelés	Ca	K	Mg	P	K/Ca	K/Mg	K/P
NPK	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 _{5%}	0,60	0,23	0,06	0,02	0,15	1,0	2,2
Átlag	3,18	0,99	0,40	0,17	0,31	2,5	5,8
<i>Gyökérben</i>							
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 _{5%}	0,22	0,18	0,08	0,04	1,0	2,0	1,4
Átlag	0,54	1,63	0,28	0,29	3,0	5,8	5,6

XI.A műtrágyázási szaktanácsadás ajánlott módszere

1.Általános rész

1.1.Fontosabb talaptípusaink és átlagos jellemzőik

A talajokat főként fizikai, kémiai tulajdonságaik és kialakulásuk alapján szokás csoportosítani. Meghatározó jellemzőik a kötöttség és a mészállapot. A kötöttség döntően megszabhatja a művelhetőséget, a műveléshez szükséges vonóerőt és a talaj eredeti tápanyaggazdagságát is. Kötöttséget elsősorban a talajrészecskék (homok, iszap, agyag) egymáshoz viszonyított aránya, a mechanikai összetétel alakítja ki. Ezek alapján megkülönböztetünk

- laza, könnyen művelhető, tápanyagszegény homoktalajokat,
- középkötött, közepes vonóerőt igénylő, közepes tápanyagtókéval rendelkező homokos vályog és vályog talajokat,
- kötött, nehezen művelhető, nagy tápanyagkészlettel rendelkező agyagos vályog és agyag talajokat, valamint
- nagyon kötött, nagyon nehezen művelhető, szántóföldi művelésre kevésbé alkalmas, rossz vízgazdálkodású talajokat.

A talajtulajdonságok és a termékenység kapcsolatát a korábbi fejezetek taglalták. A gazda naponta találkozhat e fogalmakkal a szaktanácsadás során, melyek segítik talajának megismerésében. Erre épülhetnek a szakszerű gazdálkodás elemei, művelési, talajjavítási, trágyázási beavatkozásai. Megemlítjük, hogy a mechanikai összetétellel változik (általában az agyagtartalommal egy határig együtt nő) a talaj humuszkészlete is. Ugyanakkor módosul a talajok vízgazdálkodása: a homok a vizet átterszti, míg az agyag vízzáró réteget képez. A homoktalajok 5-10, a vályogok 20-30, az agyag 30-35% vizet képes visszatartani. Így eltérő az aszályérzékenységük és a műtrágyák hatékonysága e talajokon.

A talajok fizikai félesége mellett a termékenység kialakításában fontos szerepet játszik a kémhatás (savanyúság, mésztartalom), melyet a pH értékek és a CaCO_3 % jellemez. A kémhatás befolyásolhatja a talaj szerkezetét, tápelemeinek felvehetőségét, a műtrágyák érvényesülését. A talajok kémhatás és mésztartalom szerinti osztályozásáról szintén könyvünk elején adtunk áttekintést. Az erősen savanyú, illetve extrémén meszes talajok szántóföldi művelésre javítás nélkül kevésbé alkalmasak, hasonlóan a durva homok és igen nehéz agyag mechanikai összetételű talajokhoz. A szántóföldi hasznosításban leggyakrabban előforduló és hazánkban összefüggő nagyobb területeket elfoglaló talajok a következők:

Mezőségi vagy csernozjom talajok

Síkvidéken, eredetileg füves növénytakaró alatt, meszes altalajon képződtek és általában mély humuszos talajszelvényvel, kedvező morzsalékos talajszerkezettel,

jó levegő- és vízgazdálkodással rendelkeznek. Tápanyag-szolgáltatásuk is jó, szerves anyaguk sok nitrogént (N) tárol. A feltalajban 3% körüli humuszt tartalmazó alföldi és mezőföldi csernozjom évente 100-150 kg/ha nitrogént szolgáltathat a növénynek hosszú időn át. Káliumot (K_2O) hasonló mértékben biztosíthat a vályog vagy kötöttebb csernozjom egyenletes mállása. E talajok ugyanakkor foszforral (P_2O_5) eredendően gyengén ellátottak. A foszfortrágyákat, szuperfoszfátot viszont jól hasznosítják és a növények számára felvehető formában megőrzik. Amennyiben a vízellátás is megfelelő, maximális terméseket érhetünk el trágyázással. Művelhetőségük kielégítő, gyakorlatilag minden kultúrnövény sikerrel termeszthető e termőhelyeken.

Kötött barna erdőtalajok

Közös jellemzőjük, hogy az erdő, ill. fás növényzet alatt képződtek. Megfigyelhető kilúgzásuk, elsavanyodásuk, a talajszelvény szintekre tagolódása. A művelésbe vont barna erdőtalajok általában megfelelő tápanyag-, víz- és levegőgazdálkodással rendelkeznek. Művelhetőségük kielégítő, a főbb szántóföldi kultúrák biztonságosan termesztetők. A talajok nitrogén és foszfor ellátottsága eredendően gyenge, jelentősebb agyagtartalmuk következtében viszont a K-szolgáltatásuk kielégítő. A szántott rétegben meszet nem tartalmaznak, humuszban szegényebbek, többé-kevésbé savanyúak. Az erősen kötött változat tömődöttségre, levegőtleniségre hajlamos, ezért a mechanikai talajlazítás javíthatja vízbefogadó és vízáteresztő képességét, levegőzöttségét és a műtrágyák érvényesülését. A nitrogén és foszfor műtrágyák mellett a mésztrágyázás is indokolt lehet.

Kötött réti talajok

Kialakulásukban nagy szerepet játszott az időszakos túlnedvesedés. A talajok pórusterét kitöltő víz a levegőt kiszorítja (gyökérlégzés gátolt). Rossz a talajszerkezet, duzzadó-zsugorodó, időnként tapadó, tömörödsre hajlamos, nyáron mélyen repedező és kiszáradó. Általában nehéz és magas vízállású „hideg” talajokról van szó, melyek nehezen művelhetők. Tápanyagtökéjük kielégítő, de termékenységüket korlátozhatja a túlzott agyagtartalom, a rossz vízgazdálkodás, a feltalaj gyakori savanyúsága, lassan feltáródó humusza. Elsősorban nitrogén és foszfor műtrágyákat igényelnek, kálium-szolgáltatásuk megfelelő. A kötöttebb barna erdőtalajokhoz hasonlóan előnyös a mechanikai talajjavítás, vízrendezés és meszezés, mellyel a műtrágyázás hatékonysága is ugrásszerűen nőhet.

Laza homokos talajok

Könnyű mechanikai összetétel, az agyag és humusz kis mennyisége kicsi, de mobilis tápanyagtöke jellemzi. Nyírség és Somogy homokos talajai felszínükben savanyúak (mészhiányosak), míg a Duna-Tisza közén többé-kevésbé meszesek. Mivel a vizet és a tápelemeket kevésbé tudják visszatartani, gyakoribb trágyázást igényelnek kisebb adagokkal. Nitrogén, foszfor és kálium tápelemekben egyaránt eredendően szegények. Savanyú változataik mész (Ca) és magnézium (Mg)

igényesek is. A termésbiztonság ingadozó, a műtrágyák érvényesülése is változó, főként a csapadékellátottság és a talajvíz szintje, mélysége függvényében. A humuszban, agyagban gazdagabb változatok termékenyebbek. A nyírségi savanyú talajok termékenységét az altalaj részben vízzáró, agyagos „kovárányos” rétegei javíthatják.

Összehasonlítás céljából, iránymutató jelleggel a 66. táblázatban áttekintést adunk a tárgyalt főbb művelésbe vont talajok fizikai és kémiai jellemzőiről. Hangsúlyozni szükséges azonban, hogy a talaj minőségének, termékenységének, trágyaigényességének elbírálásához a talajtípus megjelölése nem elégséges. A mezőségi vagy „csernozjom” talaj szántott rétege egyaránt lehet agyagos, vályogos vagy homokos vályog, lehet savanyú (kilúgzott), vagy eltérő mértékben meszes. A tábla múltjából, trágyázásából eredően tápelemekkel gyengén vagy jól ellátott. Lehet kevésbé (talajvíz 3-4 m mélyen) vagy kifejezetten aszályérzékeny, amikor a talajvíz 10-15 m mélyen helyezkedik el. A humusztartalma szintén viszonylag tág határok között ingadozhat. A talaj termékenységét, művelhetőségét, a műtrágyák hatékonyságát konkrétan azok a mért tulajdonságok határozhatják meg, melyek táblaszinten jelentkeznek. Ezt a célt szolgálja az időnként (4-5 évenként) végzett talajvizsgálat.

66. táblázat

Főbb művelésbe vont talajok fizikai és kémiai tulajdonságainak jellemzése a szántott rétegben (Tájékoztató adatok)

Talajok jellemzői	Mezőségi talajok	Barna erdő-talajok	Kötött réti talajok	Laza homokos talajok
Kötöttség (K_A)	35-45	40-55	50 felett	30 alatt
Humusz %	2,5-4,0	1,6-2,5	3,0-5,0	0,5-1,5
CaCO ₃ %	0-10	-	-	0-10
pH(H ₂ O)	6,5-7,5	4,5-6,5	4,0-6,5	4,0-8,0
AL-P ₂ O ₅ mg/kg	80-120	40-80	80-140	40-100
AL-K ₂ O mg/kg	150-250	200-300	250-350	40-100

1.2. A tápelempótlás jelentősége

Leegyszerűsítve termékenynek minősül az a talaj, mely képes a növényeket vízzel és tápelemekkel folyamatosan ellátni. Víz a csapadék vagy öntözés pótolhatja, a talaj tápelem készlete azonban véges. A tápanyagellátás, a trágyázás ezért meghatározza a művelt talajaink termékenységét és ezen keresztül a növénytermesztés, illetve az egész mezőgazdaság teljesítőképességét. Szakszerű, gazdaságos trágyázás a ténylegesen hiányzó (minimumban található) tápelemek

pótlását célozza. A hazai termesztés számára fontosabb tápelemek élettani hatása és hiánytünetei részben az alábbiakban foglalhatók össze:

Nitrogén (N): Hiányában nem képződik fehérje, a növények elsárgulnak és fejletlenek maradnak. Csökken a termés és a minőség, megnehezül egyéb tápelemek felvétele. Túlsúlya viszont dús, haragoszöld lombzatot, lassú érést, fellazult növényi szöveteket, fokozott betegség-fellépést, kifagyást, megdőlést, csökkenő termést és romló minőséget eredményezhet. Hiánya főként csapadékos, túlsúlya aszályos évben gyakori.

Foszfor (P): Hiányában gátolt a gyökérfejlődés és a lombképződés, a gabonafélék gyengén bokrosodnak, ritkulnak. Romlik a minőség, betegségekkel szembeni ellenállás, csökken a termés. Míg a nitrogén a vegetatív zöld növényi részek fejlődését segíti, a foszfor az érést, a virág és a magvak kialakulását. Fontos tehát a két elem aránya, kiegyensúlyozottsága a növény táplálásában. A megfelelő P-kínálat javítja a vízhasznosulást, bizonyos határig ellensúlyozza a szárazság kedvezőtlen hatását. Túlsúlya közvetetten vezethet nemkívánatos jelenségekhez: csökkenhet a tőszám és más fontos mikroelemek felvétele, ezzel a betakarítható termés és annak minősége.

Kálium (K): Hiányában gátolt a növekedés, a nitrogén és a foszfor beépülése, a szénhidrátok, mint a cukor, keményítő, nyersrost, képződése. Emiatt romlik a minőség, télállóság, betegség-ellenállóság és főként a szárazság-tűrés. Kálium hiányára különösen érzékenyek a zöldségfélék, gyümölcsfák és a kapáskultúráink, döntően a laza talajokon. Túlsúlya ritkán áll elő és közvetetten jelentkezhet más elemek, mint pl. a kalcium (Ca), magnézium (Mg), bór (B) felvételének gátlásában. A hiány- és túlsúlytünetek felismerése vizuálisan még a szakembernek is nehézséget okoz, mivel azokat, ill. azokhoz hasonló tüneteket mechanikai sérülések, gombás betegségek, rovarkártételek is kiválthatják. Több elem hiánya vagy túlsúlya szintén okozhat hasonló tüneteket. A tápláltsági állapot megbízhatóan növényanalízissel ellenőrizhetjük, mely feltárja az egyes elemek koncentrációját és azok egymáshoz való arányát a növény szöveteiben. A fontosabb mikroelemekre, azok hiányára a növényfaj és a talajviszonyok utalhatnak.

Magnézium (Mg): Hiányában gátolt a zöld növény, illetve a levél fejlődése, mivel a Mg a klorofill központi eleme. Nélküle nincs fotoszintézis, szerepet játszik a szénhidrátok és a fehérje képződésében. Mg-hiányos talajon csökken a termés, romlik a minőség. A Mg-hiány egyre gyakoribb hazánkban, főként a savanyú laza talajokon (Nyírség, Somogy). A K-túlsúly szintén Mg-hiányt idézhet elő más talajon is. A Mg-nak másodlagos szerepet tulajdonítottunk korábban, pótlása nem vált gyakorlattá. Ennek részben az is oka volt, hogy a nyers, Mg-ot is tartalmazó kálisókkal Mg-ot is vittünk a talajba. A koncentrált K-műtrágyák elterjedése miatt szükségessé válik a Mg-trágyázás a Mg-mal gyengén ellátott talajokon és a Mg-igényes növények esetén.

Kén (S): Hiányában gátolt a S-tartalmú aminosavak, fehérjék és olajok képződése. A S és a N növénybeni funkciói részben hasonlóak. A nagy fehérjetartalom többnyire nagy kén-tartalommal párosul, a S-hiány tünetei hasonlóak a N-hiány tünetekhez. A kénhiány korábban ritkán fordult elő, a S-trágyázás nem vált gyakorlattá. A szennyezett levegőből csapadékkal, valamint a szuperfoszfát műtrágyák bőséges alkalmazásával több kén jutott a talajba, mint amit a növények felvettek. Az említett S-források beszűkültek, a kénterhelés töredékére esett vissza. A kilúgzott kénhiányos talajokon, kénigényes olajos magvú növényeknél, mint a repce, napraforgó, mustár már egyre gyakrabban kell kénhiánnyal számolnunk.

Kalcium (Ca): Hiányában gátolt a gyökérbésképződés, hosszirányú növekedés és fejlődés. A mészhiányos savanyú termőhelyeken ugrásszerűen megnőhet számos nehézfém felvétele, mely a növény mérgezéséhez vezethet. Gyengül a szárszilárdság, betegségekkel szembeni ellenállás, romlik a termés minősége. A savas csapadék, illetve a savanyúan ható műtrágyák nyomán mészhiányos talajaink tovább savanyodnak. A mésztrágyázás elengedhetetlenné vált az 5 pH(H₂O) alatti talajainkon a termékenység fenntartása céljából. Fontos, hogy a Mg-ban is hiányos területeken a meszesítő-anyag egy részét Mg-ot is tartalmazó dolomitban adjuk.

Vas (Fe): Hiánya erősen meszes, foszforban gazdag talajokon léphet fel a herefélékben, szójánál, borsónál, szőlőnél. **Mangán (Mn)** hiánya erősen meszes, vagy szerves anyagban gazdag talajokon gyakori a kalászosok, lucerna, répafélék, pillangósok, gyümölcsfák esetén. Túlsúlya savanyú talajon fordulhat elő. **Cink (Zn)** hiánya nálunk erősen meszes és foszforban gazdag talajokon gyakori a kukoricában, előfordulhat a hüvelyeseknél, füvekben, szőlő és gyümölcsösben. Túlsúlya szennyezett ipari körzetekben, autópályák mentén lévő városi kertekben és savanyú talajokon okozhat gondot. **Réz (Cu)** hiánya főként meszes homoktalajon gyakori, ahol foszforral is túltrágyáztak. Láptalajokon szintén kialakulhat hiánya, mert a szerves anyaghoz erősen kötődik. Érzékenyek hiányára a gabonafélék, kapáskultúrák, hüvelyesek, egyes zöldségek és gyümölcsfák. Túlsúlya szennyezett területeken, ipari körzetekben, autópályák mentén és rézgáliccal évtizedek óta permetezett gyümölcsösökben gyakori. **Bór (B)** hiánya erősen kilúgzott savanyú homokokon, lápon és túlmeszesített talajon jelentkezhet gabonafélékben, pillangós takarmányokban, napraforgónál, zöldség és gyümölcs kultúrákban. **Nátrium (Na)** nem kifejezetten növényi tápelem. Répafélék Na-kedvelők és a szikes gyepek szénája halmozza fel. Takarmányozási szempontból előnyös a nagy Na-tartalom. **Molibdén (Mo)** hiánya főként savanyú talajon fordul elő, ahol a Mo felvehetősége gátolt. Mo-igényes növények a pillangósok, zöldségfélék. Túlsúlya Cu-hiányt okoz. Amennyiben a Cu:Mo arány 5:1 alatt van a takarmányban, Cu-kiegészítés szükséges.

Ismeretes, hogy normál talajon a kalászosok jól reagálnak a nitrogén- és foszfor-trágyázásra, míg K-hatásokat csak a laza szerkezetű homok vagy láptalajokon mutatnak. A burgonya és a kukorica ugyanazon a termőhelyen főként N és K trágyázást igényel, míg a hüvelyesek és pillangósok P-igényükkel tűnnek ki. A zöldségfélék általában bőséges N és K ellátást kívánnak, különösen a leveles

zöldségek. A N-bőség ugyanakkor rontja a cukorrépa, dohány és az olajnövények minőségét.

A hazai és nemzetközi tapasztalatok szerint minden kg műtrágya-hatóanyagra, tehát a 3 kg körüli műtrágyára (átlagos termesztési körülmények között) 10 kg körüli szemtermés-többlet adódik. Gyepes esetében pedig 100 kg zöldfü többlettermésel számolnak. A szakszerű műtrágyázás hatékony és gyorsan megtérülő befektetés, a megtérülés 1 év alatt 2-3-szoros lehet. Ezért is támogatják a műtrágyák vásárlását a rövid lejáratú „zöld” hitelekkel sok országban. A talaj termékenységének megőrzése, illetve a bővített újratermelés trágyázással elsőbbséget élvezhet a tőkebefektetések során, hiszen meghatározó lehet az egyéb beavatkozások, mint a fajta; művelés; növényvédelem hatékonysága tekintetében.

1.3.A trágyaszükséglet becslésének módszerei

A trágyaigényt vagy műtrágyaigényt csak becsüljük, hiszen azt a tenyészidő folyamán számos tényező, főként az időjárás befolyásolhatja. A „becslés” azonban lehet szakszerű és tudományos alapon nyugvó, mert a számítás módszerei kidolgozottak. Amennyiben a trágyázás vakon történik, hatékonysága is véletlenszerű, nem ritkán gazdaságtalan és környezetkárosító lesz. A trágyaadagok számításánál, a trágyázásnál általában kettős célt követünk: jó minőségű nagy termés elérése az adott évben, valamint a talaj termékenységének hosszú távú megőrzése, vagy ha szükséges, növelése.

1.3.1. Szabadföldi próba vagy kísérlet módszere

A legősibb és a gazda számára ma is pótolhatatlan módszer. Kijelölünk a tábla egynemű részén pl. 10x10 m = 100 m² mintaterületeket. Kijuttatjuk a vizsgálandó trágyát (esetleg annak növekvő adagját) és mérjük a területek termését a kontroll (trágyázatlan vagy hagyományosan trágyázott) és a kezelt területeken. A mintaterületeket legalább 4 ismétlésben kell kijelölni, hogy megbízható eredményekhez jussunk. Előnyös, ha a vizsgálatok több éven át folynak ugyanazon a helyen. Nagy táblán mintaterületül szolgálhat a műtrágyaszóró szóráscsíkja, illetve termésmérésnél a kombájncsíkok. Évente 1-1 táblán 1-1 növényfaj trágyaigénye becsülhető ilyen módon.

1.3.2. Talajvizsgálatok módszere

Mivel a talajba nem látunk bele, célszerű 5-6 évenként a táblák talaját elemezni, hogy a növények számára hasznosítható elemkészletekről információt szerezzünk. Különösen a homokos talajokon, melyek tápelem készlete gyorsan változhat, kiürülhet és tápelem-hiányok vagy aránytalanságok állhatnak elő. A foszfor és kálium ellátottsági kategóriákat a 67. táblázat szemlélteti. Amennyiben nagy vagy túlzott az ellátottság, az újabb talajvizsgálatokig szüneteltethető az adott elem pótlása. Kielégítő ellátottságon a trágyázás néhány évig terméscsökkenés nélkül szüneteltethető, különösen a kevéssé trágyaigényes növényeknél. Cél azonban a

kielégítő ellátottság megőrzése. Ilyen esetben a betakarított növényi termésbe épült elemek egyszerű pótlására szorítkozhatunk. Igen gyengén ellátott talajon ennek akár többszörösét is indokolt lehet kijuttatni a trágyaigényes kultúrák alá, illetve a talajtermékenység javítása érdekében.

67. táblázat

A talajok ammoniumlaktát (AL) oldható P₂O₅ és K₂O tartalmának ellátottsági határértékei a szántott rétegben (In: Kádár 1992)

A termőhely talaja	Tápelem-ellátottsági kategóriák határkoncentrációi			
	Gyenge	Közepes	Kielégítő	Nagy vagy túlzott
AL-P ₂ O ₅ mg/kg talajban				
Savanyú	50 alatt	50- 80	80-120	120 felett
Semleges	80 alatt	80-120	120-150	150 felett
Meszes	100 alatt	100-150	150-200	200 felett
AL-K ₂ O mg/kg talajban				
Homokos	50 alatt	50-100	100-150	150 felett
Vályogos	100 alatt	100-150	150-200	200 felett
Agyagos	150 alatt	150-200	200-250	250 felett

A főbb szántóföldi növények termésébe épült elemek átlagos mennyiségéről a 68. táblázat adatai tájékoztatnak. Látható, hogy a magtermés főként nitrogénben és foszforban gazdag, míg a melléktermés káliumban és kalciumban a kalászosok, hüvelyesek és olajnövények esetén. Ahol a főtermés nem a mag, hanem a vegetatív levél (dohány), hajtás (lucerna, here, rét szénája), vagy gyök gumós (répagyökér, burgonyagumó), ott a kálium és kalcium felvétele is jelentős. A hüvelyes és pillangós növények nitrogén szükségletüket részben vagy egészben a levegőből fedezik, így csak 20-30 kg/ha N-trágyát igényelhetnek vetés előtt, amíg a szimbiózis a N-kötő mikroszervezetekkel beindul. A talajok 0-60, vagy a mélyebben gyökerező növényeknél 0-90 cm rétegének nitrát-nitrogén (NO₃-N) készlete műtrágyával egyenértékű. A vetés előtt végzett talajvizsgálat eredményei alapján tehát eldönthető, hol és milyen mértékben csökkenthető, esetleg el is hagyható a N-trágyázás. Az olajos magvak kénben igen gazdagok.

68. táblázat

Főbb szántóföldi növények és a gypszéna átlagos elemfelvétele kg-ban
(Irodalmi és saját elemzések adatai alapján)

N.	Növényfaj	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
1 t főtermés a hozzávaló mellékterméssel							
1.	Kalászosok	22	11	20	7	4	4
2.	Kukorica	20	10	15	5	7	3
3.	Repce	50	24	70	50	16	16
4.	Napraforgó	50	20	70	25	20	10
5. ^x	Borsó, bab	55	15	40	30	13	7
6.	Gypszéna	28	8	30	8	5	3
7.	Lucerna széna	40	9	35	17	7	3
8.	Silókukorica	3,8	1,6	4,5	1,8	1,1	0,5
9.	Cukorrépa	4,0	1,1	6,0	2,0	1,0	0,8
10.	Burgonya	4,5	1,5	6,0	2,0	1,3	0,5
1 t főtermés (melléktermés leszántva)							
1.	Kalászosok	16	8	6	1	2	2
2.	Kukorica	16	7	6	1	2	2
3.	Repce	30	12	20	13	5	10
4.	Napraforgó	30	15	13	3	5	7
5.	Borsó, bab	40	11	12	2	3	3
6. ^{xx}	Cukorrépa	3,0	0,8	5,0	0,7	0,6	0,3
7. ^{xx}	Burgonya	3,5	1,2	5,0	0,1	0,9	0,3

^xN-kötés részben a levegőből történik. ^{xx} Friss gyökér, illetve gumótermésben.

1.3.3. Tápelemmérlegek módszere. A táblatörzskönyv

Az igényes gazda táblatörzskönyvet vezet és nyilvántartja az évenkénti termés-eredményeket, a betakarítás módját (melléktermés leszántása vagy elvitele a tábláról), ill. az agrotechnikai beavatkozásokat. Fontos tudni, hogy mennyi és milyen trágyaféleséget alkalmazott, a meszezés adagját, az esetleges meliorációt stb. A táblára juttatott trágyaszerek, valamint az elvitt termékek összetétele és mennyisége alapján ellenőrizheti a tápelemek forgalmát, talajainak termékenységét, annak változását. Ezzel a talajvizsgálati eredmények is megbízhatóbban értelmezhetők párhuzamosként szolgálva, esetleg részben elhagyhatók. A módszer előnye, hogy nem igényel költséges eljárást, csupán tollat és papírt (esetleg számítógépet), valamint a négy számtani alapműveletet. A

növények, növényi részek és a trágyaféleségek összetételét (saját elemzés híján) átlagszámokkal becsülheti.

Az adott táblára jellemző átlagtermés szintet (kedvező évjáratra számítva az ott elérhető maximális termést) figyelembe véve kiszámolhatók a szükséges tápelem mennyiségek. A harmonikus fejlődés érdekében mindezt biztosítani kell a növények részére a közepesen vagy annál gyengébben ellátott talajon. A hiányzó tápelemek a megfelelő összetételű és mennyiségű műtrágyával pótolhatók, melyhez vegyük figyelembe a műtrágyaigényt módosító tényezőket.

1.4. Műtrágyaigényt módosító tényezők figyelembevétele

Míg a meszes homokon a Duna-Tisza közén a Ca és Mg túlsúlyával találkozunk, a nyírségi és somogyi savanyú homokok Ca és Mg elemekben szegények. Mindkét talaj illetve homokvidék szegény viszont agyag és humusz kolloidokban. Ha a talajvíz nincs túl mélyen és nem sós, fő gondot a tápanyagellátás okozhatja meszes és savanyú homokon egyaránt. Másképp igénylik a műtrágyákat a meszes talajok, illetve a savanyú talajok. Utóbbiak mész + magnézium trágyákkal kiegészítve.

Mélyen gyökerező ültetvények esetén (gyümölcs és szőlőtelepítések, erdőgazdálkodás) az altalaj minősége döntő lehet. Itt először az altalajt kell megismerni és ha szükséges a talaj fizikai tulajdonságait kell javítani. Mindez jelentheti a homokkőpad áttörését, altalajlazítást, kolloiddal való gazdagítást agyagos föld, agyagásványok, szerves trágyák, iszapok, komposztok bekeverésével. Kérdés, honnan teremthető elő a kolloidális anyag és az eljárás mennyire lehet gazdaságos?

Természetesen az istállótrágya, a virágzás előtt lekaszált és sekélyen leszántott zöldtrágyák (somkóró, szarvaskerep, savanyú talajon a csillagfürt) szintén talajjavítók. Erősen meszes kolloid/káliumszegény talajon javasolt a káliumszulfát erősen savanyító műtrágya alkalmazása. A K_2SO_4 nemcsak kálium és kén tápelemeket szolgáltat a növényeknek hanem talajjavítóként is hat. Mérsékelheti helyileg a mész, magnézium, esetleg a nátrium túlsúlyát és helyreállíthatja a termékenység szempontjából kedvezőbb K/Ca, K/Mg, K/Na arányokat.

