

TALAJ, NÖVÉNY ÉS KÖRNYEZET



DEBRECENI EGYETEM
AGRÁR- ÉS GAZDÁLKODÁSTUDOMÁNYOK
CENTRUMA
MEZŐGAZDSÁG-, ÉLELMISZERTUDOMÁNYI ÉS
KÖRNYEZEGAZDÁLKODÁSI KARÁNAK
tudományos ülése



TALAJ, NÖVÉNY ÉS KÖRNYEZET

LOCH JAKAB professzor emeritus
80. születésnapja tiszteletére

Debrecen
2012. november 15.

Talaj, növény és környezet
Debrecen, 2012.november 15.

Szerkesztők:

Prof. dr. Kátai János
Dr. Fűrjné Rádi Katalin
Dr. Sándor Zsolt

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma

Felelős kiadó:

Prof. dr. Nagy János

ISBN 978-615-5183-30-0

Készült a debreceni Center-Print nyomdában
2012



LOCH JAKAB professzor emeritus
80. születésnapja tiszteletére

Tartalomjegyzék

Prof. Dr. Nagy János	
Előszó.....	9
Prof. Dr. Komlósi István	
A természettudományok oktatásának és kutatásának jelentősége az agrár- képzésben.....	13
Prof. Dr. Várallyay György	
Talaj és környezet	21
Prof. Dr. Füleky György	
Új módszer a talajok tápanyag-ellátottságának megítélésére: a nitrogén- szolgáltatás	37
Dr. Bettina Eichler-Löbermann, Dr. Katja Schiemenz und Silvia Bachmann	
Gestaltung von Nährstoffkreisläufen in der Landwirtschaft	49
Dr. Thomas Popp	
Langjährige Zusammenarbeit der Universität Debrecen mit der K+S KALI GmbH und dem Internationalen Kali Institut	57
Prof. Dr. Kátai János	
Loch Jakab oktató-kutató és tudományszervező tevékenysége	61
Dr. Vágó Imre	
Loch professzor tanszéki munkássága.....	69
Prof. Dr. Loch Jakab	
Az agrokémiai kutatások időszerű kérdései	79
Tudományos ülésre készült dolgozatok	89

Prof. Dr. Blaskó Lajos	
Az AL-oldható kationok alkalmazása szikes talaj tulajdonságainak jellemzése	91
Prof. Dr. Győri Zoltán	
A minőségvizsgálatoktól az élelmiszerbiztonságig.....	99
Prof. Dr. Kovács Béla	
Nedvesroncsolási módszer kidolgozása talajok elemtartalmának induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel való meghatározására	107
Prof. Dr. Lazányi János	
Tendenciák az eu tagországok nitrogén-gazdálkodásában.....	115
Prof. Dr. Nagy János	
A tápanyagellátottság és a csapadék változékonyságának hatása a kukorica (<i>Zea mays</i> L.) termésére.....	127
Prof. Dr. Pepó Péter	
A tápanyagellátás szerepe a szántóföldi növénytermesztésben.....	147
Dr. Tolner László – Dr. Kiss Szendille – Dr. Czinkota Imre	
Parabolikus hatásfüggvény értelmezése.....	161
Az életút képekben	169

ELŐSZÓ

A Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centrumának vezetése nevében tisztelettel és szeretettel köszöntöm a 80. születésnapját ünneplő Loch Jakab professor emeritust, a mezőgazdasági tudomány doktorát, az agrokémiai kutatások elismert szaktekintélyét. E kiadvány megjelentetésével tisztelgünk a tudományszervező, iskolateremtő egyetemi oktató, vezető előtt.

Engedjék meg, hogy ebből az alkalomból felidézzem Loch professzor úr több mint 5 évtizedes, sikerekben bővelkedő szakmai életútjának néhány állomását. Professzor úr 1959 óta áll intézményünk alkalmazásában. Előbb tanársegéd, majd az önállósult Kémia Tanszéken lett adjunktus és az agrokémia előadója. 1973-ban nevezték ki egyetemi docensnek, 1978-ban tanszékvezető egyetemi tanári kinevezést kapott.

Oktatási, oktatásszervezési tevékenységét a természettudományos képzés iránti elkötelezettség jellemzi. Nevéhez fűződik az Agrokémia tantárgy oktatásának megalapozása és fejlesztése. Részt vett a hazai talajerő-gazdálkodási szakmérnökképzés programjának kidolgozásában, melynek 1977-1988 között intézményünkben szakvezetője volt. Javaslatára a posztgraduális képzés 1989-ben tápanyag- és környezetgazdálkodási szakmérnökképzéssé alakult. Kezdeményezője volt a debreceni egyetemek oktatási együttműködésének.

Kutatói tevékenysége évtizedeken át töretlen és nagyívű volt. Új tudományos eredményeivel hazai és nemzetközi elismerést szerzett. Eredményesen foglalkozott a növények optimális tápanyag-igényének, a talajok tápanyag-ellátottságának, a tápelemek hatásának és kölcsönhatásának tanulmányozásával a talaj-növény rendszerben. Ezen belül elsősorban a magnézium felvételével, pótlásával, talaj- és növényvizsgálati módszereivel, illetve a K, Ca, Mg optimális adagjainak és arányainak meghatározásával és a kölcsönhatásának tanulmányozásával foglalkozott. A talajok Mg ellátottságának mérésé-

re új módszert dolgozott ki. Tanszékvezetőként továbbfejlesztette az agrókémiai kutatások feltételeit.

Számos hazai és külföldi intézménnyel alakított ki tudományos együttműködést. Eredményesen vett részt hazai és az EU által támogatott nemzetközi pályázatokon. Kutatási eredményeit tankönyvekben és számos tudományos közleményben foglalta össze. Tevékenységének nemzetközi elismertségét bizonyítja, hogy a Rostocki Egyetem 1991-ben doctor honoris causa kitüntető címet adományozott részére. 1997-ben a Szlovák Agrártudományi Egyetem Emlékérmével tüntette ki. A Német Agrárkutatók Szövetsége levelező tagjává választotta.

Dr. Loch Jakab két évtizeden át töltött be különböző választott vezetői tisztséget. 1978 és 1980 között a Mezőgazdaságtudományi Kar oktatási dékánhelyettese, majd hat éven keresztül dékánja volt. 1992. július 1-jei hatállyal megbízást kapott a rektori teendők ellátására, melyet 1995-ben újabb három évre meghosszabbítottak. 1978-tól 1998-ig vezetője volt a Mezőgazdasági Kémiai Tanszéknek.

Vezetőként tevékeny részt vállalt a képzési rendszer továbbfejlesztésében, az oktatás, kutatás feltételeinek javításában. Rektori tevékenysége nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy az intézmény karai és kutatóintézetei szoros egységben szolgálják az agrár felsőoktatás, a kutatás és a szaktanácsadás célkitűzéseit, elősegítik a mezőgazdaság és a vidék fejlesztését. Több évtizedes vezetői tevékenysége meghatározó volt az egyetem fejlődésében. Hat éven át tagja volt a Debreceni Universitas Egyesülés igazgatótanácsának. E tisztségében jelentősen hozzájárult a tagintézmények együttműködésének fejlesztéséhez, a Debreceni Egyetemi Szövetség megalapításának előkészítéséhez.

Nyugdíjba vonulását követően az intézményben több évtizeden át végzett oktató munkája, kimagasló tudományos és vezetői tevékenysége elismeréséül, a Mezőgazdaságtudományi Kar kezdeményezésére, az Egyetemi Tanács Professor Emeritus címet adományozott részére.

Professzor úr felelősségérzete, szakmai elhivatottsága, következetessége egyaránt példászerű és követésre méltó valamennyiünk számára. Remélem, hogy szaktudásával, szakmai és vezetői tapasztalataival a jövőben is segíti az intézmény munkáját.

Loch professzor úr 2012. november 8-án tölti be 80. életévét. A magam és a centrum vezetése nevében kívánok professzor úrnak nagyon jó egészséget, magánéletében sok örömet és boldogságot. Kívánom, hogy szerettei és munkatársai körében továbbra is derűsen élje hétköznapjait és még sokáig tanulhassunk gazdag élettapasztalatából. Boldog születésnapot!

Debrecen, 2012. november 8.

Prof. Dr. Nagy János
centrumelnök

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK OKTATÁSÁNAK ÉS KUTATÁSÁNAK JELENTŐSÉGE AZ AGRÁRKÉPZÉSBEN

Komlósi István
Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok
Centruma

Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar, Állattudományi,
Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet

Napjaink kiütkeresése nem csak a gazdasági életre jellemző, hanem a társadalom, a tudomány az oktatás minden területére. Azt tapasztaljuk, hogy jelentősen megnőtt a természet- és műszaki tudományok jelentősége. Nem csak azért, mert hiány van képzett szakemberekből ezeken a területeken, hanem rá kellett jönni arra, hogy megújulni, továbblépni ezen tudományok alapos ismerete, segítsége nélkül nem lehet. Innovatív megoldásokra van szükség, felértékelődött a tudás jelentősége. Az innovatív megoldások nem csak egy termék előállítására, hanem a fenntartható földi élet megteremtésére is vonatkoznak. A kreatív emberre még nagyobb szükségünk van. Mondhatni azt, minden válság idején. A felsőoktatásnak követni kell - valójában meg kellene előznie – a társadalom értelmiségi szakember igényeit. A hazai korosztályos réteg 30-35%-a vesz részt a felsőoktatásban, annak különböző szintjein, melynek eredményeként a tudásalapú társadalom humán erőforrásai egyre inkább megvalósulnak.

Multifunkciós mezőgazdaságról beszélünk, ami nem nélkülözheti a többoldalú, rendszerszemléletű, az alaptudományokra alapozott megközelítést. Akár az intenzív termesztési rendszerekre, a precíziós növénytermesztésre,

állattenyésztésre, funkcionális élelmiszerellátásra, távérzékelésre gondolunk, akár az önfenntartó ökológiai gazdálkodásra, természet és környezetvédelemre.

A gyorsan változó feltételrendszerben szükséges áttekintenünk az említett diszciplínák eddigi fejlődését, és talán néhány vonatkozásban felvázolhatjuk a fejlődés irányait, azok megvalósíthatósági módjait. A továbbiakban az agrokémia társtudományainak jelentőségét, fejlődését kívánom felvázolni.

A természettudományi ismeretek bővülésével az egyes tudományterületek specializálódtak. A „természetráajz” közismert tudományterület és iskolai tantárgy volt a XVIII és XIX században. A természetráajz bűvár szemléletű, elsősorban a megfigyelésen alapuló ismereteket foglalta össze az embertan, a növénytan, állattan, a közzettan és ásványtan tudományterületéről. A tudományos felfedezésekkel, a megszerzett ismeretekkel a tudósok újabb és újabb fejezeteket, tudományágakat hoztak létre az adott tudomány területén, amely ismeretek egy-egy „tantárgy” keretében határolódtak el a képzés során. A tantárgy, mint mesterséges kategória, talán megkönnyítette a felhalmozódott ismeretek rendszerezését és annak átadását. Ugyanakkor nagyon nehéz különválasztani ezeket az új ismereteket az előzményektől és a rokon területektől. Ez a folyamat játszódott le a természettudományok valamennyi területén: a biológia, a kémia, a fizika és a matematika tudományok területén egyaránt.

Minden földi élet, és a mezőgazdasági tevékenység alapja a növényvilág, így a növénytan minden mezőgazdasági tevékenység nélkülözhetetlen alaptudománya. A termesztés célja, hogy egységnyi idő alatt egységnyi területről minél több és minél jobb minőségű szerves anyagot állítsunk elő, a lehető leggazdaságosabb módon. Ezt kizárólag akkor érhetjük el, ha ismerjük a növényeket, a felépítésüket, igényeit, az alapvető biológiai összefüggéseket, törvényszerűségeket, a bennük rejlő genetikai potenciált. A növénytan a növényvilág alapvető egységének, a sejtnek oktatásával és kutatásával alapoz, összekapcsolva a struktúrát a funkcióval, melyre épülhetnek a szövettani és alaktani ismeretek. Az alaktan szükséges a mezőgazdasági növényrendszertan keretein belül a termesztés szempontjából fontos növények, ide értve a kultúrnövények hozamát csökkentő, és az azokat károsító gyomfajok ismeretéhez, elkülönítéséhez. Nem szorítkozhatunk kizárólag a hazai termesztett

növények oktatására, mert diákjaink között egyre több a külföldi hallgató. A molekuláris biológia fejlődésével és alkalmazásával nemcsak sejtszintű szerkezeti és működésbeli információkat nyerünk folyamatosan, de a matematika és a számítástechnika segítségével a növényrendszertan tudománya is gyökerestől megváltozik: a rendszertan nem a poros herbárium lapok rendezgetésében merül ki, hanem az egész világon percek alatt lekérdezhető virtuális herbáriumok, kontinenseket átfogó propagulum- és DNS adatbázisok alkalmazását is jelenti nem kisebb kérdésekben, mint hogy hogyan hat az évtizedek óta tapasztalható klímaváltozás a növények virágzási idejére, vagy tapasztalható-e genetikai sodródás bizonyos növénycsoportokban. Napjaink agrár szakembereinek hasonló háttér ismereteket kell elsajátítaniuk, melyeknek kutatását továbbvihatik, illetve felhasználhatják a termelésben. A növénytan elméleti jellegű és alkalmazott jellegű ágakra oszlik, de ezek között éles határt vonni nehéz. A gyakorlat mindinkább igényli a tudományos alapozást, a kutatásra pedig a gyakorlat hat termékenyítően. A termelésbiológiai kérdések csupán az elméleti és a gyakorlati botanikai ismeretek segítségével oldhatók meg sikeresen.

Az alaptudományok reneszánszukat élik napjainkban. Ez annak is köszönhető, hogy kifejezett igény mutatkozik azoknak a folyamatoknak a megismerésére, amelyek segítségével egyre több embert kell, vagy kellene élelemmel ellátni. A növények, mint élő szervezetek rendkívül bonyolultak. Ismernünk kell az életjelenségek mögött rejlő fiziológiai folyamatokat annak érdekében, hogy több, jobb minőségű terményt állítsunk elő, lehetőleg gazdaságosan. A növényfiziológia értelmezhetetlen egy sor alaptudomány nélkül. A kémia, a biokémia jelentik azokat a tudományterületeket, amelyek nélkül a növényben lejátszódó folyamatok nem magyarázhatók, nem érthetők. Sajnálatos módon az elmúlt időszakban feledésbe merült a tényleges alkalmazás szintjén az alaptétel, mely szerint fejlődést csak megalapozott tudással érhetünk el.

A kémia tudomány fejlődése során négy korszakot különítenek el: az alkímiai (a korai kezdetek-1750), az átmeneti (1751-1858), a klasszikus kémia (1859-1916) és a modern kémia (1917-től) korát. A kémia napjainkban is szorosan kapcsolódik a többi természettudományhoz: a fizikához, a biológiához, a matematikához és a földrajzhoz. Eredményei nélkül elképzelhetetlen

a modern orvostudomány és a műszaki-, valamint az agrártudományok alaposabb ismereteihez is elengedhetetlen. A kémia sokirányú kapcsolódása az interdiszciplináris tudományok egész sorát hozta létre (fizikai kémia, biokémia, környezetkémia), amelyek egyre növekvő jelentőségűek. A kémia alkalmazott és kísérleti tudomány egyaránt. Amikor a kémiára gondolunk – a teljesség igénye nélkül – első megközelítésben a szervetlen-, a szerves-, a bio-, a fizikai-, az analitikai kémia jut eszünkbe. Ha a kémiai tudományterület szisztematikus felosztására vállalkozunk, az alábbi csoportosítást tehetjük meg. Az elméleti kémia tartalmazza a kvantumkémia, sztereokémia és a kémiai számítástechnikát. A fizikai kémia magába foglalja a termodinamika, reakciókinetika, az elektrokémia, a kolloidika, és a magkémia területét. A szervetlen kémia tudományterületei: az ásványtan, a komplexkémia, a fémorganikus kémia és a bioszervetlen kémia. A szerves kémia a biokémia, polimerkémia és a gyógyszerkémia ismereteit öleli fel. Az analitikai kémia egyik területe a klasszikus analitika (kvalitatív analízis, gravimetria, titrimetria), a másik területe a műszeres analitika (spektroszkópia, polarimetria, refraktometria, elektroanalitika, kromatográfia, termoanalízis). Kiemeljük még a radiokémia, a fotokémia és a szerkezetkémia tudományterületeit. Az agrárképzés rendkívül sokoldalú képzést nyújt és ezért széleskörű természettudományi (ezenbelül biológiai, kémia, fizikai és matematikai alapismereteket), műszaki, informatikai, idegen nyelvi ismereteket és érdeklődést igényel a hallgatóktól már a belépés pillanatában. A képzés kezdetben ezeket az ismereteket próbálja erősíteni, és kiegyenlíteni a különböző előképzettségű hallgatók esetén. Későbbiekben pedig a megszerzett tudást szükségszerűen alkalmazhatják, bővíthetik a hallgatók speciális szakismeretekké fejlesztve azokat. A kérdéskört tovább bonyolítja az újabb szakok bevezetése és a kétszintű képzés kialakítása. A kémiai ismeretek átadásánál maradván megemlítjük, hogy hallgatóink – szakoktól és szintektől függően (felsőfokú szakképzés, BSc és MSc) – különböző óraszámokban, különböző tárgyakat hallgattak, előképzettségüknek és specializációjuknak megfelelően. A mezőgazdasági kémia – elsősorban az agrárképzési ágban (BSc) - több szakon is szerepel egy fél éven keresztül, amely válogatott fejezeteket tartalmaz a kémia tudományterületéről, amely a későbbiekre előkészíti több tantárgy alapjainak így a talajtan, az agrokémia, a növényélettan, a genetika, valamint a szakmai

tárgyak, mint a földművelés, a növénytermesztés, növénynevelés, növényvédelem elméleti háttérének tudományos megismerését. A talajtan, az agrokémia, a növényélettan és a növényvédelem keretében a hallgató már speciális, szakmai kémiai ismeretekre tesz szert. Természetesen a kémia alapokat nyújt a másik szakirányú képzés, az állattenyésztés irányába is. Hiszen a hallgatók komoly alapokat kapnak ahhoz, hogy megértsék az állati szervezetek élettani sajátosságait (biokémia, állatélettan, állategészségtan). A későbbiekben, új speciális, szakmai ismereteket szerezhetnek az állatok takarmányozásával (takarmányozástan) és az állati és növényi termékek feldolgozásával és minősítésével kapcsolatosan. A környezetgazdálkodási agrármérnök és a környezetmérnök BSc és MSc képzésben - az agrokémia helyett - nagy hangsúlyt kap a környezet sokoldalú természettudományos megismerése, a környezetünkben lejátszódó folyamatok bemutatása és védelme a „környezetfizika”, a „környezetkémia”, „környezetbiológia”, tantárgyak keretén belül. Az élelmiszermérnök hallgató szélesebb körű kémiai alapokban részesül, tanulmányai részletesebb és más kémiai alapokat igényel, mint a mezőgazdasági mérnök hallgatóé. Az élelmiszermérnök hallgató tanul szerves és biokémia, kolloidika és termodinamika, amely nagyon jól szolgálja az analitikai kémia, különböző ágainak alapozását. Az élelmiszerkémia, az állati és növényi termékek feldolgozása és minősítése a képzés legfontosabb diszciplínái közé tartoznak. A növényvédelmi kémia mind az MSc, mind a posztgraduális képzésben kiemelt jelentőséggel rendelkezik, hiszen a növényorvos és a növényvédelmi szakmérnöki alapjául szolgál. A folyamatosan változó növényvédő szerek kémiája kulcsfontosságú az említett képzésekben. A kétszintű képzés bevezetésével nehéz helyzetbe kerültek az agrárképzésben korábban nagy szerepet játszó, meghatározó ún. alap- és alapozó tárgyak. A törvényi meghatározás szerint kettős célkitűzése van a BSc képzés: részben gyakorlati orientáltságú legyen, részben alapozzon a mester kurzusokra. Ez a kettős cél, különböző szintű, előképzettségű hallgatók esetén nehezen megvalósítható. Az alapképzésben valóban minimális lehetőség kínálkozik az alapozásra és inkább a gyakorlati képzésre kell nagyobb hangsúlyt fektetni. Az MSc képzésben feltétlenül meg kell erősíteni az alapokat a biokémia, az agrokémia, a növényélettan, a termelés élettan és a növényi és állati termékek feldolgozásával és minősítésével.

A tudomány fejlődését jelentősen befolyásolja egy-egy kiemelkedő, karizmatikus személyiség tevékenysége. Így van ez amikor a hazai és nemzetközi agrokémiai tudományterület kiemelkedő tudósát, iskolateremtő tanárát Loch Jakab professzor urat köszöntjük 80 éves születésnapja alkalmából.

A debreceni mezőgazdasági kémia oktatásának olyan jeles képviselőig voltak többek között, mint Arany Sándor, Di Gléria János, Vécsey Tibor, akik oktatási és tudományos tevékenységét széleskörűen tovább bővítette és kiteljesítette iskolateremtő munkájával Loch Jakab professzor úr. Munkásságának eredményeként a Mezőgazdasági Kémia Tanszék korábbi tudományos munkáját és oktató tevékenységét, annak értékeit megtartva továbbfejlesztette és számos területen országosan, illetőleg nemzetközileg elismertté tette. Közismert, hogy az egyetemi képzés alulfinanszírozottsága miatt éppen a kísérletes, nagy laborigényű tantárgyak veszélyeztettek az óraszám és a tananyag csökkentésében. Áttekintve a Debreceni Egyetem agrárképzésében folyó kémia oktatás helyzetét megállapíthatjuk, hogy - bizonyos racionalizálás mellett - sikerült fenntartani a kémia oktatásának szerepét, jelentőségét, amelyre a későbbi szakmai tárgyak oktatásában jelentős mértékben alapozunk. A kémiai oktatás didaktikai és tartalmi fejlesztésében igen jelentős szerepet vállalt Loch Jakab professzor, akinek tankönyvét több kiadásban hallgatóink évtizedek óta használják. Az általa oktatott agrokémia tantárgy olyan kulcsszerepet tölt be, amely megalapozza számos más szakmai tárgy (földműveléstan, növénytermesztéstan, stb.) későbbi oktatását.

Loch Jakab professzor úr nemcsak az agrármérnök képzésben fejtette ki tevékenységét, hanem meghatározó szerepe volt a debreceni egyetemi integráció előfutáraként beindított molekuláris biológus szak. Oktató munkája során Loch professzor nagy hangsúlyt helyezett a végzett agrármérnökök továbbképzésére is. Loch professzor oktató munkájának színvonalát mindennél jobban jelzi és jellemzi, hogy több évtizede rendszeresen vendégprofesszorként vett részt a Rostocki, Berlieni egyetem oktatótevékenységében. Loch professzor oktató munkája mellett mindig nagy hangsúlyt fektetett a tudományos kutatómunkára is. Általa az 1960-as években elindított agrokémiai, tápelem, atomabszorpció, magnéziumtrágyázási és egyéb kutatási projektet számos vonatkozásban úttörő jellegűek voltak. Kutatómunkája

ugyancsak nem maradt meg a hazai keretek között, hanem széles körű együttműködést alakított ki a rostocki, berlini, wageningeni, prágai egyetemekkel, illetve a braunschweigi és a pulawy-i kutatóintézetekkel.

Kutatási kapcsolataiban, kutatómunkájában fontos szerepet játszott és játszik az a rendkívül gyümölcsöző tudományos és emberi értékeken alapuló együttműködési rendszer, melyet részben a hazai felsőoktatási intézményekkel (Gödöllő, Keszthely, Mosonmagyaróvár, stb.), részben kutatóintézetekkel (TAKI, stb.) alakított ki Loch Jakab professzor úr. Kutatómunkájának fontos részét képezte a talajok nitrogén, foszfor háztartásának, szerves anyag változásának, valamint a toxikus elemek hatásának részletes, interdiszciplináris vizsgálata. Irányítása, vezetése alatt számos tanítványa szerzett kandidátusi, PhD fokozatot. Az előzőekben bemutatott oktatási és kutatási területek mellett rendkívül fontosak voltak intézményünk fejlődése szempontjából azok a vezetői tisztségek, amelyet Loch professzor az elmúlt időszakban magas színvonalon ellátott. Ezek közül szeretném kiemelni, hogy két cikluson keresztül dékáni, ugyancsak két cikluson keresztül a Debreceni Agrártudományi Egyetemnek a rektori tisztségét töltötte be. Ezek mellett az állami vezetői beosztások mellett a hazai és nemzetközi szakmai bizottságokban is számos tiszteletet látott el, aktívan és eredményesen tevékenykedett azok munkájában. Több mint 160 hazai és külföldi publikációja jelent meg, több könyv és tankönyv szerzője és társszerzője.