A káros termőhelyi tényezők feltárása elengedhetetlen. Előfordul, hogy a búza, kukorica, répa, burgonya és a zöldségfélék jól teremnek, míg a mélyen gyökerező kultúrák mint a gyümölcsfák, szőlő egy idő után kipusztulnak. Termékenységet korlátozó tényező lehet az erősen tömődött, levegőtlen, rossz vízvezetésű agyagréteg. Helyenként sós/szikes talajvizek vannak és szikes talajréteg akadályozza a gyökerek fejlődését. Amikor a fák gyökerei eléri ezt a réteget, termőképességük csökken, majd kipusztulhatnak.

A homoktalajok trágyázása és meszezése különös gondosságot kíván. Itt egyébként is kevesebb növény termeszthető biztonsággal a szélsőséges hő-, víz- és tápanyaggazdálkodási viszonyok között. A kolloidszegény termőhelyeken gyorsan kialakulhatnak tápelemhiányok vagy -túlsúlyok. A kiegyensúlyozott

növény táplálás kontrollja tehát fontossá válik, szakszerűtlen trágyázás vagy meszezés rövid idő alatt terméscsökkenést eredményezhet. Az alábbiakban összefoglaljuk a műtrágyázás és meszezés alapelveit a gyakorlat számára, melyek követése a racionális gazdálkodást, valamint a környezet védelmét egyaránt szolgálhatja.

A túltrágyázást és az alultrágyázást egyaránt el kell kerülni. A nitrogén esetében ez azt jelenti, hogy a trágyákkal (műtrágya + szerves trágya N készlete) bevitt N mennyisége nem haladhatja meg a tervezhető termés N felvételét. A talaj 0-60 cm rétegének $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalmát is fontos meghatározni, mert ezzel a N trágya mennyisége csökkenthető. Az 5 t/ha búzatermés 130-140 kg/ha N-t vehet fel. Amennyiben vetés előtt 70 kg/ha $\text{NO}_3\text{-N}$ található a talajban, a N-igény felére csökken.

A tervezett termés P és K felvételéből kiindulva az 5 t/ha körüli búzatermés pl. 55 kg P_2O_5 és 90 kg K_2O adagot igényelhet. Ha a tábla kielégítően ellátott foszforral és káliummal, akkor közelítően ilyen trágyázás indokolt, hogy a talaj termékenysége ne csökkenjen. Gyengébb ellátottság esetén ennek 1,5-2-szeresét, jobb ellátottságon pedig arányosan kevesebbet adhatunk, esetleg az újabb talajvizsgálatokig a foszfor és kálium-trágyázás el is hagyható. A talaj P és K ellátottságának megítélésére szolgáló határkoncentrációkat a 2. táblázatban mutatjuk be. Összeállításuk a hazai szabadföldi műtrágyázási tartamkísérletek tapasztalatai alapján történt. A P és K műtrágyákat összevont adagban 2 évenként is alászáthatjuk, nem szükséges az évenkénti pótlás.

Savanyú homokon a mésztrágyázás a termékenység megőrzésének fontos része. Célszerű a talaj pH értékét 3-5 évente ellenőrizni és azt a kívánatos 5-6 pH(KCl) között tartani. A rendszeres 0,5 t/ha adagú mészkőpor vagy dolomitpor alkalmazása elejét veszi a talaj elsavanyodásának és pótolja a Ca és Mg készletét. Homoktalajon kerülni kell a túl nagy adagokkal végzett meszezést, mert a növények termését csökkentheti tápelemhiányokat okozva. A meszezést gyakrabban és kis adagokkal kell végezni (mésztrágyázás), megengedhető a 3-4 évenkénti 2 t/ha mészkőpor vagy dolomitpor alkalmazása.

A műtrágyaszükségletet csökkenti a melléktermékek leszántása, a felhasznált istállótrágya, hígtrágya, komposzt, valamint a pillangós elővetemény. A megfelelő vetésforgó tehát nemcsak a gyomok és a betegségek előfordulását mérsékelheti, hanem a trágyaigényt is. Homokkultúrában túltrágyázására kényszerülünk, mert a növények egyoldalúan merítik ki a talaj tápelemkészletét, hisz ugyanazon frakciókból és talajrétegekből táplálkoznak. A melléktermékek főként K-ban és Ca-ban gazdagok, a földfeletti termésbe épült K és Ca 2/3-a vagy 3/4-e a gabonafélék szalmájában, a napraforgó szárában és tányérjában található, melyek leszántva visszajutnak a talajba.

Minden tonna kalászos szemtermése után átlagosan mintegy 10, kukorica szemtermése után 15, napraforgó kaszattermése után 60 kg/ha K_2O juthat vissza a talajba a melléktermés leszántásával ha-onként. A közepes minőségű almos

istállótrágya átlagosan 40 kg N, 40 kg P₂O₅ és 70 kg K₂O bevitelét jelenti a talajba műtrágya-egyenértékben, azaz ennyivel csökken a vásárolt műtrágya iránti igény. Az istállótrágya tápanyagainak fele az első, másik fele a következő évben válhat felvehetővé a növények számára homoktalajon. A hígtrágyákban átlagosan 1-1,5 kg N, 0,4-0,6 kg P₂O₅ és 0,8-0,9 kg K₂O található, mely az első évben felvehető. A trágyaigényt módosító tényezőket az alábbi 7 pontban kíséreltük meg számszerűen megadni:

1. A N-igény csökken egyéves pillangós elővetemény után átlagosan 30, pillangóst követően pedig az állománytól függően 40-60 kg/ha/év mennyiséggel.
2. A N-igény nő humuszban szegény és nitrogénnel gyengén ellátott talajon tág C:N arányú és nagy tömegű szerves anyag (szalma, kukorica és napraforgó szára stb.) leszántásakor, 8 kg N/t szármaradványra számolva.
3. A tervezett termés tápelemigénye csökken, amennyiben az elővetemény termése lényegesen elmaradt a tervezettől valamilyen elemi kár, mint pl. szárazság, fagykár, betegség miatt. A közepesnél jobban ellátott kötöttebb talajokon, az előző évben felhasznált trágyák utóhatását tekintetbe véve, az előző növény által fel nem vett NPK mennyiség 50%-ával.
4. A fajlagos átlagos K₂O igény csökken kombájn betakarításnál, amikor csak a szem távozik a tábláról. A kalászosoknál 10, a kukoricánál 15, míg a napraforgónál 60 kg/t-val kevesebb kálium mennyiséggel számolunk (tehát 70 helyett 10 a fajlagos igény utóbbi esetben).
5. Az NPK-igény csökken az alábbi módon, közepes minőségű almos istállótrágya leszántásakor, 10 t istállótrágyára vetítve:

Első évben	20 kg N	20 kg P ₂ O ₅	40 kg K ₂ O
Második évben	20 kg N	20 kg P ₂ O ₅	30 kg K ₂ O
Összesen a forgóban	40 kg N	40 kg P ₂ O ₅	70 kg K ₂ O

6. Az NPK-igény csökken az alábbi módon, átlagos összetétellel számolva, minden m³ hígtrágya leszántásakor:

Friss trágya	1,5 kg N	0,6 kg P ₂ O ₅	0,9 kg K ₂ O
Állott trágya	1,0 kg N	0,4 kg P ₂ O ₅	0,8 kg K ₂ O

7. A P₂O₅ igény mintegy 20%-kal nő, amennyiben a talaj CaCO₃ %-a 20 felett van, tehát túlzott a karbonátosság, vagy a pH(KCl) 5 alatti, tehát túlzott a savanyúság. Mindez a gyenge és közepes ellátottság esetén javasolt.

Trágyaigényes növényeknél még a „kielégítő” ellátottságon is esetenként csupán mérsékelt termésszint várható. Azaz fennáll a terméskiesés valószínűsége. Ezért teljes vagy 1,5-szeres visszapótlásra törekszünk e növények esetén, míg a nem trágyaigényeseknél 0,5-szörös visszapótlás javasolt (napraforgó kötöttebb talajon). Összességében a fenntartó trágyázást valósítjuk meg a forgó egészére. Közepes ellátottságon a gazdaságosan nagy termések már nem érhetők el jelentősebb trágyázás nélkül. Ezért itt 1,5-2-szeres PK trágyázás is indokolt lehet, hiszen a talaj nem kielégítően ellátott. A nem trágyaigényes növények tervezett tápelemigényét is

biztosítjuk. Homokon a napraforgó is trágyaigényessé válik, tehát a 1,5-2-szeres PK trágyázással számolunk. Célunk a talaj ellátottságának növelése, lassú feltöltése. A teljes N-igény pótlása indokolt. A talaj N-készletével a trágyaigény hasonló módon csökken.

A gyenge vagy igen gyenge ellátottságon minden növény jelentős trágyázást igényel, különösen homoktalajon. A gazdaságos termésmaximumok elérése céljából trágyaigényes növényeknél akár 2-3-, a kevésbé igényeseknél 1,5-2-szeres pótlásra lehet szükség. Célunk nemcsak a termésvesztés elkerülése, hanem a talaj ellátottsági szintjének gyors növelése. A teljes N pótlás indokolt. A talaj N-készletével a tervezett N-igény csökken.

Összefoglalva: A trágyázásnak kettős célja van. Egyrészt elkerülni a termésvesztést az alutrágyázásból vagy túlutrágyázásból eredően. Másrészt a talaj ellátottságának fenntartása a „kielégítő” szinten, ahol a trágyázás a leghatékonyabb gazdasági szempontból, ugyanakkor nem terheli feleslegesen a környezetet. Az alábbiakban megkíséreljük számszerűen is érzékeltetni a PK-trágyázás filozófiáját egy hosszabb időszakot, pl. vetésforgót feltételezve. Tehát a tervezett termés P és K igényét hogyan célszerű módosítani a talaj PK-ellátottsága, illetve a növényfaj trágyaigényessége figyelembe vételével.

Talaj PK ellátottsága	Trágyaigényes növényfaj	Nem trágyaigényes növényfaj	Forgó egésze
Gyenge	2,5	1,5	2,0
Közepes	2,0	1,0	1,5
Kielégítő	1,5	0,5	1,0
Túlzott	-	-	-

Amennyiben a talajokon rendelkezésre állnak a vetés előtti ásványi N készletre vonatkozó TVG adatok, úgy a 0-60 cm réteg NO₃-N készlet mennyiségével a N műtrágyaigény csökkenthető. Azaz ha pl. a talajban legalább 120 kg/ha NO₃-N található a felső rétegekben a napraforgó vetés előtt, műtrágya-egyenértékűnek tekintjük és a 3 t/ha kaszattermés előállításához nem használunk N trágyát a humuszosabb, kötöttebb tábláinkon. A N-túlادagolásra érzékenyebb növényeknél mint a cukorrépa, dohány és részben a napraforgó, csak akkor trágyázunk nitrogénnel, ha a hiány fellépését a tenyészidő során igazolni lehet újlagos TVG vagy NVG adatokkal, vagy a helyszínen egyértelműen diagnosztizálható a N alultápláltság.

A jó ellátottságú talajon trágyahatás nem várható. Célunk az ellátottsági szint fokozatos csökkentése az ellátottsági kategória alsó határáig. A túlutrágyázásra érzékeny növényeknél ugyanis a trágyázás termésnövekedést eredményezhet. Így pl. a P-ral jól ellátott meszes talajokon kukoricánál Zn-hiány léphet fel a P-trágyázás nyomán, a P-Zn antagonizmus eredményeképpen stb. A nem trágyaigényes növényeknél, pl. a napraforgónál kötöttebb talajokon a PK

trágyázás szüneteltethető. A trágyaigényes kultúráknál 1/2, az erősen trágyaigényeseknél teljes visszapótlás indokolt a tervezett termés fajlagos PK igénye alapján. A N szükséglet mintegy 1/3-ával mérsékelhető a humuszosabb talajon. Ha a 0-60 cm réteg NO₃-N készletének adataival rendelkezünk vetés előtt, a tervezett termés N igényéből a talajbani NO₃-N mennyiségét levonjuk és a különbséget (hiányt) fedezzük N-műtrágyázással vagy más N-forrással.

Meghatározó jelentőséggel bír nemcsak a növények összetétele, tápelem-felvétele egységnyi terméssel, hanem a speciális trágyaigénye. Hogyan képes a talaj tápelemeit feltárni, hasznosítani? Agresszív, mély gyökérzetet fejlesztő növények, mint pl. a rozs, napraforgó viszonylag kevés trágyát, míg a sekélyen gyökerező és rövidebb tenyészidejű kultúrák, mint a zöldségfélék, burgonya, mák bőséges trágyázást, illetve a talaj mobilis tápanyagkészletét igénylik.

A hazai műtrágyázási kísérletek tanulságai szerint pl. a vályog és kötöttebb talajokon a napraforgó gyakorlatilag nem igényelte a kálium-trágyázást. Az 50 kg/ha N, illetve az 50 kg P₂O₅ adag felett pedig a kaszattermés már nem nőtt, viszont csökkent a kaszatok olajtartalma és az olajhozam. Ezzel szemben a tápanyagszegény savanyú nyírségi homoktalajon meghálálta a nagyobb mérvű műtrágyázást és meszeztést. A 22 éve trágyázatlan kontroll talaj mind az öt fontos tápelemben (N, P, K, Ca, Mg) elszegényedett, így azt együttes adagolásukkal a kontrollhoz viszonyított termés és olajhozam a kedvező csapadék-eloszlású 1984. évben 3,5-szeresére emelkedett. Ilyen körülmények között a napraforgó is trágyaigényes növénné válik. Az egyoldalú N, NK vagy NP műtrágyázás azonban termésnövekedést nem eredményezett. Fontos tehát a kiegyensúlyozott tápanyagellátás.

Amennyiben eddig nem vezetett táblatorzskönyvet és saját talajvizsgálati adatai sincsenek, jegyezze le az elmúlt évek terméseit és a trágyázási gyakorlatát. Lehetőség szerint gyűjtse össze a hasonló adottságú és előéletű környékbeli területekre vonatkozó információkat. Szaktanácsadóink felkeresik és segítenek majd az adatok kiértékelésében, a műtrágyaszükséglet meghatározásában.

1.5. Műtrágyázás és környezetvédelem

Műtrágyák hatása a talajra, a növényre és a környezet egészére lehet előnyös és hátrányos is. Amennyiben ténylegesen a talaj hiányosságait pótolják és a talajhibákat orvosolják (tápelem arányok és aránytalanságok megszüntetése, túlzott savanyúság vagy lúgosság tompítása stb.), úgy alkalmazásuk egészségesebb talajt, talajéletet, növényzetet, állati és emberi közösségeket hozhat létre korábbi pusztaságokon. Mindezt a hazai és nemzetközi gyakorlat igazolja. A szakszerű műtrágyázás talajminőséget javító, agronómiai és ökológiai talajfunkciókat fenntartó szerepének fontosságára már az 1800-as években rámutattak olyan világhírű tudósok, mint a német *Liebig*, az orosz *Mengyelejev*, vagy itthon *Cserháti Sándor*.

A műtrágyák érdemi környezetszennyező hatásáról a rendszeres és nagyobb mérvű használatuk óta beszélhetünk, amióta elérhetőségük, viszonylagos (korábbi) olcsóságuk és egyoldalú alkalmazásuk új körülményeket teremtett. A közvélemény aggodalma megnőtt a „kemikáliákkal” szemben, gyakran összemossa a műtrágyákat a növényvédő szerekkel. Vajon mennyiben természetidegen anyagok? Honnan származnak? Hogyan károsíthatják a környezetet?

A növények fejlődésükhöz döntően vizet és tápelemeket igényelnek a talajból. Az elemeket alapvetően oldott állapotban, ionos formában veszik fel. A természetesnek tekintett istállótrágya, vagy komposzt is fokozatosan elbomlik a talajban, hogy növényi eledelül szolgáljon. E tekintetben a műtrágya nem természetidegen anyag. Ugyanazon fontos tápionokat tartalmazza, melyeket a talaj, illetve a szerves trágyák is szolgáltatnak. Műtrágyákkal megnöveljük a talaj tápion-készletét abból a célból, hogy nagyobb termésekhez jussunk. Más oldalról viszont „talajidegen” anyagoknak minősíthetők: összetételük és tulajdonságaik eltérnek a talajtól. Általában vízben vagy gyenge savakban oldódó sók, amelyek néhány elemet viszonylag nagy koncentrációban tartalmaznak. Emellett vívíonyagként vagy szennyezésként magukban hordozhatnak nem szükséges vagy káros összetevőket is.

Az illető célzott növényi tápelem gyakran a műtrágya felét sem teszi ki. Így pl. a 40%-os kálisó a káliumoxidon kívül még 45% klór és 5% nátrium iont is tartalmazhat. A szuperfoszfátokban valójában több lehet a kalcium és a kén, mint a foszfor. Igaz, hogy ezek mind szükséges növényi tápelemek. A répafélék pedig meghálálják a kálisóval bevitt klorid és nátrium ellátást. Nemkívánatos összetevőknek minősülnek viszont, amennyiben a talaj ezen elemekkel kielégítően ellátott és a természetű növény sem igényli. Hasonló a helyzet a műtrágyákban található mikroelemekkel vagy nemkívánatos mikroelem-szennyezőkkel.

Legtisztabbak e tekintetben a N-műtrágyák, hiszen a gyártásuk alapanyagául a légköri N szolgál. Leginkább szennyezettek a P-műtrágyák lehetnek a bányászott nyersfoszfátok és a gyártástechnológia függvényeként. A K-műtrágyák közbülső helyet foglalnak el. Hazai viszonylatban nem beszélhetünk érdemi talajszennyezésről, nehézfém-dúsulásról a műtrágyázás kapcsán. Talajaink (Ny-Európától eltérően) nem szennyeződtek a legveszélyesebb elemmel, a kadmiummal, mert az orosz lelőhelyekről beszerzett nyersfoszfátok kadmiumban rendkívül szegények. Más sugárzó izotópokban ugyan gazdagabbak (urán, stroncium), de ez a sugárterhelés jelentéktelennek minősül, a háttérterhelés töredékét teheti ki.

A műtrágyák, mint oldható sók nagyságrendileg növelhetik a só-terhelést, az elektrolitok mennyiségét a talajban. A talajok anion-megkötő képessége csekély, így a növény által fel nem vett felesleges nitrát, klorid, szulfát (szakszerűtlen alkalmazás esetén) kimosódhat a mélyebb rétegekbe. Ilyenkor nagymennyiségű fém-kationt is magával ragad a folyamat, a talaj főként kalciumban és magnéziumban elszegényedhet, gyorsan elsavanyodhat, a talajvizek elszennyeződhetnek. A foszfor jól megkötődik a talajban, döntően talajbemosódás

(erózió) vagy a szél által szállított porral (defláció) jut a tavainkba, élővizünkbe. Az élővizek azért tiszták, mert P-ban szegények. Gyakran ez a limitáló tápelem. Az algásodás (eutrofizáció) fő okozója a P-terhelés.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a műtrágyák nemkívánatos mellékhatása akkor jelentkezik, amikor azokat természetellenes formában, mennyiségben és arányban juttatjuk a talajba. A tudományos alapokra helyezett szaktanácsadás útmutatását követve elkerülhetők az alkalmazás negatívumai. Az esetleges savanyító hatás meszezéssel vagy lúgosan ható formák megválasztásával, a kilúgzás és a veszteségek a növények igényeihez és a talajtulajdonságokhoz való igazítással (talaj- és növényvizsgálatok, szabadföldi kísérletek, tápelem-mérlegek és a táblatorzskönyvek vezetése által), az élővizekre oly nagy veszélyt jelentő eutrofizáció pedig a víz és szél által okozott erózió (talajpusztulás) meggátlásával.

A mezőgazdaságban képződő növényi és állati hulladékok, települési komposztok mint szerves trágyák a talajba jutva elbomlanak és helyreállítják annak funkcióit, termékenységet. Szokásos adagban alkalmazva nem jelentenek érdemi környezeti veszélyt, a természetes agyagforgalmat valósítják meg. Koncentrált állattartásnál képződő nagymennyiségű trágya elhelyezési problémákat vet fel. A talaj lebontó, illetve a növények tápanyag felvevő képességét meghaladó terhelésnél környezeti károsodással (levegő, talaj, víz, élő szervezetek) kell számolnunk. Különösen az atom nélküli nagyüzemi állattartásnál, ahol óriási tömegű hígtrágya keletkezik.

Az istállótrágya, éretlen komposztok és a hígtrágya bomló szerves anyaga bakteriológiai, közegészségügyi szempontból járványmentes időszakban sem veszélytelen. A hígtrágyákkal való túl gyakori öntözés eltömítheti a talaj pórusait, tönkretelheti szerkezetét és a talajt elmocsarasítja. A közeli talajvíz gyorsan szennyeződhet bomló szerves anyaggal, nitráttal, és a só-terhelés is nőhet. A szerves trágyákba, komposztokba kerülhetnek szennyező nehézfémek (takarmányadalékok), istálló fertőtlenítésére használt anyagok stb. Összességében a különböző eredetű szerves trágyák, komposztok és a trágyalé nagyobb és ellenőrizhetetlen szennyező góccokat jelentenek, mint a jobban kézben tartható, ellenőrizhető és irányítható műtrágyázás.

2. Részletes tanácsadás

2.1. Kalászosok

A már klasszikusnak tekinthető szakirodalom szerint a kalászosok közül a búza leginkább igényes a vízzel és a tápanyagokkal szemben. Homokon a rozs, északi övezetekben főként a zab és a rozs, száraz vidékeken a köles díszlik. A búzatermesztésre legmegfelelőbb talaj a csernozjom, melynek szervesanyaga, illetve kiváló víz-és tápanyag gazdálkodása stabil és nagy terméket tesz lehetővé. A korai N-adag (őszi, tavaszi) a vegetatív fejlődést segíti, míg a késői fejtrágyák a szem minőségét javíthatják. A késői fejtrágyák hatása bizonytalan azonban nálunk a gyakori későtavaszi szárazság miatt. A kalászosok P-igényesek. A jó P-szolgáltatás biztosítja a talaj P-ral való feltöltöttsége, kielégítő ellátottsága.

Átlagos, kötöttebb talajon a kalászosok nem különösebben reagálnak a K-trágyázásra. A búza viszont jórészt kiszorította a rozst a laza, homokos talajokról. A K-igény főként e talajokon kifejezett. A Duna-Tisza közti karbonátos homoktalajok általában mindhárom fő tápelemben szegények (N, P, K). A rozst termését itt trágyázással 2-3 t/ha-ra tudtuk növelni. Lássuk a búza hogyan reagált a műtrágyázásra egyik tartamkísérletünkben. A 69. táblázatban bemutatott eredmények szerint a trágyázatlan kontroll talajon mért 1,3 t/ha szemtermést az NP együttes trágyázás 2,0-2,5-szeresére, a szalma hozamát 2,5-3,5-szeresére növelte. A K-trágyázás további 0,6 t/ha szem, illetve 1,0-1,2 t/ha szalma többletet eredményezett. Az őszi búza igényelte az AL-oldható P₂O₅-tartalom 150-200 mg/kg, valamint az AL-K₂O tartalom 100-150 mg/kg jelenlétét a szántott rétegben. A nitrogénnel, foszforral és káliummal egyaránt kielégítően ellátott kezelésekből a kontrollhoz viszonyított szemtermés több mint 3-szorosára, a szalmatermés közel 5-szörösére emelkedett (Kádár 2008).

69.táblázat

Műtrágyázás hatása a talaj szántott rétegének AL-oldható PK tartalmára és az őszi búza termésére a kísérlet 24. évében (In: Kádár 2008)
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Műtrágyázás kg/ha/év			AL-oldható, mg/kg		Légszáraz termés 1991, t/ha			
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Szem	Szalma	Pelyva	Összes
0	0	0	54	76	1,3	1,2	0,3	2,8
80	60	0	46	117	2,6	3,1	0,8	6,5
80	60	100	61	118	2,7	3,2	0,6	6,5
80	60	200	81	124	2,8	3,6	0,8	7,1
80	60	300	99	109	3,2	4,0	0,8	8,0
160	120	0	45	177	3,6	4,5	1,0	9,1
160	120	100	58	205	4,2	5,3	1,0	10,6
160	120	200	86	2058	4,0	5,2	1,0	10,2
160	120	300	111	179	4,3	5,7	1,1	11,1
160	120	400	133	183	4,2	5,8	1,2	11,2
SzD _{5%}			14	52	0,4	1,0	0,2	1,3

A savanyú homoktalajaink általában mind az öt makro-tápelemben szegények: N, P, K, Ca, Mg. Hazánk egyik legrégebbi műtrágyázási tartamkísérlete a Nyírségben található. A több évtizedes tapasztalatainkat összefoglalva megállapítottuk, hogy a trágyahatások időfüggők, idővel változnak. A talaj kimerülhet, elszegényedhet bizonyos elemekben. Kísérletünk első 10 évében (1963-1972) érdemi trágyahatásokat, terméstöbbleteket csak a N-trágyázás okozott. A második

évtizedben (1973-1982) a N-hatások fokozatosan lecsökkentek a trágyázatlan kontroll szintjére. A N-trágya önmagában nem hatott, mert minimumba került a P és fokozatosan a K tápelem.

Trágyahatás, terméstöbblet csak az együttes NP-trágyázásnál jelentkezett a kalászosoknál, míg a kapásnövényeknél főként az NK műtrágyák hatottak. A 3. évtizedben (1983-1992) a napraforgó és az igényes dohány már meghálálta a kiegészítő Ca és Mg elemek pótlását is, tehát az együttes NPKCaMg trágyázás volt igazán eredményes. A negyedik évtizedben (1993-2002) és ezt követően a kevésbé igényes tritikále termésmaximumai szintűgy az NPKCaMg kezeléshez kötődnek. Az egyoldalú N-trágyázással viszont a talaj elsavanyodott, tápelemekben elszegényedett, termékenységet elvesztette, a növényállomány részben kipusztult vagy ki sem kelt.

A talaj termékenysége megőrizhető, amennyiben biztosítjuk a 120-150 mg/kg AL-P₂O₅ és AL-K₂O tartalmat a feltalajban, illetve 0,5-1,0 t/ha/év körüli meszezőanyagot (dolomitport) alkalmazva fenntartjuk az 5,5-6,0 pH(KCl) értéket és megfelelő 100 kg/ha/év N-trágyázásról is gondoskodunk. Amint a 70. táblázatban látható, a kedvező 2004. évben a savanyú nyírségi homoktalajon a szem és szalma

70.táblázat

Műtrágyázás és a meszezés hatása a talaj szántott rétegére és a tritikále termésére a kísérlet 42-43. éveiben (*In: Kádár et al. 2007*)
(Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)

Kezelés jele	pH	AL-oldható, mg/kg		Tritikále termése, t/ha			
	(KCl)	P ₂ O ₅	K ₂ O	Szem ¹	Szalma ¹	Szám ²	Szalma ²
Kontroll	4,3	92	67	1,8	1,8	0,3	2,3
N	3,8	93	43	2,6	3,0	0,3	2,3
NP	3,9	160	43	4,5	5,1	0,4	3,6
NK	3,7	94	73	2,6	3,2	0,3	2,7
NPK	3,8	163	67	4,2	4,5	0,5	4,8
NPKCa	6,4	225	62	5,6	5,8	0,9	9,1
NPKMg	6,2	198	69	5,7	6,1	0,8	7,0
NPKCaMg	6,2	220	65	6,7	6,7	0,9	8,1
SzD _{5%}	0,5	41	12	1,5	1,4	0,2	1,8

Megjegyzés: N 100, P₂O₅ 120, K₂O 120, CaCO₃ 500, MgCO₃ 140 kg/ha évente átlagosan. ¹ Szem és szalma 2004-ben, ² szem és szalma 2005-ben

termése 6 t/ha fölé emelkedett. Ugyanakkor 2005-ben csak a vegetatív szalma tömege többszöröződött meg a trágyázatlanhoz képest, a magtermés elenyésző

maradt. A túl száraz és a túl nedves évek egyaránt kis terméseket eredményeztek. Öntözést, növényvédelmet nem végzünk a kísérletben, így az évhathások, termésingadozások nagyok. A szemtermés és a szalmatermés esetenként 1-2 t/ha mennyiséget alig érhet el, ilyenkor a trágyázás hatástalan maradhat, mivel más tényező korlátozza a termésképződést (Kádár *et al.* 2007).

1968 őszén az ország több termőhelyén beállított Országos Műtrágyázási Tartamkísérlet (OMTK) mezőföldi tagjának eredményeiről tudósít a 71. táblázat. A búza évenként került a forgóba borsó után, mely N-ben gazdagabb talajt hagy maga után és a talaj vízkészletét sem meríti ki a kukorica előveteményhez hasonlóan. A kísérlet 1980-2004. évének adatai alapján megállapítottuk, hogy ezen a 3% humuszt tartalmazó talajon a borsó utáni búza termése 50-100 kg/ha/év N-adagok felett nem nőtt, sőt tendenciájában csökkent. Termésmaximumok az 50-100 kg/ha N-adaghoz és P₁ szintű, a 150-200 mg/kg AL-oldható P₂O₅, K₂O tartalomhoz kötődtek a szántott rétegben (Kádár és Márton 2005).

71.táblázat

Műtrágyázás hatása a búza szemtermésére az 1980-2004. években az OMTK kísérletben (In: Kádár és Márton 2005)
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Kezelés kódja	Légszáraz szemtermés aratáskor, t/ha						
	1980	1984	1988	1992	1996	2000	2004
Kontroll	2,9	2,6	3,8	3,2	1,2	2,8	2,5
N ₁	2,7	3,3	4,7	4,2	1,9	3,2	4,0
N ₂	2,8	2,8	4,0	3,9	2,0	2,7	3,3
N ₃	2,8	2,7	3,9	3,6	2,0	2,3	3,6
N ₁ P ₁	5,0	4,9	7,2	7,0	3,0	5,6	6,0
N ₁ P ₁ K ₁	5,4	5,6	7,6	6,8	3,1	5,2	6,3
N ₃ P ₂	6,8	6,1	6,3	6,9	3,8	5,0	5,8
N ₃ P ₂ K ₁	7,6	6,5	6,9	7,0	3,7	5,7	6,2
SzD _{5%}	0,4	0,4	0,5	0,8	0,4	0,4	0,6

Megjegyzés: N₁= 50-100, N₂= 100-150, N₃=150-200 kg/ha/év N; P₁= 60 kg/ha/év P₂O₅; K₁= 100 kg/ha/év K₂O adag. Forgó: búza-kukorica-borsó

Trágyázás nélkül a szántott réteg elszegényedett oldható PK elemekben a 37 év alatt. Az eredeti 180 mg/kg AL-K₂O 115 mg/kg-ra, a 60-80 mg/kg AL-P₂O₅ 50 mg/kg értékre süllyedt. Megközelítően a növényi felvételt tükröző 50-60 kg/ha/év P₂O₅, illetve 100-150 kg/ha/év K₂O adagokkal azonban a talaj szántott rétegének eredeti oldható PK-készlete fenntartható volt. A növény által kivont P mennyiségét 2-3-szorosan meghaladó P-trágyázás nyomán ugyanakkor a feltalaj AL-oldható P-

tartalma nemkívánatosan egy nagyságrenddel emelkedett. Kísérleteinkben a melléktermés is rendre elkerül a tábláról, illetve parcellákról.

2.2.Kukorica

A talajművelés, növényszám, öntözés, trágyázás és e tényezők kölcsönhatásait átfogóan és kísérletesen Nagy (1996) elemezte, így ezek taglalásától eltekintünk. Tanulmányozásukhoz Nagy és munkatársai dolgozatait, illetve a Nagy János (2007) monográfiáját ajánljuk. A továbbiakban csak a növény tápelemigényével összefüggő eredményeinkre utalunk röviden.

Közismert, hogy míg a kalászosok főként N és P iránt igényesek, a kukorica N és K trágyázásra reagál jobban. Különösen a N-nel és K-mal gyengén/közepesen ellátott termőhelyeken. A P-trágyázás általában csak a kimondottan P-szegény talajon hatékony, míg a P-túladagolás idővel Zn-hiányt eredményezhet a karbonátos talajokon. Az indukált Zn-hiány levélanálízissel biztonságosan diagnosztizálható és Zn sók alkalmazásával megszüntethető. A Duna-Tisza közti karbonátos homoktalajon beállított NPK műtrágyázási tartamkísérlet 25. évében, 1995-ben a kukoricát teszteltük. Eredményeinket a 72. táblázat foglalja össze. Főbb tanulságok:

72.táblázat

Műtrágyázás hatása a szántott réteg AL-oldható PK tartalmára és a kukorica termésére 1995-ben (In: Kádár és Radics 2008)
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Trágyázás kg/ha/év			AL-oldható, mg/kg		Légszáraz termés t/ha, 1995		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Szem	Szár	Összesen*
0	0	0	52	83	3,0	2,0	5,4
80	60	0	48	122	3,7	2,4	6,7
80	60	100	73	132	4,3	2,9	7,9
80	60	200	122	130	4,4	2,8	7,9
80	60	300	152	120	4,7	2,9	8,4
160	120	0	48	193	3,4	2,4	6,3
160	120	100	79	200	4,2	2,8	7,5
160	120	200	120	212	5,2	3,4	9,3
160	120	300	154	200	5,4	4,0	10,3
160	120	400	186	204	5,8	5,0	11,6
SzD5%			32	56	1,2	1,1	2,4

*Csutkával együtt

A tartós PK-műtrágyázás nyomán az AL-P₂O₅ és AL-K₂O tartalom a kielégítő 150-200 mg/kg tartományba jutott, melyhez a nagyobb termések kötődtek. Az együttes NP-trágyázás érdemben nem volt képes javítani a terméskilátásokat a K-szegény talajon. Alapvetően a kiegészítő K-trágyázással sikerült a kukorica szemtermését 3,7-ről 5,8 t/ha-ra, a szártermését 2,4-ről 5,0 t/ha-ra emelni ezen a kukorica termesztésére nem igazán kedvező termőhelyen (Kádár és Radics 2008).

A már korábban említett OMTK kísérletben a kukorica utáni kukorica szemtermése a 73. táblázatban közöltek szerint alakult az 1978-2005. években. Látható, hogy az önmagában adott 100 kg/ha/év N-adag termésmenővelő. E feletti N-adag már termésveszteséggel jár. Az extrémén aszályos 1990-ben a legnagyobb szemtermést (2,5 t/ha) a 23 éve nem trágyázott talajon kaptuk. Trágyázással 1 t/ha termésveszteség lépett fel, mert az itt képződött nagyobb vegetatív hajtás/szár tömege a talaj vízkészletét kimerítette virágzás idejére. A július 15 – augusztus 15. közötti kritikus időszak csapadéka 15-20%-át tette ki a kedvező évjáratokénak.

73.táblázat

Műtrágyázás hatása a kukorica utáni kukorica szemtermésére az 1978-2005. években az OMTK kísérletben (In: Kádár és Márton 2007)
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Kezelés kódja	Légszáraz szemtermés t/ha (kukorica utáni kukorica)							
	1978	1982	1986	1990	1994	1998	2002	2005*
Kontroll	3,3	4,0	5,9	2,5	3,4	4,5	3,8	6,9
N ₁	6,0	5,8	7,2	2,0	5,1	8,1	7,0	10,2
N ₂	5,7	5,8	7,3	1,7	5,2	7,5	6,2	9,3
N ₃	5,4	5,6	6,6	1,7	5,1	7,5	5,9	9,0
N ₁ P ₁	5,9	6,7	8,1	1,6	5,9	9,2	6,8	11,0
N ₁ P ₁ K ₁	6,6	6,6	8,5	1,6	6,3	9,5	8,4	13,4
N ₃ P ₂	6,7	7,8	8,2	1,4	5,5	8,3	7,9	10,1
N ₃ P ₂ K ₁	8,1	9,4	8,8	1,5	6,2	9,5	9,3	12,3
SzD _{5%}	0,5	0,6	0,4	0,4	0,6	0,8	0,9	1,4

*Búza utáni kukorica. N₁=100, N₂=200, N₃=300 kg/ha/év N; P₁= 60, P₂=120 kg/ha/év P₂O₅; K₁=200 kg/ha/év K₂O adag

Az évekkel nőttek a P és K trágyák hatásai, ahogyan a talaj eredeti oldható PK-készlete csökkent, kimerült. Megállapítottuk, hogy a mérsékelt 60 kg/ha/év P-adagok hatékonyak. Az elégtelen és a túlzott P-trágyázás egyaránt termésveszteséghez vezethet. Utóbbi a kiváltott Zn-hiány miatt a Zn-hiányra érzékeny kukoricában. Közeliően a vetésforgó növényi felvételének megfelelő 60 kg/ha/év P₂O₅, illetve 100-150 kg/ha/év K₂O adagokkal a feltalaj kielégítő 150-200

mg/kg oldható PK-készlete fenntartható, a talaj termékenysége megőrizhető volt (Kádár és Márton 2007).

2.3. Repce

A repce trágyaigényes kultúra. Érzékeny az aszályra, tápelem-hiányra és a rovarkártevőkre egyaránt. Hagyományosan a trágyázott fekete ugarba került a jövedelmezőbb termelés érdekében, mert Cserhádi (1901) szerint „a sovány földben repcét termelni kárba veszett fáradság.” Sokoldalúan hasznosítható. Szerepelhet a zöld takarmánykeverékekben, legeltethető, zöldtrágyanövény, korógyökere a talaj szerkezetét javíthatja, olaja keresett és drága, pogácsája fehérjében és lizinben gazdag, kiváló előveteménye a búzának, gépesítése a kalászosok gépeivel megoldott.

A repce ősszel 5-8 leveles hajtást képez, mely földhöz lapult rozettát alkot. Tavasszal részbeni levélváltást követően indul meg a főhajtás, mely elágazik. Az elágazással (2-10 db) arányos a virágok száma, mert idővel az alsóbbrendű elágazások is virágoznak. A ritka vetésnél több elágazás képződik. A virágok 5-20%-a termékenyül meg és ebből 40-60% képez becőt, melyek száma növényenként akár a 200-at is elérheti. A mellékajtásokon 19-24 db magszámmal kevesebb becő, a becőkben pedig kevesebb mag képződik, mint a főhajtáson. Az 1000-mag tömege 3-6 g, a gyökér tömege 30-40 %-a a szárnak.

A tápanyagellátás befolyásolja a termésszerkezetet. Változhat a tőszám, a növényenkénti elágazások és becők száma, a becőnkénti magszám, 1000-magtömeg, olaj %-a. Már ősszel részben eldől a termés sorsa. Az oldalelágazások száma kb. az őszi levélszámmal azonos. Régi megfigyelés szerint “ahány levéllel megy a repce a télbe, annyi q terméstöbblettel fizet.” A gyengén fejlett őszi állomány már nem hozhatja be fejlődésbeni hátrányát tavasszal. A termés elemek között fennáll a kiegyenlítődésre való törekvés: negatív kapcsolat van a tőszám és elágazások száma, a becőszám és a becőbeni magszám, magszám és 1000-magtömeg, valamint a mag olaj és fehérje tartalma között.

A termésszerkezetet befolyásolja az időjárás is, mely a trágyahatások irányát és mértékét behatárolhatja. A repce ÉNy-Európa fő olajnövénye, ahol az óceáni hatások uralkodnak. A hosszúnappalos növény hűvös, párás nyarú vidékeken díszlik igazán, mert érés idején is vízigényes. Egyaránt igényli a talaj és a levegő nedvességtartalmát. Itt az újabb fajtákkal és agrotechnikával a 3-4 t/ha magtermés elérhető és a legnagyobb olajhozamot biztosítja hektáronként. A szalma + becő tömege a mag 2-3-szorosa.

A kontinentális, forró és száraz nyarú tájakon a tenyészidő generatív szakasza lerövidül, az érés gyorsul és a magtermés lecsökken. Aszály esetén kényszerérés következik be, a vegetatív részek (gyökér, szár, lomb) mobilizálható tápelemkészlete nem juthat a magba. Ilyenkor csökken a megtermékenyülés is, tehát nemcsak kisebb, hanem kevesebb mag képződik. Itthon más fajtákra van szükség, más agrotechnikát, trágyázást kell folytatnunk. A Ny-európai

tapasztalatok nem vehetők át minden további nélkül. Hazai viszonyaink között pl. a mag és a melléktermék aránya tágga válik, alföldi jellegű vidékeken a szalma+becő tömege a maghozam 4-6-szorosa is lehet. Ebből adódóan eltérő lesz a növény fajlagos tápelemtartalma illetve trágyaigénye stb.

A repce számára az altalaj minősége is fontos, karógyökere mélyre hatol. A gyökér azonban gyenge felépítésű, a növény könnyen kinyűhető, ezért már kezdetben sok felvehető tápelemet igényel. Mindez igaz a P-ellátás tekintetében is. A P-hiány gátolja a korai fejlődést, kitolódik az érés, a magtermés visszaszorul. A szuperfoszfát összetételénél fogva kielégítheti a repce P-, S- és részben Ca-igényét. Ny-Európa művelt talajai P-ral feltöltöttek, az újkori irodalom érdemi P-hatásokról nem tudósít. A jelentős vegetatív tömegbe épült nagymérvű K-felvétel ellenére K-hatások itthon ritkák. A repcét általában kötöttebb mélyrétegű talajokon termesztik, ahol K-igényét kielégítheti. A felvett K döntő része a táblán maradhat az éréskor lehulló lombbal, illetve visszakerül a talajba a leszántott mellékterméssel.

Mezőföldi karbonátos csernozjom talajon a kísérlet 11. évében, 1984-ben Yet Neuf francia erukasav-szegény repcét termesztettünk. Kora tavasszal törózsás korban az együttes NPK trágyázással a repce borítottsága megkétszereződött és ezzel együtt a gyomborítás közel a felére csökkent. Érés kezdetén, július elején igazolható volt a gyomfajsza szám mérséklődése, ezzel együtt a pótlólagos K-trágyázás eredményeképpen némileg nőtt az elágazások száma, illetve kifejezettebben a növényenkénti becők száma emelkedett. A 74. táblázat adataiból az is kiolvasható, hogy az önmagában folytatott N-trágyázás nem vezetett eredményre.

Az aratáskori fő-és melléktermés hozamát közel a kétszeresére tudta növelni az intenzívebb együttes NPK adagolás. A virágzástól a teljes érésig tartó száraz idő miatt kényszerérés következett be és kis magtermések képződtek. Ebből adódóan a szár/mag tömgaránya 6-8 közöttire tágult. A növekvő egyoldalú N-trágyázás a mag olajtartalmát mérsékelte. Az együttes NPK kezeléssel az olajhozam a kontrollon mért 336-ról 738 kg/ha-ra emelkedett. Igazolható terméstöbbleteket a 150-200 mg/kg AL-P₂O₅, illetve AL-K₂O ellátottság felett már nem kaptunk. Igaz, hogy a túlzottnak minősített együttes NPK-trágyázás sem okozott terméscsökkenést vagy minőségromlást, sőt némi termés és olajhozam többlettel járt (Kádár et al. 2001).

Az aratáskori földfeletti repce (mag+szár) a túlzott NPK trágyázásban részesült talajon kapott maximális termésével tekintélyes mennyiségű tápelemet vont ki a talajból: 238 kg N, 230 kg K₂O, 210 kg CaO, 98 kg P₂O₅, 65 kg MgO, 39 kg Na, 1 kg Fe, 600 g Mn, 170 g Zn és 29 g Cu hektáronként. Megemlítjük, hogy a N 36%-a, P 61%-a, Mg 70%-a, Na és Ca 90%-a, illetve a K 92%-a a melléktermés szárban akkumulálódott és így el sem került a tábláról kombájn betakarítást követően. Az 1,8 t/ha magterméssel „csak” 93 kg N, 27 kg P₂O₅, 20 kg CaO, 17 kg K₂O, 15 kg MgO és 4 kg Na hektáronkénti mennyiséggel szegényedett a talaj. Kielégítően ellátott termőhelyen tehát elégséges a N és P magterméssel elvont mennyiségeit

74. táblázat

Műtrágyázás hatása a repce fejlődésére, termésére, minőségére és olajhozamára
1984-ben (*In: Kádár et al. 2001*)
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Kezelés kódja	¹ Borítottsági %		Gyomfaj db	² Repcető db/fm	² Elágazás db/növény	² Becő db/növény
	Repce	Gyomok				
Kontroll	36	7,0	7,1	17	3,0	37
N ₁	41	6,4	7,8	15	3,5	40
N ₂	40	6,0	6,8	15	3,9	57
N ₃	40	6,4	7,5	16	3,1	45
N ₁ P ₁	55	5,3	5,5	15	4,8	48
N ₂ P ₂	60	6,2	5,4	14	4,4	51
N ₃ P ₃	57	5,7	5,9	13	4,2	37
N ₁ P ₁ K ₁	80	4,8	4,9	18	5,4	67
N ₂ P ₂ K ₂	82	3,3	4,6	18	5,6	88
N ₃ P ₃ K ₃	80	4,0	4,0	20	6,4	101
SzD _{5%}	14	3,0	2,0	3	1,6	22

Kezelés kódja	³ Szár t/ha	³ Mag t/ha	³ Gyökér t/ha	³ Összesen t/ha	Olaj %	Olajhozam kg/ha
Kontroll	5,5	0,7	0,7	7,0	42,0	336
N ₁	6,9	1,0	0,9	8,8	41,2	412
N ₂	6,3	1,0	0,9	8,2	39,7	397
N ₃	6,1	1,1	0,9	8,1	39,6	436
N ₁ P ₁	7,5	1,4	1,2	10,1	41,0	574
N ₂ P ₂	8,8	1,7	1,3	11,8	41,0	697
N ₃ P ₃	9,7	1,7	1,2	12,6	41,0	697
N ₁ P ₁ K ₁	7,8	1,5	1,3	10,6	41,0	615
N ₂ P ₂ K ₂	9,2	1,7	1,3	12,2	41,2	700
N ₃ P ₃ K ₃	10,5	1,8	1,3	13,6	41,0	738
SzD _{5%}	2,2	0,4	0,3	2,6	0,5	131

¹Március 27-én törőzsás korban, ²július 3-án érés kezdetén, ³július 23-án teljes érésben. N₁=100, N₂=200, N₃=300 kg/ha/év N; P₁=közepes, P₂=kielégítő, P₃=túlzott ellátottság; K₁=közepes, K₂=kielégítő, K₃=túlzott K-ellátottság

pótolni. Az egyéb elemek pótlása rövidtávon nem indokolt. Kielégítő N-ellátottságot hasonló talajon a 0-60, illetve 0-90 cm talajréteg 100-150, illetve 150-

200 kg/ha NO₃-N készlete is biztosíthatja, melyet vetés előtt vagy kora tavasszal állapítunk meg (Kádár et al. 2001)

2.4. Napraforgó

Az igénytelennek tartott napraforgót egyáltalán nem trágyázták. Vetésterülete a háború előtt mindössze néhány ezer ha-t tett ki. Az utóbbi évtizedekben hála az egytányérú korán érő fajták, hibridek, valamint a gépesítés elterjedésével legfontosabb olajnövényünké vált. Vetésterülete megközelítette a 0,5 millió ha-t. A növény mélyen gyökerezik, a talaj víz-és tápelemkészletét kiválóan képes hasznosítani. A hazai OMTK műtrágyázási kísérletek tanulságai szerint pl. a vályog és kötöttebb, humuszos talajokon a napraforgó nem igényelte a K-trágyákat. Az 50 kg/ha körüli N, illetve az 50 kg/ha körüli P₂O₅ adag felett pedig a kaszattermés nem nőtt, viszont csökkent a kaszatok olajtartalma és az olajhozam.

A tápanyagszegény és rossz vízgazdálkodású homoktalajokon viszont ez a növény rendkívül trágyaigényessé és aszályérzékennyé válik. A nyírségi, nyírlugosi tartamkísérletünk 22. évében természetünk napraforgót. A kedvező csapadékeloszlású 1984. évben az együttes NPKCaMg trágyázással a kontrollhoz viszonyított kaszattermés és az olajhozam 3,5-szeresére nőtt. Emlékeztetőül, a termőhely mind az 5 fontos főtápelemben (N, P, K, Ca, Mg) elszegényedett. A 75. táblázat eredményei szerint az évenkénti 120 kg/ha N-trágyázás önmagában nem növelte a termésjellemzőket. Sőt az NP vagy NK kezelés sem volt eredményes. Az együttes NPK kezelésben már a kaszat tömege megduplázódik. A Ca hozzáadásával 2,5-szörösére, Mg pótlásával 3-szorosára volt emelhető a kaszattömeg.

75. táblázat

Műtrágyázás hatása a napraforgó fejlődésére, termésére és olajhozamára 1984-ben

In: Kádár és Vass 1988

(Kovárványos erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)

Kezelés jele	Tőszám db/3sor	Nagyság cm	Tányér Ø cm	Kaszat db/cm ²	Kaszat t/ha	Olaj %	Olajhozam kg/ha
Kontroll	68	92	11	2,6	0,75	44,8	336
N	60	60	11	2,7	0,64	41,9	268
NP	69	75	11	2,9	0,95	42,4	402
NK	69	74	11	2,3	0,76	41,2	314
NPK	73	110	13	3,8	1,43	43,8	626
NPKCa	75	141	15	5,3	1,85	44,8	827
NPKMg	80	140	15	5,0	2,27	45,3	1028
NPKCaMg	82	157	16	5,1	2,64	45,6	1206
SzD _{5%}	8	35	2	1,2	0,54	2,2	217

Megjegyzés: N 120, P₂O₅ 120, K₂O 120, CaCO₃ 500, MgCO₃ 140 kg/ha évente

Az adatokból az is megfigyelhető, hogy a meszezett és kiegyensúlyozottan táplált termékeny talajon a napraforgó jobban kelt, nőtt a tőszám, a növény magassága, a tányérok átmérője és a tányérfelület, valamint a tányérokban a kaszatsűrűség. A savanyú és tápanyagszegény talajon kevesebb és kisebb tányér képződött, sok volt az üres, léha mag és a Sclerotiniával fertőzött növény. Gazdaságossá tehető a napraforgó termesztése hasonló talajon is, amennyiben biztosítjuk a 150 mg/kg körüli AL-P₂O₅, illetve AL-K₂O oldható PK tartalmat a feltalajban, a 6 körüli pH(KCl) értéket 0,5-1,0 t/ha/év dolomitpor alkalmazásával és a megfelelő 100-150 kg/ha/év N-ellátásról is gondoskodunk (Kádár és Vass 1988).

Mezőföldön mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított NPK műtrágyázási kísérletünk 9. évében, 1982-ben termesztettünk napraforgót. Megállapítottuk, hogy hasonló talajon a 100 kg/ha körüli N-adag, valamint a 120-140 mg/kg AL-P₂O₅ és a 150-200 mg/kg körüli AL-K₂O ellátottság biztosíthatja a jó termés elérését. Kísérletünkben 3,1 t/ha mag; 3,1 t/ha szár és 1,7 t/ha tányér, azaz összesen 7,9 t/ha földfeletti légszár az hozam képződött. A túlzott trágyázás már nem a termést, hanem a betegségekkel szembeni fogékonyságot növelte és a minőséget rontotta.

Az NP-túlkínálat nyomán 4-szeresére nőtt a Macrophonina, kétszeresére az Embellisia okozta fertőzés. Az olajtartalom 50%-ról 45%-ra mérséklődött. Agronómiai szempontból kívánatos a 45-55 ezer db/ha tőszám, egyenletes állomány 18-20 cm tányérátmérővel. A túl kis tányérok adó sűrű, valamint a túl nagy tányérok adó ritka állomány egyaránt olajhozam-veszteséget okoz. A tányérátmérő és az 1000-kaszattömeg között pozitív, míg az olajtartalommal negatív összefüggés áll fenn (Kádár et al. 2001c).

A 7,9 t/ha földfeletti termésben átlagosan 135 kg N, 55 kg P₂O₅, 202 kg K₂O, 91 kg CaO, 56 kg MgO halmozódott fel. A 3,1 t/ha kaszatban 88 kg N, 45 kg P₂O₅, 35 kg K₂O, 8 kg CaO és 16 kg MgO volt található. Hasonló karbonátos, kötöttebb termőhelyen a K, Ca, Mg elemekben előálló veszteség kombájn betakarításnál, amikor a melléktermés helyben marad és leszántásra kerül, elhanyagolható. A K, Ca, Mg elemekkel való trágyázás szüneteltethető, elhagyható a forgóban. Megemlítjük, hogy a K-mal bőségesen ellátott talajon a szár K-tartalma a kontrollon mért 1%-ról 4,4%-ra ugrott. Itt a felvett összes K₂O mennyisége 360 kg/ha-ra nőtt. Az extrém K-felvételre képes „talajzsaroló” napraforgó azonban „talajkímélő” növényé válik a melléktermés leszántásával (Kádár 2001d).

2.5. Burgonya

A burgonya gyökérzete csak a talaj felső 50-60 cm rétegét hálózza be érdemben és gyengén fejlett. Valójában nem is ipari gyökérről, hanem módosult földalatti hajtásról van szó. A virágzással kezdődő intenzív gumófejlődés idején a növény oxigén, víz és tápanyagokkal szembeni igénye megnő. A nagy tömegű és térfogatú gumótermés teret, laza talajt kíván. Éréskor a lomb elszárad és összeomlik, vagyis a talajon marad. Mivel a gumót takarítjuk be, a gumótermésbe épült és a tábláról

elvitt tápelemek mennyisége lehet irányadó a talaj termékenységét megőrző trágyázás számára.

Az általános vélemény szerint a N-ellátás különösen fontos a lombfejlődés és a gumószám kialakulása számára, tehát a vegetáció első felében. Túlsúlya viszont túlzott vegetatív fejlődést és csökkent betegség-ellenállóságot idézhet elő. Ezen kívül rontja a minőséget, az eltarthatóságot, késlelteti az érést. A P-ellátás növelése általában kisebb termésthoblettel jár, siettetni az érést, javítja a minőséget, ellensúlyozhatja az egyoldalú N-túlsúly káros következményeit. A burgonya közismerten K-igényes növény. A K-ellátás növeli a gumók tömegét, javítja vízgazdálkodását, minőségét és keményítőszázalékát. Egyoldalú túlsúlya viszont a N-túlsúlyhoz hasonlóan negatív következményekkel járhat, különösen a KCl forma alkalmazásakor.

A minőség a felhasználás céljától függő (étkezési, ipari, vetőgumó) komplex fogalom, mely érintheti a gumó méretét, összetételét, ízét, színét, mechanikai sérüléssel és betegségekkel szembeni érzékenységét, eltarthatóságát, konyhatechnikai feldolgozhatóságát. Étkezési burgonyánál a nagyobb gumó méret előnyös, mert kisebb a hámozási veszteség. A túl kevés keményítő „szappanos” jelleget adhat, míg a keményítőben túl gazdag gumó főzéskor szétesik, lisztesebb. Hámozáskor, vágáskor a gumó elszíneződik. Alapvetően két színeződési reakciót különböztetnek meg: az enzimes vagy nyers, valamint a nem enzimes vagy főzési-sütési színeződést.

A N túlsúlya, illetve relatív K-és P-hiánya növeli a redukáló cukrok és az aminosavak mennyiségét. A tirozin aminosav részt vesz a sötét színű növényi festékek képzésében, míg a redukáló cukrok a burgonyaszeletek színeződését befolyásolják. Az enzimes elszíneződés, a szürkefoltosság, a fenolszerű festékanyagok enzimes oxidációja nyomán alakul ki. A főtt és sült burgonyaszeletek barnulását, feketedését elősegíti a redukáló cukrok nagyobb mennyisége. Egyes szerzők szerint a burgonyagumó minőségének – mint a megfelelő keményítőtartalom, íz, eltarthatóság, elszíneződés – védelme érdekében célszerű a gumó szárazanyagában K-trágyázással a K-tartalmat 2% fölé növelni. Az Osztrák Szaktanácsadó Intézet pl. 2,0-2,5% K, illetve 1:1,6=N:K arány optimumokat tart kívánatosnak a gumó szárazanyag összetételében.