Loch professzor eddigi szakmai tevékenységében harmonikusan tudta összeegyeztetni oktatói, kutatói, vezetői, szakmai, közéleti tevékenységét úgy, hogy mindezek együttesen eredményezték, hogy a debreceni agrokémiai iskola maradandó értékkel gyarapodott. Ezen iskolateremtő tevékenység egyik, de igen fontos, meghatározó szegmensét jelenti az egyetemi oktatás, az a sok ezer végzett hallgató, akik az elmúlt évtizedek során megismerhették Loch professzor magas színvonalú előadásait. Kívánok Loch Jakab professzor úrnak jó egészséget 80. születésnapja alkalmából.

TALAJ ÉS KÖRNYEZET

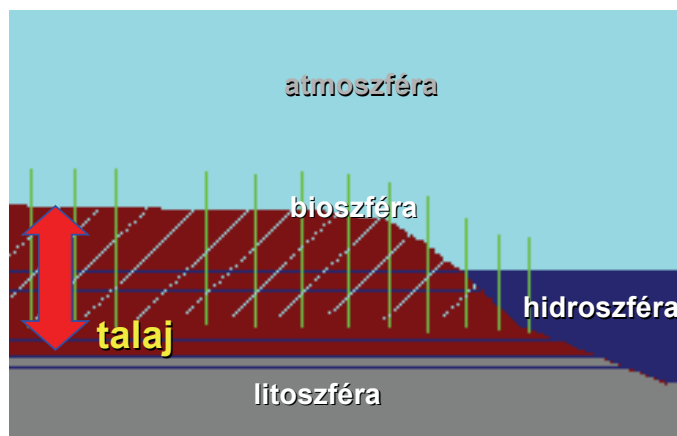
Várallyay György
MTA Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai
Intézet
(MTA ATK TAKI), Budapest

A 80. születésnapját ünneplő Loch Jakab professzorral az Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet (OMMI) Mosonmagyaróvári Talajtani Osztályán ismerkedtem meg 1957-ben. Ő nagybecskereki születésűként a Veszprémi Vegyipari Egyetemről került ide, én – véletlen debreceni születésűként és az óvári agrár-felsőoktatás átmeneti szüneteltetése miatt a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen szerzett diplomával – kerültem „haza”. Itt váltunk közeli munkatárssá. Remek, sokszínű háttérrel rendelkező kollektívában egészítettük ki, fejlesztettük tovább egyetemi tanulmányaink során megszerzett ismereteinket, tanultuk meg a talajvizsgálatok, a talajtérképezés és a talajtani szaktanácsadás elméletét, módszereit és gyakorlatát. Jártuk Győr-Sopron, Vas és Veszprém megye mezőgazdasági nagyüzemeit, állami gazdaságait és újraszerveződő termelőszövetkezeteit, valamint egyéni gazdaságait. Megismertük e régió talajait, talajhasznosítási és gazdálkodási problémáit. Próbáltuk elsajátítani a környezettel: a talajjal, a vízzel, a növényvel és a gazdálkodóval történő – kölcsönös – párbeszédet. Részt vettünk az akkori három fő feladat: savanyú talajok meszezési akciója; trágyázási szaktanácsadás; nagyléptékű (táblaszintű) üzemi talajtérképezés minden fázisában; a helyszíni bejárástól kezdve, a mintavételen, laboratóriumi vizsgálatokon és adatértékelésen keresztül a közvetlen gyakorlati szaktanácsadásig. Együtt dolgozva és együtt élve ismertük meg egymást is, s váltunk egész életünkre testvéri jó barátta. Pedig rövid időn belül – földrajzilag – ismét messze kerültünk egymástól. Loch Jakab az OMMI Arany Sándor vezette Debreceni Talajtani Osztályára, majd a Debreceni Mezőgazdasági Akadémiára, a későbbi Agrártudományi Egyetemre, én pedig az MTA Szabolcs István vezette Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetébe. S azóta, immár több mint 50

éve (!) is ezen intézményekben működünk. Loch Jakab az agrokémia, én a talajtan különböző szakterületein. De szakmai kapcsolatunk töretlenül fennmaradt, barátságunk pedig tovább mélyült. Tudományos tevékenységünknek azonban maradt egy „közös nevezője”: a talaj–növény–környezet kölcsönhatások sokoldalú elemzése, befolyásolási lehetőségeinek feltárása, azok ésszerű szabályozása érdekében. Ezért mikor megkaptam a megtisztelő felkérést a Loch Jakab professzor 80. születésnapja tiszteletére megjelenő gyűjteményes kötet egy mozaikjának megírására, annak témájaként a „Talaj és környezet” vázlatos összeállítást választottam. Ezzel kívánok az ünnepeltnek még hosszú alkotó éveket, sok erőt, optimista szakmaszeretetet és mindehhez nagyon jó egészséget.

Talaj és környezet

A talaj Földünk legkülső szilárd kérge, amely a talajképződés tényezőinek (geológiai képződmények, atmoszféra, víz, élővilág, idő) együttes hatására jön létre a litoszféra, atmoszféra, hidroszféra és bioszféra kölcsönhatásának zónájában (1. ábra). Képződése, változása és „pusztulása” tehát egyaránt szoros összefüggésben, állandó dinamikus kölcsönhatásban van a **környezettel**, amelyre megjelenése óta egyre nagyobb és sokoldalúbb hatást gyakorol az ember (Csete & Várallyay, 2004; Várallyay, 2010a).



1. ábra. Talaj a természeti erőforrások szféráinak kölcsönhatási zónájában

Távolról sem túlzó az a megállapítás, hogy az emberiség jövőjét és életminőségét alapvetően az 1. ábrán bemutatott **természeti erőforrásokkal** történő ésszerű gazdálkodás sikere vagy kudarca, fenntarthatósága határozza meg. A talaj ugyanis Földünk egyik legjelentősebb **feltételeseleg megújuló természeti erőforrása**, amely három specifikus és egyedülálló tulajdonsággal rendelkezik: *termékenység; megújuló képesség* („resilience”); *multifunkcionalitás* (Greenland & Szabolcs, 1993; Várallyay, 2010c, 2012; Várallyay & Láng, 2000). A földhasználat (területhasználat) során óhatatlanul bekövetkeznek változások a termőtalaj-készletek mennyiségében és minőségében. Ezek közül a legfontosabbakat foglaltuk össze az 1. táblázatban (Várallyay, 2002, 2010a).

Mivel a talaj *megújuló* természeti erőforrás a talajkészletek ésszerű és szakszerű használata során a talajt fenyegető kedvezőtlen változások nem következnek be: a talaj nem „fogy el” (legfeljebb „funkciót vált” vagy „eltűnik” – véglegesen vagy hosszabb rövidebb időre – a biomassza-termelés számára), „minősége” nem csökken szükségszerűen, irreverzibilisen és kivédhetetlenül. Képes megújulásra. Megújulása azonban nem megy végbe automatikusan, hanem feltételekhez kötött, állandó és tudatos tevékenységet követel. Ha ezeket biztosítjuk, úgy a talaj nem kivédhetetlen akadálya a fenntartható fejlődésnek.

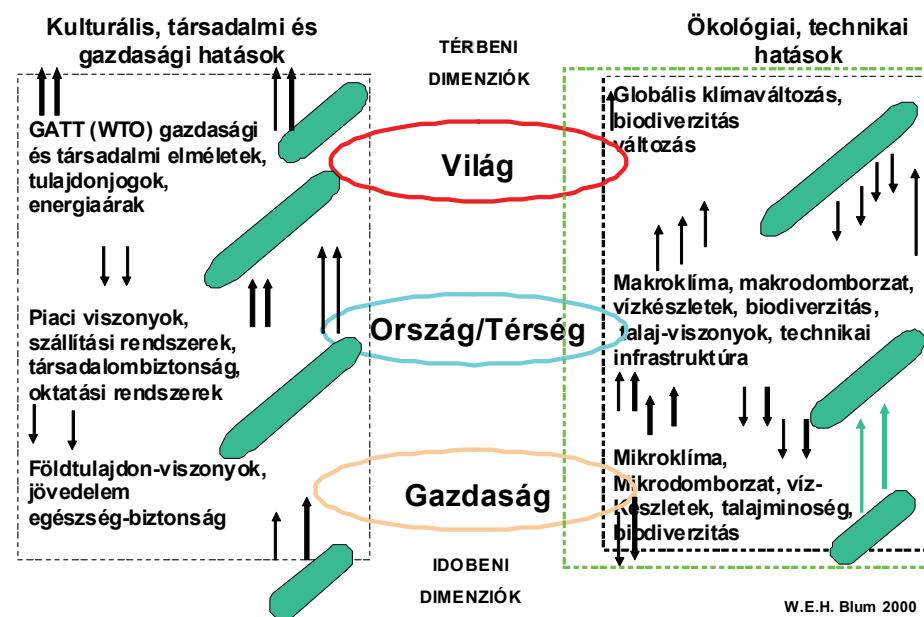
A talaj termelési, környezeti és szociális funkcióinak jelentősége, „súlya” egyaránt jelentősen változott a történelem során, s változik ma is. A talaj funkcióit egyre nagyobb mértékben és egyre sokoldalúbban hasznosítja az ember. A reziliencia érvényesülésének, a megújulás feltételeinek elmaradása, elmulasztása vagy elhanyagolása azonban számos esetben vezetett – néha súlyos, sőt katasztrofális – következményekhez, veszélyeztetve környezetünk kedvező állapotának fenntarthatóságát. A három legjelentősebb fenyegetést az *agroökológiai potenciált korlátozó tényezők*; a talaj sokoldalú funkcióiban zavarokat okozó, a talaj termékenységét csökkentő *talajdegradációs folyamatok*; valamint a *szélsőséges vízháztartási* helyzetek jelentik. Ezek természeti okok, vagy emberi beavatkozások hatására egyaránt bekövetkezhetnek.

1. táblázat. A termőtalaj-készlet lehetséges változásai a föld(terület)-használat következményeként

Jellemző		Kedvezőtlen irányú változások okai	Kedvező irányú változások okai
Mennyiség	Terület	Másirányú földhasználat (iparfejlesztés, települések, infrastruktúra, üdülés, felszíni bányászat, hulladék-elhelyező területek)	mezőgazdasági termelésbe vonás; eddig nem használt, de alkalmas területek (szavanna, füves sztyepppek, szűzföldek) művelésbe vonása; más természeti tényezők miatt (pl. csapadékhiány) nem hasznosított területek művelésbe vonása (pl. öntözéssel); terméketlen vagy kis termékenységű talajok művelésbe vonása meliorációval
	Vastagság	Erózió	Feltöltés: természetes (lejtőhordalék, öntésanyag); mesterséges (melioráció)
Minőség		degradáció (víz és szél okozta erózió; savanyodás, sófelhalmozódás és szikesedés; fizikai degradáció; tápanyagforgalom és biológiai tevékenység kedvezőtlen irányú megváltozása); intenzív talajhasználat (talajszerkezet leromlása, talajdegradációs folyamatok) szervesanyag-tartalom csökkenése	talajjavítás; ésszerű talajhasználat, vetés-szerkezet és agrotechnika; intenzív talajhasználat (jobb tápanyag-ellátás → nagyobb biomasszahozam → nagyobb gyökérszövet → szervesanyag-tartalom növekedés)

Lehetőség szerinti megelőzésük, kivédésük, megszüntetésük, vagy bizonyos tűrési határig történő mérséklésük a fenntartható erőforrás-hasznosítás, benne a talajhasználat alapvető célkitűzése, prioritást érdemlő legfontosabb feladata. Ezek megvalósításától és sikerétől függ ugyanis, hogy képes-e a talaj, illetve az ökoszisztéma a rezilienciáját érvényesítő megújulásra, hogy vannak-e a fenntarthatóságnak (fenntartható fejlődésnek) talajtani korlátai (Várallyay, 2012).

A talaj és környezet közötti kapcsolat kutatásai felé e feltételek meghatározása és biztosítása jelenti a kor legnagyobb kihívását, legjelentősebb össztársadalmi elvárását. Következésképpen talaj- és vízkészleteink racionális használata, védelme, minőségének megőrzése vagy fokozása, sokoldalú funkcióképességének biztosítása a **fenntartható fejlődés** egyik kulcsfeladata, mégpedig a döntéshozás minden szintjén és fázisában, mint ezt – Blum nyomán – a 2. ábrán vázlatosan összefoglaltuk (Várallyay, 2010c).



2. ábra. Természeti erőforrások hasznosításának térbeli és időbeli dimenziói

A talajkészletek megújulását biztosító fenti célkitűzések megvalósítása egyre nehezebb, s egyre több érdekellentéttel, vitával, konfliktussal, kényszerű kompromisszummal jár. A társadalom ugyanis egyre több, nagyobb és sokoldalúbb igényt, elvárást fogalmaz meg a talaj- és vízkészletekkel, azok használatával szemben, mégpedig egyre erősebben, egyre követelőbben, egyre erőszakosabban, ugyanakkor egyre megosztottabban. Ez az igény egy adott, remélhetően egyre inkább, egyre pontosabban, részletesebben és sokoldalúbban ismert állapottal és erre alapozott megoldás-alternatíva listával találkozhat, néha ütközik. Az egyre sokoldalúbb és egyre erősebb környezeti hatású emberi tevékenység erre az állapotra hat, előnyösen vagy hátrányosan, tudatosan, vagy (eddig még) fel nem ismert. Ez a hatás a környezet állapotában változásokat okoz, a környezet elemei különbözőképpen (mértékben, gyorsasággal, tartóssággal, stb.) reagálnak arra, ami azután újabb társadalmi igényeket fogalmaz meg, s a körforgás megy tovább, önmagába visszatérő gyűrűként, illetve felfelé vagy lefelé haladó spirálként. Ennek alaposabb megismerése, szabályozási lehetőségeinek feltárása, várható következményeinek minél teljesebb körű *elemzése* (impakt analízis) és *előrejelzése* (prognózis) a lehetőség szerinti *optimalizálás*, a káros hatások *megelőzése* (prevenció), illetve a nem (vagy nem reálisan, nehezen, költségesen) megváltoztatható/befolyásolható új (vagy várható jövőbeni) helyzethez/ körülményekhez történő *alkalmazkodás* (adaptation) érdekében a „talaj–környezet” kutatások és intézkedések legfontosabb feladata (Várallyay, 2010c, 2012).

Talajkészleteink és „fenyegetettségük”

Az ország agroökológiai potenciáljának (világszínvonalú, nemzetközileg is példaértékűnek tekintett és követett) felmérése alapján (Láng et al., 1983; Csete & Várallyay, 2004; Várallyay & Láng, 2000; Várallyay et al., 2009) tudományos megalapozottsággal állíthatjuk, hogy Magyarország, elsősorban a magyar alföldek, **általában és viszonylag kedvező agroökológiai adottságokkal** rendelkeznek sokcélú biomassza-termelés (élelmiszer, takarmány, ipari nyersanyag, alternatív energia) céljára.

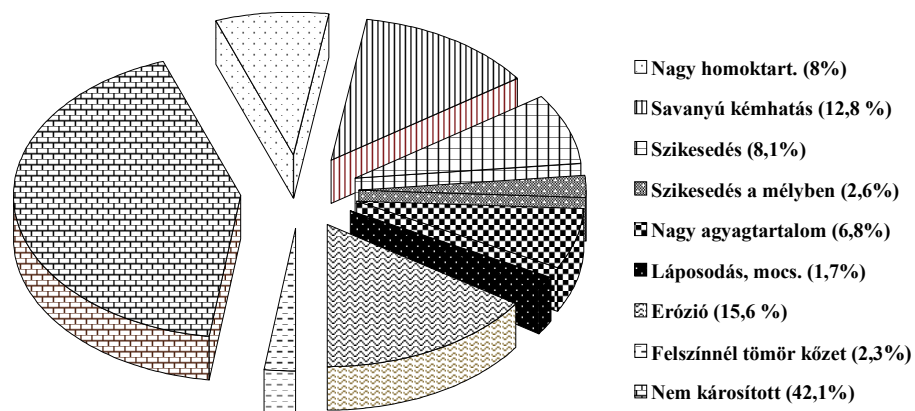
Ezek a kedvező adottságok azonban igen nagy **tér- és időbeni változatoságot** mutatnak, szeszélyesek, kiszámíthatatlanok (így nehezen előrejelezhetőek), szélsőségekre hajlamosak, s érzékenyen reagálnak bizonyos természeti okok miatti vagy különböző emberi tevékenység okozta stresszhatásokra. Környezeti állapotunk megóvása (vagy javítása) érdekében ezekhez a körülményekhez kell *alkalmazkodni*, a várható változásokra *felkészülni*, azok kedvező hatásainak erősítésére, ill. kedvezőtlen következményeinek *megelőzésére, elhárítására, gyengítésére, csökkentésére* tudományosan megalapozott módszereket, technológiákat kidolgozni, széleskörűen és eredményesen alkalmazni (Csete & Várallyay, 2004; Láng et al., 2003; Várallyay, 2010a; Várallyay & Láng, 2009).

A kedvező agroökológiai adottságokat elsősorban három tényező korlátozza:

- (i) Talajdegradációs folyamatok (Szabolcs & Várallyay, 1978; Várallyay, 2004).
- (ii) Szélsőséges vízháztartási helyzetek (Várallyay, 2003, 2005, 2010b).
- (iii) A szerves anyag és az elemek (növényi tápanyagok és potenciális szennyező anyagok) kedvezőtlen biogeokémiai körforgalma (Láng et al., 1983; Várallyay, 2002; Várallyay & Láng, 2009).

A **talajtermékenységet gátló tényezőkkel** Magyarország jelentős területén is számolni kell, mint ezt a 3. ábra kördiagramja szemlélteti (Szabolcs & Várallyay, 1978).

E tényezők természeti (termőhelyi) *adottságok*, amelyekhez vagy **alkalmazkodni** kell *megfelelő* talajhasználattal, művelési ággal, vetésszerkezettel és agrotechnikával, a „Termeljünk mindent ott, ahová való!”, illetve „Mezőgazdaságunk termelési szerkezetét minél inkább kell természeti (ökológiai) viszonyainkhoz igazítani!” alapelvek érvényesítésével; vagy – amennyiben az lehetséges, szükséges, indokolt és racionális – azok **megváltoztatásával** (melioráció, talajjavítás, talajvédelem, vízrendezés) (Birkás & Gyuricza, 2004; Várallyay & Láng, 2009).



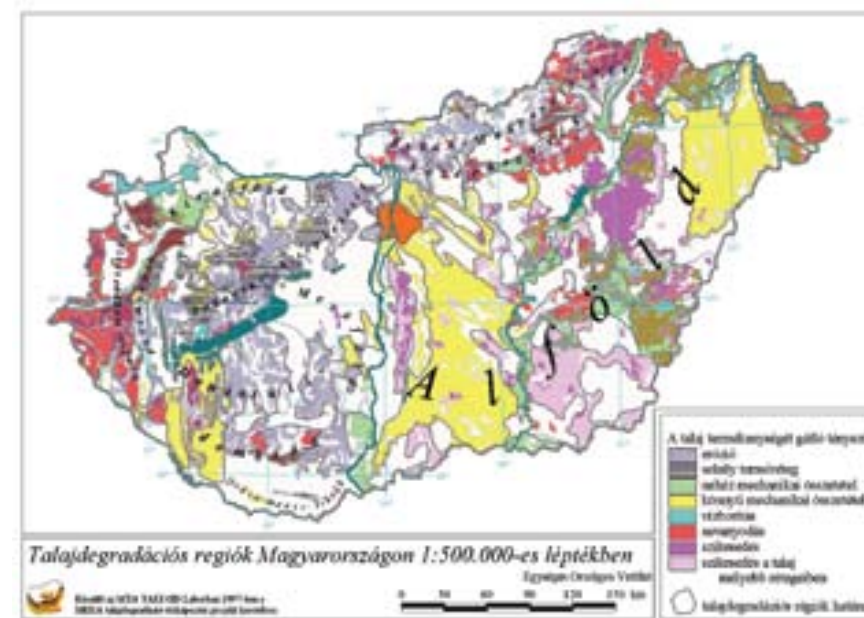
3. ábra. A talajtermékenységet gátló tényezők Magyarországon

A jelenlegi állapotot – gyakran jelentős mértékben – súlyosbítják a **talajdegradációs folyamatok**, amelyek a talaj anyagforgalmának számunkra kedvezőtlen irányú megváltozását jelentik, annak minden káros következményével. Talajdegradációs folyamatok természeti okok (pl. klímaváltozás, árvíz, földcsuszamlás stb.) miatt, vagy a sokoldalú emberi tevékenység (ésszerűtlen földhasználat; ipari tevékenység; bányászat; infrastruktúra és településfejlesztés, urbanizáció; stb.) közvetlen vagy közvetett hatásaiként; tudatos vagy nem kívánt (ismert, kiszámítható vagy váratlan) következményeként egyaránt bekövetkezhetnek. A korlátozó tényezők és talajdegradációs folyamatok – összevont – vázlatos térképét mutatjuk be a 4. ábrán (Várallyay, 2004, 2010a).

A **talajdegradációs folyamatok** nem szükségszerű és kivédhetetlen következményei az *ésszerű és megfelelő* földhasználatnak. Az esetek túlnyomó részében **megelőzhetőek, kivédhetőek**, vagy legalább bizonyos tőrési határig **mérsékelhetőek**. Ehhez azonban a talaj „megújuló képességének” feltételeit biztosító beavatkozások szükségesek, mint amilyeneket – Európa Talajvédelmi Stratégiájának kidolgozását *megelőzve* – „**Magyarország Talajvédelmi Stratégiájában**” megfogalmaztunk (Németh et al., 2005).

Ezek kidolgozásához pedig egy olyan korszerű és naprakész talajtani adatbázis szükséges, amely megfelelő információt nyújt a talajok jelenlegi környezeti állapotáról, annak változásáról (monitoring), valamint a talajok kör-

nyezeti érzékenységről/sérülékenységről. Magyarországon egy ilyen korszerű, nemzetközi színvonalú adatbázis rendelkezésre áll, „csak” annak folyamatos naprakészségét, valamint információinak széleskörű és sokoldalú felhasználását kell(ene) biztosítani (Várallyay et al., 2009).



4. ábra. Talajdegradációs régiók Magyarországon

Szélsőséges vízháztartási helyzetek

Természeti adottságaink között nagy biztonsággal előre jelezhető, hogy az életminőség javítását célzó társadalmi fejlődésnek, a multifunkcionális mezőgazdaság- és vidékfejlesztésnek és a környezetvédelemnek egyaránt a víz lesz egyik meghatározó tényezője, a vízfelhasználás hatékonyságának növelése, benne a talaj nedvességforgalom-szabályozása pedig megkülönböztetett jelentőségű kulcsfeladata, mert vízkészleteink korlátozottak és időjárásunk szélsőségessegre hajlamos (Várallyay, 2003, 2005, 2010b).