A továbbiakban saját kísérletünkben vizsgáljuk a műtrágyázás és a termés, a minőség, valamint az eltarthatóság összefüggéseit. Bemutatjuk a betakarítást követően vett talajminták elemzésének adatait is. A mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított NPK műtrágyázási kísérletünk 5. évében, 1978-ban vizsgáltuk a műtrágyázás hatását a Desiré fajtájú burgonya termésére, minőségére, keményítőhozamára és elemfelvételére. A 76. táblázat eredményeit tanulmányozva arra a következtetésre juthatunk, hogy az egyoldalú N-adagolás,

76.táblázat

Műtrágyázás hatása a Desiré burgonya termésére, minőségére és keményítő hozamára 1978-ban (In: Kádár 2000, Kádár et al. 2000)
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Kezelés jele	Gumó				Keményítő		Biomassza t/ha
	db/tő	g/db	g/tő	t/ha	%	t/ha	
Kontroll	2,4	189	366	13,4	16,0	2,1	16,0
N ₁	2,5	194	380	16,8	16,0	2,7	18,0
N ₂	2,5	190	378	16,2	16,0	2,6	18,0
N ₃	2,7	209	404	20,0	15,0	3,0	24,0
N ₁ P ₁	2,6	194	388	18,9	16,4	3,1	20,0
N ₂ P ₂	2,6	196	400	18,5	16,0	3,0	18,9
N ₃ P ₃	2,7	200	412	20,8	15,2	3,2	23,0
N ₁ P ₁ K ₁	2,8	225	497	24,0	17,4	3,9	27,0
N ₂ P ₂ K ₂	2,8	242	650	27,9	18,2	4,9	34,0
N ₃ P ₃ K ₃	3,1	266	891	32,6	18,4	5,9	41,1
SzD _{5%}	0,4	30	74	2,6	0,8	1,1	4,2

Megjegyzés: N₁=100, N₂=200, N₃=300 kg/ha/év N; P₁=közepes, P₂=kielégítő, P₃=túlzott P-ellátottság; K₁=közepes, K₂=jó közepes, K₃=kielégítő K-ellátottság

sőt az együttes és növekvő NP-trágyázás sem javította érdemben a termést, minőséget vagy a keményítő hozamát. A kiegészítő K-trágyázással viszont igazolhatóan emelkedett a gumók tövenkénti átlagos száma és tömege. A gumótermés 2,5-szeresére, míg a keményítő hozama csaknem a 3-szorosára. A K tehát a termés tömegét és mennyiségét egyaránt előnyösen befolyásolhatja.

A burgonyát nem lehetett túltrágyázni, terméseszköket nem jelzett. Sőt, a legnagyobb trágyaadagok nyomán kaptuk a legnagyobb hozamot a legjobb minőséggel. Igaz, hogy a kísérlet első éveiben még a P vagy K elemek túlsúlya nem alakult ki a talajban. Az AL-P₂O₅ maximálisan 264 mg/kg, az AL-K₂O 208 mg/kg koncentrációt ért el a szántott rétegben. A 32,6 t/ha gumótermésbe 187 kg K₂O, 185 kg N, 70 kg P₂O₅, 17 kg MgO és alig 1 kg CaO épült be. A gumó K-tartalma a kontrollon mért 1,16%-ról 1,85%-ra emelkedett a 208 mg/kg AL-K₂O tartalommal rendelkező kezelésben. A német nyelvű irodalomban kívánatosnak tartott 2% K-koncentrációkat el sem értük kísérletünkben. A K-felvétel igen nagy lehet Ny-Európa kolloidszegény, K-mal bőségesen trágyázott homokos talajain, ahol a K kevésbé kötődik meg a talajban (Kádár et al. 2000).

A nyírlugosi savanyú homoktalajon folyó kísérletünk 15. és 17. éveiben, 1977-ben és 1979-ben termesztettünk Desiré fajtájú burgonyát. A kedvezőtlen 1979. évben a trágyázatlan parcellák termése lezuhant, mindössze ¼-e volt az 1977. évben mértnek. Hatékony volt ekkor a N és az NPK adagolás, a meszezési Ca, Mg kiegészítő kezelések azonban további terméstöbbletekkel nem jártak. A nagyobb termésű 1977-ben viszont érvényesült az NP, NK, NPK és az NPKCaMg együttes

trágyázás, így az akkori országos termésátlagokat 2-szeresen meghaladó terméseket tudtunk elérni (77. táblázat).

77.táblázat

Mútrágyázás és meszezés hatása a talajra és a burgonya termésére
(Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok Nyírlugos, Nyírség)

Kezelés jele	pH (KCl)	AL-oldható, mg/kg		Gumó t/ha Desiré fajta			
		P ₂ O ₅	K ₂ O	1977	1979	Átlag	%
Kontroll	4,6	66	70	14,4	3,6	9,0	100
N	3,9	78	100	15,6	9,0	12,3	137
NP	3,9	140	110	19,4	10,9	15,2	169
NK	3,8	80	130	22,4	10,8	16,6	184
NPK	3,9	142	132	26,9	12,7	19,8	220
NPKCa	4,8	160	150	28,7	13,2	20,9	233
NPKMg	4,6	140	140	28,1	12,6	20,4	227
NPKCaMg	5,9	170	132	29,1	12,2	20,6	229
SzD _{5%}	0,8	35	32	2,6	2,4	4,7	52

Megjegyzés: N 160, K₂O 240, P₂O₅ 80, CaCO₃ 250, MgCO₃/CaCO₃ 500 kg/ha/év átlagosan

A burgonya termésmaximumait azon parcellákban kaptuk, ahol a talaj extrém savanyúságát meszezéssel megszüntettük és a pH(KCl) 5 körüli értékre emelkedett. A talaj továbbra is enyhén savanyú tartományban maradt, mely kedvező a burgonya számára és ugyanakkor kielégítette Ca és Mg elem szükségletét. A Ca döntően a lombfejlődést segítheti és több mint 90-95%-a a levélzetbe épült be. A kielégítő P- és K-ellátottságot a szántott réteg 140-150 mg/kg Al-oldható P₂O₅, illetve K₂O tartalma jelentette. Összességében megállapítható, hogy a nyírségi savanyú homoktalajok megfelelő trágyázással termékenyvé tehetők a burgonyatermesztés számára és a kedvezőtlen évjáratok termés-csökkenő hatása is ezzel érdemben mérsékelhető, ellensúlyozható a 76. táblázatban összefoglalt eredményeink szerint (Szemes és Kádár 1990).

2.6. Gyeppek

A trágyázás hatása a gyepken más, mint a szántón. Másként hat az egyes összetevőire, mint a füvekre, pillangósokra és a gyomokra. A zöld vegetatív növényi részek érzékenyen reagálnak a víz- és tápelem kínálatra. A műtrágyázás drasztikus beavatkozást jelent a talajba, mely tükröződik a takarmány összetételén. A szakszerűtlen műtrágyahasználat idővel katasztrofális következményekkel járhat a takarmányt fogyasztó állat számára. Felléphet a fűtetánia, sterilitás, csontdeformáció és egyéb rendellenességek. A talaj-növény-állat-ember sorsa összefügg. Az élettani anomáliák végső soron megjelenhetnek az

állati eredetű termékeket (tej, hús, tojás, stb.) fogyasztó emberen civilizációs betegségeket előidézve.

A mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalajon folyó kísérletünk 27. évében, 2001-ben telepítettük 9 komponensű, réti csenkesz vezérnövényű pillangósnélküli gyepet. Példaképpen bemutatjuk a műtrágyázás hatását 2005. és 2006.évi 1. és 2. kaszálás széna tömegére a 78. táblázatban. Ezek a kísérlet 29. és 30. évei. Az adatok arra utalnak, hogy a N-trágyázás önmagában is megtöbbszörözheti a trágyázatlan kontroll szénahozamait. A kiegészítő P-trágyázás 2006-ban az 1. kaszálás idején +2 t/ha körüli, az NPK kezeléssel újabb +2 t/ha körüli terméstmöbbszörözést jelentkezett. A két kaszálás összegeit tekintve, 2006-ban az NPK adagok nyomán a szénahozam 5,5-szöröse volt növelhető. Terméscsökkenés, depresszió nem volt megfigyelhető. (Kádár és Ragályi 2010).

78.táblázat

Műtrágyázás hatása a telepített pillangósnélküli gyep termésére
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld)

Kezelés Jele	2005-ben, széna t/ha			2006-ban, széna t/ha		
	I.kaszálás	II.kaszálás	Összesen	I.kaszálás	II.kaszálás	Összes
Kontroll	1,0	0,6	1,6	1,5	0,6	2,1
N ₁	4,3	1,1	5,4	3,8	1,2	4,0
N ₂	5,0	1,3	6,8	4,2	1,9	6,1
N ₃	6,0	3,5	9,5	4,4	2,2	6,6
N ₁ P ₁	5,0	1,3	6,3	5,4	0,7	6,1
N ₂ P ₂	6,5	2,9	9,4	6,8	1,4	8,2
N ₃ P ₃	6,0	3,5	9,5	6,5	1,0	7,5
N ₁ P ₁ K ₁	4,5	1,2	5,7	6,2	0,8	7,0
N ₂ P ₂ K ₂	6,4	2,5	8,9	7,9	1,5	9,4
N ₃ P ₃ K ₃	5,7	5,0	10,7	8,3	3,1	11,4
SzD _{5%}	1,3	0,9	1,8	1,2	0,6	1,4

Kezelések: N₁=100, N₂=200, N₃=300 kg/ha/év N;

P-ellátottság: P₀=gyenge, P₁=közepes, P₂=kielégítő, P₃=túlzott

K-ellátottság; K₁=közepes, K₂=kielégítő, K₃=túlzott

A kontroll, önmagában adott 100 kg/ha/év N-adag, valamint az emelkedő NPK ellátottság hatását tanulmányozhatjuk a 2002-ben termelt gyepszéna termésére és elemfelvételére a 79. táblázatban. A kontroll termését 5,1-szeresére növelte a bőséges N₃P₃K₃ szintű kínálat. A K₂O 362 kg, N 168 kg, CaO és a P₂O₅ 49-50 kg, MgO és a S 22-23 kg maximális felvételt mutatott hektáronként. Hasonló 8-9 t/ha szénahozamokkal a talaj K és N készlete gyorsan kimerülhet. A gyep esetében nem

is beszélhetünk „túlzott” PK ellátottságról, bár a P₃ szintet 542 mg/kg AL-P₂O₅, a K₃ szintet 390 mg/kg AL-K₂O tartalom jelentette a szántott rétegben ezekben az évekből (Kádár 2006).

79.táblázat

A növekvő NPK ellátottság hatása a gyepszéna termésére és elemfelvételére 2002-ben a két kaszálás összegében (In: Kádár 2006)
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Termés, ill. elemek	Mértékegység	NPK ellátottsági szintek					SzD _{5%}
		N ₀	N ₁	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₂ K ₂	N ₃ P ₃ K ₃	
Széna	t/ha	1,7	6,7	7,0	7,3	8,7	2,0
K ₂ O	kg/ha	41	134	180	224	362	88
N	kg/ha	15	57	101	99	168	36
CaO	kg/ha	11	39	38	48	49	11
P ₂ O ₅	kg/ha	9	21	32	39	50	18
MgO	kg/ha	5	22	17	22	23	7
S	kg/ha	5	13	14	19	22	8
Na	kg/ha	0,3	6,9	5,7	3,3	2,6	26
Fe	kg/ha	0,3	0,6	0,7	0,8	0,9	0,4
Mn	kg/ha	0,1	0,7	0,7	0,9	1,0	0,3
Zn	g/ha	20	80	50	54	213	6,0
B	g/ha	11	31	25	34	29	8
Cu	g/ha	5	20	29	35	54	20
Mo	g/ha	1	9	3	2	2	2

Kezelések: N₁=100, N₂=200, N₃=300 kg/ha/év N; P₁=közepes, P₂=kielégítő, P₃=túlzott P-ellátottság; K₁=közepes, K₂=kielégítő, K₃=túlzott K-ellátottság.

A 79. táblázatban az is megfigyelhető, hogy a kontrollon mért Na felvett mennyisége a N-adagolással 23-szorosára ugrott, majd újra kevesebb mint felére esett. A N szinergistaként serkenti a Na beépülését míg a K antagonistaként gátolja. Hasonló jelenséget tapasztalunk a Mo esetében. Már a gyepkísérletünk első évében megállapítottuk, hogy ...”a tartós NPK műtrágyázás drasztikusan, akár egy nagyságrenddel megváltoztathatja a takarmányszéna elemösszetételét és elemarányait az elemek között létrejött szinergizmusok és ionantagonizmusok nyomán. Az 1. kaszálásnál pl. a szénában mért elemekben az alábbi minimum-maximum koncentrációk jelentkeztek: N 0,9-3,0; Ca 0,4-0,7; S 0,14-0,32; P 0,12-0,30; Mg 0,10+-0,24 %. Az egyéb elemekben: Na 70-700, Fe 100-288, Al 45-250, Mn 71-130, Zn 7-14, B 4-8, Mo 0,04-0,44 mg/kg.” Növényelemzéssel a

takarmányok összetétele ellenőrizhető. A bőséges P-trágyázás Zn-hiányt, az együttes NPK trágyázás Mo-hiányt okozott a gyepszénában kísérletünkben.

2.7. Lucerna

Származása okán a lucerna rendkívül mészigényes, de a Mg, P, S, K, B elemek kielégítő kínálata szintén alapvető. Kilúgzott savanyú talajokon rendezni kell a talaj mészállapotát Ca és szükség szerint Mg trágyák kijuttatásával. A kén pótlásáról általában nem kell gondoskodni amennyiben szuperfoszfátot alkalmazunk, hiszen a szuperfoszfát kiváló S-forrás. Míg a P-ellátás a sikeres telepítés, a megfelelő K-szolgáltatás a megfelelő állományfejlődés feltétele. Kolloidszegény laza talajon a K-trágyázás, erősen kilúgzott termőhelyen a B-trágyázás is hatékony lehet. A B-hiány kevéssé kilúgzott talajon is felléphet extrém szárazság idején, amikor a B nagy része a feláramló vízzel a feltalajba kerül, míg az öregező lucerna gyökerei már a mélyebb rétegekben vannak (*Simkins et al. 1970*).

A N-trágyák hatékonysága a talaj állapotától, N-szolgáltatásától függ. Steril talajon szükségessé válik a talaj oltása a nagyobb mérvű N-pótlás műtrágyákkal. A nem steril talajainkon is előnyös általában a vetés előtti 30-50 kg/ha starter vagy indító N-adagolás, mert a gyökérgümők csak néhány hét után alakulnak ki. Telepítés előtt gyengén ellátott talajon célszerű biztosítani a lucerna PK-igényét a tervezett 3-5 évre előre/feltöltő PK-trágyázással. A fenntartható termésszintek ezen túlmenően igénylik az ősszel vagy tavasszal kijuttatott PK fenntartó trágyázást is, amennyiben a lucerna trágyaigényes, nagy mennyiségű tápelemet von ki évente a talajból megfelelő termés esetén (*Antal 1987, Radics 1994, Geisler 1988, Késmárki 2005*).

A Rhizobium fajok nem kötnek N-t, amennyiben a talaj N-ben jól ellátott. Sőt, a lucerna a káros NO₃-N kilúgzását, a vizek szennyeződését hatékonyan képes megakadályozni (*Mathers et al. 1975*) kísérleteiben a lucerna a telepítését követő első évben több mint 300 kg/ha N-t vett fel a felső 180 cm rétegből. A második évben ez a kedvező hatás már a 360 cm mélységig kimutatható volt. A lucernának és más mélyen gyökerező növénynek ilyen „tisztító” hatást tulajdonítanak. *Nielsen et al. (1980)* szerint ezek a növények nemcsak a NO₃-N kimosódását csökkentik, hanem egyúttal a mélyebb talajrétegek vízkészletét is mérséklék. Így megváltozhatnak a talajbani vízmozgás feltételei. A potenciál gradiens irányától függően felfelé irányuló vízáramlás léphet fel, mely a nitrátot is a felszín közeli talajrétegekbe hozza. A gyökérszónába került N felvétele lehetővé válhat a következő, sekélyen gyökerező kultúrák számára.

A lucerna szárazságtűrése nem hasonlítható össze pl. a köles szárazságtűrésével. A köles transpirációs együtthatója 250 liter/kg sz.a., míg a lucernáé 844 liter/kg sz.a. *Mengel és Kirkby (1987)* szerint. A lucerna óriási mennyiségű vizet, talajvizet tud elpárologtatni és eközben sófelvétele is tetemes lehet. *Jakuskin (1950)* példaképpen említi, hogy a 6 évig tartó öntözött gyapottermést követően a talaj 1 m rétegében talált 82 t/ha sómennyiség 28 t/ha-ra csökkent mélyebb rétegekbe távozva a lucernatermés után. Egyidejűleg 3%-ról 10%-ra emelkedett a vízálló morzsák

aránya, a beázás mélysége 60 cm-ről 100 cm-re nőtt. A gyökér tömege az 1. évben 4,5 t/ha, a 2. évben 6,3 t/ha, a 3. évben 8,0 t/ha mennyiséget ért el összesen, bár a gyökerek több mint felét a szántott rétegben találták a 3. év végén is.

Az MTA TAKI őrbottyáni kísérleti telepén, Duna-Tisza közti karbonátos NK elemekkel rosszul ellátott homoktalajon, egy NPK műtrágyázási kísérlet 31-34. évében vizsgáltuk a lucerna trágyareakcióját olyan kísérletben, ahol már jól elkülönült NPK-ellátottsági szintek alakultak ki a talajban. Választ keresünk olyan kérdésekre is pl., hogyan változik a trágyázással és a kaszálásokkal a széna tömege, elemösszetétele, elemarányai. Mekkora lehet a makro-, és mikroelem felvétele? Milyen mérvű tápelem elvonás léphet fel egy 4 éves periódus alatt? Mennyiben használhatók a növényelemzés adatai a lucerna tápláltsági állapotának megítélésében? Miképpen hat az extrém K-hiány és a K-túlsúly a talajra és a növényre?

A Duna-Tisza közti karbonátos homoktalajon, az MTA TAKI Órbottyán Kísérleti Telepén, valamint a mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalajon egyaránt azt találtuk, hogy a 200 mg/kg körüli AL-P₂O₅, illetve 200 mg/kg körüli AL-K₂O ellátottságú talaj kielégítheti a lucerna foszfor és kálium igényét. A továbbiakban bemutatjuk, hogy milyen mérvű elemfelvétel, elvonás, talajkimerülés jelentkezhet egy kedvező periódus alatt és ez mennyiben veszélyeztetheti a talajtermékenység megőrzését.

A Duna-Tisza közti Órbottyán Telepen beállított kísérletben a lucerna telepítése előtt 400 kg/ha P₂O₅ és 600 kg/ha K₂O adaggal feltöltő trágyázást végeztünk. Évente megosztva ősszel és tavasszal 50-50 kg/ha N-t is adtunk. 2001-2004 között aszályos évünk nem adódott, részben ezért és a talaj jó tápelemtökéjének hála az állomány 5 éven át képes volt fennmaradni és kielégítő terméseket adni. A lucerna szénahozamáról és elemfelvételéről évenként és a vizsgált 5 év összegéről a 80. táblázat tájékoztat.

Az 5 év alatt a lucerna 1,58 t/ha N-t épített földfeletti hajtásába. Nem tudjuk mennyi maradt a N-ben gazdag gyökerekben. Mivel évente a N adagja 100 kg/ha volt, megállapítható, hogy a lucerna a felvett N több, mint 2/3-át a levegőből fedezte. A Ca-felvétel 1,18 t/ha mennyiséget ért el. A felvett K tömege 744 kg/ha (893 K₂O kg/ha) volt, de mint láttuk az utóbbi 2-3 évben a talaj nem volt képes fedezni megfelelően a lucerna K-igényét. A talajkimerülés kérdését komolyan kell a lucerna telepítése előtt fontolóra venni. A talaj K és Ca elemekben egy 5 éves periódus alatt, hasonló körülmények között akár 1 t/ha mennyiséggel szegényedhet. A laza K-hiányos termőhelyen a K, a kilúgzott Ca-ban szegény talajon a Ca pótlásáról gondoskodni kell (Kádár 2012).

Az 1 t tervezhető szénatermés úgynevezett fajlagos elemtartalma 34-41 kg N; 25-30 kg Ca; 13-27 kg K; 3-4 kg Mg, S és P tartományban ingadozott az évek függvényében. Az 5 év átlagában ezen a termőhelyen 37-7-22-39-5=N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO fajlagost kaptunk. A hazai szaktanácsadásban elfogadott irányszámokhoz viszonyítva, kísérleti körülményeink között emelkedett N, K, Mg

fajlagosok adódnak. A tárgyalt irodalmi optimális összetétel alapján ez azonban nem tűnik valóban emelkedettnek, hiszen a N és Mg túlsúlya nem volt megállapítható. A K-tartalom pedig kifejezett hiányra utalt. Korábbi adatainkat is figyelembe véve a hazai szaktanácsadás irányszámait javasoljuk módosítani 35-7-25-30-5=N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO kg/t tartalomra.

80.táblázat

A lucerna elemfelvétele és szénahozama évenként és az 5 év alatt 2004-2008 között (Karbonátos homoktalaj, Órbottyán, Duna-Tisza köze) *In: Kádár 2012*

Elem jele	Mértékegység	2004 3 kasz.	2005 4 kasz.	2006 4 kasz.	2007 3 kasz.	2008 3 kasz.	Össz. kasz.
N	kg/ha	226	368	379	295	312	1580
Ca	kg/ha	136	281	256	250	254	1177
K	kg/ha	149	204	192	88	111	744
Mg	kg/ha	18	34	34	29	30	145
S	kg/ha	23	34	33	25	25	140
P	kg/ha	17	33	34	22	27	133
Na	kg/ha	0,5	3,0	3,9	2,6	4,7	15
Fe	kg/ha	1,9	5,3	3,6	1,8	1,5	14
Al	kg/ha	1,9	3,8	2,6	1,1	1,4	11
Sr	kg/ha	0,6	1,1	0,9	0,7	0,7	4
Mn	kg/ha	0,6	0,7	0,6	0,5	0,4	3
B	g/ha	165	351	311	243	270	1340
Zn	g/ha	118	228	178	141	179	844
Ba	g/ha	79	71	55	50	44	299
Cu	g/ha	31	55	64	40	54	244
Ni	g/ha	11	11	13	9	6	50
Se	g/ha	5,6	10,8	8,8	8,0	5,4	38
Pb	g/ha	2,5	8,8	5,7	2,0	0,5	20
Cr	g/ha	2,6	6,8	3,6	2,8	0,2	16
Mo	g/ha	1,0	1,9	2,8	2,9	2,5	11
Co	g/ha	1,9	2,2	2,4	1,3	0,9	9
Széna	t/ha	5,5	11,0	10,2	9,8	8,6	45

Megjegyzés: As, Hg 0,1 g/ha méréshatár körül vagy alatt. A felvett N döntően a levegőből származott. kasz. = kaszálás, Össz.kasz.=A 17 kaszálás összege.

A nemzetközi, általunk is ellenőrzött növénydiagnosztikai optimumokkal összevetve az állomány ezen a termőhelyen hiányt jelzett Zn, Cu, Mo mikroelemekben és a 4., illetve 5. évben kifejezetté vált a K hiánya is. A széna K-tartalma fokozatosan az 1% körüli értékre süllyedt a „kielégítőnek” tekintett 2%

feletti K-koncentrációval. A lucernaszéna tápelemellátottsági határkoncentrációit *Simkins et al. (1970)* és *Bergmann (1992)* összeállítására alapján közöljük a 81. táblázatban.

81. táblázat

A lucernaszéna tápelem-ellátottsági határkoncentrációi *Simkins et al. (1970)* szerint (Felső kb. 20 cm hajtás, bimbós állapot virágzás előtt)

Elem	M.egység	Hiányos	Alacsony	Kielégítő	Magas	Túlzott
K	%	1,8 alatt	1,8-2,0	2,0-3,5	3,5-5,0	5,0 felett
Ca	%	1,0 alatt	1,0-1,8	1,8-3,0	3,0-4,0	4,0 felett
Mg	%	0,2 alatt	0,2-0,3	0,3-1,0	1,0-2,0	2,0 felett
P	%	0,2 alatt	0,2-0,3	0,3-0,7	0,7-1,0	1,0 felett
S	%	0,2 alatt	0,2-0,3	0,3-	?	?
Fe	mg/kg	20 alatt	20-30	30-250	250-400	400 felett
Al	mg/kg	?	?	-200	200-400	400 felett
Mn	mg/kg	20 alatt	20-30	30-100	100-250	250 felett
B	mg/kg	20 alatt	20-30	30-80	80-100	100 felett
Zn	mg/kg	10 alatt	10-20	20-70	70-100	100 felett
Cu	mg/kg	5 alatt	5-10	10-30	30-50	50 felett
Mo	mg/kg	0,5 alatt	0,5-1	1-5	5-10	10 felett

Megjegyzés: *Bergmann (1992)* szerint a kielégítő ellátottság 3,5-5,0% N; 2,5-3,8% K; 1,0-2,5% Ca; 0,3-0,8% Mg; 0,3-0,6% P; 30-100 mg Mn; 35-80 mg B; 25-70 mg Zn; 6-15 mg Cu és 0,5-2,0 mg Mo kg szárazanyagban.

2.8.A P-túltrágyázás okozta termésnövekedésről

Végül bemutatunk egy példát tanulságaival, amikor a bőséges foszfor-műtrágyázás 20 év után drasztikusan csökkentette a kukorica termését. Legnagyobb hozamokat a 20 év óta semmilyen trágyázásban nem részesült parcellákon kaptunk 1993-ban, ebben az aszályos évben. A 200 mg/kg feletti AL-P₂O₅ ellátottságú talajon a termések és az aratáskori tőszám 1/3-ára zuhant. Vajon miért? Ez a mezőföldi meszes csernozjom talaj eredetileg foszforral és cink mikroelemmel egyaránt gyengén ellátott volt. A P-trágyázás közismerten csökkenti a cink beépülését a növénybe, a kukorica Zn-igényes és a meszes talajokon a Zn mobilitása egyébként is mérsékelt.

Amint a 82. táblázatban látható a P-kínálat nyomán a növényi részek P-tartalma megnőtt, a Zn-koncentráció pedig visszaesett. Irodalmi és korábbi saját vizsgálataink szerint a fiatal hajtásban 50-150 közötti tartományban van az ideális P/Zn arány. A 200 feletti P-túlsúly termésnövekedést indukál, amennyiben a növénybeni Zn-tartalom 20 mg/kg alá süllyed. Ebben az évben a N és K trágák hatása mérsékelt maradt vagy nem is volt igazolható, bemutatásuktól eltekintettünk.

Megemlítjük még, hogy a P-túlsúly gyomnövelő tényezőnek mutatkozott. A korai gyomfelvételezésünk szerint a kontrollon mért 2,5%-os gyomborítottság közel a 4-szeresére nőtt a P-trágyázás hatására, főként az Amaranthus és más nagytestű kétszikű gyomok nyomán. A kísérletet részletesen már ismertettük (Kádár 2004).