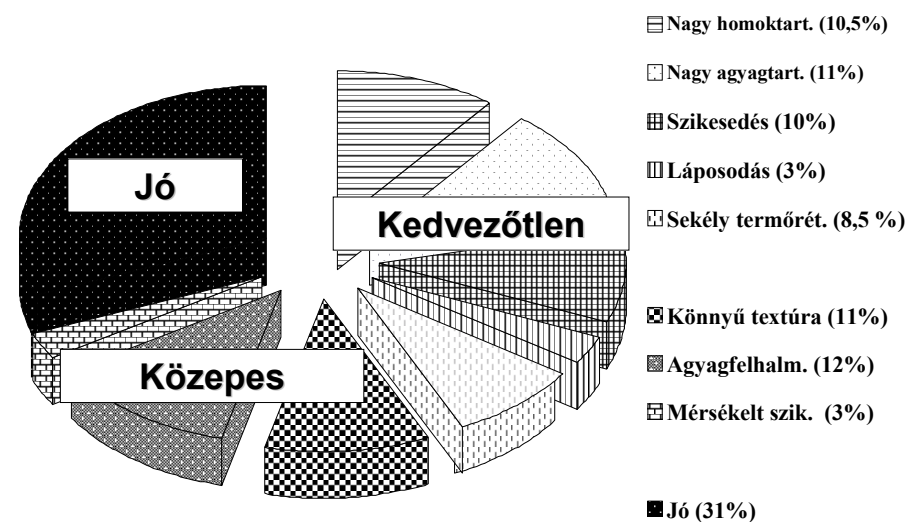
A lehulló csapadék a jövőben sem lesz több (sőt a prognosztizált globális felmelegedés következtében esetleg kevesebb) mint jelenleg, s nem fog csökkenni annak tér- és időbeni változékonysága sem. Nem lehet számítani a 85–90%-ban szomszédos országokból érkező felszíni vizeink mennyiségének növekedésére sem, különösen nem a kritikus „kiszáradt” időszakokban. Felszín alatti vízkészleteink pedig nem termelhetők ki korlátlanul súlyos környezeti következmények nélkül, mint erre az utóbbi években a már-már katasztrofális következményekkel járó és „sivatagosodási tüneteket” okozó Duna–Tisza közti talajvízszint-süllyedés hívta fel a figyelmet. Nem is beszélve arról, hogy a hidro(geo)lógiailag zárt Kárpát-medence alföldjei alatt – azok negatív vízmérlege (Cs<P) miatt – az anyagfelhalmozódási folyamatok dominálnak, emiatt a talajvizek nagy sótartalmúak és kedvezőtlen ionösszetételűek (Várallyay, 2003).

A klímaváltozás prognózisok egybehangzó megállapítása szerint a szélsőséges időjárási és vízháztartási helyzetek bekövetkezésének valószínűsége, gyakorisága, tartama és súlyossága egyaránt növekedni fog, s fokozódnak kedvezőtlen, káros, bizonyos esetekben katasztrofális gazdasági, környezeti, ökológiai, sőt szociális következményei is. Az utóbbi évek fájdalmasan igazolták e prognózist.

Ilyen körülmények között megkülönböztetett jelentősége van annak, hogy a talaj az ország legnagyobb potenciális természetes víztározója. 0–100 cm-es rétegének pórusterébe elvileg a lehulló átlagos csapadékmennyiség közel kétharmada egyszerre beleférne (Várallyay, 2003; Csete & Várallyay, 2004). Hogy ennek ellenére Magyarország (elsősorban az alföldek) talajaira mégis a szélsőségesség, illetve az arra való hajlam a jellemző, annak az az oka, hogy talajaink 43%-a különböző okok miatt kedvezőtlen, 26%-a közepes, s „csak” 31%-a jó vízgazdálkodású (Várallyay, 2005), mint ezt az 5. ábra kör-diagramja (az okok megjelölésével), illetve a talaj vízgazdálkodási jellemzőinek térképével szemlélteti.

Fentiekből következik, hogy Magyarországon (elsősorban a szélsőségességre különösen hajlamos alföldi területeken) mindent el kell követni a rendelkezésre álló korlátozott és szeszélyes eloszlású vízkészletek minél hatékonyabb hasznosítása érdekében. Ez az adott körülményekhez igazodó, azokhoz rugalmasan alkalmazkodó, többirányú vízháztartás/ nedvességforgalom-

szabályozást tesz szükségessé (tározás, elvezetés, pótlás), amelyek alaptétele nem lehet más, mint a talajra jutó víz (elsősorban a légköri csapadék) talajba



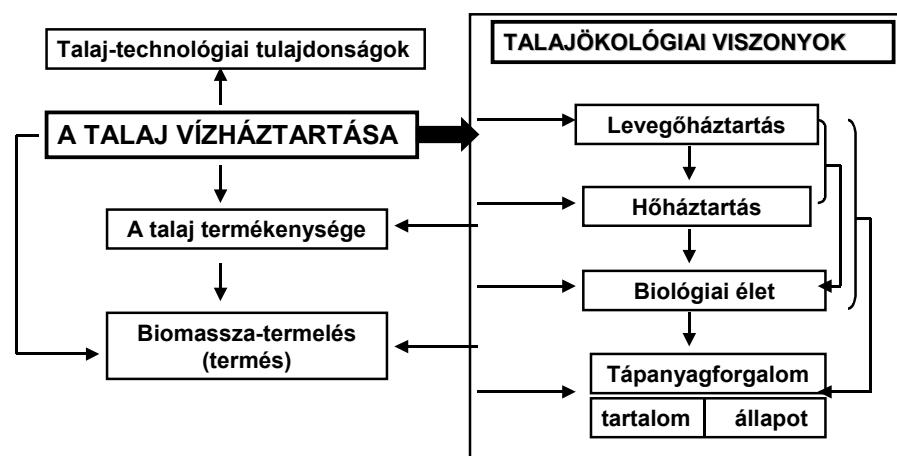
5. ábra. A talaj vízgazdálkodásának jellemzői

szivárgásának és a talajban történő hasznos, növények számára felvehető, környezeti károkat nem okozó tározásának elősegítése. Ezzel a szélsőséges vízháztartási helyzetek bekövetkezésének kockázata, gyakorisága, súlyossága eredményesen csökkenthető, s ezek káros gazdasági/környezeti/társadalmi következményei is mérsékelhető (Várallyay, 2003, 2005, 2010b).

Vízgazdálkodás és a talaj anyagforgalma

A talaj vízgazdálkodása és nedvességforgalma a növényzet és a bióta közvetlen vízellátásán kívül többnyire döntő mértékben befolyásolja a többi talaj-ökológiai tényező (levegő-, hő- és tápanyagforgalom, biológiai tevékenység) állapotát és dinamikáját is. Jelentős (gyakran meghatározó) hatással van a

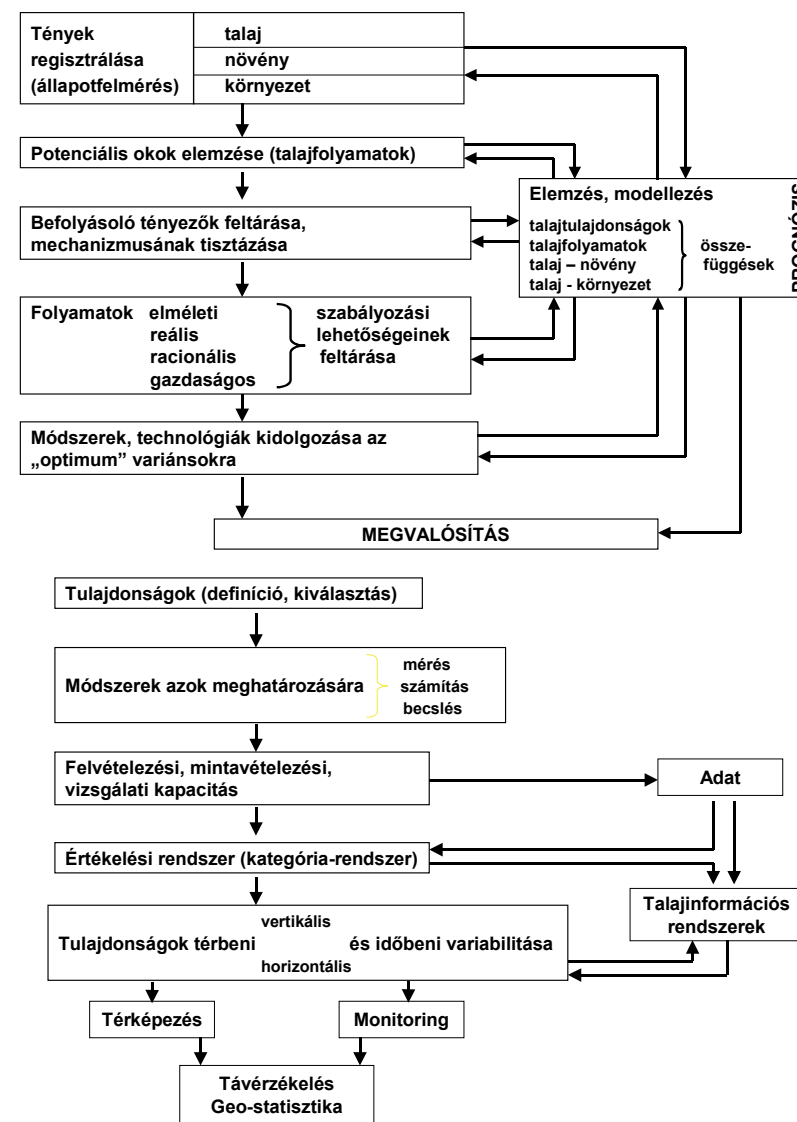
talaj anyag- és energiaforgalmára, abiotikus és biotikus transzport- és transzformációs folyamataira, következőképpen funkcióira, termékenységére, megújuló képességére (Várallyay, 2002, 2005, 2010a; Várallyay & Láng, 2000). Hat továbbá a talaj technológiai állapotára, művelhetőségére, a talajművelés energiaigényére (Birkás & Gyuricza, 2004); valamint a talaj környezeti érzékenységére, stressztűrő képességére, technikai és kémiai terhelhetőségére is. Ezen összefüggéseket szemlélteti vázlatosan a 6. ábra. A talaj víz-háztartás-szabályozásával ezért egyértelműen kedvezően befolyásoljuk a talaj „megújuló képességét”, multifunkcionalitását és termékenységét is (Greenland & Szabolcs, 1993; Várallyay, 2002).



6. ábra. A talaj víz-háztartásának hatása a talajökológiai viszonyokra

Talajfolyamatok szabályozása, a fenntartható talajhasználat alapfeladatai

A korszerű talajtan alapvető célja a talajban végbemenő **anyag- és energiaforgalmi folyamatok** (abiotikus és biotikus transzport és transzformáció) **szabályozása** (Várallyay, 2000). Ez a 7. ábrán bemutatott, logikusan egymásra épülő (és emiatt sorrendjében racionálisan és káros következmények nélkül nem felcserélhető) lépéseket foglalja magában.



7. ábra. Talajfolyamatok szabályozása

A céltudatos és eredményes folyamatszabályozáshoz a szilárd kiinduló pontot csak egy *megfelelő* (tartalmú, részletességű, megbízható és reprodukálható, reprezentatív) **adatbázis**; a talajban (illetve a levegő-víz-talaj-élővilág kon-

tinuumban) bekövetkező változásokat regisztráló **monitoring rendszer**; a változások okait elemző „**ok-nyomozó**”, valamint a (hatás)**mechanizmusokat** tisztázó, **egzaktan leíró**, lehetőleg kvantitatívan (is) jellemző; s befolyásolási, **szabályozási lehetőségeit** ily módon feltáró **rendszer** jelent(het)i. Egy ilyen rendszer alapján adhatunk *megfelelő* választ az adott kor aktuális új kihívásaira (Várallyay, 2010c).

A kihívásoknak megfelelő **fenntartható talajhasználat legfontosabb feladatait** – Stefanovits évekkel ezelőtt megfogalmazott páratlan tömörségű Talajtani Tízparancsolatának szellemében – az alábbiakban lehet összefoglalni (Németh et al., 2005; Várallyay, 2010a,c; Várallyay & Láng, 2000):

1. A termőhelyi adottságok és a természeti kívánt növények termőhelyi igényeinek eddiginél sokkal jobb összehangolása:
 - *jobb területi koordináció: az adott termőhelyi viszonyoknak megfelelő művelési ág és vetésszerkezet;*
 - a természeti kívánt növények „alakítása” az adott termőhelyi viszonyokhoz;
 - a termőhelyi adottságok megváltoztatása az adott növény (fajta) termőhelyi igényeinek megfelelően.
2. A természeti viszonyoknak és a tájnak megfelelő méretű és alakú mezőgazdasági táblák rendszerének kialakítása, megfelelő infrastruktúrával.
3. Talajdegradációs folyamatok megelőzése, mérséklése.
4. A termesztési folyamat során keletkező szerves anyagok minél teljesebb visszacsatolása a természetes anyagforgalom körfolyamatába (recycling).
5. A talaj felszínére jutó víz talajba szivárgásának és talajban történő hasznos tározásának elősegítése, ezáltal a talaj vízháztartási szélsőségeinek (aszály–belvíz) mérséklése (művelési ág és vetésszerkezet, agrotechnika, talajművelés, vízrendezés, öntözés).
6. A növény igényeihez, tápanyagfelvételi dinamikájához és a termőhelyi viszonyokhoz (időjárás, talajviszonyok, vízellátás) igazodó ésszerű és környezetkímélő tápanyagellátási rendszer.
7. A talajszennyeződés megelőzése, elhárítása, megszüntetése, bizonyos túrési korlátok között tartása.

A talaj tulajdonságait meghatározó, természetes megújuló képességének és multifunkcionalitásának feltételeit biztosító, termékenységet megőrző (vagy

fokozó) tudatos, körültekintő, racionális és hatékony **beavatkozások** egyaránt nélkülözhetetlen elemei a **fenntartható talajhasználatnak, a korszerű vízkészlet-gazdálkodásnak, az eredményes környezetvédelemnek, így az élhető, megfelelő életminőséget biztosító vidékfejlesztésnek is.**

Loch Jakab ugyanilyen koncepcionális megfontolások alapján járult hozzá eredményesen, hatékonyan, körültekintő tudományos megalapozottsággal fenti célkitűzések megvalósításához, mégpedig elsősorban a 6., 4. és 7. részfeladatok megoldása területén. Nyolcvanadik születésnapján eddigi munkássága folytatásához és kiteljesítéséhez kívánunk Neki további eredményes alkotó éveket, töretlen energiát, sok erőt és nagyon jó egészséget.

Irodalom

- Birkás M., Gyuricza Cs. (szerk.) 2004: Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség. SzIE MKK. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft. Gödöllő.
- Csete L., Várallyay Gy. (szerk.) 2004: Agroökológia (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei). AGRO-21 Füzetek, 37. szám.
- Greenland, D. J., Szabolcs, I., (ed.) 1993: Soil Resilience and Sustainable Land Use. CAB International. Wallingford. UK.
- Láng I., Csete L., Harnos Zs. 1983: A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Németh T., Stefanovits P., Várallyay Gy. 2005: Országos Talajvédelmi Stratégia tudományos háttere. Tájékoztató: Talajvédelem. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium. Budapest.
- Szabolcs I., Várallyay Gy. 1978 A talajok termékenységet gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan, 27: 181–202.
- Várallyay Gy. 2000: Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása. In: Székfoglalók, 1995–1998. 1–32. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest.
- Várallyay Gy. 2002: A talaj multifunkcionalitásának szerepe a jövő fenntartható mezőgazdaságában. Acta Agron. (50 éves jubileumi különszám). 13–25.

- Várallyay Gy. 2003: A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet. FVM Vízgazd. Osztály. Budapest–Gödöllő.
- Várallyay Gy. 2004: A talajdegradáció, mint környezeti stressz. In: „Környezetminőség–életminőség”. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen. 21–31.
- Várallyay Gy. 2005: A talaj vízgazdálkodása és a környezet. In: A talaj vízgazdálkodása és a környezet. (Szerk.: Németh T.) 15–30. MTA TAKI. Budapest.
- Várallyay Gy. 2010a: Talaj, mint természeti erőforrás. In: „Az Élhető Vidékért 2010” Környezetg. Konferencia kiadványa. 36–52. Koppányvölgyi Vidékfejlesztési Közhasznú Egyesület, Törökkoppány.
- Várallyay Gy. 2010b: A talaj vízgazdálkodásának szerepe a fenntartható növénytermesztésben. In: Termesztési tényezők a fenntartható növénytermesztésben. (Szerk.: Pepó P.) 227–236. DE AGTC kiadása. Debrecen.
- Várallyay Gy., 2010c: Talajkészleteink és a kor új kihívásai. Talajvédelem különszám. 293–306. Talajvédelmi Alapítvány. Budapest.
- Várallyay Gy., 2012: Vannak-e a fenntartható fejlődésnek talajtani korlátai? In: „A fenntartható fejlődés holisztikus megközelítése” Magyar Profesz-szorok Nemzetközi Szövetsége (MPNSZ). Budapest. 137–164.
- Várallyay Gy., Láng I. 2000: A talaj kettős funkciója: természeti erőforrás és termőhely. Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények, 5–19.
- Várallyay Gy., Láng I. 2009: A hazai környezetállapot vizsgálata, különös tekintettel a klímaváltozásra. In: Stratégiai kutatások 2008–2009. Minisz-terelnöki Hivatal–Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. 281–302.
- Várallyay Gy., Szabóné Kele G., Berényi Üveges J., Marth P., Karkalik A., Thury I. 2009: Magyarország talajainak állapota (a talajvédelmi informá-ció és monitoring rendszer (TIM) adatai alapján). Földművelésügyi Mi-nisztérium Agrár-környezetvédelmi Főosztály. Budapest.

ÚJ MÓDSZER A TALAJOK TÁPANYAG-ELLÁTOTTSÁGÁNAK MEGÍTÉLÉSÉRE: A NITROGÉN-SZOLGÁLTATÁS

Füleky György

Szent István Egyetem, Környezettudományi Intézet, Talajtani és Agrokémiai Tanszék, Gödöllő

25 évvel ezelőtt 1978-ban létesült a Magyar Tudományos Akadémia Talajta-ni és Agrokémiai Kutató Intézetében az ún. „talajbank”. 36, az ország kü-lönböző tájegységeit és legfontosabb talajait reprezentáló talajminta a szán-tott rétegből lett véve és úgy lett kiválasztva, hogy a talaj fizikai félesége, pH-ja, humusz-tartalma, makro-, és mikroelem-tartalma a lehetőség szerint minél szélesebb skálán legyen képviselve. A talajbank mintái az elmúlt há-rom évtized alatt több új tápelem vizsgálati módszer (EUF, CaCl₂, HWP) első tesztelését szolgálták, de emellett jó vizsgálati alapot biztosítottak a talaj foszfor, kálium és nitrogén-szolgáltatásának vizsgálatához, valamint a sava-nyúság, a humuszminőség és a mikrobiológiai vizsgálatokhoz is.

Loch Jakab professzor 70. születésnapja alkalmából összeállított „Az agro-kémia időszerű kérdései” című kötetben a magyarországi talajok foszfor-, és kálium-szolgáltató képességéről számoltunk be, míg jelen dolgozatban az általunk kifejlesztett HWP forróvízes extrakciós módszer nitrogén-szolgáltató képesség meghatározására való alkalmasságát szeretnénk bemu-tatni.

Anyag és módszer

A talajbank 36 talajmintájának származási helye a talaj típusa, legfontosabb tulajdonságai, valamint különböző N-formái az 1. táblázatban találhatók.

1. táblázat A vizsgálatba vont 36 talaj fontosabb jellemzői

	Talaj helye	Talaj típusa	K _A	pH _{KCl}	CaCO ₃ %	Humusz %	Összes N mg/100g	Ásványi- N mg/100g	Kötött- NH ₄ -N mg/100g
1.	Kenyeri	Agyagbemosódásos barna erdőtalaj	29	6,2	-	1,8	121	5,75	9,55
2.	Agyagosszergény	Karbonátos réti talaj	38	7,1	1,3	6,6	364	3,02	11,2
3.	Keszthely	Ramman-féle barna erdőtalaj	33	6,6	-	1,6	129	1,26	12,5
4.	Nagykanizsa	Agyagbemosódásos barna erdőtalaj	36	4,3	-	1,5	118	2,41	10,7
5.	Mosonmagyaróvár	Öntéstalaj	47	7,2	27,4	2,7	194	3,13	16,6
6.	Nagyszentjános	Réti csernozjom	40	7,3	7,2	2,6	190	2,16	15,5
7.	Homokszentgyörgy	Agyagbemosódásos barna erdőtalaj	26	4,0	-	1,1	83	1,58	5,67
8.	Orosháza	Mélyben szolonycses csernozjom	42	7,1	1,7	3,5	230	1,40	16,7
9.	Mezőhegyes	Csernozjom	46	7,1	5,0	4,2	289	1,15	15,2

10.	Új-szeged	Tisza öntéstalaj	43	7,1	2,1	1,2	89	1,36	20,6
11.	Szeged-Óthalom	Csernozjom	38	7,3	6,0	2,5	170	1,33	12,7
12.	Nyírlugos	Kovárányos barna erdőtalaj	25	3,9	-	0,4	29	1,04	4,38
13.	Nyíregyháza	Barna erdőtalaj	26	4,1	-	0,7	53	1,69	7,00
14.	Kompolt	Csernozjom barna erdőtalaj	42	5,1	-	3,3	186	1,73	15,0
15.	Tiborszállás	Láptalaj		3,6	-	10,0			
16.	Irgszemese	Mészlepedékes csernozjom	37	7,1	6,9	2,4	182	2,19	14,8
17.	Kecskemét	Karbonátos futóhomok	24	7,8	11,8	0,3	22	0,97	2,01
18.	Nagyhórások	Mészlepedékes csernozjom	38	7,0	1,8	3,1	230	2,37	13,5
19.	Hajdúszörmény	Réti szolonyc	51	5,7	-	6,4	352	2,12	20,3
20.	Magyaregry	Erdőtalaj-pannon agyagon	42	5,1	-	1,0	68	1,26	15,7
21.	Hajdúszoboszló	Csernozjom	41	6,0	-	4,8	173	2,46	20,1
22.	Karcag	Sztyeppesedő réti szolonyc	47	4,7	-	4,0	236	2,41	29,5
23.	Sarkad	Öntéstalaj	53	5,4	-	3,9	217	3,63	26,5
24.	Ragály	Agyagbemosódásos barna erdőtalaj	42	3,3	-	3,4	152	2,01	15,3

25.	Szilvászár	Agyabemosódásos barna erdőtalaj	40	6,6	--	2,0	140	2,29	13,6
26.	Etes	Barna erdőtalaj	48	5,9	-	3,3	210	4,40	21,8
27.	Eger	Nyiroktalaj	47	5,6	-	2,9	182	4,13	19,7
28.	Szarvas	Öntéstalaj	48	4,9	-	1,9	150	1,48	24,9
29.	Martonvásár	Erdőmaradványos csernozjom	39	6,2	-	2,3	165	1,84	18,8
30.	Gagyvendégi	Agyabemosódásos barna erdőtalaj	38	5,2	-	2,0	134	2,19	13,1
31.	Putnok	Agyabemosódásos barna erdőtalaj	35	5,8	-	2,0	132	1,80	12,2
32.	Szentgyörgyvölgy	Pszudoglejes barna erdőtalaj	35	4,9	-	1,2	81	1,81	10,9
33.	Hosszúhát	Réti talaj	45	5,1	-	3,4	185	2,16	21,1
34.	Órbotyán	Karbonátos homoktalaj	28	7,4	3,3	1,0	66	1,43	5,67
35.	Csávoly	Csernozjom	41	7,3	2,6	3,3	224	9,56	13,0
36.	Ozsákpuszt	Agyagos öntéstalaj	60	7,0	13,7	3,0	199	1,73	25,5

A talajok tápelem-szolgáltató képességének növényekkel történő vizsgálatára angolperje teszt növényekkel tenyészedény kísérletet végeztünk. 1 kg légszáraz talajt tettünk műanyag edényekbe, majd a szántóföldi vízkapacitásra történő benedvesítés után 1 g angolperje magot vetettünk a mintegy 1 dm²-nyi edények felületére. A kísérlet 3 ismétlésben folyt, az angolperje növények hajtásait 3 hetente vágtuk le /összesen 6 alkalommal/, és a légszáraz mintákból határoztuk meg a nitrogén-tartalmat.

A forróvizoldható nitrát-, és ammónium-N tartalmat az általunk kifejlesztett (FÜLEKY- CZINKOTA 1993) HWP-készülék segítségével határoztuk meg. A mintatartóban 30 g talaj és 10 g kvarchomok keveréket helyeztük el, majd gyenge nyomás alatt (120-150 kPa), 102-105°C-os vizet engedtünk a talajmintákra. A talajmintán átfolyt oldatot 5-ször 100cm³-es részletben felfogtuk és az oldatokból mértük meg a nitrát-, és ammónium-N tartalmat.

Eredmények és értékelésük

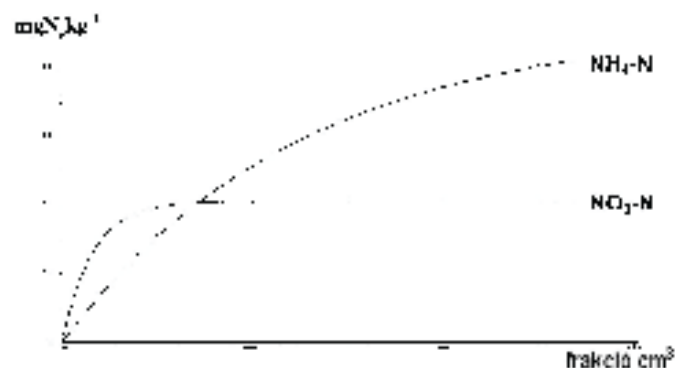
Az angolperje növények 6 vágásával felvett nitrogénmennyiségek, valamint a forróvízzel kioldott nitrogén mennyiség mért és számított értékei a 2. táblázatban találhatóak. A számításhoz a mért adatokra formálisan kinetikailag elsőrendű reakcióegyenlet függvényét illesztettünk $Y = A(1-e^{-kt})$, ahol y = az adott időpontban mért nitrogén mennyisége, A = a maximálisan oldható nitrogén mennyiség.

Természetesen a növényi kísérleteknél „A” értéke a maximálisan felvehető nitrogén mennyiségét jelöli. Nyilvánvaló, hogy mind a forróvízes eredmények, mid a növénykísérlettel kapott eredmények szorosan kötődnek az alkalmazott kísérleti technika adta lehetőségekhez. k = sebességi állandó, t = idő, napokban, illetve forróvízes extrakciónál a levett oldat cm³-e.

Az adott függvény illesztése lehetővé teszi a tápelem szolgáltatás sebességének a meghatározását is, amit a növények felvételére vonatkozóan, illetve az EUF módszer esetében más dolgozatban már bemutattunk. (FÜLEKY 1987, FÜLEKY -VÉGH 1995-1999).

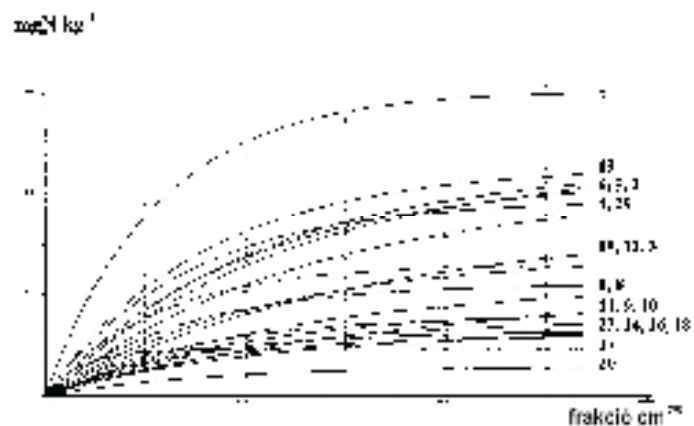
Az 1., 2. és 3. ábrán a forróvizoldható nitrát-, és ammónium-N tartalomra vonatkozó függvények láthatók. Jól megfigyelhető, hogy milyen szoros a mérési eredmények illeszkedése az alkalmazott függvény esetében.

Az eredményekből jól látható, hogy a forróvizes extrakciós módszer széles skálán jellemzi a talajok nitrogén szolgáltató képességét, és feltehetően hasonlóképpen mutatja mint a kísérletekben használt tesztnövény, az angolperje.

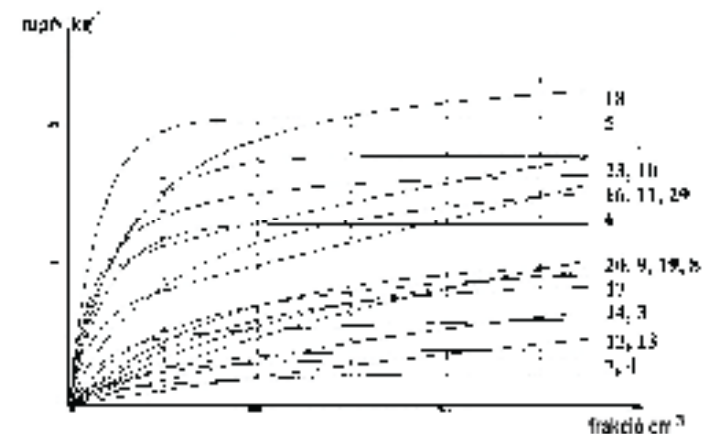


1. ábra A HWP módszerrel meghatározott nitrát- és ammónium-N deszorpciója az 5. sz. talaj esetében

Az 1. ábra az 5. sz. talaj esetében mutatja be a nitrát- és ammónium-N deszorpcióját 5 x 100 cm³ átfolyó víz hatására. Látható, hogy a nitrát-N sokkal gyorsabban, gyakorlatilag az első 100 cm³-el deszorbeálódik, míg az ammónium-N csak folyamatosan, az öt levett frakció során. Ez természetesen a két ion jól ismert kötődési különbségéből adódik.



2. ábra A HWP módszerrel meghatározott ammónium-N deszorpciója a vizsgált magyarországi talajokban



3. ábra a HWP módszerrel meghatározott nitrát-N deszorpciója a vizsgált magyarországi talajokban

A 2. ábra az ammónium-N deszorpcióját mutatja be a vizsgálatba vont magyarországi talajok esetében. Az ammónium-N deszorpciója minden esetben követi a korábban bemutatott képet, vagyis csak fokozatosan tud deszorbeálódni a HWP extrakció során. A laza talajok esetében (pl. 7, 13) a gyengébb kötődés következtében gyorsabb a deszorpció, míg a kötöttebb talajoknál (pl. 20,23) sokkal lassabb és kisebb mértékű az ammónium-N deszorpciója.

2. táblázat: A HWP módszerrel, illetve a CaCl₂ extrakcióval meghatározott nitrát- és ammónium-N mennyiségek összefüggése

	Xmin	Xmax	Xátlag	r100 cm ³	r500 cm ³
CaCl ₂ -NH ₄ -N	3,8	30,0	8,8	0,79	0,78
CaCl ₂ -NO ₃ -N	0,7	89,0	15,0	0,63	0,71

A 3. ábra a nitrát-N deszorpcióját mutatja be a vizsgálatba vont talajok esetében. Az 5. sz. talajnál megismert gyorsan véget érő deszorpciót több talaj is követi

3. táblázat: Magyarországi talajok HWP módszerrel meghatározott és számított maximálisan deszorbeálható nitrát- és ammónium-N mennyisége, valamint az angolperje 6 vágásával felvett N mennyisége

Talaj száma	NH ₄ ⁺ -N mg/kg	NO ₃ -N mg/kg	N felvétel, 6 vágás mg/kg
1.	22,28	71,25	437,1
2.	43,63	69,82	395
3.	28,03	6,26	245,9
4.	39,06	2,26	398
5.	46,58	20,63	4440,9
6.	46,53	13,701	481,9
7.	60,66	3,24	266,6
8.	22,19	11,33	247,2
9.	17,20	10,41	251,9
10.	15,82	28,52	103,6
11.	20,78	28,52	129,4
12.	26,18	12,46	141,9
13.	45,72	3,92	295,6
14.	12,95	10,37	236,7
16.	12,63	17,44	339,1
17.	9,33	8,84	174,5
18.	12,82	25,21	282,4
19.	34,31	11,27	295,3
20.	5,81	17,92	406
23.	15,15	19,94	476,6
29.	41,10	18,63	300,7

(pl. 23, 10, 7, 4), a legtöbb talaj esetében azonban a nitrát-N deszorpciója is elhúzódik az időben (pl. 16, 20, 14).

4. táblázat: Összefüggés (r értékek) a növényi N felvétel és a HWP módszerrel meghatározott nitrát- és ammónium-N tartalom között

	r
N felvétel, 1. vágás/HWP NH ₄ -N + NO ₃ -N/ n=21	0,559
N felvétel, 1. vágás/HWP NH ₄ -N + NO ₃ -N/ n=19	0,705
N felvétel, 6 vágás összesen /HWP NH ₄ -N/	0,265
N felvétel, 6 vágás összesen /HWP NO ₃ -N/	0,386
N felvétel, 6 vágás összesen /HWP NH ₄ -N + NO ₃ -N/	0,487

Összehasonlítva a CaCl₂ oldható nitrát-, és ammónium-N mennyiségeket, a forró vízzel kioldható N mennyiségekkel (2. táblázat) megállapítható, hogy a kétféle módon történt extrakcióval nyert eredmények szoros összefüggésben vannak egymással ($r_{\text{NH}_4} = 0,78$, $r_{\text{NO}_3} = 0,71$). Az ammónium-N esetében van mindig szorosabb összefüggés. A 3. táblázatban a forróvízoldható nitrát-, és ammónium-N maximális értékei, illetve az angolperje 6 vágásával felvett N mennyisége látható. Az eredményekből azonnal kitűnik, hogy mind a nitrát-, és ammónium-N mennyisége, amit 5 x 100 cm³ forró vízzel deszorbeáltattunk jóval kevesebb, mint a hosszú idejű növénykísérlet során a növényekbe került N mennyisége. Ezt erősítik meg a 3. táblázatban bemutatott mérési eredmények, illetve a 4. táblázatban bemutatott összefüggések r értékei is. Eszerint sem a forróvízoldható nitrát-, és ammónium-N nem biztosít elegendő N-t a növények számára a 6 vágás során. Talán az nitrát-, és ammónium-N mennyisége az 1. vágással felvett nitrogén pótlását biztosíthatja. Ez utóbbi esetben ugyanis szorosabb az összefüggés a HWP – oldható N, illetve a növények által felvett N között ($r = 0,559$). Javult az összefüggés szorossága, ha két pontot elhagytunk a rendszerből.

Összefoglalás

Összegezve megállapíthatjuk, hogy a forróvízes (HWP) módszer segítségével deszorbeálható a talaj nitrát-, és ammónium-N tartalma. Az oldatba kerülés folyamatát jól írja le az elsőrendű kinetikai egyenlet. Az ammónium-N talajban való nagyobb kötődése miatt általában lassabban deszorbeálódik,

mint a nitrát-N. Érdekes módon a talajok többségénél több ammónium-N deszorbeálódik az 5 x 100 cm³-es extrakció során, mint nitrát-N. Az eredmények azt mutatják, hogy a HWP módszerrel meghatározott ásványi N mennyisége csupán az 1 vágással felvett nitrogén mennyiség pótlására lehet elegendő.

Irodalomjegyzék

- FÜLEKY Gy. (2002): Magyarország talajainak tápelem-szolgáltató képessége. Az Agrokémia időszervi kérdései, Debrecen, p 236.
- FÜLEKY Gy. (1987): Potassium supply in typical soils of Hungary, Bulletin of the University of Agricultural Sciences, Gödöllő, 113-119 pp.
- FÜLEKY Gy. and CZINKOTA I. (1993): Hot water percolation (HWP): A new rapid soil extraction method, Plant and Soil 157: 131-135 pp.
- FÜLEKY Gy. and K. R. VÉGH (1995-1996): Soil nitrogen availability calculated from the rate of ryegrass nutrient uptake, Bulletin of the University of Agricultural Sciences, Gödöllő 75th Anniversary Edition, Vol. II. 97-108 pp.

NEW METHOD FOR DETERMINATION OF NITROGEN SUPPLY OF SOIL

György Füleky

Szent István University, Institute of Environmental Sciences,
Department of Soil Science and Agricultural Chemistry Gödöllő

The introduction of the new HWP (hot water percolation) method for the determination of available nitrogen content of soil on the base of the „soil bank of 36 Hungarian soils” was the aim of this work.

For the biological testing of soil nutrient supply glasshouse experiment was conducted with ryegrass plants. The hot water extractable nitrogen content of soil was measured with the HWP (FÜLEKY-CZINKOTA, 1993) method. For the kinetic approach of soil nutrient supply the ryegrass plants were cut 6 times, and 5 times 100 cm³ solutions were collected with the HWP method. The data of both determinations were fitted to the equation of the first order reaction ($Y=A(1-e^{-kt})$) for the formal kinetic description of processes.

This equation gives the possibility of calculation of the maximum value of the available nutrient element content and also the rate of soil nutrient supply. As the figures show all the data were fitted very well to this function. The results proved that in case of routine analysis the first fraction of HWP method satisfactory for evaluation the nitrogen supply of soil. The most strongly sorbed ammonium-N slowly, and in higher amount, desorbed than nitrate-N during the HWP extraction process. The amount of mineral nitrogen desorbed during 5 x 100 cm³ HWP desorption process is enough only for the nitrogen taken up by 1 cutting of ryegrass plants.

GESTALTUNG VON NÄHRSTOFFKREISLÄUFEN IN DER LANDWIRTSCHAFT

**Bettina Eichler-Löbermann, Katja Schiemenz und Silvia
Bachmann**

**Universität Rostock, Lehrstuhl für Pflanzenbau, J. von Liebig-
Weg 6, 18059 Rostock**

1 Einleitung

Die effiziente Nutzung von Nährstoffen ist ein wesentliches Kriterium einer nachhaltigen Landwirtschaft. Zum einen stehen Nährstoffe nicht kostenlos und unbegrenzt zur Verfügung. Das gilt vor allem für Phosphor (P). Bei gleich bleibendem Verbrauch und mit den heute gängigen Abbaumethoden werden, laut Schätzungen der FAO, die P-Ressourcen nur noch für die nächsten 60-130 Jahre reichen (Niehörster 2005). Zum anderen beeinträchtigen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft in Gewässer maßgeblich deren Qualität. Seit Jahren bearbeitet der Lehrstuhl für Pflanzenbau der Universität Rostock Fragestellungen zur effizienten Ausnutzung des in der Landwirtschaft eingesetzten Phosphors. So wurden in mehreren Forschungsprojekten Möglichkeiten des P-Recyclings untersucht. Bereits abgeschlossene Projekte befassten sich mit der P-Düngewirkung von Biomasseaschen und Gärresten (Schiemenz & Eichler-Löbermann 2012, Bachmann et al. 2011). Laufende Vorhaben beschäftigen sich mit der Separierung von Gärresten und der pflanzenbaulichen Verwertung von Klärschlammprodukten.

2 Forschungsprojekte zur Verwertung von Reststoffen aus der Bioenergieproduktion an der Universität Rostock

2.1 Nutzung von Biomasseaschen für die P-Versorgung im Pflanzenbau

Das Projekt widmete sich der landwirtschaftlichen Verwertung von Aschen, die bei der Monoverbrennung unbelasteten pflanzlichen Ausgangsmaterials entstehen und sollte zur Erhöhung der Akzeptanz derartiger Biomasseaschen als Düngemittel beitragen. Der Schwerpunkt des Projektes lag auf Ausnutzung des in Biomasse-Aschen enthaltenen Phosphors. Es wurden drei verschiedene Biomasseaschen (Rapsextraktionsschrotasche (RESA), Strohasche (SA) und Getreidekornasche (GA) in vier Gefäßversuchen und zweijährigen Feldversuchen an zwei Standorten Deutschlands (Rostock, Mecklenburg-Vorpommern und Trenthorst, Schleswig-Holstein hinsichtlich ihrer Eignung als P-Düngemittel getestet. Die Aschemengen wurden entsprechend der jeweiligen P-Gehalte der Aschen und in Erwartung eines pH-Effektes kalkuliert. Die Aschen wurden in Zusammenhang mit dem Anbau verschiedener Haupt- und Zwischenfrüchte getestet (Mais, Blaue Lupine, Sommer-Gerste, Sommer-Raps, Ölrettich, Phacelia, Welsches Weidelgras, Buchweizen).

Folgende wesentliche Ergebnisse ergaben sich nach 4-jähriger Projektzeit:

Die P-Fraktionierung der Düngemittel ergab wesentlich geringere leicht verfügbare P-Anteile ($H_2O\text{-P} + NaHCO_3\text{-P}$) in den Aschen (12 % bis 27 %) als bei TSP (83 %). Jedoch waren die zitronensäurelöslichen P-Gehalte der Aschen (80 % bis 90 % des Pt) denen des TSP (90 % bis 100 % des Pt) ähnlich, so dass insgesamt von einer guten P-Verfügbarkeit der Aschen ausgegangen werden konnte.

In den Feldversuchen konnten nur an einem der beiden Standorte Düngeeffekte der

Biomasseaschen festgestellt werden. Im Rostocker Feldversuch (mit schwach lehmigem Sand) bewirkten die Aschen im Durchschnitt der beiden Versuchsjahre eine Ertragssteigerung und gesteigerte P-Aufnahme von Sommer-Gerste bzw. Mais im Vergleich zur Kontrolle. Im Versuch in Trenthorst war auf stark lehmigem Sand keine nachweisbare Wirkung auf die Kornerträge von Sommer-Weizen und Blauer Lupine oder die P-Gehalte in Pflanze und Boden zu verzeichnen. Dass die Biomasseaschen dort keine positiven Effekte zeigten, wird auf die Bodenverhältnisse (relativ hoher pH-Wert von 6,4 und Pdl-Gehalt von 82 mg kg^{-1}) zurückgeführt.

Tabelle 1: Pw-Gehalte im Boden zu Versuchsende in Abhängigkeit von der Düngung, Fruchtart und Bodenart. Gefäßversuche 2007 und 2008 (Schiemenz 2012)

Düng.	Mais	Bl. Lupine	So-Gerste	So-Raps	Ölrettich	Phacelia	Weidelgras	Buchweizen
Pw-Gehalt (mg kg^{-1}), (vor der Düngung: 10,6), Sand (St3), 2007								
<i>p</i>	<0,001***	0,018*	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***	0,025*	<0,001***
KON	7,5 a	10,4 ab	7,8 a	8,0 a	8,7 a	8,1 a	9,6 a	8,0 a
TSP	10,7 bc	15,3 c	11,5 c	11,9 b	12,8 b	11,3 b	12,3 b	15,5 b
RESA	10,8 bc	12,7 abc	10,0 b	12,5 b	12,5 b	11,0 b	10,9 ab	15,7 b
SA	9,5 b	13,5 bc	10,1 b	11,5 b	15,5 c	10,9 b	10,6 ab	14,4 b
GA	11,9 c	11,7 abc	7,5 a	11,1 b	12,7 b	12,3 b	12,2 b	13,9 b
KCl	7,5 a	9,2 a	7,9 a	8,1 a	8,4 a	7,7 a	9,3 a	7,6 a
MW	9,6 A	12,1 C	9,1 A	10,5 B	11,8 B	10,2 A	10,8 A	12,5 B
Pw-Gehalt (mg kg^{-1}), (vor der Düngung: 7,6), Lehm (Ls3), 2008								
<i>p</i>	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***
KON	6,1 a	6,5 a	5,9 a	7,3 a	6,6 a	6,5 a	5,7 a	5,7 a
TSP	9,8 bc	11,1 c	10,0 b	9,8 b	11,3 b	10,2 d	10,5 b	11,4 c
RESA	10,4 bc	11,2 c	9,5 b	10,4 b	12,2 b	9,1 c	11,0 b	11,2 c
SA	9,1 b	9,2 b	8,5 b	10,3 b	10,7 b	8,1 b	9,7 b	8,6 b
GA	11,0 c	11,3 c	9,0 b	9,7 b	11,4 b	10,2 d	10,0 b	10,7 bc
KCl	5,9 a	6,8 a	5,8 a	6,5 a	5,5 a	6,0 a	6,3 a	6,3 a
MW	8,7 B	9,3 C	8,1 A	9,0 BC	9,6 B	8,3 A	8,9 A	9,0 A

Pw = wasserlösliches P; KON = Kontrolle; TSP = Triplesuperphosphat; RESA = Rapsextraktionsschrotasche; SA = Strohasche; GA = Getreideasche; KCl = Kaliumchlorid; MW = Mischwert; unterschiedliche Kleinbuchstaben innerhalb einer Spalte kennzeichnen sign. Unterschiede zwischen den Düngevarianten ($p \leq 0,05$ Duncan-Test nach einfaktorierter ANOVA); unterschiedliche Großbuchstaben innerhalb einer Zeile und eines Versuches kennzeichnen sign. Unterschiede zwischen den Fruchtarten ($p \leq 0,05$ Duncan-Test nach zweifaktorieller ANOVA); * $p \leq 0,05$; *** $p \leq 0,001$; ns = nicht sign.

In den Gefäßversuchen waren Effekte der Versuchsfaktoren Düngung und Fruchtart sowohl auf lehmigem Sand als auch auf sandigem Lehm zu verzeichnen. Im Vergleich zur Kontrolle führten neben TSP vor allem RESA und teilweise auch GA zu erhöhter P-Aufnahme der Pflanzen (bis zu 74 %). Dabei wurden bodenbedingte Unterschiede festgestellt. Beide Versuchsfaktoren wirkten sich signifikant auch auf die pH-Werte und P-Pools im Boden zum Versuchsende aus. Generell konnte im Boden der Asche-Varianten in gleichem Maße wie in der TSP-Variante eine Erhöhung der leicht-verfügbaren P-Pools (P_w, P_{dl}, Harz-P und NaHCO₃-P) im Vergleich zur Kontrolle ermittelt werden, was auf Umwandlungs-/Mobilisierungsprozesse nach Aschedüngung hindeutet (siehe Tab. 1). In der SA-Variante kam es bei der Mehrzahl der Fruchtarten zu einem Anstieg des pH-Wertes im Boden. Der Fruchtarten-Einfluss wurde besonders in der Phacelia-Variante deutlich. So wurde im Versuchsverlauf die höchste P-Ausnutzung aus Aschen in Kombination mit dem Phacelia-Anbau ermittelt. Dieses wurde im Wesentlichen auf die erhöhte Ausscheidung von Wurzelexsudaten zurückgeführt. Gute Ergebnisse bezüglich der P-Ausnutzung wurden auch für Buchweizen erzielt.

2.2 Nutzung von Gärresten für die P-Versorgung im Pflanzenbau

Ziel der Studie war es, Rückstände aus der Biogasproduktion hinsichtlich (I) der Löslichkeit des darin enthaltenen P zu untersuchen und ihre (II) Eignung als P-Quelle im Pflanzenbau zu bewerten. Weiterhin sollte die (III) Auswirkung von Biogasgüllen auf die P-Pools des Bodens, mit besonderer Berücksichtigung des mikrobiellen Anteils am P-Kreislauf, dargestellt werden. Um ein möglichst breites Substratspektrum abzudecken, wurden aus mehreren Biogasanlagen Proben entnommen. Dabei handelte es sich um Gärreste basierend auf Rindergülle und/oder Schweinegülle, die zusammen mit Ko-Substraten wie Maissilage vergärt wurden. Zudem wurden Anlagen beprobt, die nur Energiepflanzen oder organische Abfälle vergären. Die Proben wurden hinsichtlich ihres Gesamtgehaltes an Nährstoffen und organischer Substanz untersucht. Zur Bestimmung der P-

Löslichkeit wurden die Proben in Anlehnung an die Methode nach Hedley (1982) schrittweise mit immer stärkeren Lösungsmitteln extrahiert. Anschließend wurden die analysierten Substrate in zwei Gefäßversuchen und einem drei jährigen Praxisversuch hinsichtlich ihrer pflanzenbaulichen Wirkung geprüft. Die wichtigsten Ergebnisse der Arbeit können wie folgt zusammengefasst werden:

Der Vergärungsprozess hatte keinen Einfluss auf den Gesamt-P-Gehalt in der Biogasgülle, wirkte sich aber deutlich auf die Löslichkeit des darin enthaltenen P aus. So führte die Vergärung zu einer Verringerung des Anteils H₂O-löslichen P am Gesamt-P um bis zu 30 %. Gleichzeitig wurde eine Erhöhung des NaHCO₃- und, in geringem Umfang, des H₂SO₄-extrahierbaren P-Anteils am Gesamt-P festgestellt. Weiterhin konnte eine Abnahme des organischen P-Anteils am Gesamt-P durch den Vergärungsprozess um bis zu 15,9 % ermittelt werden. Die hohen Gehalte an NaHCO₃-löslichen P weisen auf eine gute Pflanzenverfügbarkeit der P-Verbindungen hin.