82.táblázat A foszfor túltrágyázás hatása a kukoricára 1993-ban. In: Kádár 2004 (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Vizsgált jellemzők	AL-P ₂ O ₅ mg/kg a talajban				SzD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263		
Termésjellemzők						
Hajtás t/ha	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
Szem t/ha	6,7	5,8	3,2	2,1	1,2	4,6
Szár t/ha	7,5	5,7	3,3	2,0	1,6	4,6
Szem+szár t/ha	14,2	11,5	6,5	4,1	2,6	9,2
Tőszám 1000 db/ha	70	52	32	22	12	44
1000-magtömeg, g	313	311	306	280	13	303
Foszfor a növényben, P%						
Hajtás	0,30	0,35	0,38	0,44	0,02	0,37
Szem	0,23	0,26	0,30	0,36	0,02	0,28
Szár	0,68	0,79	0,98	1,14	0,12	0,90
Cink a növényben, Zn mg/kg						
Hajtás	28	21	18	15	3	20
Szem	17	14	11	10	2	13
Szár	21	16	12	11	3	15
P/Zn aránya a növényben						
Hajtás	107	167	211	293	36	194
Szem	132	184	270	343	46	232
Szár	33	49	82	103	12	67

Hajtás 4-6 leveles korban; szem, szár, tőszám, 1000-magtömeg aratáskor. Optimális P/Zn arány a hajtásban 50-150 között. A 200 feletti P-túlsúly esetén termés csökkenés léphet fel a Zn-hiány miatt, amennyiben a Zn koncentrációja 20 mg/kg alá süllyed irodalmi adatok és saját vizsgálataink szerint. A N és K trágyázás hatása mérsékelt maradt vagy nem volt igazolható.

Megjegyezzük, hogy a témában járatlan (nem agrokémikus/növénytaplálási) növénytermesztő vagy kereskedelmi szakemberek „ajánlásai” e talajra meghökkentőek. Így pl. „igen jó” ellátottságot emlegetnek 250-450 mg/kg AL-P₂O₅ tartalomnál, ahol hasonló évben a kukorica vagy más Zn-érzékeny kultúra kipusztulhat. És itt még a tervezett termés közel teljes P-igényével végzett P-trágyázást írják elő. Ott, ahol hosszú évekig szüneteltetni kellene a P-adagolást illetve Zn-trágyázást kellene foganatosítani. Sajnos az újabb növénytermesztési és egyetemi szakkönyvek is e szellemben íródtak (Antal szerk.: 2005). Íróik úgy tűnik képtelenek elszakadni a múlt század 70-es éveinek elvárásaitól: „több műtrágya, több termés” álmokat kergetve.

XII. A kémiai elemek légköri ülepedése és környezeti jelen-tősége

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A növények alapvetően a levegőből táplálkoznak. Az atmoszférából származó CO₂, valamint a csapadékból vagy a talajból származó H₂O biztosítja a fotoszintézishez szükséges összetevők 90-95%-át. A növények szárazanyagának átlagosan 45-50%-át a C, 40-42%-át az O₂, 5-6%-át a H alkotja. Igaz, hogy a terméseink nagyságát gyakran éppen az 5-10%-ot kitevő oldható ásványi elemek mennyisége határozza meg a szárazföldi és a vízi rendszerekben egyaránt (Kádár 1992).

Az állati vagy emberi légzés, valamint az égetés, bomlás, rothadás termékei a levegőt „elrontják”. Ismeretes, hogy Priestley 1775-ben igazolta, hogy a növények az ilyen levegőt megtisztítják. Amikor az üvegharang alá egy cserép növényt tett, az egér életben maradt. Később felfedezte és meghatározta az oxigént is. Ingen-Housz 1779-ben rámutatott, hogy a folyamat csak fény jelenlétében megy végbe. Fény hiányában a növények is „elrontják” a levegőt. *Saussure (1804)* a levegő és különböző gázok hatását vizsgálta a növényre, kísérletesen bemutatva a CO₂ asszimilációját és az O₂ termelését fényben. A növény elpusztul CO₂ hiányában, C-forrással a légkör szolgál. A hamuelemeket pedig döntően a talajból nyeri vízben oldott sók formájában.

A légkör kereken 78 tf % N-ből, 21% O₂-ből és 1% egyéb gázokból, döntően argonból áll. A levegő összetételének kutatása több mint két évszázada tart. *Mészáros (2005)* átfogó tanulmánya arról szól: „Hogyan fedezték föl a levegőt?”. A N felfedezése Rutherford 1772-ben végzett munkájához köthető. A XIX. század az ózon és a nemesgázok, a XX. század főképpen a nyomokban jelen lévő gázok és az aeroszol részecskék kémiájának időszeke. A légkör állandó összetevőin kívül számos egyéb gáznemű, cseppfolyós és szilárd halmazállapotú anyagot tartalmaz kis koncentrációban. Ezek a nyomanyagok, üvegházhatású gázok, szennyeződések részben természetes forrásból (vulkanikus és kozmikus porok, óceán és talajfelszín kibocsátásai stb.), részben emberi tevékenységből erednek.

Liebig (1840-1876) tévesen feltételezte, hogy a talaj nem tud N-t szolgáltatni, mert csupán az atmoszférából „kölcsonzött” N-t tartalmazza. Szerinte a növényi N-felvétel forrása a légkör ammónia és nitrát készlete. Különösen a nagylevelű takarmánynövények N-ellátásában hangsúlyozta a légkör szerepét. A pillangósok N-kötése ekkor még nem tisztázott. A szerző 1826. és 1827. években 77 esővíz analízist végzett. Megállapítja, hogy: „Minden esőzés megszabadítja az atmoszférát az ammóniától és a salétromsavtól.”Az NH₄-N a hóból nyert vízből sem hiányzik és maximumát az esőzés / havazás kezdetén tartalmazza.

Irodalmi adatokat összegezve hangsúlyozza, hogy az esővíz általában télen gazdagabb ammóniában mint nyáron. Melegebb évszakban több nitrát képződik,

különösen zivatarok idején. A nitrát és az ammónia tartalma között fordított arány állhat fenn. A több csapadék N-hozama is több. A városok felett több N képződik. Lyonban pl. 1853-ban 38,2 kg N jutott 1 ha területre. A harmat, köd és zúzmara $\text{NH}_4\text{-N}$ tartalma kiugró lehet. Míg a gleccserjég megolvasztott vizében 2 mg/l, a zúzmara vizében 70 mg/l, Párizsban a sűrű köd összegyűjtött vizében 138 mg/liter ammóniát találtak. Harmattal, ködös szitálással, zúzmarával annyi $\text{NH}_4\text{-N}$ juthat esetenként a talajba, mint az éves esővel. Különösen igaz lehet ez a csapadékszegény fennsíkokon, ahol a növények víz-és N-szolgáltatásához egyaránt érdeemben járulhat hozzá (Liebig 1840-1876).

Németországban az első mezőgazdasági kísérleti állomás 1851-ben létesült Lipcse mellett, Möckernben. Nobbe szerint (cit. in: Deller 1988) alig 15 évvel később már 21 kísérleti állomás működött. Az állomásokon rendszeresen gyűjtötték a csapadékot és összetételét is mérték. Itthon Kazay (1904) vizsgálta a csapadék ammónium és nitrát koncentrációját Ó-Gyallán 1902-1904 között. Az $\text{NH}_4\text{-N}$ kerekén 12 kg/ha, $\text{NO}_3\text{-N}$ 5 kg/ha volt 1992-ben, tehát 17 kg/ha/év N-üledést talált. Irodalmi adatokra utalva konstatálja, hogy az $\text{NH}_4\text{-N}$ 2-3-szor meghaladhatja a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyiségét. Az $\text{NH}_4\text{-N}$ főként az alacsonyan úszó felhők csapadékában dúsulhat, mert jórészt a föld felszínéről kerül a levegőbe. Maximuma januárra, minimuma júliusra esik, mert a víz kevesebb gázt tud elnyelni nagyobb hőfokon. Az első esőcseppek, nyáron pedig a jégeső gazdag ammóniában. Agronómiai jelentőségére utalva a csapadékkal bejutó N-nek az alábbiakat jelenti ki: „Egy-egy kövér eső annyi termékenyítő nitrát és ammónia vegyületet hoz a földre könnyen asszimilálódó állapotban, hogy érték tekintetében 30 kg műtrágyával felér.”

Kozák és Mészáros (1971) összefoglalták a csapadékvíz összetételére vonatkozó irodalmi adatokat érintve Európa, É-Amerika, Afrika, Ausztrália közléseit. Mintavételeket 1968-1970. között 8 meteorológiai állomáson végeztek Magyarországon. Meghatározták az esővíz pH-ját, elektromos vezetőképességét, valamint a fontosabb makroelemek koncentrációit. Az üledést kg/ha/év adatokkal jellemezték. Az évek és a mintavételi helyek átlagában 15 kg N (9 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ + 6 kg $\text{NO}_3\text{-N}$), 24 kg S, 28 kg Ca, 9 kg Na és Cl, 7 kg K és 0,1-0,2 kg P volt az üledés. Véleményük szerint ...”A csapadék elsősorban mint S-forrás lehet jelentős a növényi táplálásban.”

A mért adatok között kapcsolatokat keresve megállapították, hogy a csapadék mennyiségével a koncentráció csökken, a terhelés viszont nő. Az összetételt a talajfelszín befolyásolja. A meszes, szikes talajú Alföldön nő a Ca, Na, K, Cl mennyisége, mely kiugró volt pl. a Hortobágy-halastó állomáson. Az elemek dúsulása követi az elektromos vezetőképességet. A koncentrációk télen nagyobbak, mert kevesebb a csapadék, lecsökken a légesere és a fűtés is szennyez. A pH pozitív korrelációt mutatott a Ca, K, Na, Mg, NH_4^+ kationok mennyiségével, maximumát az Alföldön találták. A SO_4 és a NO_3 anionok és a pH közötti összefüggés nem volt igazolható, mely elvileg negatív lehetne. Az NH_3 forrása főként a meszes talaj, állati vizelet nagyobb állatsűrűség esetén és a települések, szemételepek (Kozák és Mészáros 1971).

Munger (1982) az Egyesült Államokban arra utal, hogy a savas csapadék fő oka a szénégetés által emittált S és N, illetve a légkörben felhalmozódó $H_2SO_4 + HNO_3$ keveréke. Az USA középnyugati területének csapadékvíz kémiáját nyugatról a bázikus por, szélerozió és a préri-talajok művelt felszínéről felszabaduló ammónia, míg keletről az ottani ipar által kibocsátott savképző anyagok mérlege alakítja. A pH 4,5-6,5 között változhat. A savas csapadék, a növekvő savterhelés veszélyezteti az élővizeket és az érzékeny mészhányos talajokat.

Shewchuk (1982) Kanadában a meghatározó nedves ülepedéssel 1-24 kg/ha/év S és 0-11 kg/ha/év NO_3-N mennyiségeket azonosított az ország eltérő vidékein. Véleménye szerint szükséges bővíteni a monitoring rendszert és kiterjedtebb víz és hó mintavételezést folytatni. Enélkül nem leszünk képesek a hatósági emissziós határértékeket megbízhatóan kijelölni. *Odén (1979)* D-Svédországban 25 kg/ha/év S ülepedéssel számolt, melyet az ottani elsavanyodó élővizekre rendkívül veszélyesnek ítélt. Megemlítjük, hogy a S-emisszió drasztikus visszafogása nyomán É-NY Európa számos vidékén ma már a talajok, illetve növények S-hiányáról, illetve a S-trágyázás hatékonyságáról esik szó.

A csapadékvíz biztosítja a légkör tisztulását, kémiai összetétele tükrözi annak szennyezettségi fokát. Mint természetes tápanyagforrás, szerepet játszik a talaj-növény rendszer elemforgalmában. Jelentőségének megítélése tehát egyaránt fontos lehet agronómiai, talajtani – agrokémiai és környezetvédelmi szempontból. Az összetevők változhatnak. Ipari körzetek, városok, sűrűn lakott vidékek közelségében más lesz a csapadékvíz összetétele, mint a mezőgazdasági területek, bolygatatlan erdők, érintetlen sztyeppek vagy az óceánok térségében. Tengerpartokon pl. kiugró lehet a Cl és Na, részben a N, K, S, Mg mennyisége. A humán aktivitás jellegéből adódóan bármely elem emissziója megnőhet.

Mivel a csapadékvíz összetétele rendkívüli mértékben ingadozhat, célszerű adatsorokkal dolgozni és óvatosan általánosítani. Nagy lehet a szennyeződés veszélye a mérés folyamán, hiszen nyomelemek esetében $\mu g/liter$ koncentrációkkal dolgozunk. És éppen ilyen nyomelemek esetében ma már az emberi tevékenység játszik kulcsszerepet a regionális és globális légköri ciklusban. Az 1980-as évek adataira támaszkodva *Nriagu és Pacyna (1988)*, illetve *Nriagu (1989)* úgy becsülte, hogy a légköri Pb 96, Cd 85, V 75, Zn 66, Ni 65, As 61, Hg és Sb 59, Cu 56, Mo 52, Se 42, Cr 41%-a globálisan tekintve humán eredetű. Megállapították, hogy gyorsan halmozódnak a toxikus elemek a levegőben, vizekben, talajokban, illetve a tápláléklánc egészében. Mindez ismeretlen kockázatot jelent a jövő generáció számára.

A természetes/humán források arányát, illetve relatív hatását az úgynevezett dúsulási tényező (EF: enrichment factor) jelzi. A döntően talajeredetű elemek dúsulási tényezője közelít az 1-hez, a talajösszetételekhez, általában kisebb, mint 5. A légszennyező elemeké e feletti. A száraz felszín mállásából származó földelemek általában nagyobb részecskéket alkotnak, gyorsabban kiülepednek. A

légszennyező mikroelemek részben az 1 µm-nél kisebb sugarú aeroszolhoz kötődnek és a mozgásukat a hosszútávú transzport jellemzi (*Mészáros et al. 1993*).

Hazánkban *Horváth és Mészáros (1984)*, valamint *Molnár és mtsai (1993)* végeztek átfogó méréseket. A háttérszennyezést reprezentáló K-pusztán a Si, Al, Ti, Fe, Ca, K talajalkotók érdemi, 5 feletti dúsulást nem mutattak. A S és As 2-3-ezerszeres, Pb és Zn több-százszoros dúsulást, szennyezést mutatott. Budapest belvárosában 20-szoros volt az aeroszolban mért Pb mennyisége a háttérszennyezéshez, illetve 8000-szeres a normál talajösszetételhez képest. Hasonlóan erős légszennyezést találtak a S, Zn, As esetében. A Cl 380, Cu 160 dúsulási együtthatóval volt jellemezhető.

Ross (1987) az egyes szennyező elemeknél D-Svédországban az alábbi dúsulási együtthatót állapított meg a normál talajösszetételhez viszonyítva: Cd 500-2600, Pb 450-1600, Zn 200-1400, Cu 28-110. Szerinte a szennyezés nagy része Európából származik, nem a helyi emisszióra vezethető vissza. Erre utal, hogy szoros a korreláció a Cd, Zn, Pb és a SO_4^{2-} között, mely a hosszútávú transzportot tükrözi. *Gray és mtsai (2003)* Új-Zéland legelőin 2 éven át mérték a légköri ülepedést. A csapadék mennyisége 734-1495 mm között ingadozott, a vezetőképesség 31-112 µS/cm volt. A Zn 1025, Cu 35, Cr 28, Pb 23, Cd 0,2 g/ha/év átlagos terhelést mutatott. Szerzők a kiugróan nagy Zn-terhelés feltételezett okaként a háztetők gyakori galvanizált ZnO-os lemezborítására utaltak.

Bozó és Horváth (1992) szerint az ülepedés, az Pb, Zn, Cd depozíciója a hazai kibocsátást, az emissziót meghaladta az 1984-1988. években. Főként a „Fekete háromszög”, a cseh-lengyel-NDK sziléziai iparvidék exportálta a nehézfém-terhelést a É-NY-i szelekkel. Felső Szilézia legszennyezettebb része Katowice térsége, ahol 14 acélmű és olvasztó, 55 érc-és szénbánya, valamint 23 erőmű működött. Itt összpontosult az ország széntermelésének 98%-a, valamint az Pb és Zn előállítás 100%-a. Az összes kiülepedés maximuma elérte a 7,8 kg/ha/év Pb, illetve 369 g/ha/év Cd mennyiséget. A talajok, növények erősen szennyeződtek, a térség egy része mezőgazdasági hasznosításra alkalmatlanná vált (*Kucharski et al. 1994*).

Az extrém szennyezés példája Lengyelországban a Pulawy városa melletti N műtrágyagyár, mely 1966. óta évente 20 ezer t N-emissziós forrást jelentett. A légkörbe jutó NO_x, NH₃, NH₄NO₃ és karbamid gőz/por terhelés nyomán közel 1000 ha erdő pusztult el a gyár közvetlen közelében. A kihelyezett liziméteres kísérletekben a növények a N-t kizárólag a levegőből nyerik. A 0-10 cm feltalajban az NH₄-N maximuma elérte a 293 kg/ha, NO₃-N a 248 kg/ha mennyiséget. Április és szeptember közötti tenyészidő alatt a legszennyezettebb pontokon 133 kg/ha NH₄-N + 118 kg/ha NO₃-N jutott a talajba csapadékkal. A kukorica és a füvek termése megtöbbszöröződött a kontrollhoz viszonyítva és a N-túltáplálást az igen erős zöld szín is jelezte (*Chojnaczkí és Zorawska 1980*).

Warda et al. (1980) szintén Lengyelországban, egy metallurgiai gyár körzetében lizimétereket helyeztek el szennyezetlen talajjal és 2 év után mérték az ülepedés hatását a talajban és a termesztett növényekben. A 0-15 cm talaj eredeti Zn-készlete 15-szörösére, Pb-tartalma 25-szörösére, S-tartalma 2-szeresére nőtt. A 0,025 mol/L EDTA oldható tartalmakban általában két nagyságrendbeli emelkedést regisztráltak. A földfeletti növényi hajtásban a Zn 40-szeres, Pb 24-szeres, S 6-szoros dúsulást jelzett a kontroll területhez viszonyítva. A talaj- és növényvizsgálat jó indikátora lehet a légköri szennyezésnek, állapítják meg a szerzők. A gyár körzetében a mezőgazdasági tevékenység 1966. óta szünetel.

Mansfield és Freer-Smith (1981) vizsgálták a városi légszennyezés növényi növekedésre gyakorolt hatását Angliában. A növények fejlődése elsősorban a levegő S-mentességével volt pozitív kapcsolatban. A SO₂ mérgező hatása bizonyos koncentráció felett jelentkezik és függ a növényfajtól, expozíciós időtől, valamint egyéb gázok jelenlététől. A másodlagos szennyezők mint az O₃, NO_x, fotókémiai szmog anyagai, a gépkocsi-gázok nem teljesen elégett szénhidrogén termékei szintén növelik a toxicitást. A városi levegőben a gépkocsiforgalom miatt a NO_x is dúsul. Fontos utóbbiban a NO:NO₂ aránya, mert a NO₂ erős mérgező. A SO₂+NO₂ együttes hatása tartós fumigációnak minősül télen, amikor a fűtés szennyező hatása is hozzáadódik a ködös, lecsökkent légcserével rendelkező városi légrétegekhez. A városi levegőben tehát az egyedi gázok (SO₂, NO, NO₂, O₃, stb) toxicitása is nőhet, mert hatásuk összeadódik, a mérgezőbb NO₂ redukcióját a SO₂ pedig gátolhatja.

A légköri terhelés jelentőségét országosan becsülve *Anderson (1992)* felállította Svédország mikroelem mérlegét az 1900-1990. évekre. Véleménye szerint a növénytermesztő gazdaságok talajai szegényednek Zn, Cu, Mn elemekben, míg az állattenyésztő üzemekben lassan gazdagodnak a takarmánykiegészítő Zn, Cu és Mn só-terhelés miatt. Minden talajon nő az Pb, Cd, Hg elemek koncentrációja a légköri terhelés és a helyenkénti szennyvíziszap-kihelyezés nyomán. Az utóbbi változások kismérvűek, de nemkívánatosak. A növények Cd tartalma megkétszereződhetett a vizsgált 90 év alatt. A művelt talajrétegben hígulási effektus érvényesülhetett, hisz a szántás mélysége a korábbi 15-20 cm-ről 20-25 cm-re nőtt. Az erdő sérülékeny vékony feltalajában ugyanakkor helyenként az Pb-készlet 15 mg/kg-ról 60-65 mg/kg-ra emelkedett, több mint megháromszorozódott. Veszélyeztetettek az elsavanyodó élővizek. A jövőbeni cél csak a fenntarthatóság lehet, szögezi le a szerző.

Sager (2008) Ausztriában saját és irodalmi utalásokra támaszkodva a mikroelemek légköri ülepedését 1999-2000. években az alábbi átlagadatokkal jellemezte: Zn 308, Cu 110, Ni 30, Pb 24, Cr 12, Cd 2 g/ha/év. A műtrágyákkal okozott talajterheléssel összehasonlítva megállapítja, hogy a Cr és a V elemeknél a műtrágyák, míg az Pb és Zn elemeknél a légköri terhelés a meghatározó. Az As, Cd, Ni elemek esetében a megközelítően azonos forrást jelenthet a légköri depozíció és az alkalmazott műtrágyák elemszennyezettsége.

Magyarország mikroelem mérlegét az 1980-as évek adataira támaszková Kádár (2005) kísérte meg felállítani. Országos felmérések eredményei szerint a művelt talajaink nem szennyezettek mikroelemekkel, nehézfémekkel. Nemzetközi összehasonlításban alacsony ellátottságot mutatott a búza és a kukorica termőhelyek 55%-a Zn, 39%-a Cu, 31%-a Mo, 25%-a Mn és Co, 20%-a Se elemek tekintetében (Sillampüü 1990, Kádár 1995). A szennyezettebb ipari, városi és közlekedési környezetben ugyanakkor kimutatható volt a talajok és növények emelkedett Zn, Cu, Cd és részben Ni akkumulációja.

Mikroelem szennyezőkben leggazdagabbak a foszforműtrágyák. Elemzéseink szerint (Kádár 1992) a hazai szuperfoszfát-gyártás alapanyagául szolgáló import Kóla-foszfátok általában egy nagyságrenddel több Ga, Mn, Sr, illetve egy nagyságrenddel kevesebb Cd, Cr, Ni, Zn koncentrációval rendelkeztek mint az É-Afrikából származó nyersfoszfátok, melyeket NY-Európa használt. Talajaink nem szennyeződtek a legveszélyesebbnek ítélt mérgező elemmel, a Cd-mal. Becsléseink szerint az 1980-as években, az intenzív műtrágyázás idején kb. 30 g As, 8 g Zn és Cu, 4-5 g Pb, 1-2 g Se, 0,8 g Cd és 0,4 g Ni terheléssel járt a műtrágyahasználat országosan ha-ént. A műtrágyázás nem minősült érdemi szennyezőnek, részesedése 5-10% volt az összes terhelésben. Kivételt ez alól az As jelentett szuperfoszfát formájában, mely az összes terhelés akár 2/3-át adhatta (83. táblázat).

83.táblázat

Mezőgazdaságilag művelt talajok becsült mikroelem mérlegének egyenlegei Magyarországon az 1980-as években, g/ha (In: Kádár 2005)

Mérleg tételei	Zn	Pb	Cu	Ni	As	Cd	Se
Bevétel							
Műtrágyák	8	5	8	<1	30	0,8	1,5
Szerves trágyák	180	30	60	15	15	1,5	1,5
Szennyvíziszapok	50	17	17	3	2	0,3	1,7
Meszezőanyagok	2	<1	1	<1	<1	<0,1	<0,1
Melléktermékek	80	8	60	7	<1	0,8	0,5
Csapadék	200	70	24	15	1	5,0	*1,0
Összesen	520	130	170	40	47	8,4	6,2
Kiadás							
Növényi felvétel	200	10	100	10	1	1,0	1,0
Kimosódás	20	10	5	5	4	1,0	0,5
Elillanás	-	5	-	-	5	-	1,0
Összesen	220	25	105	15	10	2,0	2,5
Egyenleg	+300	+105	+65	+25	+38	+6,4	+3,7
Bevétel a kiadás %-ában	236	520	162	267	480	420	248

*Szóbeli közlés: Molnár Ágnes, Veszprémi Egyetem Levegőkémiai Csoport

A szervestrágyázás jelentős terhelésnek bizonyult a Zn, Pb, Cu, Ni, As elemek tekintetében. Legnagyobb súllyal viszont a csapadékkal talajba jutó légköri terhelés növelte a bevételt a Zn, Pb, Cd és részben a Ni nehézfémek mérlegében. Az 83. táblázatban bemutatott eredmények szerint a vizsgált mikroelemek mérlege pozitív egyenleget mutatott. Az Pb és az As bevételt mintegy 5-szörösen, Cd 4-szeresen, Se 2,5-szeresen, Zn és Ni 1,5-szeresen haladta meg a kiadási oldalt. A helyzet azóta megváltozott. Az 1990-es éveket követően közel 1/5-ére zuhant az Pb-terhelés az Pb-mentes benzin bevezetésével, illetve hasonló mértékben esett vissza az As-terhelés a szuperfoszfát műtrágyázás csökkenésével. A sziléziai „Fekete háromszög” Pb, Cd, Zn exportja is drasztikusan mérséklődött a korábbi iparvidék átalakulása nyomán.

Anyag és módszer

A mintavételek az MTA TAKI két kísérleti telepén, a mezőföldi Nagyhörccsök és a Duna-Tisza közti Órbottyán termőhelyen folytak, ahol rendszeres csapadékméréseket végzünk immár fél évszázada. Csapadék mennyiségét az úgynevezett Hellmann-rendszerű csapadékmérővel mérjük, melynek két fő része a bádogból készült felfogó edény és az üvegből készült mérőhenger. Az 1 m magasságban kihelyezett készüléket az általános meteorológiai gyakorlat szerint naponta egyszer reggel 7 órakor ürítjük. A mérés 0,1 mm pontossággal történik. A szilárd halmazállapotú hó, dara, ónos eső, jégeső esetén a mérés az előzetes megolvasztást követően történik. A harmatot, deret, zúzmarát nem számítjuk csapadéknak.

A csapadékot hűtőszekrényben tároltuk és havonta analizáltuk 26 tulajdonságra. Az ásványi elemek mérése ICP technikával történt. Meghatároztuk a csapadékvíz pH-ját, elektromos vezetőképességét, valamint az As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Se, Sr, Zn, S, B, NH₄-N és NO₃-N koncentrációját. A csapadék mennyiségét az elemkoncentrációkkal szorozva számítottuk az elemhozamokat, tehát a kiülepedést. Megemlítjük, hogy a csapadékmérőbe nem csak az eső, hanem az aeroszol részecskék úgynevezett száraz ülepedése is juttathat különböző anyagokat. Méréseink a nedves és száraz ülepedés együttes hatását tükrözik. Irodalmi adatok szerint azonban a száraz ülepedés részaránya az elemenként eltérő lehet és általában 5-10% körüli, hibahatáron belül maradhat.

A csapadékmérő bádogból készült felfogó edényeinek esetleges szennyező hatását külön is vizsgáltuk. Desztillált vizet az edényben 3 napon át állni hagyunk és ezt követően az oldatot analizáltuk. Utána az edényt sósavval 4 pH-ra savanyított desztillált vízzel is áztattuk 3 napon át, majd az oldatot szintén elemeztük. A pH-t potenciometriásan, az elektromos vezetőképességet (EC) konduktometriásan az eredeti mintákból határoztuk meg. Szűrés a víz zavarosságától függően finom pórusú szűrőpapíron vagy a 0,45 µm pórusméretű baktériumszűrőn történt. A szűrletből közvetlenül mértük a Ca, Mg, K, Na, B, S elemeket, valamint a karbonátot, hidrogénkarbonátot, kloridot, ammóniát, nitrátot.

A karbonátot, hidrogénkarbonátot acidimetriásan, kloridot argentometriásan, az ammóniát és a nitrátot Wagner-Parnas vízgőzdesztillációval, a nitrátredukciót Dewarda ötvözzel végeztük (MSZ ISO 5667-10).