In den Gefäßversuchen und dem Praxisversuch führte die P-Zufuhr mit den Biogasgüllen zu einer Erhöhung der P-Aufnahme von Mais und Amarant gegenüber der P-freien Kontrolle. Unter Gefäßbedingungen waren die Biogasgüllen in ihrer Wirkung auf die P-Aufnahme sogar vergleichbar mit einer leicht löslichen mineralischen P-Quelle (TSP) oder dieser überlegen (siehe Tabelle 2).

Im Gegensatz zur P-Aufnahme wurde die N-Aufnahme deutlich durch die Vergärung oder die Art der Biogasgülle beeinflusst, was sich insbesondere in den Gefäßversuchen zeigte. So konnte eine Erhöhung der N-Aufnahme durch die Zufuhr von Biogasgüllen gegenüber dem unvergorenen.

Ausgangsgemisch festgestellt werden. Dies hatte auch einen positiven Effekt auf den Ertrag von Mais. Die Biogasgüllen unterschieden sich hinsichtlich ihrer Wirkung auf die N-Aufnahme der Fruchtarten, welche umso höher war, je enger das Verhältnis aus NH₄-N : Gesamt-N in der Biogasgülle war.

Tabelle 2: Effekt der Düngungsvarianten auf den Ertrag (TM Ertrag) und die N- und P-Aufnahme von Mais und Amarant (8-wöchiger Gefäßversuch mit unterschiedlichen Bodenarten) (nach Bachmann et al. 2011).

Boden	Dünger	TM Ertrag g Gefäß-1	P Aufnahme mg Gefäß-1	N Aufnahme
Mais				
Sand	NK	48,6 a	54,9 a	856 b
	Ringergülle	49,2 a	77,2 b	349 a
	Gärrest*	59,0 a	84,0 b	451 a
	NPK	73,2 b	85,7 b	913 b
Lehm	NK	34,0 a	90,3 a	825 b
	Ringergülle	60,5 b	109 a	434 a
	Gärrest*	64,8 b	110 a	512 a
	NPK	70,1 b	96,7 a	900 b
Mean		57,4 B	88,4 A	654 A
Amarant				
Sand	NK	44,1 b	124 a	919 b
	Ringergülle	33,2 a	194 c	446 a
	Gärrest*	40,3 b	201 c	477 a
	NPK	44,8 b	164 b	978 c
Lehm	NK	28,6 b	102 a	850 c
	Ringergülle	23,1 a	137 ab	363 a
	Gärrest*	31,3 bc	167 b	489 b
	NPK	35,2 c	161 b	826 c
Mean		35,1 A	156 B	668 A

Unterschiedlichen Kleinbuchstaben in den Spalten kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Düngungsvarianten; Unterschiedliche Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Fruchtarten ($p \leq 0,05$)

*Gärrest = Ko-fermentierte Rindergülle

Dennoch waren die geprüften Biogasgülle in ihrer N-Wirkung einer mineralischen N-Düngung unterlegen, stellten aber eine effizientere N-Quelle als die unbehandelte Rindergülle dar. Dies kann nicht nur auf höhere $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalte in der Biogasgülle zurückgeführt werden, sondern hing sehr wahrscheinlich auch mit der geringeren mikrobiellen Aktivität und einer möglicherweise damit verbundenen geringeren N-Immobilisation nach einer Biogasgülle-Applikation zusammen (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Korrelation zwischen Pflanzenparametern und mikrobieller Aktivität (DHA) für die Varianten Rindergülle und Gärrest Rindergülle in Abhängigkeit von Fruchtarten und Bodenart (8-wöchiger Gefäßversuch, Pearson Korrelationskoeffizient r, * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$) (nach Bachmann et al. 2011).

Parameter	Mais		Amarant	
	Sand (n=7)	Lehm (n=8)	Sand (n=8)	Lehm (n=8)
N Aufnahme - DHA	-0,205	-0,873**	-0,684	-0,770*
TM Ertrag - DHA	0,029	-0,717*	-0,945**	-0,589

3 Fazit

Die verwendeten Biomasseaschen und Gärrückstände aus der Biogasproduktion wirkten sich positiv auf die leicht verfügbaren P-Gehalte im Boden aus. Ertrag und P-Aufnahme der im Feld- und Gefäßversuch getesteten Kulturen wurden ebenfalls durch die Düngung erhöht. Sofern eine erhöhte Belastung mit Schwermetallen ausgeschlossen werden kann, hätten diese Sekundärrohstoffe das Potential für wertvolle P-Düngemittel. Somit kann durch die Wiederverwertung von Reststoffen aus der Bioenergieproduktion in der Landwirtschaft nicht nur ein Beitrag zur

Einsparung von wertvollen Ressourcen, sondern auch zur Schließung von Nährstoffkreisläufen geleistet werden.

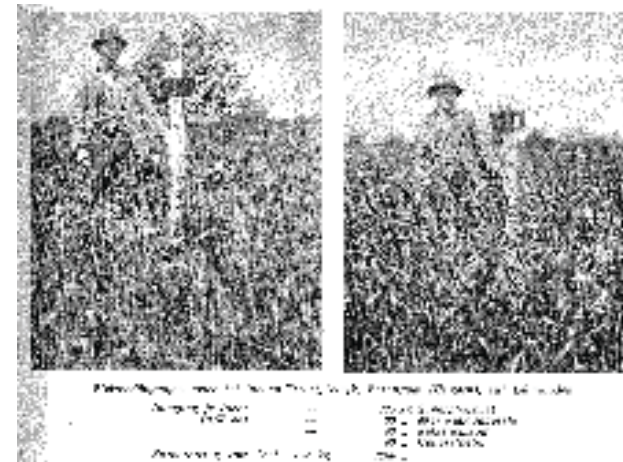
4 Literatur

- Bachmann, S.; Wenzel, S.; Eichler-Löbermann, B. (2011): Co-digested dairy slurry as a phosphorus and nitrogen source for Zea mays L, and Amaranthus cruentus L. J. Plant Nutr. Soil Sci. 174, 908 – 915.
- Niehörster, K. (2005): Späte Karriere für den Kompost. VDI-Nachrichten Hedley, M.J.; Stewart, J.W.B.; Chauhan BS (1982) Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions by cultivation practices and laboratory incubation. Soil Sci Soc Am J 46:970–976
- Schiemenz, K.; Eichler-Löbermann, B. (2010): Biomass ashes and their phosphorus fertilizing effect on different crops. Nutr. Cycl. Agroecos. 87, 471-482
- Schiemenz, K. (2012): Nutzung von Biomasseaschen für die Phosphor-Versorgung im Pflanzenbau. Dissertation. Univ. Rostock

LANGJÄHRIGE ZUSAMMENARBEIT DER UNIVERSITÄT DEBRECEN MIT DER K+S KALI GMBH UND DEM IN- TERNATIONALEN KALI INSTITUT

zum 80. Geburtstag von Prof. Loch Jakab
Thomas Popp, K+S KALI GmbH, Kassel

Dr. Heinrich Ditz schreibt 1867 in seinem volkswirtschaftlichen Bericht über „Die ungarische Landwirtschaft“: *Aber auch, wenn die mineralische Düngung nicht kostspielig ist, und wenn die Stoffe in der Wirtschaft gegeben sind, so verspürt man wenig Lust zur Düngung mit derselben. ... Es könnten hundert Versuche mit Mineraldünger gemacht sein, und wenn diese Versuche ohne günstigen Erfolg blieben, so könnte an der Erfolglosigkeit eben so gut die unrichtige Behandlung schuld sein, wie der Mineraldünger. Es mag auch sein, dass in Ungarn noch nicht die genügenden Versuche gemacht sind, um daraus einen sichern Schluss ziehen zu können auf die dortige mögliche Wirksamkeit des Mineraldüngers: wir können hier nur die Bemerkung zum Ausdruck bringen, dass der Mineraldünger in Ungarn bei den Landwirthen noch in grossem Misscredit steht.* Dies hat sich dann schon in den 20er Jahren des 20.



Jahrhunderts geändert, als u.a. das Deutsche Kalisyndikat Feldversuche zur ausgewogenen Mineraldüngung durchführte.

Wenn auch schon einige Wissenschaftler vor ihm, so hat doch Prof. Loch in seinem langen Be-

rufsleben mit vielen Feldversuchen gezeigt, dass eine Mineraldüngung für Ertrag und Qualität der Kulturpflanzen unbedingt notwendig ist.

Die erste Zusammenarbeit mit der in den Tagen noch Kali und Salz AG geht wohl auf die Mitte der 80er Jahre zurück. Es wird von Gefäßversuchen mit verschiedenen Kalium- und Magnesium-düngern berichtet. Am 08. September 1989 wurde dann eine formale Vereinbarung zwischen der Agrarwissenschaftlichen Universität Debrecen und der Kali und Salz AG geschlossen, die eine Reihe von Versuchsprojekten beinhaltete. So wurden Blattdüngungsversuche mit Bittersalz in verschiedene Kulturen angelegt, sowohl unter Betriebsbedingungen als auch im Gefäß. Erstmals 1991 dann nochmals 1993 wurde ein mehrfaktoreller Gefäßversuch zur Prüfung der Wirkung und Wechselwirkung von K-, Ca- und Mg Versorgungsstufen angelegt. Ganz den Regeln der wissenschaftlichen Forschung entsprechend wurde eine Versuchsfrage erst im Gefäßversuch untersucht, bevor man dann ab 1995 ein großes Projekt zur variierten Kalium- und Magnesiumdüngung bei unterschiedlichem Kalziumkarbonat Angebot auf verschiedenen Sandböden in Kiszárda anlegte, das bis 2003 dauerte.

im Nordosten Ungarns zwischen Kiszárda und Debrecen mit zum Teil armen, sandigen Böden.

Obwohl wiederholt angefragt, gelang es nur ein einziges Mal, Landwirte, Gärtner und Anbauer einzuladen, um ihnen die Ergebnisse der Feldversuche in einem Seminar vorzustellen. Im Februar 2004 wurde von Prof. Loch und seinen Mitarbeitern ein Seminar in Újfehértó organisiert, um den Gärtnern Kenntnisse zum Anbau von Erdbeeren zu vermitteln und dabei auch die Versuchsergebnisse zu präsentieren. Es wurde eine grenzüberschreitende Veranstaltung, denn auch Anbauer aus dem rumänischen Gebiet um Satu Mare und Livada nahmen an dem Seminar teil. Prof. Loch war im wahren Sinne federführend bei der Erstellung



von Publikationen für das Internationale Kali Institut. Die erste Ausgabe der Broschüre zum Thema „Kalium für Ertrag und Qualität“ erschien im Jahre 1993, eine Neuauflage wurde im Jahre 2006 herausgegeben.

Im Rahmen des Comecons gab es den Klub der Pflanzenernährer, die sich regelmäßig zu Expertenrunden trafen. Neben bekannten Wissenschaftler wie Prof. Vladimir Prokoshev von der Lubertsy Research Station in Moskau und Dr. Jan Baier von der Versuchsstation in Prag –Ruzyně war selbstverständlich Prof. Loch ein Mitglied dieser Fachrunde.

Dr. Georg Hempler war wohl der erste IKI Koordinator und K+S Anwendungsberater, zu dem Prof. Loch Kontakt bekam. Er betreute den ungarischen Markt bis 1987 und nutzte die Möglichkeiten des Internationalen Kali Institutes, um Wissenschaftler auf Tagungen in westliche Länder einzuladen, denn es gab bis 1990 keine Reisefreiheit. Auf diese Weise konnte Prof. Loch an einigen wissenschaftlichen Konferenzen teilnehmen. 1988 übernahm Kaspar Glas die Marktbetreuung für Ungarn. Als Banater Schwabe war er mit den Anbauverhältnissen sehr vertraut und er sorgte für ein Kaliumbewusstsein bis zu seiner Pensionierung im August 1997. Dr. Ernst Andres war ab 1988 verantwortlich für die Kaliumberatung in der Region Mitteleuropa, also nicht nur Ungarn. Die ersten langjährigen Forschungsprojekte entstanden während seiner Zeit.

Ab 01. Oktober 1996 kümmerte sich Dr. Eberhard Uebel um die Länder

Mitteleuropas. Er kannte Prof. Loch schon aus seiner Tätigkeit als land- und forstwirtschaftlicher Berater bei der Ostdeutschen Kaliindustrie, wo sie sich wiederholt auf internationalen Tagungen in der DDR getroffen haben. Diese lange Zeit, die Dr. Uebel und Prof. Loch durch gemeinsame



fachliche Interessen verbunden waren, hat gleichzeitig zu einer persönlichen Verbindung geführt, die heute noch besteht. Nachdem Dr. Uebel Ende 2001 in Ruhestand ging, hatte Dr. Thomas Popp das Glück, die fruchtbare Zusammenarbeit mit Prof. Loch fortsetzen zu dürfen und zahlreiche weitere Projekte mit ihm zusammen zu verwirklichen. Dies geschieht bis zum heutigen Tag.

Der Autor bedankt sich sehr herzlich bei Dr. Eberhard Uebel, K+S Berater im Ruhestand, Dr. Ernst Andres, Geschäftsführer der K+S KALI GmbH und Frau Ingeborg Mantel-Röttger, Assistentin der Geschäftsführung, für die vielen wertvollen Informationen, ohne die dieser Beitrag nicht möglich gewesen wäre.

Kassel

23. Oktober 2012

LOCH JAKAB OKTATÓ-KUTATÓ ÉS TUDOMÁNSZERVEZŐ TEVÉKENYSÉGE

Kátai János
Debreceni Egyetem Agrár- és
Gazdálkodástudományok Centruma
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar, Agrokémiai és Talajtani Intézet

Loch Jakab, a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományi Centrum, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Agrokémiai és Talajtani Intézet professor emeritusa 2012. november 8-án töltötte be 80. életévét. Ebből a jeles alkalomból közvetlen munkatársaim nevében is tiszta szívből köszöntöm Professzor Urat, és további sikeres, alkotó kedvben bővelkedő, boldog éveket kívánok jó erőben és egészségben.

Loch Jakab okleveles vegyészmérnök diplomáját a Veszprémi Vegyipari Egyetemen 1957-ben szerezte. Ötvenöt éve dolgozik az agrárszakterületen. Pályafutását az Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet (OMMI) mosonmagyaróvári, illetve debreceni talajtani osztályán kezdte, Dr. Romlehner László, illetve Dr. Arany Sándor irányításával. Az OMMI-ban töltött évek alatt szerzett talajtani és agrokémiai gyakorlatot.

Oktató-kutató munkássága Debreceni Mezőgazdasági Akadémia Talajtan-Kémia tanszéken kezdődött 1959-ben Dr. Szelényi Ferenc vezetésével. 1964-ben a Debreceni Agrártudományi Főiskola önállósult Kémia tanszéken Dr. Vecsey Tibor beosztottjaként folytatta munkáját. Oktatási feladatai bővültek, megkezdte a levelező aspirantúrát, témavezetője Dr. Sarkadi János volt.

1971-ben elnyerte a mezőgazdasági tudomány kandidátusa fokozatot. A Veszprémi Vegyipari Egyetem 1972-ben műszaki doktori címet adományozott részére. 2000-ben megszerezte az MTA doktora címet. 1973-ban egyetemi docensnek, 1978-ban egyetemi tanárnak nevezték ki. 1978-98 között a Kémiai tanszék vezetője volt. Ez idő alatt megalapozta az agrokémiai kutatás feltételeit és széleskörű oktatási, kutatási kapcsolatokat alakított ki hazai és külföldi egyetemekkel, kutató intézetekkel. Nyugdíjba vonulása óta professor emeritus-ként tevékenykedik a Debreceni Egyetem MÉK időközben megalakult Agrokémiai és Talajtani Intézetében.

Oktatási tevékenysége

Oktatói pályafutása kezdetén több kémiai résztárgy és a talajtan oktatásában egyaránt részt vett. Az ötéves agrármérnök-képzés bevezetése során 1965-ben kapott megbízást a korábban önálló tárgyként nem szereplő agrokémia tananyagának összeállítására, az előadások tartására. Nevéhez fűződik a tápanyag-gazdálkodási szakmérnök-képzés tantervének kidolgozása és az oktatás megszervezése az 1970-ben alakult Debreceni Agrártudományi Egyetemen. Mindenkor a természettudományos képzés meghatározó szerepét, az ok-okozati összefüggések feltárásának szükségességét képviselte az agrármérnök-képzésben.

Professzor Úr egyik fontos feladatának tartotta, hogy széleskörű oktatási tevékenységét igényesen, magas színvonalon végezze. A színvonalas oktatás egyik alapvető feltétele az adott tudományterület új eredményeinek nyomon követése, azok tananyagba történő beépítése. A folyamatos tananyagfejlesztés hozzátartozik mindennapi oktató munkájához.

Számos egyetemi jegyzet és több tankönyv szerzője, illetve társszerzője. A tankönyvek a Mezőgazdasági, illetve Mezőgazda Kiadónál jelentek meg, egységes agrár-felsőoktatási tankönyvként. (Loch – Nosticzius: Alkalmazott kémia (1983), Loch – Nosticzius: Agrokémia és Növényvédelmi kémia 1, 2, 3. kiadás: 1992, 1995, 2000; 4. javított, átdolgozott kiadás 2004). A Fülek

Gy. szerkesztésében megjelent Tápanyag-gazdálkodás (1999) című kézikönyvnek is társszerzője.

Széleskörű együttműködést alakított ki a hazai és külföldi társintézményekkel. A Kossuth Lajos Tudományegyetem Természettudományi Karával már az egyetemi integrációt megelőző időszakban oktatási együttműködést valósított meg a vegyészhallgatók fakultatív képzése, illetve az agro-ökológus szakmérnök-hallgatók oktatásában.

Szerepet vállalt a Kar által kezdeményezett „agrárkémikus agrármérnöki” szak akkreditációs anyagának előkészítésében is a tudományterületéhez kapcsolódó tárgyak programjainak kialakításával, egyeztetésével. Az új szak szakfelelőse volt, amelyet a 2002/2003-as tanévben indítottunk először.

A Rostocki Egyetemen vendégprofesszorként agrokémiai előadásorozatot tartott. Alapító tagja a Mezőgazdaságtudományi Kar Növénytermesztési és Kertészeti doktori programjának, valamint a Hankóczy Jenő Doktori Iskolának. Jelenleg is aktívan vesz részt az utánpótlás nevelésben. Több munkatársa PhD, illetve kandidátusi fokozatot szerzett.

A hallgatók ezrei hallgatták agrokémiai előadásait, akik ma is elismerik és nagyra becsülik szakmai felkészültségét, valamint emberi példamutatását.

Kutatási tevékenysége

Kutatási területe a tápelemek hatásának és kölcsönhatásának tanulmányozása, a talaj - növény rendszerben. Hazánkban elsők között foglalkozott a magnézium (Mg) utánpótlás agrokémiai problémáival, a talajok Mg-tartalmával, a Mg-trágyázás hatásaival és ezt befolyásoló tényezőkkel. Továbbfejlesztette a talajok Mg-ellátottságának jellemzésére alkalmas módszereket, a KCl-os extrakción alapuló eljárást közel 40 éve használják az egységes országos talajvizsgálat keretében. Tenyészedény-kísérletekben vizsgálta a Mg-trágyázás hatásait, a K-Ca-Mg kölcsönhatásokat. Az optimális adagok és arányok kísérleti meghatározására munkatársaival módszert adaptált, fejlesztett tovább.

Tanszéki munkatársaival elnyert OTKA, OMFB és FVM pályázatok keretében vizsgálta a talajok nitrogén háztartását, a P adszorpciót és deszorpciót, a

szerves és szervetlen tápanyagfrakciók szerepét, a tápanyag – víz kölcsönhatásokat, a toxikus elemek hatását. PhD doktorjelöltekkel az ICP technika és az ion-kromatográfia alkalmazásának lehetőségét tanulmányozta a talaj- és növényvizsgálatokban. Nemzetközi együttműködés keretében a 0,01 mólos kalcium-klorid oldat univerzális talajkivonó-szerként történő alkalmazására végzett kutatásokat EU támogatással. Kutatási eredményeit hazai és nemzetközi folyóiratokban folyamatosan publikálta.

Tudományos tevékenysége elismerést váltottak ki a hazai tudósok körében, de munkássága nemzetközi összehasonlításban is kiemelkedő. A mezőgazdasági tudomány kandidátusa fokozatot az: „Összefüggések a talaj magnéziumtartalma és a növények által felvett magnézium között” című értekezéssel (1971), az MTA doktora címet pedig: „A hazai talajok magnézium-ellátottságának jellemzése és a magnézium-trágyázás” című értekezéssel (2000) szerezte.

Fontosabb kutatási eredményei közül az alábbiakat emelem ki:

A magnéziumpótlás szerepének, jelentőségének bizonyítása hazánkban. Újabb adatok szolgáltatása a makro- és mikroelemek, valamint a toxikus elemek hatásához, felvételi viszonyihoz csernozjom és homoktalajokon. A trágyázási szaktanácsadást segítő talaj- és növényvizsgálati módszerek fejlesztése, különböző analitikai eljárások agrokémiai alkalmazása.

Publikációs tevékenysége

Professzor Úr mintegy 230 publikáció és több könyvrészlet szerzője. Színvonalas kézikönyvek társszerzője, amelyek közül hármat emelünk ki:

Fazekas – Selmeczi – Stefanovits (szerk.): A magnézium forrásai és jelentősége az élővilágban. Akadémiai Kiadó Bp. 1992.

Magnesium in biological systems. Environmental and biomedical aspects. (Edited by: Fazekas - Selmeczi - Stefanovits). Akadémiai Kiadó Budapest, 1994.

D. Köppen (Ed.) Bodenfruchtbarkeit im Agroökosystem I.-II. Dr. Kováč Verlag, Hamburg 2004.

Vezetői tevékenysége

Húsz évig vezette a Kémiai tanszéket, mely később a Mezőgazdasági Kémiai tanszék nevet vette fel. A tanszékvezetői feladatok mellett kari és egyetemi vezetői tisztségeket is ellátott. 1977-80 között a Mezőgazdaságtudományi Kar dékánhelyettesi, 1980-tól 86-ig dékáni megbízatást kapott. 1992-től 1998-ig, két cikluson keresztül DATE rektoraként tevékenykedett. Emberi és vezetői adottságait bizonyítja, hogy munkatársai széles körének élvezte bizalmát, hiszen dékánként és rektorként is két ciklusra kapott megbízást.

Kari vezetőként jelentős része volt a szakirányú tantervek készítésében, a szakfordító-képzés bevezetésében, a szakmérnök-képzés fejlesztésében. Megszervezte a tápanyag-gazdálkodási, majd később a tápanyag- és környezet-gazdálkodási szakmérnök-képzést.

A DATE rektoraként – az agráregyetem küldetésének megfelelően – hozzájárult az egyetem oktatási-kutatási és szaktanácsadási tevékenységének fejlesztéséhez a Tiszántúl térségében. Aktívan vett részt a debreceni felsőoktatási intézmények integrációjának előkészítésében, a Debreceni Egyetem megalapításában. A társintézmények vezetőivel közvetlenül az egyesülést megelőző években kölcsönös megegyezésre jutott az integráció feltételeiben.

Iskolateremtő munka

Témavezetője volt több diplomamunkának, eredményes munkát végez ma is a tudományos továbbképzésben. Eddig számos egyetemi doktori, egy kandidátusi és több PhD disszertáció kutatási témáját irányította. Jelenleg is témavezetője két doktorjelöltnek, akik a közeljövőben nyújtják be PhD értekezésüket. A doktori címet, tudományos fokozatot szerettek közül többen egyetemi docensi, ketten egyetemi tanári kinevezésben részesültek. A tudományterület egyik kiemelkedő, iskolateremtő egyénisége.