Ezt követően a szűrletet az eredeti térfogat ¼-re bepároltuk salétromsavas savanyítás után a mikroelemek vizsgálata céljából. A makro-és a mikroelemeket egyaránt ICP-OES készülékkel határoztuk meg (kivéve a N-t). Kimutatási határok – a 4x-es betöményedést figyelembevéve – az alábbiak szerint alakultak a mikroelemeknél: Cd, Co, Fe, Mo 0,1-0,2 µg/l; Cr és Hg 0,5-0,6 µg/l; Ba, Mo, Ni 0,9-1,1 µg/l; Cu és Pb 1,3-1,5 µg/l; Zn és As 1,6-1,8 µg/l; P és Se 2,5-3,0 µg/l; Al 6,3 µg/l. Kimutatási határ a makroelemekre (töményítés nélkül): K és S 2,5 µg/l; NH₄-N és NO₃-N 0,7 µg/l, Ca és Mg 0,5 µg/l.

Eredmények megvitatása

A csapadék mennyisége, vezetőképessége, pH, valamint az elemkoncentrációk és elemhozamok közötti kapcsolatokat a 84. táblázatban tanulmányozhatjuk.

84. táblázat

A havi csapadék mennyisége, vezetőképessége, pH, Ca, NH₄-N, NO₃-N S, Na és K koncentrációk, illetve az elemhozamok alakulása 2007-ben (Duna-Tisza köze, karbonátos homoktalaj, Órbottyán)

Hónap 2007	Csap mm	Vez.kép. µS/cm	pH	Ca	NH ₄ -N	NO ₃ -N	S	Na	K
				Koncentráció, mg/l					
I.	31	62	4,5	3,6	0,7	4,0	ny	1,1	1,1
II.	46	54	4,8	3,4	1,1	3,6	ny	1,1	0,9
III.	39	78	4,2	4,4	0,8	4,0	ny	0,7	0,7
IV.	4	140	7,2	4,7	11,6	0,0	ny	1,2	3,1
V.	58	71	6,9	1,9	5,5	1,7	ny	1,2	1,2
VI.	61	86	4,5	7,7	0,7	5,8	ny	0,9	2,0

Hónap 2007	Csap mm	Vez.kép. µS/cm	pH	Ca	NH ₄ -N	NO ₃ -N	S	Na	K
				Elemhozam, kg/ha					
I.	31	62	4,5	1,1	0,2	1,2	ny	0,3	0,3
II.	46	54	4,8	1,5	0,5	1,6	ny	0,5	0,4
III.	39	78	4,2	1,7	0,3	1,6	ny	0,3	0,3
IV.	4	140	7,2	0,2	0,5	0,0	ny	0,0	0,1
V.	58	71	6,9	1,1	3,2	1,0	ny	0,7	0,7
VI.	61	86	4,5	4,7	0,4	3,6	ny	0,5	1,2
Össz.	239	-	-	10,3	5,2	9,0	-	2,4	3,1

ny: nyomokban

a Duna-Tisza közti Órbottyán Kísérleti Telep 2007. I. félévének adatait mutatja be havi bontásban. Látható, hogy a minimális 4 mm április havi csapadékösszeghez köthető a maximális vezetőképesség, pH, $\text{NH}_4\text{-N}$, Na és K koncentráció, illetve a $\text{NO}_3\text{-N}$ hiánya. A maximális elemhozamot ugyanakkor a leginkább csapadékos május és június biztosította. Erősen savanyú a márciusi csapadék 4,2 értékkel. Megfigyelhető, hogy az 5 alatti pH értékeknél általában kifejezett, 3-5-szörös a salétromsavat képező $\text{NO}_3\text{-N}$ túlsúlya a pH-növelő $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyiségéhez viszonyítva. A $\text{NO}_3\text{-N}$ túlsúlya a N-hozamban is tükröződik. A vizsgált félév alatt összesen 14 kg N, 10 kg Ca, illetve 2-3 kg Na és K kiülepedés történt ha-ra vetítve. A S mennyisége csak nyomokban volt kimutatható. A II. félévben ilyen látványos és tanulságos különbségek nem alakultak ki sem a csapadékvíz havi mennyiségében, sem annak összetételében, így részletes taglalásuktól eltekintünk.

A 85. táblázatban a mezőföldi telepünk 2007. évi eredményeit ismertetjük. Április csapadékmentes volt. A vezetőképesség, pH, valamint a Ca, $\text{NH}_4\text{-N}$, S, K elemkoncentrációk maximumai a nyári, júliusi aszályos hónapokhoz köthetők. Az elemhozamok tekintetében (Ca, $\text{NH}_4\text{-N}$, S, K) viszont a 84 mm-rel rendelkező május bizonyult a legproduktívabbnak. Úgy tűnik a téli hónapok elemhozamokban szegényebbek. A pH értéke egész évben 5 felett maradt. Az $\text{NH}_4\text{-N}$ túlsúlya az év átlagát tekintve kerekén 6-szoros a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyiségéhez képest. A melegebb május, június, július hónapokban az $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentrációja 10-20-szorosa a $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrációjának, decemberre ez az arány 2-2,5-szeresére szűkül.

Az ammónia kibocsátása 1980 és 2000 között 60%-kal csökkent hazánkban. A kibocsátás zöme, 94-98%-a mezőgazdasági eredetű. Forrásai a szerves trágyázás, N-műtrágyázás, állattartó telepek, valamint a kommunális szennyvizek és szemételepek (KSH 2003). Nálunk a visszaesés mögött döntően a N-műtrágyázás, állattenyésztés és a szerves trágyázás 1990 óta bekövetkezett csökkenése áll. É-NY Európa 1990 óta intézkedéseket hozott a légköri szennyezés (SO_2 , NO_x , NH_3) mérséklésére. Így pl. Hollandia is korlátozta az állatsűrűséget, bevezette az istállók levegőjének szűrését, előírta a trágyalé közvetlen injektálását a talajba, a szerves trágya adagját maximálta és kijuttatását csak vegetációs időben engedélyezi. Közbülső időszakban az istállótrágya/trágyalé zárt, fedett helyen tárolható (Boxman et al. 2008).

Ismeretes, hogy meszes talajon az $\text{NH}_4\text{-N}$ formát tartalmazó N-műtrágya jelentős ammónia veszteséget szenvedhet a mezőföldi telepünkhöz hasonló talajokon. A telep mellett szarvasmarha hizlalása, tenyésztése is folyik. A környező mezőgazdasági művelt talajok NH_3 emissziója szintén jelentős lehet a tavaszi/nyári időszakban, amikor a baktériumok tevékenysége intenzív a jól szellőzött humuszos meszes csernozjomokon. A talajfelszín tehát döntő emittáló faktor az emberi, gazdálkodási tevékenységgel együtt. A keleti irányból érkező szelek Dunaújváros és a kőolajfinomítók, a nyugati irányból érkezők pedig Székesfehérvár és Veszprém légszennyező hatását tükrözhetik esetenként, melyre főként a kiülepedő S utalhat.

85.táblázat

A csapadék mennyisége, vezetőképessége, pH, Ca, NH₄-N, NO₃-N, S, Na és K koncentrációk, illetve az elemhozamok alakulása 2007-ben
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörsök, Mezőföld)

Hónap 2007	Csap. mm	Vezkép μS/cm	pH	Ca	NH ₄ -N	NO ₃ -N	S	Na	K
				Koncentráció, mg/l					
I.	18	105	5,8	3,6	2,6	1,3	3,0	7,9	1,4
II.	38	39	5,1	2,2	1,9	0,9	1,1	1,9	0,5
III.	36	57	5,3	1,1	3,1	1,7	2,3	1,1	1,4
IV.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V.	84	151	6,2	2,7	11,9	0,9	2,5	1,6	5,2
VI.	45	131	6,0	1,4	12,4	0,6	1,3	0,8	2,5
VII.	22	220	7,0	4,5	15,0	1,3	4,4	4,3	11,0
VIII.	97	56	6,6	0,9	3,3	1,0	1,2	1,1	1,4
IX.	36	51	5,6	0,9	3,0	1,0	1,1	1,0	1,2
X.	52	77	5,8	1,6	5,0	1,0	2,6	0,7	2,7
XI.	61	51	5,7	0,9	3,3	0,7	1,1	0,6	1,6
XII.	59	29	5,6	0,5	1,4	0,6	0,6	1,3	0,3

Hónap átlagok	Csap. mm	Vezkép μS/cm	pH	Ca	NH ₄ -N	NO ₃ -N	S	Na	K
				Elemhozam, kg/ha					
I.	18	105	5,8	0,6	0,5	0,2	0,5	1,4	0,2
II.	38	39	5,1	0,8	0,7	0,3	0,4	0,7	0,2
III.	36	57	5,3	0,4	1,1	0,6	0,8	0,4	0,5
IV.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V.	84	151	6,2	2,3	10,0	0,7	2,1	1,3	4,4
VI.	45	131	6,0	0,6	5,6	0,3	0,6	0,4	1,1
VII.	22	220	7,0	1,0	3,3	0,3	1,0	0,9	2,4
VIII.	97	56	6,6	0,9	3,2	1,0	1,2	1,1	1,3
IX.	36	51	5,6	0,3	1,1	0,4	0,4	0,4	0,4
X.	52	77	5,8	0,8	2,6	0,5	1,4	0,4	1,4
XI.	61	51	5,7	0,6	2,0	0,4	0,7	0,4	1,0
XII.	59	29	5,6	0,3	0,8	0,3	0,4	0,7	0,2
Éves	548	94	5,8	8,7	30,9	5,1	9,5	8,1	13,2

Megjegyzés: április csapadékmentes hónap volt

2008. I. félévében mért adatok szerint a csapadékvíz pH-ja folyamatosan nőtt január és július között. Januárban viszonylag kicsi a NH₄-N és K lúgosító kationok koncentrációja, viszont jelentős a savanyító NO₃-N és S mennyisége az egész

vizsgált félévben. Júniusra a meghatározó Ca kiülepedés 13-szorosára, az NH₄-N kiülepedése 45-szörösére ugrott, miközben a NO₃-N hozama érdemben nem változott. A S mennyisége is többszörösére emelkedett ezzel együtt, így a csapadékvíz pH-ja júniusban is 6 alatt maradt. A csapadék mennyisége extrém módon ingadozott és nem mutatott egyértelmű összefüggést a vezetőképességgel vagy a pH-értékkel (86. táblázat).

86. táblázat

A havi csapadékösszeg, vezetőképesség, pH, Ca, NH₄-N, NO₃-N, S, Na és K koncentrációk, illetve az elemhozamok 2008-ban
(Mezőföld, mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök)

Hónap	Csap. mm	Vezkép. μS/cm	pH	Ca	NH ₄ -N	NO ₃ -N	S	Na	K
				Koncentráció, mg/l					
I.	11	79	4,8	3,0	3,1	1,7	9,9	0,7	0,5
II.	4	94	5,0	2,5	4,8	1,8	10,0	ny	NY
III.	50	79	5,4	1,5	3,3	0,9	6,4	Ny	2,6
IV.	18	288	5,6	7,4	21,3	2,1	11,7	Ny	10,0
V.	30	321	5,7	4,8	30,2	1,1	11,0	Ny	6,2
VI.	82	190	5,9	4,8	16,7	0,7	7,4	Ny	2,8
Hónap	Csap. mm	Vezkép. μS/cm	pH	Ca	NH ₄ -N	NO ₃ -N	S	Na	K
				Elemhozam, kg/ha					
I.	11	79	4,8	0,3	0,3	0,2	1,1	0,1	0,1
II.	4	94	5,0	0,1	0,2	0,1	0,4	0,0	0,0
III.	50	79	5,4	0,8	1,6	0,4	3,2	0,0	1,3
IV.	18	288	5,6	1,3	3,8	0,4	2,1	0,0	1,8
V.	30	321	5,7	1,5	9,1	0,3	3,3	0,0	1,9
VI.	82	190	5,9	3,9	13,7	0,6	6,0	0,0	2,3
Össz.:	195	-	-	7,9	28,8	2,0	16,1	0,1	7,4

ny-nyomokban

A 2005-2008. között mért légköri talajterhelés mértékéről, illetve jellemzőiről a 87. táblázat nyújt áttekintést félévenkénti bontásban a vizsgált 26 paraméterre. Duna-Tisza közén található Órbottyán Kísérleti Telepünkön 2006. február és március hónapok csapadékában egy nagyságrenddel ugrott meg a Ca, Mg, Na, Sr koncentrációja. Emellett nagy NH₄-N, S és Zn ülepedést is regisztráltunk. Mindez visszavezethető volt a Váci Cementgyár emissziójára és a kedvezőtlen szélirányra. A pH elérte a 7,0 értéket, elektromos vezetőképesség pedig közelített a 2000 μS/cm értékhez. Az éves elemhozamok tekintélyes mennyiségnek adódtak: 60 kg/ha Ca; 48 kg/ha N; 21 kg/ha S; 16 kg/ha K és Mg; 13 kg Na; 5-6 kg/ha P. A mikroelemek

87. táblázat

Légköri talajterhelés az Órbottyán Kísérleti Telepen (Duna-Tisza köze) 2005-2007.

Mért jellemző	Mértékegység	2005. II.félév	2006.év			2007.év			2008. I.félév
			I.félév	II.félév	Együtt	I.félév	II.félév	Együtt	
NO ₃ -N	kg/ha	10,7	2,5	7,5	10,0	9,0	10,9	19,9	4,3
NH ₄ -N	kg/ha	5,7	24,0	14,0	38,0	5,2	4,3	9,5	9,2
Összes-N	kg/ha	16,4	26,5	21,5	48,0	14,2	15,2	29,4	13,5
Ca	kg/ha	8,0	54,5	5,6	60,1	10,3	3,0	13,3	8,6
K	kg/ha	6,0	8,9	7,6	16,5	3,1	3,2	6,3	3,1
S	kg/ha	5,8	18,4	2,7	21,1	0,1	2,1	2,2	0,0
Na	kg/ha	3,0	12,1	1,2	13,3	2,4	1,7	4,1	0,8
Mg	kg/ha	2,8	14,4	1,4	15,8	1,7	0,7	2,4	1,3
P	kg/ha	1,2	2,9	2,7	5,6	1,8	0,7	2,5	1,5
Zn	g/ha	430	1091	300	1391	239	25	264	67
Ba	g/ha	60	63	16	79	33	15	40	15
B	g/ha	0	0	26	26	0	0	0	10
Sr	g/ha	27	190	12	202	27	8	35	24
Cu	g/ha	33	30	123	153	15	6	21	10
Mn	g/ha	21	30	32	62	26	11	37	26
Fe	g/ha	14	40	4	44	79	40	119	2
Ni	g/ha	9,8	3,8	2,4	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd	g/ha	1,4	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0
Mo	g/ha	1,3	1,5	1,0	2,5	0,6	0,4	1,0	0,5
As	g/ha	0,0	4,2	0,0	4,2	0,0	2,7	2,7	0,0
Cr	g/ha	0,0	3,0	0,0	3,0	0,3	0,0	0,3	0,0
Pb	g/ha	0,0	6,3	0,4	6,7	3,8	0,0	3,8	0,0
Se	g/ha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Co	g/ha	0,0	0,7	0,0	0,7	0,2	0,4	0,6	0,0
Hg	g/ha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
Csapadék	mm	406	313	210	523	239	227	466	273
pH minimum		5,2	6,0	4,7	4,7	4,2	4,3	4,2	5,0
pH maximum		6,8	7,0	6,7	7,0	7,2	6,7	7,2	5,9
Átlag		6,1	6,5	5,6	6,0	5,4	5,9	5,5	5,4
EC									
minimum	µS/cm	30	47	53	47	54	25	25	26
maximum	µS/cm	179	1 996	243	1 996	140	80	140	149
átlag	µS/cm	71	504	135	320	82	52	68	61

közül kiemelhető a Zn 1391 g/ha; Sr 202 g/ha; Cu 153 g/ha; Pb 7 g/ha; As 4 g/ha; Cr 3 g/ha mennyiséggel.

Ez a termőhely N, P és K elemekben egyaránt szegény. Agronómiai szempontból fontos az évente talajt gazdagító 25-50 kg/ha körülire becsülhető N-terhelés, valamint 6-10 kg/ha K, illetve 2-4 kg/ha P ülepedése évente. Az 1960 óta folyó „örökrozs” műtrágyázási kísérletünkben a PK kezelések termése növekvő, mely korábbi véleményünk szerint is a légköri N-ülepedésre vezethető vissza (*Kádár et al. 1984, Lásztity et al. 1993*). Szárazabb, kedvezőtlenebb években a kalászosok szemtermése általában 2 t/ha alatt marad, N-hatásokat nem kapunk. A talaj N-szolgáltatását ilyenkor a légköri N ülepedése biztosíthatja. A mikroelemek közül a Zn és a Cu utánpótlása figyelemre méltó, hiszen ezen a Zn és Cu elemekkel rosszul ellátott termőhelyeken a légköri ülepedés teljesszűrés fedezheti az itt elérhető közepes termések Zn és Cu elemigényét. Az esetenkénti savanyú csapadék nemkívánatos hatását a légköri Ca, Mg, Na ellensúlyozhatja.

A 88. táblázat a mezőföldi kísérleti telep légköri talajterheléséről informál. Megállapítható, hogy az összes éves N-terhelés a 36 kg/ha mennyiséget is elérheti. Általában meghatározó az NH₄-N túlsúlya, mely a NO₃-N mennyiségéhez képest 3-14-szeres lehet. A makroelemeket tekintve a K 13-14 kg/ha; S 6-16 kg/ha; Na 7-8 kg/ha; Ca 6-9 kg/ha; P 4-5 kg/ha; Mg 2-3 kg/ha éves maximumokkal jellemezhető. Növényélettani, agronómiai szempontból jelentős lehet a légköri makroelem-pótlás, amennyiben az oldható formában kihulló esszenciális elemek mint levéltrágyák teljesszűrésen hasznosulhatnak ideális esetben.

Közepes 10 t/ha légszáraz földfeletti termésű őszi árpa melynek kb. fele a szemtermés, fele a melléktermés tömege ezen a talajon az alábbi elemmentiséget építette be testébe: N 102 kg; K 133 kg; P és S 25 kg; Ca 24 kg; Mg 18 kg; Na 2 kg/ha (*Kádár 2003*). A légköri terhelés tehát fedezhette volna a felvett K 10; Mg 15; P 20; Ca és N 30; S 40 és a Na 350-400%-át. Mivel kombájn betakarításnál a melléktermés a táblán marad és visszakerül a talajba, csak a szembe épült elemek tömegével számolhatunk. Ebben az esetben a légköri tápelem-pótlás aránya megnő, hisz a szemtermésbe mindössze 30 kg K; 20 kg P; 8 kg Mg; 6 kg S; 2 kg Ca és 240 g Na épült be. A légköri forrás fedezhetné a P 25, K 45%-át, míg a S és Ca 100-300%-át, a szembe épült Na mennyiségét pedig a légköri terhelés nagyságrenddel haladhatja meg.

Ami az esszenciális és egyéb mikroelemeket illeti, az 5 t/ha körüli őszi árpa szemtermése 305 g Fe; 125 g Mn; 90 g Al; 60 g Zn; 15 g Cu; 10 g Sr és Ba; 9 g B; 5 g Se; 1-2 g Mo és Ni; 0,5 g Co és Cr elemet tartalmazott. Az Pb, Hg, Cd toxikus nehézfémek mennyisége 0,1 g/ha kimutatási határ alatt maradt. A Fe, Mn, Al talajalkotó nem szennyező elemek, tárgyalásuktól eltekinthetünk. A légköri ülepedés lényegében fedezhette a Se, Mo, Ni elemek szembe épült mennyiségét. A Zn szükségletét mintegy 60%-kal meghaladhatta. A B, Cu, Sr, Ba elemek terén pedig a kiülepedés többszöröse a szem elemkészletének. Jelenlegi ismereteink szerint előnyösnek minősülhet a Zn, Se, Mo, Cu elemekben való talajgazdagodás, amennyiben a talaj ezen elemekben nem (Zn, Cu) vagy nem kellően (Se, Mo)

88. táblázat

Légköri talajterhelés az Nagyhöröcsöki Kísérleti Telepen (Mezőföld, 2005-2008)

Mért jellemző	Mérték egység	2005.	2006.év			2007.év			2008.
		II. félév	I. félév	II. félév	Együtt	I. félév	II.félév	Együtt	I.félév
NO ₃ -N	kg/ha	ny	6,3	1,3	7,6	2,2	2,9	5,1	2,0
NH ₄ -N	kg/ha	ny	16,4	11,3	27,7	17,9	13,0	30,9	28,8
Összes-N	kg/ha	ny	22,7	12,6	35,3	20,1	15,9	36,0	30,8
Ca	kg/ha	3,9	3,0	3,3	6,3	4,8	3,9	8,7	7,9
K	kg/ha	10,8	5,4	8,6	14,0	6,4	6,8	13,2	7,4
S	kg/ha	4,5	3,1	3,1	6,2	4,5	5,0	9,5	16,1
Na	kg/ha	6,3	3,7	3,5	7,2	4,2	3,9	8,1	0,1
Mg	kg/ha	1,7	1,0	1,3	2,3	1,5	1,4	2,9	1,8
P	kg/ha	4,8	2,2	1,7	3,9	2,3	2,3	4,6	3,4
Al	g/ha	157	0	62	62	70	35	105	89
Zn	g/ha	68	71	42	113	54	58	112	101
Ba	g/ha	28	42	19	61	36	15	51	35
B	g/ha	0	8	25	33	17	12	29	0
Sr	g/ha	24	13	17	30	25	19	44	25
Cu	g/ha	42	9	77	86	33	10	43	17
Mn	g/ha	24	15	18	33	27	18	45	39
Fe	g/ha	7	18	24	42	20	33	53	32
Ni	g/ha	1,0	0,5	0,0	0,5	4,6	0,3	4,9	0,8
Cd	g/ha	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2
Mo	g/ha	0,0	5,4	1,0	6,4	0,0	0,2	0,2	0,1
As	g/ha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0
Cr	g/ha	0,0	0,6	3,0	3,6	3,1	0,0	3,1	6,4
Pb	g/ha	0,0	5,6	0,1	5,7	0,0	1,5	1,5	1,9
Se	g/ha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Co	g/ha	0,0	0,4	0,0	0,4	0,6	0,1	0,7	0,1
Hg	g/ha	0,0	0,0	1,5	1,5	0,2	0,0	0,2	0,0
Csapadék	mm	462	253	222	473	221	327	548	195
pH minimum		5,0	5,6	5,1	5,1	5,1	5,6	5,1	4,8
pH maximum		6,2	6,7	5,8	6,7	6,2	7,0	7,0	5,9
átlag		5,8	6,1	5,4	5,8	5,7	6,0	5,9	5,4
EC									
minimum	µS/cm	32	23	46	23	39	39	29	79
maximum	µS/cm	175	71	145	145	151	220	220	321
Átlag	µS/cm	99	47	107	77	97	81	89	175

ny-nyomokba

ellátott. Nemkívánatos jelenség viszont a talaj Pb, Hg és Cd elemekben való dúsulása, különösen hosszútávon. Takarmány és élelmiszer növények felületére, illetve a vizekbe jutva ezek a toxikus nehézfémek közvetlenül is károsíthatják az élelmiszerláncot.

A 89. táblázatban áttekintést adunk a légköri csapadékkal okozott talajterhelés mértékéről irodalmi és saját eredményeink alapján. A bemutatott adatok arra utalnak, hogy egy vagy akár két nagyságrendbeli különbségek is adódhatnak az egyes elemek kiülepedése tekintetében a vizsgált makroelemeknél, amennyiben a háttérszennyezés és az extrém ipari területek, tenger melléki tájakat vetjük össze. A saját kísérleti telepeinken mért elemterhelések lényegében összecsengenek a korábbi hazai mérések eredményeivel. A magyar adatok közepes szennyezésről tanúskodhatnak nemzetközi viszonylatban. A változatos hazai talajfelszín, gazdálkodási gyakorlat, ipar és közlekedés, települések, szelek hatása nyomán időben és térben nagy eltérések fordulhatnak elő. A csapadékvíz pH-ja is az erősen savanyú 4,2 értéktől a semleges/lúgos tartományig terjedhet.

89. táblázat

Légköri csapadékkal okozott talajterhelés irodalmi és saját adatok alapján
Makroelemek, kg/ha/év

Mért Jellemző	Saját kísérleti Telepek	Chojnaczkai (1970)	In: Kozák és Mészáros (1971)	Kozák és Mészáros (1971)	Horváth és Mészáros (1984)
NO ₃ -N	5-20	3-540 ^{xx}	0-55	2-14	1-9
NH ₄ -N	10-31	4-21	1-53	1-19	6-26
Összes-N	30-48	6-540 ^{xx}	3-55	5-33	-
Ca	6-60	1-217 ^{xx}	1-84	6-67	10-45
K	6-16	1-12	0-40	2-15	2-13
S	2-21	2-84 ^{xx}	1-114	9-39	11-35
Na*	4-13	2-5	1-54	2-27	3-22
Mg	2-16	1-21 ^{xx}	0-17	-	2-3
P	2-6	0-1	0-3	-	-
pH	4,2-7,0	4,4-7,2	-	4,3-5,8	4,5-5,8

* A norvég tengerparton 257 kg/ha/év Cl és 148 kg/ha/év Na kiülepedést is mértek (In: Kozák és Mészáros 1971). ^{xx} Szennyezett ipari területek

Az általunk mért mikroelemek közül a Zn, Mn, Fe, Cu, Pb, Ni, Cd és Co összevethető Mészáros *et al.* (1993) korábbi eredményeivel. A szomszédos Ausztriában Sager (2008) adatai is iránymutatóul szolgálhatnak. A Zn, Mn, Fe, Cu elemek kiülepedése többé-kevésbé közelálló az idézett két szerző által közöltekkel.

A B ülepedése illeszkedik *Chojnaczk* (1970) által megadott 30 g/ha/év mennyiséghez. A Ba, Sr és Mo ülepedését tekintve nincs összehasonlítási alapunk, míg a Hg esetén *Anderson* (1992) által megadott érték szintén tájékoztathat. Szembetűnő, hogy az Pb, Ni, Cd, Co nehézfémek kiülepedése telepeinken általában nagyságrenddel kisebb, mint a korábban *Mészáros et al.* (1993) által mért kiülepedés (90.táblázat). Megjegyzendő, hogy a csapadékvizeknek analizáltuk a karbonát, hidrogén-karbonát és a klorid tartalmát is. A táblázatokban azért nem kerültek bemutatásra, mert a karbonát és a klorid esetében minden mintából kimutathatósági érték alatti mennyiséget mértünk. Jelentős karbonát tartalom hazai körülményeink között eleve kizárható is lenne, mivel elméletileg is karbonátok 9,5 pH felett képződnek. A hidrogén-karbonát tartalom pedig nem korrelált egyetlen egy mért paraméterrel sem.

90.táblázat

Légköri csapadékkal okozott talajterhelés saját és irodalmi források alapján
Mikroelemek, g/ha/év

Vizsgált jellemző	Saját kísérl. Telepek	Mészáros et al. (1993)	Sager (2008)	Gray et al. (2003)	Andersson (1992)
Zn	112-1391	160-230	183-1284	432-1714	110
Ba	40-79	-	-	-	-
Sr	30-202	-	-	-	-
Mn	33-62	25-44	-	-	66
Fe	42-119	150-390	-	-	-
Cu	21-153	24-55	8-110	13-65	12
B	0-33	-	-	-	-
Pb	2-4	74-84	35-186	7-73	35
Ni	0-6	7-22	8-43	4-21	3
Cd	0,0-0,3	4,5-5,7	0,6-3,0	0,1-0,4	1,1
Cr	0,3-6,4	-	1,9-12,4	6,9-54,9	1,6
As	0,0-4,2	-	2,8-17,9	-	3,0
Mo	0,2-6,4	-	-	-	-
Co	0,4-0,7	2,3-3,1	-	-	-
Hg	0,0-1,5	-	-	-	0,3

Megjegyzés: *Chojnaczk* (1970) 30 g/ha/év B ülepedéssel számol

A Környezetvédelmi Minisztérium és a Központi Statisztikai Hivatal közlése szerint a környezetszennyező mikroelemek kibocsátásának indexe 1980 és 2000 között az alábbi mértékben csökkent: Ni 46; Hg 52; V 53; Zn 59; Cu 61; Cd 64; Se 67; Cr 70; As 74; Pb 94%-kal. Hasonló változások történtek egész Európában részben a környezetvédelmi intézkedések, illetve részben a korábbi „szocialista” iparágak összeomlása miatt. Mérséklődött ennek eredményeképpen a határokon átvélő légköri terhelés is. Ezeket a mérgező nehézfémeket főképpen a magas hőmérsékletű égési folyamat során a kohászat, fémfeldolgozás, kerámia- és

vegyipar juttatja légkörbe. Az Pb és vegyületei károsítják az ér- és idegrendszert, Hg és vegyületei vese-, bőr- és idegrendszert, az As, Cr, Ni vegyületei rákkeltők stb. Az energiatermelés, közlekedés termelte a Ni és V, valamint az Pb és As jelentős részét (KSH 2003, KvM 2002).