Szakmai-közéleti tevékenysége közül figyelemreméltó a hazai és nemzetközi tudományos testületekben, szerkesztőbizottságokban végzett munkája, így:

- MTA Talajtani és Agrokémiai Bizottság tagja 1975 óta
- Nemzetközi Talajtani Társaság tagja 1975 óta
- DAB Mezőgazdasági Kémiai Munkabizottság (1974-1993) elnök,
- 1993-tól tiszteletbeli elnök
- DAB Kémiai Szakbizottságának tagja 1974 óta
- Magyar Magnézium Társaság tagja 1983-tól
- C.I.E.C. Magyar Nemzeti Bizottságának tagja 1984-93, elnök 1993-tól
- Agrokémia és Talajtan Szerkesztőbizottság tagja 1993 óta
- VDLUFA Német Agrárkutatók Szövetségének levelező tagja 1994-től
- FM Környezetkímélő Tápanyag-gazdálkodási szakbizottság tagja (1996-2000)
- Az MTA Talajtani és Agrokémiai Bizottság doktorképviselője (2001-2007) az Agrártudományi Osztályon
- A Fertilizers and Fertilization Pulawy folyóirat Szerkesztőbizottság tagja 2008 óta

Loch Jakab **nyugdíjba vonulása után** – professor emeritusként – is aktívan vett részt a tudományos közéletben, az MTA doktorjelöltek habitusvizsgálatában, a szakterülethez tartozó MTA doktori értekezések bírálatában. Rendszeresen tartott előadásokat a VDLUFA kongresszusain, a Német Agrárkutatók Szövetségének levelező tagjaként. A tanszéki, intézeti munka keretében több kutatási témát zárt le. A közelmúltban részt vállalt a HURO nemzetközi projektben tanulmányok készítésével, kiadványszerkesztéssel. Jubileumi Kari kiadványok szerkesztője.

Loch Jakab 1991-től 10 éven keresztül képviselte Magyarországot a Közép- és Kelet-európai országok, valamint Németország és Ausztria szakértőinek konzultációs tanácskozásain, amelyek célja kezdetben az EU csatlakozás

elősegítése, a csatlakozást követő időben az EU direktívák érvényesítése, a trágyázási szaktanácsadás összehangolása, továbbá a tápanyag-gazdálkodás káros környezeti hatásainak kiküszöbölése volt.

Professzor Úr számos hazai és külföldi elismerésben részesült, amelyek közül kiemeljük az alábbiakat:

- Doctor honoris causa, Rostocki Egyetem 1991
- Nyitrai Agrártudományi Egyetem numus honoris emlékérmé, 1996
- Pro Universitate díj, Debreceni Agrártudományi Egyetem, 1998
- Magyar Magnézium Társaság és a Magyar Kémikusok Egyesületének elismerése, Budapest 1998
- Szent-Györgyi Albert díj, Oktatási Minisztérium, 1999
- Westsik Vilmos díj, DATE Kutató Központja, 1999
- Jubileumi ezüstérem, DOTE, 1999
- Albrecht Thaer emlékérem, Humboldt Egyetem Berlin, 2000
- Hatvani István díj, Debrecen város Önkormányzata, 2000
- Tankönyvírói nívódíj, Tankönyvkiadási Szakértő Bizottság, 2001
- Arany Sándor-díj, Hajdú-Bihar Megyei Önkormányzat Közgyűlése, 2004
- Debreceni Egyetemért emlékérem, Debreceni Egyetem, 2006
- Eötvös József koszorú, Laureatus Academiae, MTA 2007
- Arany Gerundium emléktű, Debreceni Egyetem, 2012
- Centenárium Emlékérem. Debreceni Egyetem, 2012
- Életfa ezüst fokozat, Vidékfejlesztési Minisztérium 2012

Végül engedtessek meg, hogy személyes kapcsolatunkról is említést tegyek. Az agrokémia és talajtan egymástól elválaszthatatlan tudományterület. Így az elmúlt évtizedekben sok lehetőségünk volt tudományos kérdésekről is beszélgetni. Nagyon sokat tanultam Professzor Úrtól. Jóllehet iskolapadban ülő tanítványa nem voltam, mégis kiemelkedő tanáromnak tekintem Őt. Kérdéseimmel bármikor felkereshettem, véleményével, tanácsaival mindenkori segítetté vezetői, oktatói, kutatói munkámat. Beszélgetéseink alkalmával gyakran rávilágított egy-egy kérdéskör összetettségére, előnyeinek, hátránya-

inak mérlegelésére, az összefüggések értékelésére, döntéseink következményére. A konkrét példák sorát említhetném. Professzor Úr segítőkészsége, szakmaszeretete és emberi magatartása példaértékű számomra.

Kedves Loch Jakab Professzor Úr! Köszöntelek 80. születésnapod alkalmából. Köszöntelek, mint az agrár-felsőoktatási intézmények egyik kiemelkedő tanárát, köszöntelek, mint az agrokémia tudomány terület hazai és nemzetközi szinten elismert szaktekintélyét. Megköszönöm munkatársaim, a kari és a tanszéki kollektíva nevében, az intézményben, az elmúlt közel 50 évben végzett magas színvonalú, fáradhatatlan oktató és kutató tevékenységéd. Köszönjük azt a munkát, amelyet az intézményért, a karért, a tanszékért és az intézetért tettél. A következő években is számítunk tapasztalatodra, segítségédre. További sikereket kívánok oktató, kutató munkádhoz, amely egyúttal tudományterületed gyarapodását is szolgálja. Kívánom, hogy hosszú évekig maradjon meg töretlen munkakedved, egészséged, hogy sokáig élvezhesük társaságodat. Boldog születésnapot!

LOCH PROFESSZOR TANSZÉKI MUNKÁSSÁGA

Vágó Imre
DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi
és Környezetgazdálkodási Kar
Agrokémiai és Talajtani Intézet

Loch Jakab 1978-1998 között vezette a Debreceni Agrártudományi Egyetem (DATE) Mezőgazdaságtudományi Karának Kémiai Tanszékét, amely később a Mezőgazdasági Kémiai Tanszék nevet vette fel. Ezt megelőzően is sokat tett az agrokémiai oktatás és kutatás megalapozásáért. Az 1964-ben önállósult Kémiai Tanszéken kapott megbízást Dr. Vecsey Tibor tanszékvezetőtől a korábban önálló tárgyként nem oktatott agrokémia tananyagának kidolgozására, az előadások tartására és a gyakorlatok vezetésére. Ehhez kapcsolódott az agrokémiai kutatások feltételeinek megteremtése, a tenyészház létesítése a tenyészedény-kísérletek, valamint a talaj- és növényvizsgálatok laboratóriumi feltételeinek megteremtése.

Ebben az időszakban születtek az előadások anyagának elsajátítását segítő és az agrokémia laboratóriumi gyakorlatokat támogató jegyzetek. Ugyancsak ebben az időszakban levelező aspiránsként a hazai talajok magnézium (Mg) tartalmát vizsgálta, valamint növények Mg-felvétele és a talajok Mg-tartalma közötti összefüggéseket tanulmányozta. Témavezetője Dr. Sarkadi János volt. Hazánkban elsőként alkalmazta az atomabszorpciós analízist az agrokémiai kutatásokban. Aktívan vett részt a MÉM-NAK szaktanácsadási irányelveit kidolgozó bizottság munkájában. Eredményes oktató munkája és az 1970-ben védett kandidátusi értekezése alapozta meg egyetemi docensi kinevezését.

Oktatás

1978-ban nevezték ki egyetemi tanárnak, ekkor bízták meg a Kémiai Tanszék vezetésével. A természettudományos alapképzés elkötelezett híve. A tantervváltozások során mindenkor a természettudományos alapozás szükségessége mellett állt ki. Tanszékvezetőként megtartotta és továbbfejlesztette a Dr. Vecsey Tibor vezetése idején meghonosodott munkamegosztást a főstudiumok oktatásában. Az Általános és szervetlen kémiát Mirkó Lajos, majd Vágó Imre, a Szerves és biokémiát előbb Tóth Gyula, később Kiss Szendille, az Agrokémiát Loch Jakab, a Növényvédelmi kémiát Jászberényi István oktatta. A tantárgyfelelősi rendszer lehetőséget biztosított a munkatársak részére az oktatásban való önálló és felelősségteljes részvételre és egyéni szakmai fejlődésére.

Tanszékvezetőként széleskörű együttműködésre törekedett a hazai és külföldi társintézmények oktatóival, kutatóival. Loch Jakab és Nosticzius Árpád tankönyveiből generációk tanultak: Alkalmazott kémia (1983), Loch – Nosticzius: Agrokémia és Növényvédelmi kémia című könyv négy kiadást ért meg (1992, 1995, 2000, 2004). Loch Jakab társszerzője a Füleky György szerkesztésében megjelent Tápanyag-gazdálkodás (1999) című könyvnek is.

A nappali képzés mellett a szakmérnök-képzés fejlesztésében is részt vállalt. Minisztériumi megbízás alapján dolgozta ki a *tápanyag-gazdálkodási*, majd később *tápanyag- és környezetgazdálkodási* szakmérnök képzés tantervét; szervezte a továbbképzést a DATE Mezőgazdaságtudományi Karán, agrokémiai szakterületen dolgozók és irányítók részére.

Az egyetemi integrációt több évtizeddel megelőzően, már az 1970-es években oktatási együttműködést alakított ki a KLTE Természettudományi Karával, a vegyészhallgatók fakultatív képzésére, Agrokémia, Talajtan és Növényvédelmi kémia tárgyakból. Az együttműködés az agroökológus szakmérnök hallgatók oktatására is kiterjedt. Később aktívan vett részt a molekuláris biológusképzés szervezésében a DATE-DOTE-KLTE oktatóinak részvételével. Az integrációt követően jött létre a KLTE-TTK oktatóinak

közreműködésével az agrárkémikus agrármérnöki szak, melynek éveken át szakvezetője volt.

A kutatómunkában a DATE Karcagi Kutatóintézete és a MTA-TAKI munkatársaival, valamint a Gödöllői és a Keszthelyi Agrártudományi Egyetem oktatóival hozott létre együttműködést.

Külföldi kapcsolatok

A Rostocki Egyetem és a DATE Mezőgazdaságtudományi Kara között fennálló több évtizede fennálló együttműködési szerződés keretében Loch Jakab vendégprofesszorként többször tartott előadásokat, kurzusokat Rostockban; kutatási együttműködést alakított ki Werner Borchmann professzorral és munkatársaival. A munkakapcsolat a rendszerváltás után is fennmaradt és jelenleg is élő. Ezt bizonyítják Loch Jakab és Köppen professzor közös publikációi, továbbá a felkérés, hogy vegyen részt nevezett: Bodenfruchtbarkeit im Agroökosystem I.-II. 2004 című könyvének megalkotásában két fejezet megírásával. (1.3.3 Umweltgerechter Pflanzenbau in Mitteleuropa (D. Köppen, J. Loch) 88-102. p; 4.3. Pflanzenernährung und Düngung (J. Loch) 380-423. p.). A könyv alapján oktatási segédletként CD-rom készült *Interaktives Fachbuch: Pflanzenbau im Agroökosystem* címmel (2009-ben), amelyben Kátai János, Loch Jakab és Vágó Imre egy-egy fejezet szerzői.

Hasonló, publikációkban megtestesülő munkakapcsolat jött létre Heinz Peschke a Berlieni Humboldt Egyetem Mezőgazdasági Karának professzorával és munkatársaival, valamint Ewald Schnug professzorral (Szövetségi Kutatóintézet, Braunschweig). További munkakapcsolatok: Viktor Houba Wageningen; Jan Baier Praha–Ruzyně; Marius Fotyma, Pulawy; Kutatási együttműködést alakított ki a Kali und Salz GmbH Kassel és a Nemzetközi Káli Intézettel (International Potash Institute, Basel, Horgen).

Személyes kapcsolatok neves német agrokémikusokkal: W. Bergmann Jena; H. Kick és W. Werner Bonn; A. Finck Kiel; K. Mengel Giessen; E. Welte, A. Jungk, E. Przemec, és N. Claassen Göttingen.

Kutatás

A tanszék kutatási területe egyre szélesedett Loch Jakab tanszékvezetése idején. A munka szervezésében a közös feladatok megoldására a csoportmunkát helyezte előtérbe, ugyanakkor lehetőséget biztosított munkatársainak egy-egy részfeladat önálló művelésére továbbképzésük és szakmai előrehaladásuk elősegítésére.

A tanszéki kutatómunka két főiránya:

- A makro- és mikroelemek hatásának tanulmányozása a termés mennyiségére és minőségére tenyészedény és szabadföldi kísérletekben
- Talaj- és növényvizsgálati módszerek továbbfejlesztése

A tanszék oktatóinak elsősorban tenyészedény kísérletekre nyílt lehetősége, melyek szabályozott viszonyok között jó lehetőséget biztosítottak a tápanyag- és vízellátás hatásainak, kölcsönhatásainak tanulmányozására a talaj-növény rendszerben.

A tanszék munkatársai ezen kívül már az 1970-es években bekapcsolódtak Bocz Ernő professzor komplex trágyázási, öntözési szabadföldi kísérletének agrokémiai elemzésébe, melyet az FM finanszírozott. A kísérlet lehetőséget nyújtott a tápanyagforgalom szabadföldi vizsgálatára öntözött és öntözetlen viszonyok között. A munkakapcsolat Ruzsányi László és Pepó Péter professzorok tanszékvezetése idején is fennmaradt egyes kísérletekben. A talaj- és növényvizsgálatok eredményeit a doktorjelöltek publikálhatták, továbbá felhasználhatták disszertációjukhoz.

A rendszerváltozás után Loch Jakab és munkatársai sikeres hazai (OTKA, OMF B és FVM) és nemzetközi (EU, TÉT) pályázatok támogatásával végeztek kutatómunkát.

Főbb kutatási témák:

- Növekvő N-, P-, K-adagok, változó N-, P-, K-arányok hatása a búza és kukorica makro- és mikroelem-forgalmára öntözött és nem öntözött feltételek között (Loch J. – Jászberényi J. – Győri Z. – Ruzsányi L.).
- A P- és K-adszorpció és -deszorpció tanulmányozása tartamkísérletek talajmintáiban (Jászberényi I. – Loch J.).
- A tápanyag- és vízellátás kölcsönhatásainak tanulmányozása többtenyezős kísérletekben (Kiss Sz.).
- A talajok börtartalmának és a növények börtfelvételének vizsgálata (Vágó I.).
- Optimális K-, Ca- és Mg-adagok meghatározása, savanyú Mg-szegény homoktalajokon (Loch J. – Kiss Sz. – Vágó I.).
- A talajoldat változásának hatása a növények tápelem-felvételére, különböző K-, Ca-, Mg- ellátás mellett (Filep T.).
- A talaj-tápanyagvizsgálati módszerek továbbfejlesztése. A 0,01 M kalcium-klorid oldat tesztelése multielemes talaj-kivonószereként (Loch J. – Jászberényi I.).
- Az ionkromatográfia alkalmazása talaj- és növénykivonatok anion összetételének vizsgálatára (Balláné Kovács A.).
- Toxikus elemek (Cr és Ni) hatásának tanulmányozása különböző táplálási feltételek között (Vágó I.).
- Az NPK trágyázás hatása az őszi búza és kukorica tápelem-felvételének dinamikájára öntözött és nem öntözött viszonyok között (Kincses S.-né).
- Összehasonlító talajvizsgálatok Debrecen, Rostock, Berlin és Braunschweig tartamkísérleteiben (Loch J. – Jászberényi I. – Kiss Sz. – Vágó I.).
- A talaj könnyen oldható N-frakcióinak vizsgálata tartamkísérletben (Nagy P.T.).
- Gyümölcsösök tápanyagellátása, tápelem-hiány felismerése (Nagy P.T.).
- A talajok könnyen oldható mikroelem-tartalmának meghatározása, kivonószerek összehasonlítása, a Zn trágyázás hatásainak tanulmányozása (Erdeiné Kremper R.).

- Alternatív tápanyagforrások hasznosítása a növénytermesztésben (Vágó I. – Balláné Kovács A.).

A kutatómunka eredményesen folytatódott Kiss Szendille tanszékvezetése alatt.

Utánpótlás nevelése

Loch professzor alapító tagja a Mezőgazdaságtudományi Kar Növénytermesztés - Kertészet PhD doktori iskolának. Irányításával több munkatársa szerzett kandidátusi, illetve PhD fokozatot. Jelenleg is részt vesz az utánpótlás nevelésében.

A PhD doktori képzést megelőzően számos oktató, kutató, szakmérnök szerzett egyetemi doktori címet Loch Jakab témavezetésével. Közülük említést érdemelnek Kiss Szendille és Jászberényi István, akik doktori értekezésük és irodalmi munkásságuk alapján később PhD fokozatot nyertek. Vágó Imre ebben az időszakban védte meg kandidátusi értekezését. A doktorképzés új rendszerében számos jelölt, az intézmény munkatársai közül: Prokisch József, Kovács Béla, Balláné Kovács Andrea, Filep Tibor, Kincses Sándorné, Nagy Péter Tamás és Várallyai László szereztek PhD fokozatot. Vágó Imre habilitált doktor címet szerzett. Jelenleg PhD disszertációjukon dolgoznak: Berényi Sándor és Bertáné Szabó Emese.

A doktorjelöltek változatos témákon dolgoztak, a teljesség igénye nélkül említhetők: a talajok N-háztartása, a tápanyagforgalom vizsgálata szabadföldi kísérletekben; a tápanyag és víz kölcsönhatások; esszenciális tápelemek (B) és toxikus elemek (Cr, Ni) hatásai; Vizsgálati módszerek fejlesztése: az ICP technika és a folyadék-kromatográfia alkalmazása agrokémiail vizsgálatokban, a 0,01 M kalcium-klorid talaj-kivonószer használhatósága, előnyei a tápanyag-ellátási szaktanácsadásban.

Az agrokémiail kutatások főbb eredményei

- *A magnéziumpótlás szerepe, jelentősége Magyarországon*

A hazai talajok magnéziumellátottságának jellemzése fizikai és kémiai tulajdonságuk, valamint képződési viszonyaik alapján. A Mg-trágyázás hatékonyságát befolyásoló tényezők kísérleti igazolása. Mg-vizsgálati módszerek továbbfejlesztése, az egységes országos talajvizsgálati módszer kidolgozása, bevezetése.

- *Agrokémiail alapösszefüggések kutatása a talaj-növény rendszerben*

A tápanyag- és vízellátás hatásának, kölcsönhatásának igazolása, makro- és mikroelemek érvényesülési feltételeinek optimalizálása tenyészedény kísérletekben. A Box-Wilson többtényezős kísérleti módszer továbbfejlesztése, alkalmazása tenyészedény és szabadföldi kísérletekben. Az esszenciális és toxikus elemek eltérő hatásának jellemzése a termés mennyiségére és minőségére, különböző talajokon.

- *A műtrágyázási szaktanácsadást megalapozó talaj- és növény-vizsgálatok fejlesztése*

A kalcium-kloridos extrakción alapuló talaj-tápelem vizsgálati módszer előnyeinek igazolása, a módszer alkalmazása tartamkísérletekben a N-háztartás tanulmányozására. Talajok P-adszorpciós és -deszorpciós viszonyainak jellemzése Baker-Amacher módszerrel. Az ionkromatográfia agrokémiail alkalmazása. A levélanalízis használata szántóföldi növények és gyümölcsösök optimális tápanyag ellátásának megalapozására.

- *Borászati kutatások*

A borok minőségét befolyásoló N-vegyületek jellemzése. Az egyes borkezelési eljárások hatása a borfehérjékre, a borok stabilitására.

Loch Jakab publikációs tevékenysége

Több mint 200 publikáció szerzője magyar és idegen nyelven, ezek egy része önálló folyóiratcikk, tanulmány, másik része munkatársaival közösen írt közlemény. Rektori megbízatásának lejártja után „*A hazai talajok magnézium-ellátottságának jellemzése és a magnézium-trágyázás*” című akadémiai doktori értekezésben összegezte a Mg-kutatások eredményeit.

A Mg-kutatási eredmények egy része:

A magnézium forrásai és jelentősége az élővilágban. (Szerk.: Fazekas – Selmeczi – Stefanovits), Akadémiai Kiadó Budapest, 1992; illetve a *Magnesium in biological systems. Environmental and biomedical aspects.* (Edited by: Fazekas – Selmeczi – Stefanovits); Akadémiai Kiadó Budapest, 1994. kézikönyvben jelent meg.

Néhány szaktanácsadási kiadvány társszerzője:

LOCH J. – PETHŐ F. – VÁGÓ I. – GLAS K. – ANDRES E. (1993): Kálium – termés-biztonság és jó minőség. IPI Research Topics No. 15. International Potash Institute, Basel, Switzerland. pp. 84.

BUZÁS I. – LOCH J. (2001): Káliumtrágyázás Magyarországon. International Potash Institute Basel. 1-63 pp.

LOCH J. – TERBE I. – VÁGÓ I. (2006): Káliumtrágyázás szántóföldi és kertészeti kultúrákban. International Potash Institute Horgen. 1-75 pp

A Mezőgazdasági Kémiai Tanszék 2006-ban a Talajtani Tanszékkel egyesült, létrejött az Agrokémiai és Talajtani Tanszék, majd Intézet, Kátai János professzor vezetésével. A kutatási kapcsolatok tovább bővültek.

Loch Jakab professzor emeritusként is részt vállalt és vállal hazai és nemzetközi kutatási projektekből, az eredmények tanulmánykötetekben jelentek meg:

- *A racionális tápanyag-gazdálkodást segítő talajvizsgálati módszerek alkalmazása a Nyírség homoktalajain.* FVM 2004-2006. Témavezető: Loch J. – Lazányi J. Tanulmánykötet: A tápanyag-gazdálkodást segítő talajvizsgálati módszerek alkalmazása a Nyírség homok-talajain. 360 p. (Szerk. Loch J. – Lazányi J.) Nyíregyháza 2006. ISBN 978-963-06-1860-1
- *A fenntartható tápanyag-gazdálkodás eszköztárának bővítése a Nyírség homoktalajain.* Magyar-román HURO projekt (2010-11) keretében megjelent kiadványok:
 - Kádár I. – Szemes I. – Loch J. és Láng I. A nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérlet 50 éve. MTA-TAKI Budapest 2011. 110 p. ISBN 978-963-89041-2-6
 - Láng I. – Lazányi J. – Loch J. (ed.): A fenntartható tápanyag-gazdálkodás eszköztárának bővítése nyírségi példák és az EU direktívák alapján. Debreceni Egyetem AGTC, Debrecen 2012. 185 p. ISBN: 978-615-5183-14-0

Loch Jakab tíz éven keresztül, részben emeritusként is képviselte Magyarországot a Közép- és Kelet-Európa agrokémikusainak rendszeres konzultációs találkozóin, melyek célja kezdetben az EU csatlakozás előkészítése, később pedig, a jó mezőgazdasági gyakorlat (good agricultural practice) kialakításának összehangolása volt.

Végül kérem Önöket, engedjenek meg néhány gondolatot a Tanszéki kollektíva nevében.

**Tisztelt Professzor Úr,
kedves Főnök!**

Szívből köszöntünk 80. születésnapod alkalmából! Köszöntünk, mint az agrár-felsőoktatás prominens személyiségét, a számtalan díjjal, kitüntetéssel és címmel elismert kiemelkedő professzorát, az agrokémia tudományának

mind nemzeti, mind nemzetközi szinten elismert és megbecsült szaktekin-télyét.

Köszönjük a Tanszék korábbi és jelenlegi munkatársainak nevében a közel fél évszázados, mindenkor magas színvonalú, önmagaddal és velünk szem-ben is mindig igényes, fáradhatatlanul végzett oktató, kutató és tudomány-szervező munkád. Köszönjük a munkatársaidért, a Tanszékért, a Karért és az Intézmény egészségéért végzett sokrétű, odaadó és mindenkor önzetlen te-vékenységed. További munkádra, gazdag tapasztalataidra és segítségedre a jövőben is mindannyian számítunk.

Sok-sok sikert kívánunk további oktató- és kutatómunkádhoz, mellyel mind a tudósképzést, mind, pedig az agrokémia tudományterületének fejlődését szolgálod. Ehhez kívánunk Neked további töretlen ambíciót, optimizmust és mindenekelőtt kifogástalan egészséget!