Összefoglalás

2005-2008. között három éven át havi gyakorisággal vizsgáltuk két kísérleti telepünkön a csapadékvizek összetételét és elemhozamát. Az analízis 26 tulajdonságra terjedt ki: pH, EC, NO₃-N, NH₄-N, valamint a fontosabb makro-és mikroelemek meghatározására. Méréseink a teljes, tehát a nedves és száraz ülepedés együttes hatását tükrözik. A szűrletből közvetlenül mértük a Ca, Mg, K, Na, S, B elemeket, valamint a karbonátot, kloridot, ammóniát, nitrátot. A szűrletet az eredeti térfogat ¼-ére bepároltuk HNO₃ hozzáadása után a mikroelemek elemzése céljából. A mérések – a karbonát, klorid, ammónia, nitrát kivételével – ICP-OES készülékkel történtek. Főbb megállapítások:

- Általában a minimális havi csapadékösszeghez volt köthető a maximális vezetőképesség (EC), pH, NH₄-N, Ca, Na, K koncentrációja. A legnagyobb elemhozamokat ugyanakkor a csapadékos hónapok biztosították. Az 5 pH alatti savanyú csapadék salétromsavat képező NO₃-N-ben gazdag, NH₄-N-ben szegény volt az Őrbottyán állomásunkon. A közeli cementgyár emissziója miatt 2006. február és március havi csapadékban nagyságrenddel dúsult a Ca, Mg, Na, Sr, valamint jelentősen emelkedett az NH₄-N, S, Zn, As, Cr, Pb koncentrációja. A pH 7,0-re emelkedett ezen a termőhelyen.

- Mezőföldi állomáson a téli hónapok elemhozamai kicsik. A melegebb május-július hónapok között az NH₄-N koncentrációja 10-20-szorosa az NO₃-N koncentrációnak. A környező termékeny humuszos talajfelszín, a trágyázás, a közeli állattenyésztő telep jelentős NH₃ emissziót képez. Ekkor nagy az NH₄-N, Ca, K lúgosító kationok mennyisége a csapadékvízben, a pH januártól júniusig emelkedhet.

- A légköri csapadékkal okozott talajterhelés kg/ha/év mennyisége az alábbi tág határok között változott telepeinken: NO₃-N 5-20; NH₄-N 10-31; összes N 30-48; Ca 6-60; K 6-16; S 2-21; Na 4-13; Mg 2-16; P 2-6 kg/ha/év. Az általunk mért kiülepedés a Zn, Mn, Fe, Cu, B elemek esetében közelálló a korábbi hazai, illetve ausztriai mérések eredményével. Az Pb, Ni, Cd, Co nehézfémek kiülepedését nagyságrenddel kisebbnek találtuk, mely az 1990 óta egész Európára jellemző drasztikus nehézfém-emisszió csökkenését tükrözi.

- A légköri csapadék elemhozamának agronómiai és környezeti jelentősége nem elhanyagolható. Számításaink szerint pl. a mezőföldi csernozjom termőhelyen egy közepes, 5 t/ha kalászos gabona szemterméssel és a hozzátartozó mintegy 5 t/ha mellékterméssel felvett K 10; Mg 15; P 20; Ca és N 30; S 40%-át fedezheti. Amennyiben kombájn betakarításnál csak a szemtermés elemtartalmával

számolnak, mivel a melléktermés a táblán marad és visszakerül a talajba, a légköri forrás fedezhetné a P 25; K 45; S és a Ca 100-300%-át. A szembe épült Na mennyiségét pedig nagyságrenddel meghaladhatná.

- A légköri ülepedés többé-kevésbé fedezheti a Mo, Ni, Se mikroelemek szemtermésbe épült mennyiségét, a Zn szükségletét mintegy 60%-kal meghaladhatja. A B, Ba, Cu, Sr kiülepedés többszöröse az 5 t/ha szemtermés igényének. Agronómiailag előnyösnek minősülhet a Cu, Mo, Se, Zn elemekkel történő légköri trágyázás, amennyiben a talaj ezen elemekben nem (Zn, Cu) vagy nem kellően (Mo, Se) ellátott. Környezeti szempontból nemkívánatos jelenség viszont a talaj Cd, Hg és Pb nehézfémekben való gazdagodása, különösen hosszútávon. Ezek a toxikus fémek a vizekbe, illetve az élelmiszer és takarmány növények felületére jutva közvetlenül is károsíthatják az élelmiszerláncot.

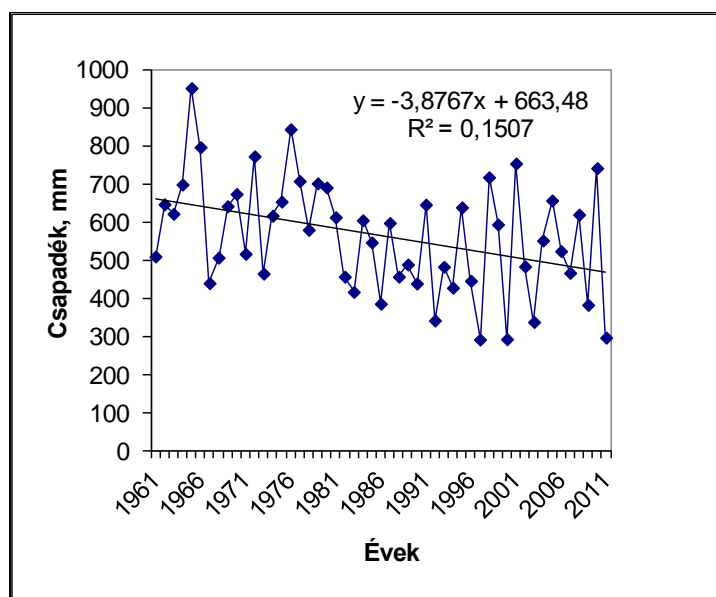
- Méréseink szerint kísérleti telepeinken a 3 év alatt évente az alábbi minimális – maximális kiülepedést regisztráltuk: Zn 112-1391; Sr 30-202; Cu 21-153; Fe 42-119; Ba 40-79; Mn 33-62; B 0-33; Pb 2-4; Ni, Cr, Mo 0-6; As 0-4; Hg 0-1,5; Co 0,4-0,7; Cd 0-0,3 g/ha/év. A pH 4,2-7,0, az elektromos vezetőképesség 25-1996 $\mu\text{S/cm}$ tartományban ingadozott.

XIII. Az 1961-2011 közötti szem- és szalmatermések, valamint a havi és éves csapadékösszegek. Tanulságok összefoglalása

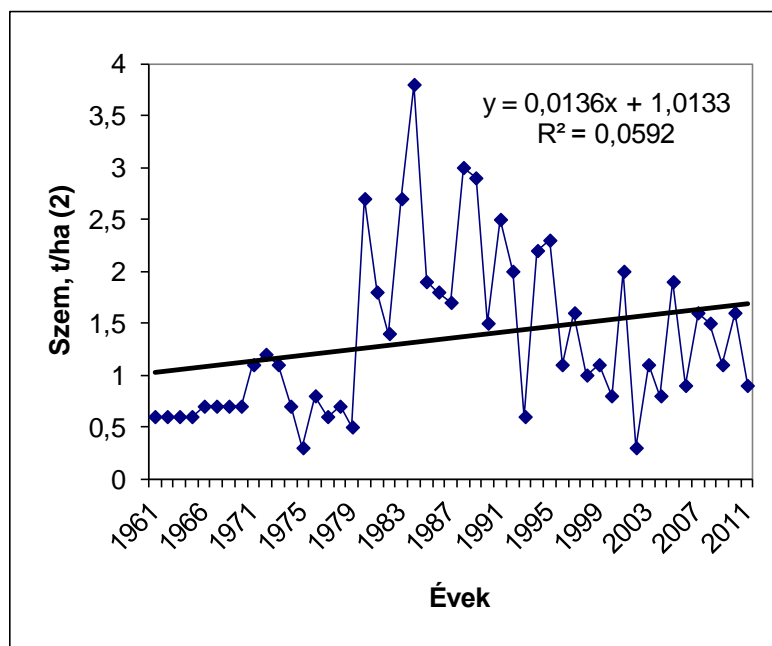
Az 1961-2011. években mért éves csapadékösszegek 5 éves átlagait a 3. ábra szemlélteti. A minimum 291 mm, a maximum 951 mm, míg az átlag 541 mm (96-97.táblázat). Az 5 éves átlagok csökkenő tendenciát mutatnak, az összefüggés lineáris modellel írható le. Az átlagról való eltérés, illetve szórás +25% és -21% közötti.

A PK-kezelésekben mért szemtermések 5 éves átlagait a 4. ábra mutatja be. A termések szórása közel 13-szoros extrém értékeket mutat 0,3 t/ha minimum és 3,8 t/ha maximummal. A vizsgált időszakban kapott átlag 1,4 t/ha (91-95.táblázat). Az 5 éves átlagok enyhe növekedést jeleznek. Mindez véleményünk szerint visszavezethető a növekvő légköri N-terhelésre, mely vizsgálataink szerint Órbottyán térségében 29-48 kg/ha/év mennyiséget tett ki 2005-2008. évek között. A N hiánya nem terméslimitáló tényező, amennyiben 1-2 t/ha szemtermés N-igényét fedezheti.

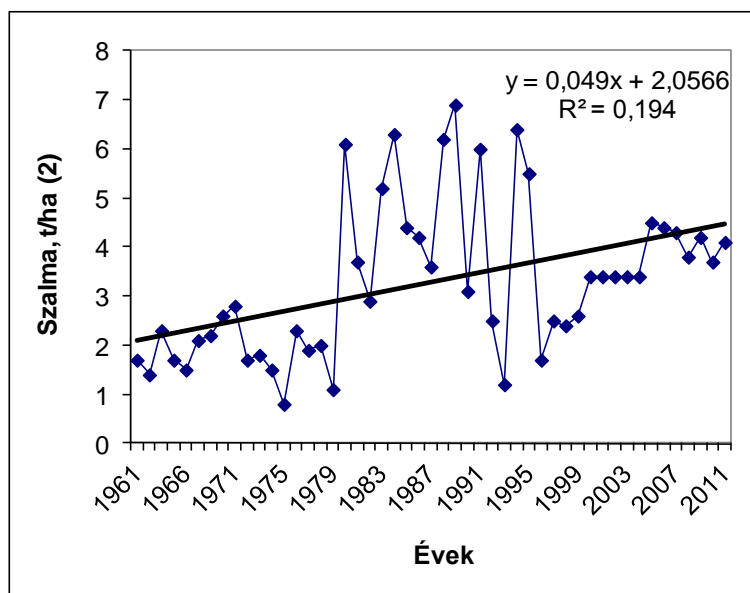
Hasonló megállapításokat tehetünk a szalmatermések alakulására. A termések szórása közel 9-szeres 0,8 t/ha minimum és 6,9 t/ha maximum értékkel. A vizsgált időszak átlaga 3,3 t/ha (91-95.táblázat). A termésemelkedés trendje meredekebb mint a szemtermésnél, a korreláció szorosabb, az abszolút szórások mérsékeltebbek a bemutatott 5. ábra alapján. A trágyázatlan kontroll és az egyéb kezelések 5 éves átlagainak trendje érdemi változásokat az idő függvényében nem jelzett, bemutatásuktól eltekintünk.



3.ábra: Éves csapadék összegek 5 éves átlagai 1961 és 2011 között



4.ábra: PK kezelések hatása a rozs 5 éves szemtermés átlagaira, 1961-2011



5.ábra: PK kezelések hatása a rozs 5 éves szalmatermés átlagaira, 1961-2011

91. táblázat

Őszi rozs terméseredménye 1961-1972 (Órbottyán)

Kezelés №*	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga
	1961	1962	1964	1965	1966		1967	1968	1969	1971	1972	
Szemtermés t/ha												
1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,8	0,9	0,7
2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	1,1	1,2	0,9
3	1,4	0,6	0,9	0,7	0,7	0,9	0,9	1,1	0,8	0,9	1,8	1,1
4	1,2	0,8	1,0	1,8	1,1	1,2	1,2	0,9	0,9	1,5	1,5	1,2
5	1,7	0,8	0,9	1,6	0,9	1,2	1,3	0,8	0,8	1,3	1,3	1,1
6	1,5	0,9	0,9	2,3	0,9	1,3	1,3	0,7	0,8	1,9	1,5	1,2
7	1,4	0,7	1,1	0,8	0,7	0,9	1,1	1,5	1,1	1,5	2,5	1,6
8	1,2	1,1	1,2	2,1	1,5	1,4	1,6	1,2	1,3	2,3	2,2	1,7
9	2,1	1,1	1,4	2,3	1,7	1,7	1,9	1,5	1,4	2,2	2,2	1,8
10	1,6	1,5	1,3	3,0	1,7	1,8	2,1	1,5	1,6	2,4	2,5	2,0
Átlag	1,3	0,9	1,0	1,6	1,1	1,2	1,3	1,0	1,0	1,6	1,8	1,3
SzD _{5%}	0,2	0,2	0,6	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
Szalmatermés t/ha												
1	1,6	1,0	1,7	1,6	1,4	1,5	1,6	2,8	1,4	1,7	1,2	1,8
2	1,7	1,4	2,3	1,7	1,5	1,7	2,1	2,2	2,6	2,8	1,7	2,3
3	3,1	1,6	3,4	1,9	1,8	2,3	2,4	3,0	1,7	1,9	2,7	2,3
4	2,5	2,5	3,1	4,4	2,7	3,0	2,7	3,1	2,3	2,8	2,0	2,6
5	3,7	2,2	3,4	4,1	2,3	3,1	2,9	2,8	1,7	2,5	1,8	2,3
6	3,6	2,4	3,8	5,4	2,2	3,5	2,6	2,9	2,1	3,2	2,2	2,6
7	3,5	2,0	4,0	2,1	1,6	2,6	3,0	3,4	2,7	3,1	3,8	3,2
8	2,9	3,0	4,2	5,3	3,5	3,8	4,1	3,0	3,1	5,1	3,0	3,7
9	4,5	3,4	5,1	5,7	4,3	4,6	4,9	3,3	3,2	5,0	3,2	3,9
10	3,5	3,8	4,8	7,2	4,5	4,8	4,8	3,2	3,1	5,5	3,5	4,0
Átlag	3,1	2,3	3,6	3,9	2,6	3,1	3,1	3,0	2,4	3,4	2,5	2,9
SzD _{5%}	0,6	0,5	1,1	0,6	0,6	0,4	0,7	0,9	1,0	0,9	0,5	0,4

92. táblázat

Őszi rozs terméseredménye 1973-1982 (Órbottyán)

Kezelés №*	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga
	1973	1974	1975	1976	1977		1978	1979	1980	1981	1982	
Szemtermés t/ha												
1	0,9	0,7	0,3	0,6	0,6	0,6	0,7	0,5	1,1	0,5	0,9	0,7
2	1,1	0,7	0,3	0,8	0,6	0,7	0,7	0,5	2,7	1,8	1,4	1,4
3	1,7	0,5	0,2	0,6	0,6	0,7	0,7	0,4	2,5	1,7	1,5	1,4
4	1,4	0,5	0,4	0,4	0,6	0,7	0,7	0,4	2,5	1,8	1,5	1,4
5	1,4	0,5	0,2	0,4	0,6	0,6	0,6	0,4	1,5	1,0	0,7	0,8
6	1,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,7	0,7	0,4	1,6	1,0	1,7	1,1
7	2,0	1,0	0,4	1,2	0,9	1,1	1,9	1,0	3,0	1,9	1,7	1,9
8	1,7	1,1	0,7	1,1	1,0	1,1	1,5	0,8	2,9	1,9	1,5	1,7
9	1,9	1,2	1,2	1,1	1,2	1,3	1,9	0,9	3,1	2,0	1,6	1,9
10	2,1	1,3	1,3	1,1	1,4	1,4	1,7	0,9	2,9	1,9	1,6	1,8
Átlag	1,6	0,8	0,6	0,8	0,8	0,9	1,1	0,6	2,4	1,6	1,4	1,4
SzD _{5%}	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3	0,3
Szalmatermés t/ha												
1	1,6	1,6	0,7	1,8	1,6	1,5	1,8	1,0	2,3	1,5	2,2	1,8
2	1,8	1,5	0,8	2,3	1,9	1,7	2,0	1,1	6,1	3,7	2,9	3,2
3	2,7	1,7	0,7	2,3	2,9	2,1	2,5	1,0	5,3	3,1	3,1	3,0
4	2,4	1,9	1,1	2,6	2,6	2,1	2,4	1,1	5,3	3,8	3,0	3,1
5	2,3	1,6	1,0	2,0	2,8	1,9	1,9	0,7	3,3	2,1	1,7	1,9
6	2,4	1,3	1,2	1,9	2,3	1,8	2,5	0,8	3,2	2,5	3,4	2,5
7	3,6	2,6	1,1	3,9	3,1	2,9	5,7	2,6	6,0	3,5	3,3	4,2
8	3,5	3,3	1,9	3,6	3,5	3,2	5,1	2,5	6,5	3,8	3,0	4,2
9	3,8	5,3	3,1	3,6	4,6	4,1	5,6	2,7	6,7	4,0	3,3	4,5
10	3,9	3,9	2,5	3,9	5,4	3,9	5,2	2,7	6,5	4,0	3,3	4,3
Átlag	2,8	2,5	1,4	2,8	3,1	2,5	3,5	1,6	5,1	3,2	2,9	3,3
SzD _{5%}	0,6	0,7	0,8	0,9	1,2	0,8	1,0	0,6	1,1	0,9	0,8	0,9

93. táblázat

Őszi rozs terméseredménye 1983-1992 (Őrbottyán)

Kezelés №*	É v e k					5 év Átlaga	É v e k					5 év Átlaga
	1983	1984	1985	1986	1987		1988	1989	1990	1991	1992	
Szemtermés t/ha												
1	1,5	1,6	0,6	0,9	0,7	1,1	1,3	1,3	0,7	0,9	1,1	1,1
2	2,7	3,8	1,9	1,8	1,7	2,4	3,0	2,9	1,5	2,5	2,0	2,4
3	2,7	4,0	1,7	1,9	1,9	2,4	3,0	2,8	1,5	2,6	1,8	2,3
4	2,9	3,8	2,1	2,0	2,0	2,6	3,1	2,8	1,8	2,7	2,0	2,5
5	2,3	2,1	0,8	1,4	0,9	1,5	2,4	2,4	1,3	1,6	1,5	1,8
6	2,7	2,5	1,5	1,4	1,0	1,8	2,6	2,4	1,1	1,5	1,5	1,8
7	3,1	3,4	1,7	1,7	1,9	2,4	3,3	3,3	1,8	2,6	2,2	2,6
8	3,0	4,2	2,0	2,0	2,0	2,6	3,5	3,5	2,0	2,9	2,2	2,8
9	3,2	3,6	2,2	2,0	2,0	2,6	3,5	3,2	1,9	3,1	2,2	2,8
10	3,2	3,6	2,3	2,1	2,0	2,6	3,4	3,4	2,3	2,9	2,3	2,9
Átlag	2,7	3,3	1,7	1,7	1,6	2,2	2,9	2,8	1,6	2,3	1,9	2,3
SzD _{5%}	0,5	0,8	0,4	0,3	0,6	0,5	0,6	0,8	0,6	0,7	0,4	0,6
Szalmatermés t/ha												
1	3,2	3,3	1,7	2,7	1,4	2,5	3,0	3,5	1,7	2,7	1,6	2,5
2	5,2	6,3	4,4	4,2	3,6	4,7	6,2	6,9	3,1	6,0	2,5	4,9
3	5,7	7,0	4,5	4,2	3,9	5,1	6,2	6,4	3,5	6,2	2,5	5,0
4	6,3	6,8	4,9	4,2	4,1	5,3	6,5	6,4	3,8	6,5	2,7	5,2
5	5,6	6,3	2,5	3,5	2,1	4,0	5,2	5,5	2,9	4,6	2,1	4,1
6	5,6	7,4	4,1	3,6	2,3	4,6	5,7	5,6	3,1	4,5	2,0	4,2
7	6,7	6,9	5,2	3,9	3,9	5,3	6,6	7,9	3,6	6,4	9,5	6,8
8	6,5	7,7	5,2	4,6	4,2	5,6	7,1	8,8	4,2	6,6	10,0	7,3
9	6,7	7,0	5,3	4,5	4,1	5,5	6,9	7,3	4,1	7,2	11,1	7,3
10	6,4	7,7	5,6	4,9	4,3	5,8	7,4	8,1	4,8	7,0	3,2	6,1
Átlag	5,8	6,6	4,3	4,0	3,4	4,8	6,1	6,6	3,5	5,8	4,7	5,3
SzD _{5%}	1,4	1,7	1,3	1,0	1,1	1,3	1,1	1,9	1,4	1,6	4,7	2,1

94. táblázat

Őszi rozs terméseredménye 1993-2002 (Őrbottyán)

Kezelés №*	É v e k					5 év átlaga	É v e k					5 év átlaga
	1993	1994	1995	1996	1997		1998	1999	2000	2001	2002	
Szemtermés t/ha												
1	0,5	0,8	1,3	0,7	0,9	0,8	0,6	0,6	0,5	0,9	0,2	0,6
2	0,6	2,2	2,3	1,1	1,6	1,6	1,0	1,1	0,8	2,0	0,3	1,0
3	0,6	2,5	2,4	1,2	1,6	1,7	1,0	1,1	1,0	1,8	0,3	1,0
4	0,7	2,6	2,2	1,2	1,6	1,7	1,1	1,1	0,9	1,9	0,3	1,1
5	0,3	1,9	1,8	1,0	1,5	1,3	1,0	0,9	0,6	1,4	0,2	0,8
6	0,4	2,0	1,9	1,1	1,6	1,4	1,0	0,9	0,7	1,4	0,5	0,9
7	0,8	2,6	2,7	1,3	2,0	1,9	1,5	1,5	0,8	2,1	0,5	1,3
8	0,8	2,9	2,6	1,2	2,0	1,9	1,6	1,4	0,9	2,1	0,5	1,3
9	0,8	2,9	2,8	1,2	2,0	1,9	1,5	1,5	1,0	2,2	0,5	1,3
10	0,9	2,6	2,7	1,3	2,1	1,9	1,8	1,3	1,1	2,3	0,5	1,4
Átlag	0,6	2,3	2,3	1,1	1,7	1,6	1,2	1,1	0,8	1,8	0,4	1,1
SzD _{5%}	0,7	0,7	0,5	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,5	0,2	0,4
Szalmatermés t/ha												
1	0,9	2,2	3,8	1,1	1,4	1,9	1,4	1,5	1,8	1,8	1,8	1,7
2	1,2	6,4	5,5	1,7	2,5	3,5	2,4	2,6	3,4	3,4	3,4	3,0
3	1,1	6,9	6,0	1,8	2,4	3,6	2,4	2,7	3,5	3,5	3,5	3,1
4	1,2	7,0	5,4	1,8	2,4	3,6	2,9	2,7	3,7	3,7	3,7	3,3
5	0,4	4,7	4,6	1,6	2,6	2,8	2,3	2,6	2,8	2,8	2,8	2,7
6	0,5	10,0	4,8	1,7	2,5	3,9	2,5	2,4	3,4	3,4	3,4	3,0
7	1,4	8,5	5,9	2,0	3,0	4,2	3,2	3,7	4,7	4,7	4,7	4,2
8	1,6	7,2	6,1	1,8	2,0	3,7	4,3	3,6	4,8	4,8	4,8	4,5
9	1,5	11,6	5,9	1,9	2,0	4,6	3,9	3,9	5,3	5,3	5,3	4,7
10	1,7	11,3	6,1	2,0	2,1	4,6	4,5	3,6	3,1	3,1	3,1	3,5
Átlag	1,2	7,6	5,4	1,7	2,3	3,6	3,0	2,9	3,7	3,7	3,7	3,4
SzD _{5%}	1,2	5,3	1,7	0,5	0,5	1,8	1,2	1,0	1,9	1,9	1,9	1,6

95. táblázat

Őszi rozs terméseredménye 2003-2011 (Őrbottyán)

Kezelés №*	É v e k					5 év átlaga	É v e k					4 év átlaga
	2003	2004	2005	2006	2007		2008	2009	2010	2011	2012	
Szemtermés t/ha												
1	0,6	0,4	1,0	0,4	1,2	0,7	0,9	0,7	0,5	0,4	-	0,6
2	1,1	0,8	1,9	0,9	1,6	1,3	1,5	1,1	1,6	0,9	-	1,3
3	1,2	0,5	2,1	0,8	1,6	1,2	1,6	1,1	1,7	0,8	-	1,3
4	1,4	1,0	2,2	0,9	1,8	1,5	1,7	1,2	1,5	0,9	-	1,3
5	0,6	0,6	1,3	0,6	1,5	0,9	1,0	0,7	1,1	0,7	-	0,9
6	0,7	0,7	1,2	0,5	1,3	0,9	0,7	0,9	1,3	0,7	-	0,9
7	1,4	1,0	1,9	1,0	2,0	1,5	1,6	1,1	1,5	1,2	-	1,4
8	1,2	1,4	2,3	1,3	2,1	1,7	1,8	1,3	1,4	1,2	-	1,4
9	1,3	1,0	2,3	1,1	2,3	1,6	1,6	1,3	1,7	1,2	-	1,5
10	1,3	1,4	2,4	1,2	2,1	1,7	1,8	1,3	1,4	1,3	-	1,5
Átlag	1,1	0,9	1,9	0,9	1,8	1,3	1,4	1,1	1,4	0,9	-	1,2
SzD _{5%}	0,3	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	1,6	0,4	0,4	0,3	-	0,7
Szalmatermés t/ha												
1	1,8	1,8	2,6	2,7	2,8	2,3	2,5	2,6	1,3	2,4	-	2,2
2	3,4	3,4	4,5	4,4	4,3	4,0	3,8	4,2	3,7	4,1	-	4,0
3	3,5	3,5	5,0	4,9	4,9	4,4	4,2	4,7	3,8	4,5	-	4,3
4	3,7	3,7	5,4	5,0	4,6	4,5	4,5	4,8	3,4	4,5	-	4,3
5	2,8	2,8	3,8	3,8	3,9	3,4	2,7	3,5	2,7	3,3	-	3,1
6	3,4	3,4	3,4	3,6	3,7	3,5	2,1	3,1	3,3	3,2	-	2,9
7	4,7	4,7	5,0	5,3	5,5	5,0	4,5	5,0	3,8	4,8	-	4,5
8	4,8	4,8	6,6	6,1	5,6	5,6	4,8	5,7	3,9	5,2	-	4,9
9	5,3	5,3	5,6	6,4	7,2	6,0	4,5	5,8	4,2	5,6	-	5,0
10	3,1	3,1	6,6	6,2	5,9	5,0	4,8	5,8	3,7	5,3	-	4,9
Átlag	3,7	3,7	4,8	4,8	4,8	4,4	3,8	4,5	3,4	4,3	-	4,0
SzD _{5%}	1,9	1,9	1,5	1,5	1,5	1,7	1,3	1,4	0,8	1,3	-	1,2

96. táblázat Havi és éves csapadék összegek Órbottyánban, mm, 1961-2011

Idősz Év	H ó n a p o k											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1961	31	28	0	65	87	48	61	7	0	22	119	41
1962	70	70	68	25	46	23	49	2	41	19	192	41
1963	30	13	42	27	99	114	31	119	40	59	13	34
1964	0	36	38	21	31	157	55	57	42	163	17	81
1965	25	4	49	68	47	184	121	97	102	7	175	72
1966	42	49	32	38	47	105	144	108	11	66	89	65
1967	23	26	7	83	47	80	18	7	65	28	16	39
1968	24	19	14	44	35	22	48	117	69	4	63	47
1969	16	122	44	11	38	118	63	42	15	17	74	81
1970	61	56	47	59	24	85	120	94	13	10	23	81
1971	58	16	19	35	112	64	60	38	61	5	39	9
1972	16	31	18	132	141	64	123	146	44	12	45	0
1973	25	42	2	75	1	148	46	21	19	43	17	25
1974	37	36	6	22	53	46	27	62	75	173	36	43
1975	8	7	44	46	54	59	175	49	70	72	23	46
1976	84	4	23	56	38	48	95	28	169	94	65	139
1977	75	89	63	38	57	90	69	88	31	19	60	28
1978	43	31	34	57	96	82	90	23	32	31	23	37
1979	94	54	51	55	9	129	39	40	27	21	118	64
1980	49	30	51	76	31	72	52	30	34	77	148	40
1981	33	7	42	13	47	103	36	59	70	65	27	110
1982	47	8	24	8	54	61	60	36	14	33	35	76
1983	15	54	41	40	53	63	22	18	34	31	34	11
1984	52	34	26	25	150	31	3	61	93	57	47	25
1985	9	26	54	15	109	75	30	77	17	9	106	19
1986	49	43	28	34	16	49	12	31	0	19	14	90
1987	67	24	34	74	154	38	24	55	20	19	49	39
1988	37	43	36	22	44	52	17	46	76	11	14	58
1989	7	16	43	66	53	115	42	57	31	8	50	0
1990	37	20	15	36	16	70	25	18	57	72	28	44
1991	0	43	25	52	86	41	175	51	7	62	76	27
1992	9	2	44	5	23	56	39	0	23	60	36	44
1993	11	7	6	17	9	22	77	5	65	131	74	58
1994	48	9	15	52	75	38	16	67	31	51	22	3
1995	30	45	31	38	74	75	42	86	90	0	51	76
1996	48	23	2	29	64	39	33	25	91	19	24	48
1997	51	0	4	18	60	34	43	6	2	4	43	26
1998	42	0	7	89	131	56	60	19	144	86	69	14
1999	16	26	7	30	72	50	151	96	12	53	54	26
2000	7	6	32	49	15	7	71	8	6	3	58	30

96. táblázat folytatása

Idősz Év	H ó n a p o k											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2001	48	4	73	170	115	48	117	19	80	3	37	39
2002	6	13	14	30	46	41	52	98	59	52	32	40
2003	40	27	0	12	32	8	57	13	17	79	45	7
2004	46	49	53	39	42	68	35	67	13	48	55	36
2005	7	52	8	96	41	48	85	124	74	14	33	74
2006	51	39	35	23	82	83	30	118	29	14	15	4
2007	31	46	39	4	58	61	21	48	31	55	47	25
2008	32	0	38	35	39	137	156	19	64	17	29	53
2009	12	25	26	1	30	40	20	29	22	39	73	65
2010	66	47	14	35	130	102	46	56	109	37	66	33
2011	21	0	40	5	25	66	77	4	0	19	0	39
Átl.	34	29	28	42	58	65	59	50	44	40	51	43

97. táblázat A csapadék megoszlása negyedévenként és a tenyészidő alatt, mm Órbottyán, 1961-2011

Idősz Év	Éves össz	Negyedévi összegek				Tenyészidő alatt	
		I.	II.	III.	IV.	IV-IX. hó	X-VI. hó
1961	509	59	200	68	182	268	-
1962	646	208	94	92	252	186	484
1963	621	85	240	190	106	430	577
1964	698	74	209	154	261	363	389
1965	951	78	299	320	254	619	638
1966	796	123	190	263	220	453	567
1967	439	56	210	90	83	300	486
1968	506	57	101	234	114	335	241
1969	641	182	167	120	172	287	463
1970	673	164	168	227	114	395	504
1971	516	93	211	159	53	370	418
1972	772	65	337	313	57	650	455
1973	464	69	224	86	85	310	350
1974	616	79	121	164	252	285	285
1975	653	59	159	294	141	453	470
1976	843	111	142	292	298	434	394
1977	707	227	185	188	107	373	710
1978	579	108	235	145	91	380	450
1979	701	199	193	106	203	299	483
1980	690	130	179	116	265	295	512

97.táblázat folytatása

Idősz Év	Éves össz	Negyedévi összegek				Tenyésztés alatt	
		I.	II.	III.	IV.	IV-IX. hó	X-VI. hó
1981	612	82	163	165	202	328	510
1982	456	79	123	110	144	233	404
1983	416	110	156	74	76	230	410
1984	604	112	206	157	129	363	394
1985	546	89	199	124	134	323	417
1986	385	120	99	43	123	142	353
1987	597	125	266	99	107	365	514
1988	456	116	118	139	83	257	341
1989	488	66	234	130	58	364	383
1990	438	72	122	100	144	222	252
1991	645	68	179	233	165	412	391
1992	341	55	84	62	140	146	304
1993	482	24	48	147	263	195	212
1994	427	72	165	114	76	279	500
1995	638	106	187	218	127	405	369
1996	445	73	132	149	91	281	332
1997	291	55	112	51	73	163	258
1998	717	49	276	223	169	499	398
1999	593	49	152	259	133	411	370
2000	292	45	71	85	91	156	249
2001	753	125	333	216	79	549	365
2002	483	33	117	209	124	326	229
2003	337	67	52	87	131	139	243
2004	551	148	149	115	139	264	280
2005	656	67	185	283	121	468	391
2006	523	125	188	177	33	365	434
2007	466	116	123	100	127	223	272
2008	619	70	211	239	99	450	408
2009	382	63	71	71	177	142	233
2010	741	127	267	211	136	478	571
2011	296	61	96	81	58	177	293
51 é. átl.	541	90	165	152	134	317	378

XIV. Irodalomjegyzék

1. ANDERSON, A.(1992): Trace elements in agricultural soils. Fluxes, balances and background values. Swedish Env. Prot.Agency.Report 4077.Uppsala. 1-40.
2. ANTAL J. (1987): Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
3. ANTAL J. (Szerk. 2005): Növénytermesztéstan 1-2. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
4. BALLENEGGER R. – DI GLÉRIA J. (Szerk.: 1962): Talaj- és trágyavizsgálási módszerek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 1962.
5. BARROW, E. M. - HULME, M. - SEMENOV, M. A. - BROOKS, R. J. (2000): Climate change scenarios. In: Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe (Ed's.: Downing, T. E. - Harrison, P. A. - Butterfield, R. E.-Londsdale, K. G.). European Commision, Brussel
6. BERGMANN, W. (1992): Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag. Jena-Stuttgart-New York.
7. BOZÓ, L. - HORVÁTH, ZS. (1992): Atmospheric concentration and budget of Pb and Cd over Hungary. *Ambio*. 21:324-326.
8. BOXMAN, A.W. - ROY, C.J.H. - PETERS, J. - ROELOFS, G. M. (2008): Long-term changes in atmospheric N and S throughfall deposition and effects on soil solution chemistry in scots pine forest in the Netherlands. *Environmental Pollution*. 156:1252-1259.
9. BOYLE, R. (1661): The Sceptical Chymist. Pt. II.
10. CERLING, V.V. (1978): Agrohímicseszkie osznovü diagnosztiki mineral'nogo pitaniya sz/h. Kultur. Izdatelsztvo Nauka. Moszkva.
11. CHOJNACZKI, A. (1970): The content of mineral components in atmospheric precipitation in relation to natural and economical conditions of Poland. *Polish J. of Soil Science*. 3: 39-46.
12. CHOJNACZKI, A. - ZÓRAWSKA, B. (1980): The content of mineral N in soils and yields of plants as indicator of the atmospheric pollution in Pulawy region. In: Proc.of the 3rd Int.Conf.of Bioindications. 181-187. Ed.: J. Spáleny. Academia. Praha.
13. CSERHÁTI S. (1901): Általános és különleges növénytermelés. II. köt. Magyar-Óvár. Czéh Sándor-féle Könyvnyomda.
14. DAVY, H. (1813): Elements of agricultural chemistry. London.
15. DELLER, B. (1988): 100 Jahre Bodenuntersuchung in VDLUFA. Bedeutung, Probleme, Erfolge. *VDLUFA-Schriftenreihe*. 28: 191-213.
16. DVORACSEK, M. (1966): A homoktalaj mélylazításának jelentősége a növénytermesztésben. *Talajtermékenység*. 1:108-125.
17. EASTERLING, D. R.. - EVANS, J. L. - GROISMAN, YA. P. - KARL, T. R. - KUNKEL, K. E. - AMBENJE, P. (1999): Observed variability and trends in extreme climate events. A brief review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81:417-425.
18. EGERSZEGI, S. (1966): Jelentés a művelés és műtrágyázás burgonyára gyakorolt hatásáról. Évi jelentés. 19 p. MTA TAKI. Budapest.

19. EGNÉR, H. - RIEHM, H. - DOMINGO, W.R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K-Lantbr. Högsk. Ann. 26:199-215.
20. EU. (2003): Drought costs EU farmers euro of 11 billion. European Report, Brussels
21. FAO. (2004): Food and Agricultural Organization Database. FAO. Rome
22. FLEIGE, H. - MEYER, B. - SCHOLTZ, H. (1971): Fraktionierung des Boden-Stickstoffs für N-Haushalts-Bilanzen. Göttinger Bodenk. Berichte. 18. 1-37.
23. GEISLER, G. (1988): Pflanzenbau. Verlag Paul Parey. Berlin und Hamburg. 358.
24. GLAUBER, J.R. (1656): Des Teutschlandts Wohlfart. De concentratione Vegetabilium, Miraculum Mundi. Amsterdam.
25. GRAY, C.W. - MCLAREN, R.G. - ROBERTS, A.H.C. (2003): Atmospheric accessions of heav metals to some New Zealand pastoral soil. Sci.of Total Environment. 305: 105-115.
26. GUIDE (1984): Guide to the Classical Field Experiments. Rothamsted Exper. Station. Lowes Agric. Trust. Harpenden.
27. HAJAS, J. - RÁZSÓ, I. (1966): Mezőgazdaság számokban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
28. HARNOS, ZS. (2001): Klímaváltozás hatása a növénytermesztésre. XXV. Magyar Operációkutatási Konferencia. 2001. Okt. 17-20. Debrecen.
29. Van HELMONT (1652): Complexionum atque misionum elementalium figmentum. Amsterdam.
30. HEPP, F. (1967a): Szervesanyagok eltérő mélységű alkalmazása homoktalajon. MTA IV. Oszt. Közl. 26: 37-40.
31. HEPP, F. (1967b): A különböző mélységű szántások és a trágyázás hatása homoktalajon. MTA IV. Oszt. Közl. 26: 29-37.
32. HORVÁTH L. - MÉSZÁROS E. (1984): The composition and acidity of precipitation in Hungary. Atmospheric Environment. 18: 1843-1847.
33. HULME, M. - JENKINS, G. J. - LU, X.-TURNPENNY, J. R. - MITCHELL, T. D. - JONES, R. G. - LOWE, J. - MURPHY, J. M. - HASSELL, D. - BOORMAN, P. - MCDONALD, R. - HILL, S. (2002): Climate change scenarios for the 21st century for the UK (UKCIP02 - Technical Report). University of Oxford. Oxford
34. INGEN - HOUSZ, JAN. (1779): Essay on the Food of Plants and the Renovation of Soils. Bd. Of Agric. Rpts. London. (In: Russel, 1914).
35. IPCC. (2004): Climate change 2001. Working Group I. IPCC-WMO. Geneva
36. JAKUSKIN, I.V. (1950): Növénytermelés. I. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
37. KAZAY, E. (1904): A légköri csapadék chemiai analysise. Időjárás. 8: 301-306.
38. KÁDÁR, I. - SZEMES, I. - LÁSZTITY, B. (1984): Az "évhatás" és a tápláltság összefüggése őszi rozs tartamkísérletben. Növényterm. 33:235-241.
39. KÁDÁR I. (1986): Jelentés az USA-ban tett tanulmányútró. MTA TAKI. Budapest. 20 p.
40. KÁDÁR I. – VASS E. (1988): Napraforgó műtrágyázása és meszezése savanyú homoktalajon. Növénytermelés. 37: 541-547.

41. KÁDÁR, I. (1995): A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. KTM-MTA TAKI. Budapest
42. KÁDÁR, I. (1999): Kálium és jelentősége Magyarországon. IPI-MTA TAKI. Budapest. 32 p.
43. KÁDÁR I. - MÁRTON L. – HORVÁTH S. (2000): A burgonya (*Solanum tuberosum* L.) műtrágyázása meszes csernozjom talajon. Növénytermelés. 49: 291-306.
44. KÁDÁR I. – NÉMETH T. – RÉTI Á. – RADICS L. (2001a): A repce (*Brassica napus* L.) műtrágyázása karbonátos vályog talajon. I. Növénytermelés. 50:559-573.
45. KÁDÁR I. – NÉMETH T. – LUKÁCS DNÉ (2001b): A repce (*Brassica napus* L.) műtrágyázása karbonátos vályog talajon. II. Növénytermelés. 50:575-591.
46. KÁDÁR I. – LUKÁCS DNÉ – VÖRÖS J. – SZILÁGYI J. (2001c): A napraforgó (*Helianthus annuus* L.) műtrágyázása mészlepedékes vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. 50:297-308.
47. KÁDÁR I. (2001d): A napraforgó (*Helianthus annuus* L.) tápelemfelvétele mészlepedékes vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. 50:285-295.
48. KÁDÁR, I. (2003): Mikroelemterhelés hatása az őszi árpára karbonátos csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 52: 105-120.
49. KÁDÁR, I. (2005): A talaj és a tápláléklánc szennyeződése. Talajvédelem Különszám 129-137. Szerk.: Antal K. et al. Talajvédelmi Alapítvány. SZIE, Gödöllő.
50. KÁDÁR I.-MÁRTON L. (2005): Búza műtrágyázása a mezőföldi OMTK kísérletben 1968-2004. között. Növénytermelés. 54:111-122.
51. KÁDÁR, I. (2006): Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepen. Ásványi elemfelvétel. 7. Gyepgazd. Közlemények. 4:109-120.
52. KÁDÁR I.- MÁRTON L.- NÉMETH T.- SZEMES I. (2007): Meszezés és műtrágyázás hatása a talajra és a növényre a 44 éves nyírlugosi tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan. 56:255-270.
53. KÁDÁR I. (2008): A műtrágyázás hatása az őszi búzára karbonátos homoktalajon. Növénytermelés. 57:49-58.
54. KÁDÁR, I. - RADICS, L. (2008): Műtrágyázás hatása a kukoricára karbonátos homoktalajon. Növénytermelés. 57: 305-318.
55. KÁDÁR I. (2010). Műtrágyahatások értékelése tartamkísérletben telepített gyepen. Agrokémia és Talajtan. 59(2): 295-314.
56. KÁDÁR I.- RAGÁLYI P. (2010): Soil nutrient supply, yield and mineral element composition of grass. In: Proc. 9th Alps-Adria Sci. Workshop. 149-152. Ed.: Marietta H. Spicak. Czech Republic.
57. KÉSMÁRKI I. (2005): In: Növénytermesztés tan 2. Lucerna. 357-385. Szerk.: Antal J. Mezőgazda Kiadó. Budapest
58. KLECSKOVSKIJ, V. M. - PETERBURGSZKIJ, A.V. (1964): Agrohímija. Izdatelsztvo „Kolosz”. Moszkva.
59. KOZÁK, M. (1990): Órbottyáni NPK műtrágyázási tartamkísérlet eredményei. Jelentés. MTA TAKI. 44 p.
60. KOZÁK, M. – MÉSZÁROS, E. (1971): Magyarországi csapadékvizek kémiai összetétele és mezőgazdasági jelentősége. Agrokémia és Talajtan. 20: 329-352.

61. KSH (2003): Magyarország környezetterhelési mutatói: Központi Statisztikai Hivatal, Környezetvédelmi Minisztérium. Budapest.
62. KUCHARSKI, R. - MARCHWINSKA, E. - GZYL, J. (1994): Agricultural policy in polluted areas. *Ecological Engineering*. 3: 299-312.
63. KvM (2002): Adatok hazánk környezeti állapotáról. Környezetvédelmi Minisztérium Környezetgazdálkodási Igazgatósága. Budapest
64. LÁNG, I. (1973): Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajokon. Akad. Doktori Disszertáció. Kézirat. MTA. Budapest.
65. LÁNG, I. - HARNOS, ZS. - JOLÁNKAI, M. (2004): Alkalmazkodási stratégiák klímaváltozás esetére: nemzetközi tapasztalatok-hazai lehetőségek. "AGRO-21" Füzetek. "AGRO-21" Kutatási Programiroda, 35:70-77.
66. LÁSZTITY, B. - SZEMES, I. - RADICS, L. (1993): Műtrágyahatások vizsgálata rozs monokultúrában. *Agrokémia és Talajtan*. 42:309-324.
67. LÁSZTITY, B. - SZEMES, I. - RADICS L. (1993): Műtrágyahatások vizsgálata rozs monokultúrában. *Agrokémia és Talajtan*. 42: 309-324.
68. LIEBIG, J. (1840): *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*. Druck und Verlag von Friedrich. Vieweg und Sohn. Braunschweig.
69. LIEBIG, J. VON (1840-1876): *Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és az élettanban*. Szerk.: Kádár I. MTA TAKI Budapest. 1996.
70. MANSFIELD, T. A. - FREER - SMITH, P.H. (1981): Effects of urban air pollution on plant growth. *Biol. Rev.* 56: 343-368.
71. MATHERS, A.C.- STEWART, B.A.- BLAIR, B. (1975): Nitrate-nitrogen removal from soil profiles by alfalfa. *J. Environ. Qual.* 4:403-405.
72. MAYOW, J. (1674): *Tractatus quinque medico-physici*. Alembic Club Reprint. Edingburgh, 1907.
73. MÁRTON, L. (2002c): A csapadék- és a tápanyagellátottság hatásának vizsgálata a triticale termésére tartamkísérletben. *Növénytermelés*, 51:687-701.
74. MÁRTON, L. (2004): A csapadék és a tápanyagellátottság hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) termésére. *Növénytermelés* 53: 583-598.
75. MENGEL, K.- KIRKBY, E. A. (1987): *Principles of plant nutrition*. 4th Edition. International Potash Institute. Bern. Switzerland.
76. MÉSZÁROS, E. (2005): Hogyan fedezték föl a levegőt? Adalékok a légkör kutatásának történetéhez. *Magyar Tudomány*. 426-437.
77. MÉSZÁROS, E. - MOLNÁR, Á. - HORVÁTH, ZS. (1993): A mikroelemek légköri ülepedése Magyarországon. *Agrokémia és Talajtan*. 42: 221-228.
78. MOLNÁR, Á.- MÉSZÁROS, E.- BOZÓ, L. (1993): Elemental composition of atmospheric aerosol particles under different conditions in Hungary. *Atm. Env.* 27.A. 2457-2461.
79. MSZ ISO 5667-10. (1995): *Magyar Szabvány. vízminőség. Mintavétel*. Magyar Szabványügyi Hivatal. Budapest, 1995.
80. NAGY, J. (1996): Az öntözés és talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. *Növénytermelés*. 45(4): 389-398.
81. NÉMETH, T. (1996): *Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma*. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.

82. NIELSEN, D.R.- BIGGAR, J.W.- MAC INTYRE, J.- TANJI, K. K. (1980): Field investigation of water and nitrate-nitrogen movement in Yolo soil. In: Soil nitrogen as fertilizer or pollutant. pp. 145-168., Int. Atomic Energy Agency, Vienna.
83. NRIAGU, J. O. (1989): A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature*. 338. 47-49.
84. NRIAGU, J. O. - PACYNA, J. M. (1988): Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature*. 333: 134-139
85. ODÉN, S. (1979): The sulphur budget of Sweden during this century. *Nordic Hydrology*. 155- 170.
86. PALISSY, B. (1563): *Traité des sels divers et de l'agriculture*.
87. PURCHASE, B.S. (1974): The influence of phosphate deficiency on nitrification. *Plant and Soil*. 41. 541-547.
88. RADICS L. (1994): *Szántóföldi növénytermesztés*. KÉE Kertészeti Kar. Budapest.
89. RAJENDRA, K. P. (2004): Foreword. IPCC. New Delhi
90. ROSS, H.B. (1987): Trace metals in precipitation in Sweden. *Water, Air and Soil Pollution*. 36: 349-363.
91. SAGER, M. (2008): Macro-and microelements of mineral fertilizers sold in Austria. *Kézirat*. 11 p. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Budapest
92. SAUSSURE, DE TH. (1804): *A növények kémiai kutatása*. Kecskeméti Főiskola Nyomda Kecskemét, 2004.
93. SHEWCHUK, S. R. (1982): An acid depositin perspective for N-E Alberta and N-Saskatchewan. *Water, Air and Soil Pollution*. 18: 413-419.
94. SILLANPÄÄ, M. (1990): Micronutrient assessment at the country level: an international study. *FAO Soils Bulletin N. 63*. Rome.
95. SIMKINS, C. A.- OVERDAHL, C. J.- GRAVA, J. (1970): *Fertilizer for alfalfa*. Univ. of Minnesota. Extension Folder 255. St. Paul, Minnesota, USA.
96. STEFANOVITS, P. (1975): *Talajtan*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
97. STEFANOVITS, P. (1996): *Hazánk homoktalajainak jellemzése*. In: *Növénytermesztés homokon*. 9-22. Szerk.: Antal J. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
98. SVÁB, J. (1981): *Biometriai módszerek a kutatásban*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 557.
99. SZEMES, I. (1986): *Műtrágyhatások elemzése meszes homoktalajokon*. Kandidátusi értekezés. Budapest
100. SZEMES, I. - KÁDÁR, I. (1990): *Műtrágyázás és meszezés tartamhatásának vizsgálata savanyú homoktalajon*. *Növénytermelés* 39: 147-155
101. THAER, A. (1809): *Az ésszerű mezőgazdaság alapjai*. IV. rész. *A trágyázás*. MTA TAKI. Budapest. Szerk.: Kádár, I. 1996. MTA TAKI. Budapest
102. TISDALE, S.L. - NELSON, W.L. (1966): *A talaj termékenysége és a trágyázás*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

103. TULL, J. (1731): *Horse Hoeing Husbandry*. London.
104. VÁRALLYAY, GY. (1992): Globális klímaváltozások hatása a talajra. *Magyar Tudomány*, 9:1071-1076.
105. WARDA, Z. - CHOJNAZCKI, A. - PASTERNAKZKI, J. (1980): The content of Zn, Pb and S in soil and plants in lysimeter experiments as indicators of atmospheric pollution in zinc metallurgy region. IN: *Proc. of the 3rd Int. Conf. of Bioindicators*. 403-410. Ed.: J. Spáleny. Academia, Praha.
106. WOLFF, E. (1864): *Entwurf zur Bodenanalyse. Die Landwirtschaftliche Versuchstationen*. 6. 141 p.
107. WOODWARD, J. (1699): *Phil. Trans. Roy. Soc.* 21: 382

XV. Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet munkatársainak kiadványai 1980-2011 között

1. ELEK ÉVA & KÁDÁR IMRE (1980): Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium MÉM NAK. Budapest. 55 p.
2. KÁDÁR IMRE (1991): A talajok és növények nehézfém-tartalmának vizsgálata. Környezetvédelmi Minisztérium – MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 104 p.
3. KÁDÁR IMRE (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI (Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet). Budapest. 398 p.
4. KÁDÁR IMRE (1993): A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. Környezetvédelmi Minisztérium – MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 112 p.
5. DITZ, HEINRICH (1867): A magyar mezőgazdaság. Szerk.: Kádár I. (1993) MTA TAKI. Budapest. Akaprint. 247 p.
6. KÁDÁR IMRE & SZEMES IMRE (1994): A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA TAKI. Budapest. Akaprint. 248 p.
7. CSATHÓ PÉTER (1994): A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. Szakirodalmi Szemle. Akaprint. Budapest. 182 p.
8. KÁDÁR IMRE (1995): A talaj–növény–állat–ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. Környezetvédelmi Minisztérium–MTA TAKI. REGICON Nyomda. Kompolt. Budapest. 388 p.
9. LIEBIG, JUSTUS V. (1840–1876): Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban. Szerk.: Kádár I. (1996) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 341 p.
10. THAER, ALBRECHT (1809–1821): Az ésszerű mezőgazdaság alapjai. Trágyázás-tan. Szerk.: Kádár I. (1996) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 100 p.
11. NÉMETH TAMÁS (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest. 382 p.
12. KÁDÁR IMRE (1998): Kármentesítési Kézikönyv 2. A szennyezett talajok vizsgálatáról. Környezetvédelmi Minisztérium. Nyomda: FHM. Budapest. 151 p.
13. LÁSZTITY BORIVÓJ (2004): A nem-esszenciális elemek forgalma hazai gabona-félékben. Műegyetemi Nyomda. Budapest. 94 oldal.
14. RAJKAI KÁLMÁN (2004): A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. Licium-Art Kft. Debrecen. 208 oldal.
15. NÉMETH TAMÁS & MAGYAR MARIANNA (Szerk. 2005): Üzemi szintű tápanyag-mérleg számítási praktikum (Üzemi tápanyagmérlegek számításának alapelvei és módszerei). Spácium Kiadó és Nyomda Kft, Budapest. 116 p.

16. NÉMETH TAMÁS (Szerk. 2005): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Ünnepi ülés Várallyay György 70. születésnapja alkalmából. MTA TAKI. Spácium Kiadó és Nyomda Kft. Budapest. 180 p.
17. KOVÁCS GÉZA JÁNOS & CSATHÓ PÉTER (Szerk.): A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. Agronómiai és környezetvédelmi tanulságok. MTA TAKI–FVM, OPENART. Budapest. 264 p.
18. LIEBIG, JUSTUS (1842): A szerveskémia alkalmazása az élettanban és a kórtanban. Szerk. Kádár I. (2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 132 p.
19. WOLFF, EMIL (1872): Gyakorlati Trágyázástan. A fontosabb növényi tápanyagokról szóló bevezetéssel. Közérthető agrokémiai vezérfonal. Szerk. Kádár I. (2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 128 p.
20. NÉMETH TAMÁS, NEMÉNYI MIKLÓS & HARNOS ZSOLT (Szerk. 2007): A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATEPress – MTA TAKI. Szeged. 239 p.
21. WILHELM KÖRTE (1839): ALBRECHT THAER élete és munkássága orvosként és mezőgazdaként. Szerk.: Kádár I. (2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 185 p.
22. KÁDÁR IMRE (2010): Az MTA TAKI 60 éve (Kommentár nélkül). MTA TAKI. Akaprint. 120 p.
23. KÁDÁR IMRE, SZEMES IMRE, LOCH JAKAB & LÁNG ISTVÁN (2011): A nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérlet 50 éve. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 110 p.

Beszerezhető a szerzők címén: 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
Postacím: 1525 Budapest, Pf. 35. Tel./Fax: 212-2265
illetve letölthetők az MTA TAKI honlapról
<http://www.mta-taki.hu/osztalyok/agrokemiai-osztaly/munkatarsak>