AZ AGROKÉMIAI KUTATÁSOK IDŐSZERŰ KÉRDÉSEI

Loch Jakab
DE Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar
Agrokémiai és Talajtani Intézet

Tíz évvel ezelőtt „Tápanyag-gazdálkodás és környezetvédelem” című elő-adásban (Loch, 2002) a hazai tápanyag-gazdálkodás és az agrokémiai kutató-sok időszerű kérdései közül két témakört emeltem ki:

A talajok termékenységének megóvását

A termelés és környezetvédelem célkitűzéseinek összehangolását

Az említett célkitűzések ma is időszerűek. Világszerte a hosszútávon fenntartható gazdálkodás megvalósítása került előtérbe.

Liebig már 1860-ban felveti a fenntartható gazdálkodás szükségességét: „Ami az emberi társadalmat összetartja, vagy szétzilálja, nemzeteket, álla-mokat felbomlaszt, vagy hatalmassá tesz, az minden időben a talaj termé-kenysége.”...„A gazdálkodónak nemcsak a maximális hozamok elérésre, hanem a talaj termékenységének fenntartásra kell törekednie. A termés érté-kesítése az elvont ásványi anyagok pótlása nélkül egyenlő hatású a művelt terület egy részének eladásával; joggal nevezhető rablógazdálkodásnak, amely hosszú távon elszegényedéshez, országok termőterületeinek terméket-lenné váláshoz vezethet” (Bergmann, 1970).

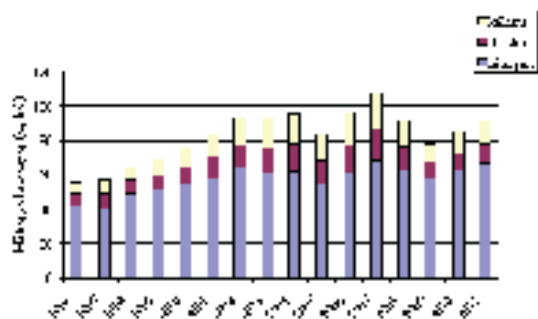
Linsler (1975) mintegy száz évvel később megállapítja, hogy az agrokémiai kutatómunka fő feladata minden időben a tápanyagellátás hatásának tanul-mányozása, a változó körülmények között. gyanakkor kritikusan veti fel a kutatók kötelességét és felelősségét a termelés és a környezetmegóvás kérdé-sében. Véleménye szerint „veszélyeztetve látjuk környezetünket, és ezért hajlamosak vagyunk arra, hogy az emberi beavatkozások értelmét és joga-sultságát megkérdőjelezzük” (Loch, 2002).

Napjainkban általánosan elfogadott, hogy a fenntartható gazdálkodás alapfeltétele: a talajok termékenységének megőrzése a környezet felesleges terhelése nélkül. Egyre nagyobb hangsúlyt kap a termékminőség javítása, az egészséges élelmiszerek előállítás, a minőségbiztosítás, a vízgazdálkodás javítása. A gazdálkodás intenzitását össze kell hangolni a termőhelyi adottságokkal, meg kell valósítani a termőhely-specifikus tápanyag-gazdálkodást. A talajtermékenység megőrzése a racionális tápanyag-gazdálkodáson kívül megköveteli a savanyú talajok kémhatásának javítását is. A rendszeres talajvizsgálat a helyes tápanyag-gazdálkodás és a környezetvédelem szempontjából egyaránt szükséges.

Tanszékünk kutatását mindenkor az aktuális feladatok határozták meg. Időközben a tápanyag-gazdálkodás egyes területein előrehaladás, más területeken lemaradás tapasztalható, új feladatok megjelenése mellett.

Műtrágya- és szerves-trágya felhasználás

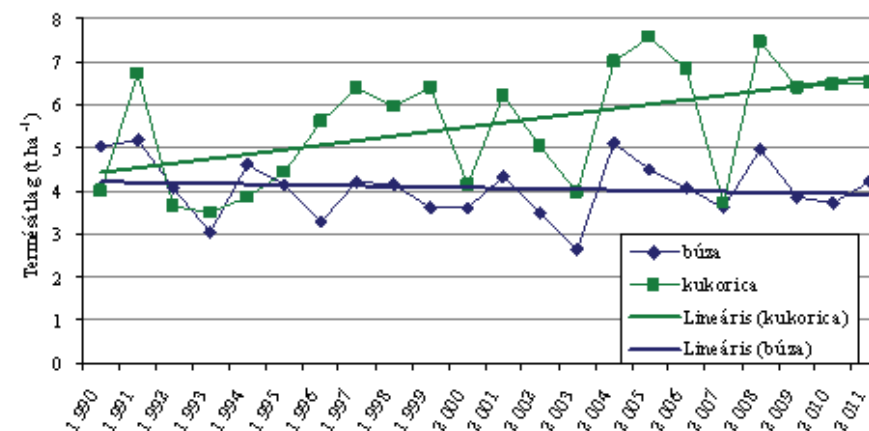
Ismeretes, hogy az 1990-es évek elején a műtrágya-felhasználás a 60-as évek szintjére esett vissza, a tápanyag-mérleg ismét negatívvá vált. Az állatállomány csökkenése a szerves trágya termelés és felhasználás további mérséklődésével járt együtt. Szerves trágya hiányában 1995-től újabb fokozatos emelkedés indult meg a műtrágya-felhasználásban. A N-felhasználás országos átlagban elérte a 60-70 kg/ha értéket, míg a kezdetben rendkívüli módon elhanyagolt P- és K-felhasználás kétszeresére emelkedett, megközelítette a 15-20 kg/ha P_2O_5 , illetve K_2O mennyiséget (1. ábra).



1. ábra: 1 ha szántó, kert gyümölcsösre jutó N, P_2O_5 , K_2O műtrágya hatóanyag $t\ ha^{-1}$

A búza- és a kukoricatermés alakulása

A tápanyag-felhasználás erőteljes visszaesése az 1990-es évek elején a búza és a kukorica termésének csökkenését eredményezte, ami igazolja a tápanyagellátás szerepét. Érdekes azonban, hogy a kukorica termése országos átlagban hamarosan újra elérte, sőt meghaladta az aszályos évek kivételével a korábbi 6 t/ha mennyiséget. A búza termése ezzel szemben mindvégig alatta maradt az intenzív műtrágyázás időszakában elért átlagoknak, trendje enyhén csökkenő (2. ábra).



2. ábra: A búza és a kukorica országos termésátlaga $t\ ha^{-1}$

A termések alakulásának többféle oka lehet. Alapvető ok, hogy a búza erőteljesebben reagál a tápanyaghiányra, a kukorica pedig a vízhiányra. Emellett nem hagyható figyelmen kívül, hogy a kukorica termesztése nagyrészt a termelési rendszerben történik, garantált minőségű vetőmaggal és előírt kiegyensúlyozott tápanyag ellátás mellett. A búzatermesztésben az említett feltételek nem biztosítottak. A termésingadozások figyelmeztetnek az évjáratonként változó vízellátottság meghatározó szerepére.

A talajok tápelem tartalma

A talajok termékenységének egyik mutatója a növények számára felvehető tápelemtartalom. A tápanyagellátás hatása a talajok könnyen oldható készle-

tének változásában is észlelhető. A növekvő felhasználás időszakában javult a talajok tápanyag-ellátottsága, a csökkent felhasználás során pedig romlott (Pálmai és Horváth, 1998; Kádár, 1999; Loch, 1999). Pálmai és Horváth szerint a rendszeresen vizsgált területeken általában egy kategóriával gyengébb ellátottság volt kimutatható a csökkent felhasználás hatására.

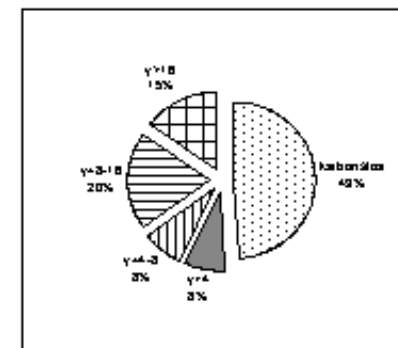
A tápanyagvizsgálatok a növények tápanyagellátása és környezet-védelmi szempontból egyaránt fontosak. A talajvédelmi törvény (1994) a talajtermékenység fenntartására és a talajvizsgálaton alapuló tápanyag-gazdálkodásra kötelezi a gazdálkodókat. Amióta a rendszeres talajvizsgálat az EU támogatások egyik feltétele, javulás mutatkozik az átmenetileg csökkent vizsgálatok számában.

A talajok kémhatása

A fenntartható gazdálkodás, a tápelemek jobb érvényesülése, a talajélet élénkítése és a toxikus elemek mobilizálódásának megakadályozása egyaránt megköveteli a savanyú talajok kémiai javítását. A savanyúság a barna erdőtalajoknál, réti talajoknál és az öntéstalajok egy részénél genetikailag determinált, de valamennyi karbonátmentes, kis puffer-kapacitású talajon a műtrágyák, elsősorban az ammónium-nitrát és a karbamid hatására a savanyúság fokozódhat. A talajmonitoring rendszer korábbi adatai szerint a hazai talajok mintegy 50%-a savanyú kémhatású (3. ábra) az y_1 értékük alapján nagy részük javításra szorul.

A kémiai talajjavítás, a mintaterék 15%-ában különösen indokolt, további 20%-nál pedig javasolt (Loch 2002).

Buzásné és munkatársai (1986) az országos talajvizsgálat 1. és 3. ciklus adatainak elemzése során megállapították, hogy országosan 7%-kal növekedett a pH(KCl) 6,0-nál kisebb kémhatású talajok részaránya, főként a pH(KCl) 7,0 feletti területek rovására. A pH(KCl) 5,5-nél savanyúbb talajok részaránya 6%-kal növekedett. A savanyodás elsősorban a kolloidban szegény, kis pufferkapacitású talajokon következett be a megnövekedett műtrágyahasználat hatására. Az adatok felhívják a figyelmet a mésztrágyázás, illetve kémiai talajjavítás szükségességére, az eddigi mulasztások pótlására.



3. ábra: A hazai talajok gyakorisági megoszlása kalcium-karbonát tartalom, illetve hidrolitos aciditásuk (y_1) szerint

Toxikus elemek

A közép- és kelet-európai országok közötti együttműködés keretében a tápanyag-gazdálkodás kérdésein kívül, a toxikus elemek és a szerves toxikus szennyezők problémáival is foglalkoztunk. A Magyarországon használt módszerek és határértékek euro konformok. A talaj-monitoring rendszer keretében végzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a vizsgált hazai minták 95%-ában a toxikus elemtartalom a megengedett határértékek alatt van. A mezőgazdaságilag hasznosított területek nem szennyezettek, határérték feletti toxikus elemtartalom csak az iparvidékek közelében, helyi terhelésként fordul elő. (Buzásné és Loch 2000).

A Talajvédelmi Információs és Monitoring (TIM) rendszer kiépítése 1992-ben, számos európai országot megelőzve nagy előrelépést jelentett a talajok állapotának felmérésében. Az időszakos vizsgálatok lehetővé teszik a változások tendenciáinak nyomon követését országos szinten, de a mintaterékben végzett mérések nem helyettesíthetik a termőhelyspecifikus tápanyag-gazdálkodást megalapozó táblaszintű vizsgálatokat.

Trágyázási szaktanácsadás

Az országos rendszeres talajvizsgálat megszervezése és a mem-nak szaktanácsadási rendszer kialakítása az 1970-es években Nagy Bálint nevéhez fűződik. A trágyázási szaktanácsadási módszer elvi alapjait szakértő csoportok

dolgozták ki (Antal és társai, 1979; Buzás és társai 1979). A rendszer beváltotta a hozzá fűzött reményeket, növekedett a tápanyag-felhasználás, nőttek a termések. A módszert időközben sok kritika érte, elsősorban az 1987-ben megváltoztatott ellátottsági határértékek miatt, melyek nagyobb felhasználásra ösztönöztek.

Időközben több új szaktanácsadási módszer kidolgozására került sor, közülük legismertebb az mta taki-ban, más kutatóhelyekkel történt együttműködésben létrejött: „Új környezetkímélő és gazdaságos trágyázási szaktanácsadási rendszer” (Csathó et al. 1998, 2003).

A számítási módszer - a korábbi hazai trágyázási szaktanácsadási rendszerekhez hasonlóan - a mérlegelven alapul. Legfőbb előnye, hogy a felhasználó lehetőségeinek és adottságainak megfelelően, négy trágyázási szint közül választhat. Az "A" (minimum) és „B” (környezetkímélő) változatok a környezetileg érzékeny területekre javasoltak. Céljuk a gazdaságos, mintegy 95%-os termésszint biztosítása, a közepes talaj PK ellátottság elérésével, ill. fenntartásával. A "C" (mérleg-szemléletű) és „D” (integrált) változatok, mérsékelt intenzív műtrágyázással a maximális terméseket célozzák meg, környezetileg nem érzékeny területeken. Valamennyi adag elmarad a mém-nak irányelvek ajánlásai mögött.

A szaktanácsadási módszerek összehasonlítására 10 közép- és kelet-európai ország vett részt azonos talajminták vizsgálatában; tett ajánlásokat meghatározott szintű búza, kukorica és burgonya termések eléréséhez javasolt N, P, K adagokra, saját szaktanácsadási rendszerének megfelelően. A koordinátor által értékelt adatok szerint a mém-nak korábbi határértékeinek figyelembe vett ajánlások közel álltak a tíz ország középértékéhez.

A talajtermékenység megőrzése és a környezetvédelem

A termelési célok és a környezetvédelem céljainak összehangolása ma is aktuális. A Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program támogatja az „Olyan gazdálkodási módok folytatását és elterjedését, amelyek összeegyeztethetők a környezet, a természet, a vidék, a táj és a természeti erőforrások megőrzésével és javításával.” A program keretében megtörtént a különböző környezeti érzékenységgű területek elhatárolása, ami elősegítheti a racionális tápanyag-gazdálkodást, különös tekintettel a nitrogéntrágyázásra.

Időszerű lenne a talajok humusztartalmára alapozott N-szaktanácsadást a szerves N-formák mérésével felváltani, továbbá a talajban jelenlévő könnyen oldható és mobilizálható szerves N-frakciót is meghatározni. Kutatási tapasztalataink szerint erre a célra a 0,01 M kalcium-kloridban oldható N tartalom meghatározása alkalmas. A szerves oldható N-frakció jelentős, mintegy 30-40%-át teszi ki az oldható N-tartalomnak, mennyisége nem hanyagolható el sem növénytaplálási, sem környezetvédelmi szempontból. Az optimális N-adagok meghatározása, kijuttatása a **felszíni és felszín alatti vizek védelme** szempontjából is fontos.

A környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás megvalósítása a vizsgálati módszerek és a szaktanácsadás fejlesztése mellett megkívánja az egyre szaporodó alternatív tápanyagforrások használatának ellenőrzését. Szigorú előírásaink vannak a szennyvíziszapok és növényi komposztok felhasználására, ugyanakkor a különböző ipari melléktermékek és az ételkomposztok felhasználása további kutatást igényelnek.

Szélsőséges időjárási helyzetek

Az utóbbi években egyre gyakoribbak a szélsőséges időjárási helyzetek. Az időszakosan fellépő aszály, az árvizes és belvizes évek egyaránt felhívják a figyelmet a mezőgazdasági vízgazdálkodás megoldásra váró problémáira. Az agrártevékenység fejlesztésére körültekintőbb vízgazdálkodásra, az öntözési lehetőségek növelésére van szükség. A növénytermesztés meghatározó tényezője a növények optimális vízellátottsága.

A Magyar Tudományos Akadémia Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Bizottsága közelmúltban megfogalmazott állásfoglalása szerint:

- **Magyarország növénytermesztésében meghatározó és integráló tényező a víz.**
- **Olyan víz-, energia-, környezetkímélő növénytermesztési technológiák komplex fejlesztése szükséges a jövőben, melyek figyelembe veszik a termőhelyi és fajtaspecifikus adottságokat. Ezen technológiai elemek közül meghatározó szerepe van a szakszerű tápanyag-gazdálkodásnak. A korszerű, optimális tápanyag visszapótlással a növényfajok, fajták száraz-**

ságtűrése javítható a jobb fajlagos vízhasznosítás eredményeként.

Az állásfoglalásból kiemelt pontok és az agrokémiai kutatások időszzerű kérdéseiként megjelölt célkitűzések egymással összhangban állnak.

Összefoglalás

A hazai tápanyag-gazdálkodás és az agrokémiai kutatások napjainkban is időszzerű kérdései: a talajok termékenységének megóvása, valamint a termés és környezetvédelem célkitűzéseinek összehangolása. A talajok termékenységének megőrzése a fenntartható gazdálkodás egyik alapfeltétele, mely racionális tápanyag-gazdálkodással érhető el.

A tápanyag-felhasználás drasztikus visszaesése az ezredfordulón a búza és a kukoricatermések csökkenését eredményezte. A negatív tápelemmérték hatására a talajok tápanyag-ellátottsága csökkent. Az 1995 évi mélypont után fokozatosan növekedett a felhasználás, a kukorica országos átlagtermése hamarosan elérte, sőt meghaladta az aszályos évek kivételével a korábbi 6 t/ha szintet. A búza átlagtermése ezzel szemben elmaradt az előző évek átlagától. A búza esetében feltételezhető, hogy a kevésbé ellenőrzött termelési feltételek, a nem megfelelő vetőmag- és tápanyag-felhasználás okozza az elmaradást.

A termelési célok és a környezetvédelem kívánalmainak összehangolása megkívánja a rendszeres táblaszintű talaj-tápanyagvizsgálatokat. Ezen a téren, az átmeneti visszaesés után javulás mutatkozik az EU követelmények és a hazai előírásoknak köszönhetően. Időszzerű lenne a N-szükséglet megállapításához a humusz-tartalom helyett a szerves N-formák és a könnyen mobilizálható N-készlet vizsgálata, figyelembe vétele. Erre a célra az 0,01 M kalcium-kloridban oldható N-formák meghatározása ajánlható. Az optimális N-adagok meghatározása, kijuttatása a felszíni és felszín alatti vizek védelme szempontjából is fontos.

A talajtermékenység fenntartása a megfelelő tápanyagellátás mellett szükségessé teszi a savanyú talajok kémiai javítását, valamint a műtrágyázás savanyító hatását kompenzáló mésztápanyag-ajánlást. Csak így biztosítható a tápelemek

jobb érvényesülése, a talajélet élénkítése és a toxikus elemek mobilizálódásának megakadályozása.

A trágyázási szaktanácsadásban új ajánlások jelentek meg, köztük az mta-taki-ban kidolgozott „Új környezetkímélő és gazdaságos trágyázási rendszer”, melynek legfőbb előnye, hogy különböző ajánlásokat tesz a környezeti érzékeny és nem érzékeny talajokra. A jövőben indokoltnak látszik a különböző szaktanácsadási módszerek összehangolása, az ajánlások ellenőrzése szabadföldi kísérletekben, a megváltozott körülmények között. Az alternatív tápanyagforrásokként egyre szaporodó ipari melléktermékek és az ételkomposztok felhasználása is további kutatást igényelnek.

Az egyre gyakrabban előforduló aszály és egyéb szélsőséges időjárási helyzetek megkívánják a körültekintőbb vízgazdálkodást, az öntözési lehetőségek növelését. A növénytermesztés meghatározó tényezője a növények optimális vízellátottsága.

Irodalom:

- Antal J.-Buzás I.-Debreceni B.-Nagy M.-Sipos S.-Sváb J. /Szerk.: Buzás I.-Fekete A.-Buzás I.né-Csengeri P.né-Kovács Á.né/ (1979): A műtrágyázás irányelvi és üzemi számítási módszer. I. rész. N, P, K műtrágyázási irányelvek. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest. 1-47.p.
- Bergmann, W. (1970): Welternährungslage und Nahrungsmittelproduktion. Urania Bezirksvorstand Gera 1-24 p.
- Buzás I.-Elek É.-Nyíri L.-Loch J.-Keresztény B.-Kotz T. /Szerk.: Buzás I.-Fekete A.-Buzás I.né-Csengeri P.né-Kovács Á.né/ (1979): A műtrágyázás irányelvi és üzemi számítási módszer. II. rész. Ca, Mg és mikroelem műtrágyázási irányelvek. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest. 48-66.p.
- Buzás I.-né, Csernátó Cs.-né & Herczeg A. (1986): A magyarországi talajok pH-csökkenése. 35. 63-71.
- Csathó, P. – Árendás, T. – Németh, T. (1998): New, environmentally friendly fertilizer recommendation system based on the data set of the

- Hungarian long term field trials set up between 1960 and 1995. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29., 2161-2174.
- Csathó, P. – Árendás, T. – Németh, T. (2003): Új környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer a korszerű kukorica növénytaplálás szolgáltatásban. In: Ötven éves a magyar hibridkukorica. (Szerk : Marton, L. Cs. és Árendás, T.) MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet, Martonvásár, , 99-104.
- Kádár I. (1999): Tápanyag-gazdálkodásunk az ezredfordulón. Agrokémia és Talajtan, 48. 1-2. 193-216.
- Loch J. (1999): A tápanyag-gazdálkodás aktuális kérdései Magyarországon. Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok, Agrokémiail és Talajtani Szekció, 11-18.
- Loch J. (2002): Tápanyag-gazdálkodás és környezetvédelem. In: Az agrokémia időszerű kérdései, 107-119 o. DE Agrártudományi Centrum kiadványa.
- Pálmai O.-Horváth J. (1998): Talajaink tápanyag-ellátottságának megítélése. Agrofórum, IX. 13. 47-49.

TUDOMÁNYOS ÜLÉSRE KÉSZÜLT DOLGOZATOK

AZ AL-OLDHATÓ KATIONOK ALKALMAZÁSA SZIKES TALAJ TULAJDONSÁGAINAK JELLEMZÉRE

Blaskó Lajos

DE AGTC MÉK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Loch professzor úr a 1970-es évek közepétől kapcsolódott a Karcagi Kutató Intézet kutatásaihoz. Tanácsait legtöbbször a magnézium és a többi kation meghatározásával, az eredmények agrokémiai interpretálásával kapcsolatos kérdésekben vettük igénybe.

Az együttműködés a savanyú homoktalajok javítására vonatkozó eredményeit BALOGH (2002) összegezte LOCH professzor úr 70. születésnapja tiszteletére készült kötetben.

A szikes talajok javítási szakvéleményét megalapozó vizsgálatok között szerepel a kicserélhető bázisok meghatározása is (29/2006. FVM rendelet). A báziscsere az időigényes módszerek közé tartozik. Szikes és főleg a másodlagos szikesedéstől veszélyeztetett talajokon szükség lenne nagyszámú mérést lehetővé tevő, a talajvédelmi monitoring és a szaktanácsadás igényeit kielégítő a talaj báziskészletét jellemző mutatók alkalmazására.

Erre a célra kézenfekvőnek mutatkozik az ammónium-laktát-ecetsavban (AL) oldható kationok meghatározása, mivel ezt a kivonószert rutinszerűen alkalmazzák a talaj foszfor és kálium ellátottságának jellemzésére végzett vizsgálatokban. A kálium mellett a többi kation meghatározása nem jelent lényeges további laboratóriumi munkaidényt, ugyanakkor lehetőséget adna arra, hogy kötelező tápanyagvizsgálati ciklushoz igazodva képet kapjunk a talajok egyéb kationjairól is.

Az ammónium-laktátban oldható kation vizsgálat alkalmazásának előzményei

Az AL- oldható kationok bázisállapot mutatóként történő felhasználásáról először OHLSSON (1978) közölt adatokat. A hazai trágyázási szaktanács-

adási rendszerben Tolna megyei Állami Gazdaságok Szakszolgálati Állomása alkalmazta elsőként a talaj kalcium-karbonát tartalmának meghatározására. Talajjavítási, műsztrágyázási szaktanácsadásban való interpretációs lehetőségét PUSZTAI (1979), illetve PUSZTAI és FÜLEKY (1981) vetették fel. A talaj magnézium meghatározás módszertanát és LOCH (1969, 1970) dolgozta ki.

Savanyú talajokon az AL-kivonatból történő kationmeghatározásnak jelentős gyakorlati eredményei vannak. A hagyományos talajsavanyúság mutatók AL-oldható bázisokkal való bővítése lehetővé tette a savanyú, kalcium- és magnéziumhiányos talajok pontosabb elkülönítését és a kettős komponensű Ca-Mg-tartalmú javítóanyagok alkalmazási technológiájának továbbfejlesztését. A kalcium-karbonát, kicserélhető kationok és az AL-oldható kationok közötti összefüggéseket réti és réti csernozjom talajra vonatkozóan korábbi közleményekben közöltem (BLASKÓ 1983, 1985).

Vizsgálati anyag

Az AL-kivonatban való mérés szikes talajokra való kiterjesztésének lehetőségét egy Karcag környéki réti szolonyec talajú mintaterület, valamint a NYÍRI és FEHÉR (1977) által beállított karcagpusztai Meliorációs modellel talaján végzett vizsgálatok alapján mutatom be.

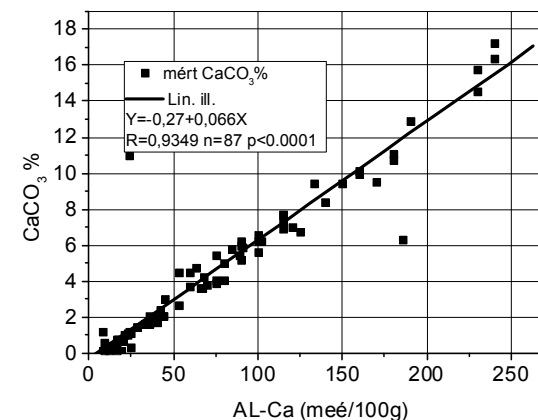
Eredmények

Az AL-oldható kationok és kalcium-karbonát, valamint a kicserélhető kationok közötti összefüggések

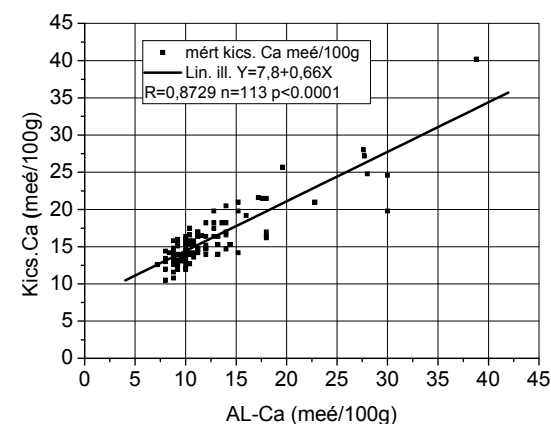
A szikes talaj karbonátos rétegéből vett mintákon az AL-oldható Ca lineáris összefüggést mutatott a talaj kalcium-karbonát tartalmával. Az ily módon végzett CaCO_3 -tartalom becslés eléggé pontos, tekintve az összefüggés szorosságát és a lineáris egyenlet állandójának kis értékét (1. ábra).

Nem karbonátos talajszintekben az AL-oldhatóban mért Ca, Mg és Na mennyiségek szoros összefüggésben voltak a MEHLICH módszerrel meghatá-

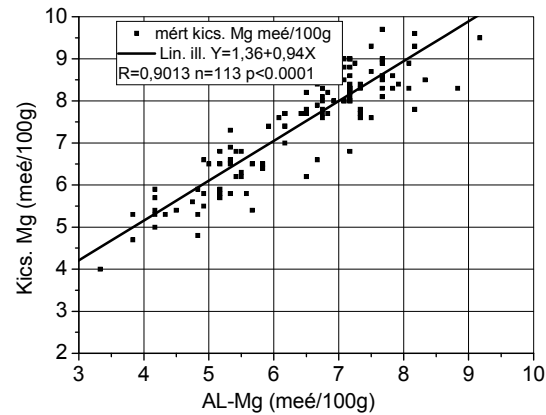
rozott kationokkal, de a becslés kis mennyiségek esetén nem eléggé pontos, mivel a lineáris egyenlet állandója viszonylag nagy (2-4. ábrák).



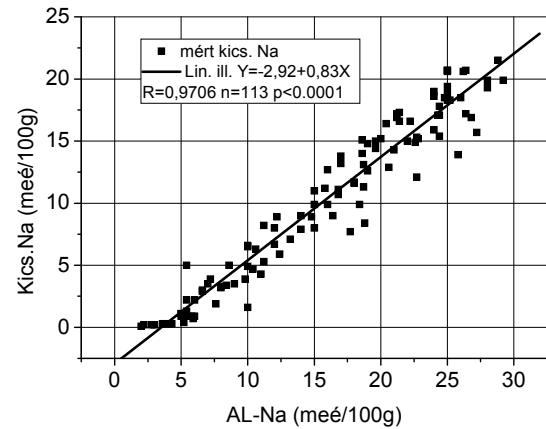
1. ábra: Összefüggés az AL-oldható Ca- és a CaCO_3 - tartalom között réti szolonyec talajon



2. ábra: Összefüggés az AL-oldható Ca- és a kicserélhető-Ca tartalom között réti szolonyec talajon



3. ábra: Összefüggés az AL-oldható Mg- és a kicserélhető Mg-tartalom között réti szolonyec talajon



4. ábra: Összefüggés az AL-oldható és a kicserélhető Na-tartalom között réti szolonyec talajon

Az AL-oldható Ca és Na hatása a talaj nitrát tartalmára

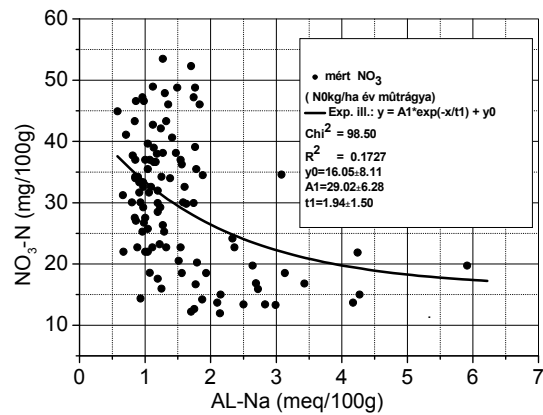
A talaj termékenységének fontos mutatója felvehető nitrogén tartalom. A Meliorációs modelltelepen beállított műtrágyázási kísérlet 10 éve nem trágyázott parcelláinak talajvizsgálati eredményeit felhasználva megvizsgáltam az AL-oldható Ca és Na, valamint a nitrát-nitrogén tartalom közötti összefüggést.

A többváltozós lineáris regresszióanalízis szerint a kalcium tartalom növekedése növelte, a Na tartalom növekedése statisztikailag igazolhatóan csökkentette a talaj nitrát-nitrogén tartalmát (1.táblázat).

A nátrium és a nitrát nitrogén tartalom közötti összefüggést nem lineáris közelítéssel vizsgálva megállapítható, hogy a nitrifikáció csökkenése viszonylag tág intervallumú küszöbértékhez köthető. A nátriumtartalom és a nitrát nitrogén tartalom közötti exponenciális összefüggés alapján becslve az adott talajon $1,9 \pm 1,5$ meé/100g AL-oldható Na tartalom (a kicserélő kapacitás $5,4 \pm 4,2\%$ -a) fölött a nitrifikáció csökkenésével számolhatunk (5. ábra).

1. táblázat: Többváltozós lineáris regresszióanalízis az AL-oldható Ca és Na, valamint a $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalom közötti összefüggés vizsgálatára

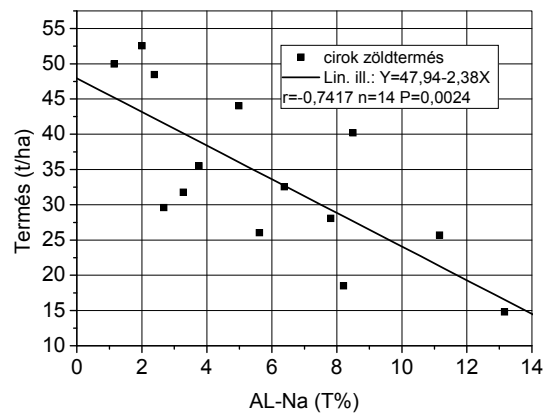
Független változók:	AL-Ca ,AL-Na			
Függő változó	$\text{NO}_3\text{-N}$			
Tényező	érték	hiba	t-érték	Prob> t
A tényező	15,44108	0,85948	17,96552	<0.0001
AL-Ca	0,01088	0,00149	7,28693	<0.0001
AL-Na	-0,89199	0,19732	-4,52057	<0.0001



5. ábra: Összefüggés az AL-oldható Na tartalom és a nitrát-nitrogén tartalom között réti szolonyec talajon

A talaj AL-Na tartalma és a cirok termése közötti összefüggés

Az AL-Na tartalom mérése alkalmas lehet a szikes talajon termesztett növények nátriummal szembeni érzékenységének meghatározására is



6. ábra: Összefüggés a Na-telítettség és a cirok termése között réti szolonyec talajon

Ezt a lehetőséget szemlélteti a Meliorációs modelltelepen termesztett cukor-cirok termése, valamint az AL-Na alapján meghatározott Na-telítettség (6.ábra) közötti összefüggés. Az összefüggés alapján az is látható, hogy a mérsékelt sós talajon csak az 5%-nál kisebb Na-telítettségű, gyengén szikes talajon adott 35t/ha-nál nagyobb termést (BLASKÓ et al.,2010)

Következtetések

Az AL kivonatban mért kalcium, magnézium és nátrium mennyiség összefüggésben van a MEHLICH módszerrel meghatározott kationokkal, de a becslés kis mennyiségek esetén nem eléggé pontos. Azonban tájékozódó vizsgálatra az AL- módszerrel kapott eredmények közvetlenül is felhasználhatóak. Ez azért lehetséges, mert a kedvezőtlen hatásokat okozó nagyobb Na tartalmak (10-15% Na) esetén az AL-Na és a kicserélhető Na közötti különbség már kisebb.

Ha a kicserélhető kationok abszolút mennyiségének ismerete is fontos, az AL kivonószereken alapuló vizsgálat gyorsaságából, származó előny úgy használható ki, hogy adott talajon a minták mindegyikéből AL-kation meghatározást végzünk, kevesebb mintából meghatározzuk a kicserélhető kationokat is. Így az AL-oldható és kicserélhető kationok között fenálló összefüggések alapján részben kiváltható a hosszadalmasabb kicserélhető kation meghatározás.

Összefoglalás

Az AL oldható kationtartalom vizsgálat szikes talajra való interpretációs lehetőségát mutatom be.

Megállapítottam, hogy az AL- oldható kalcium tartalom olyan mennyiségi jellegű mutatóként kezelhető, amely a kémiai vegyületformától viszonylag függetlenül becsüli a talajban levő kalcium-karbonát és a kicserélhető kalcium

um készleteket, karbonátmentes talajon a kicserélhető kationokkal arányos értéket ad. Módszertani előnye a sorozat vizsgálatokra való jobb alkalmazhatóság.

Alkalmazási példaként mutattam be az AL-oldható Ca, Mg, Na talaj nitrát nitrogénre és cirok termésre gyakorolt hatásának vizsgálatát.

Irodalom

- BALOGH I. (2002): A kalcium és magnézium visszapótlás szerepe savanyú magnéziumhiányos homoktalajoktermékenységének megőrzésében. In: Az agrokémia időszerű kérdései DE ATC Mezőgazdaságtudományi Kar és MTA Talajtani Agrokémiai Bizottsága Debrecen 91-102
- BLASKÓ L. (1983): Réti talaj AL-oldható Ca- és Mg-tartalmának változása tartós műtrágyázás hatására. Növénytermelés. 32.6. 539-547.
- BLASKÓ, L.- ÁBRAHÁM, É. B.- BALOGH, I. (2010): Effect of sodium content and NPK fertilizer level on the sweet sorghum production on a salt affected soil. CIEC XV. Világkonferencia, Bukarest, Románia. 2010. 08. 29. 97.
- LOCH J. (1969) :Talajok AL-oldható Mg tartalma és kapcsolata más módszerek eredményeivel. Debreceni Agrártud. Főisk. Tud. Közleményei. 15.133-145.
- LOCH J. (1970): Összefüggések a talaj magnéziumtartalma és a növények által felvett magnézium között. Kandidátusi értekezés.
- OHLSSON, S. (1978): Markreaktionsoch kalkbehovsberstamhigar. K. Skogs-Lantbrakad. Tidskr., Stockholm, 12. 74-75.
- NYIRI L. – FEHÉR F. (1977): Tájékoztató a Karcagpusztai komplex meliorációs modelltelepen folyó kutatómunkáról. Kézirat DATE KI, Karcag.
- PUSZTAI A. (1979):A tartós és intenzív kemizáció hatása a talajok reakcióviszonyaira és néhány egyéb tulajdonságára. Az intenzív műtrágyázás hatása a talaj termékenységére. Ankét MTA. TAKI, október 29. 108-129.
- PUSZTAI, A. – FÜLEKY, GY. (1981): Szoderzsaniya AL-rasztvorimogo kal'cija – pokazatel'szosztojanija Ca pocsvü. Rezul'tatü isszledovanij provedenüh sztranahecslenah SzEV. szotrudnicsajuscsih v ramkah Koordinacionnovo Centra. „Mineral'noe udobrenie” Kézirat – Pulawy.

A MINŐSÉGVIZSGÁLATOKTÓL AZ ÉLELMISZERBIZTONSÁGIG

Dr. Győri Zoltán
**Szent István Egyetem Regionális Gazdaságtani
és Vidékfejlesztési Intézet**

Az elmúlt években a globalizáció előtérbe kerülésével felerősödtek azok a tendenciák, amelyekről a korábbiakban több-kevesebbet ismerhetett meg az élelmiszerek feldolgozásával, kereskedelmével foglalkozó érdeklődő állampolgár. A biztonságos élelmiszerellátás alapvető igénye minden ember számára azzal a követelménnyel jár, hogy a termelés során hozamokat jelentősen növelni kell. Ez mind az állattenyésztés, a növénytermesztés, mind pedig a kertészet területén azt jelentette, hogy új fajták/hibridek, új takarmányok, új műtrágyák, növényvédő szerek, új tartás- és termesztéstechnológia alkalmazására volt szükség. Ez a tendencia először a mezőgazdasági termelés, majd a feldolgozás később pedig az áruterítés koncentrációját vonta maga után, miközben felgyorsult a városiasodás. Ez utóbbi jellemző következménye, hogy a legtöbb lakás kamra (élelmiszer-tároló) nélkül épült meg. Ennek a hozamnövelésnek természetesen hátrányai is vannak, ilyen a lehetséges környezetszennyezés, a különböző nemkívánatos anyagok használata, vagy előfordulása a termékben, mint a növekedési hormonok az állatoknál, a dioxin-szennyezés, a magas nitrát-tartalom, a nehézfémek megjelenése, a növényvédőszer-maradékok és a mikotoxinok. Ezekben túlmenően felértékelődött a mikrobiális szennyeződés jelentősége (toxinogén gombák, szalmonella). Korunk egyik nagy vitát kiváltó – a tudományos műhelyeket is megosztó - új tudományos eredménye a genetikailag módosított növények és termesztésük kockázata.

Ezen időszak alatt az élelmiszerellátás biztonsága mellett éppen az intenzifikáció következményeként mind jobban előtérbe került az élelmiszerbiztonság kérdése (Molnár 2002), azaz annak az elvárásnak a teljesítése, hogy minden embernek joga van olyan élelmiszert fogyasztani, amellyel az

egészségét nem károsítják. Ezzel egyidejűleg az életszínvonal növekedésével a vásárló választani akar a különböző minőségű élelmiszerek közül. Ezen tendenciák eredményeként egyrészt növekszik a gyorsétkeztetés aránya másrészt pedig az egyéni megítélés jelentősége az egészség- és környezettudatos fogyasztók körében.

Hazánk sem kerülte el ezeket a változásokat, amelyek megvalósulása során a mély társadalmi változásokon túlmenően a minőségvizsgálatok iránti igény folyamatos változását érezkelhettük. Ezzel egyidejűleg az élelmiszer feldolgozás terén is olyan termelési koncentráció ment végbe, amely a családi, kisüzemi feldolgozáshoz viszonyítva lényegesen több ember egészségére jelenthet kockázatot (Molnár 2002).

A növénytermesztési ágazatot az 1970-es évektől az intenzív kemizálás jellemezte, amely mind a műtrágya mind pedig a növényvédőszer felhasználásban nyilvánult meg. Ehhez a kutatás területén mindazon módszerek fejlesztésére, tesztelésére sort kellett keríteni, amely a talaj-növény rendszer jobb megismeréséhez vezetett. Ekkor került sor az atomabszorpciós spektrofotométerek valamint az úgynevezett folyamatos elemzők első alkalmazására majd rendszerbe állításukra. Ezt az időszakot a terméseredmények növelésének igénye jellemezte és ennek rendelték alá a talaj- és növényvizsgálatokat is. E folyamat során már a hetvenes évek elején felmerült az a kérdés, hogy miként befolyásolja az intenzív termesztés és elsősorban műtrágyázás a növényi termékek minőségét. Ez alapvetően akkor a műtrágyázási szaktanácsadást szolgálva a táplálkozás/takarmány élettani valamint feldolgozás technológiai minőséget jelentette. Az eltelt több mint három évtized alatt a minőségvizsgálatokkal szembeni elvárások folyamatosan bővültek és ma már körük meglehetősen széles. Ezek a következők:

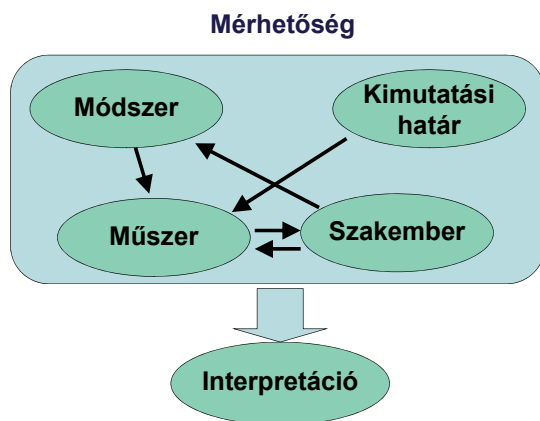
- A táplálkozási és a takarmányozási érték meghatározása
- Az ipari feldolgozás szempontjainak történő megfelelés
- Az eladási/vételi ár megállapításának elősegítése (gyors, megbízható mérések)
- Különböző minőségi elvárásokat figyelembe vevő vizsgálatok:
- A hagyományos összetevők fontossága (fehérjék, szénhidrátok, zsírok és olajok, rost)

- Kis mennyiségben jelen levő biológiailag aktív komponensek jelentőségének felértékelődése (vitaminok, ásványi összetevők, íz-és aromaanyagok, antinutritív vegyületek, mikotoxinok, antioxidánsok, allergiát okozó anyagok)
- Genetikailag módosított alapanyagok kimutatása
- A mikrobiológiai vizsgálatok iránti növekvő érdeklődés
- A minőségstabilitás felértékelődése (turizmus, élelmiszerallergia, gyógyhatás, gyermekélelmezés, nosztalgia a kézműves élelmiszerek iránt)

Az élelmiszer-ellátás biztonságának megvalósítása során a társadalom tagjainak életszínvonal növekedése azt is jelentette, hogy az élelmiszerekkel és azok alapanyagaival szemben a minőséget illetően fokozott elvárások jelentkeztek. A múlt század kilencvenes éveitől kezdve pedig az élelmiszerbiztonság fogalmával kellett megismerkednünk. A 2003. évi CXXXII törvény (Magyar Élelmiszertörvény) szerint az „Élelmiszer-biztonság annak biztosítása, hogy az élelmiszer nem okoz a fogyasztónál egészségi ártalmat, ha azt a szándékolt felhasználásnak megfelelően készítik el és fogyasztják”.

Az elmúlt évtizedekben az előzőekben ismertetett kutatási és gyakorlati elvárásoknak igyekeztünk megfelelni abban a Regionális Műszerközpontban, amelynek létrehozásában többek között az Ünnepeltnek is meghatározó szerepe volt (Győri 2006). A kapott mérési eredmények részben a kutatási programok megvalósítása során részben pedig a szaktanácsadáson keresztül hasznosultak.

Az alapvető feltételeket, amelyek az egyes komponensek mérhetőségét és az eredmények megismertetését lehetővé teszik az 1. ábrán láthatjuk.



1. ábra Mérhetőség

Az alkalmazott analitikai módszerek az élelmiszerlánc (talaj-növény-állat-ember) sokszínűsége miatt alapvetően különböznek egymástól, de a velük szembeni elvárások is változatosak (1. táblázat).

1. táblázat Analitikai módszerekkel szembeni elvárások

Gyors, egyszerű mérési lehetőség (NMR, NIR, NIT), kit-ek, gyorsteszték alkalmazása
Széles mérési tartomány
Kimutatási határ legyen minél kisebb (mikrokomponensek)
Az elválasztástechnika és a detektálás változatossága (kapcsolt rendszerek – ionformák, vegyületformák)
PCR alapú mikrobiológiai módszerek alkalmazása
Klasszikus eljárások és az élelmiszerhamisítás
Gyors, egyszerű mérési lehetőség (NMR, NIR, NIT), kit-ek, gyorsteszték alkalmazása
Széles mérési tartomány

Az őszi búza, mint a mindennapi kenyér alapanyaga az egyik legösszetettebben vizsgált termék. Fontos az igényektől függően mind a táplálkozási értékre, mind a technológiai tulajdonságokra mind pedig az élelmiszerbizton-

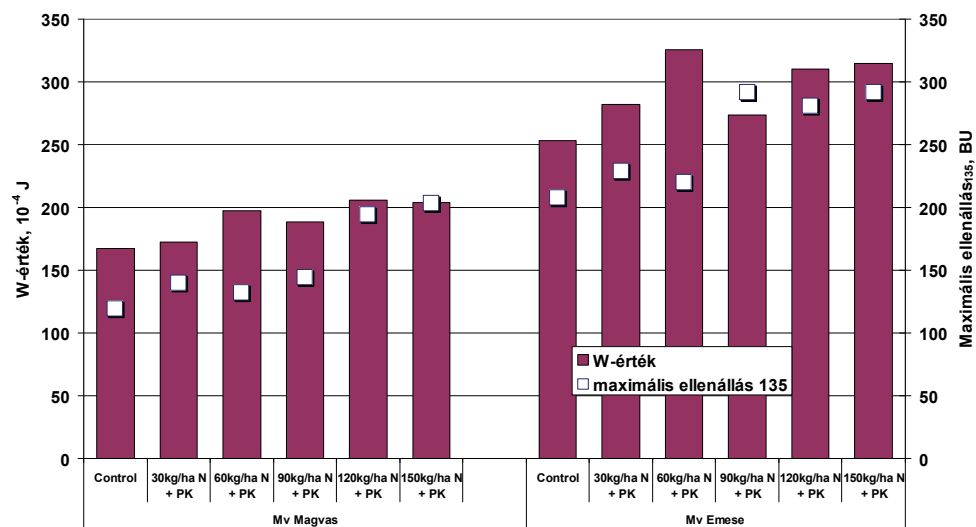
ságra jellemző vizsgálatok elvégzése. A leggyakoribb vizsgálatait a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat A búzaminőség fontosabb mutatói

	Értékmérő tulajdonság
Táplálkozási érték	Nyersfehérje tartalom
	Nedves siker tartalom és terület
	Fehérjék finomszerkezete (aminosav összetétel)
	Hamutartalom, esszenciális és nem esszenciális elemtartalom, (toxikus elemek)
Technológiai tulajdonságok	Hektolitertömeg
	Ezerszemtömeg
	Szemkeménység
	Nedvességtartalom
	Szedimentációs érték
	Sikerindex
	Esésszám (á-amiláz aktivitás)
	Farinográfus érték, sütőipari érték-szám
	Alveográfus értékek (P, L, P/L, G, W)
	Extenzográfus mutatók
Próbacipó sütés	
Élelmiszerbiztonság	Mikotoxinok
	Növényvédőszer-maradék (peszticid és inszekticid)
	GMO
	Radioaktivitás

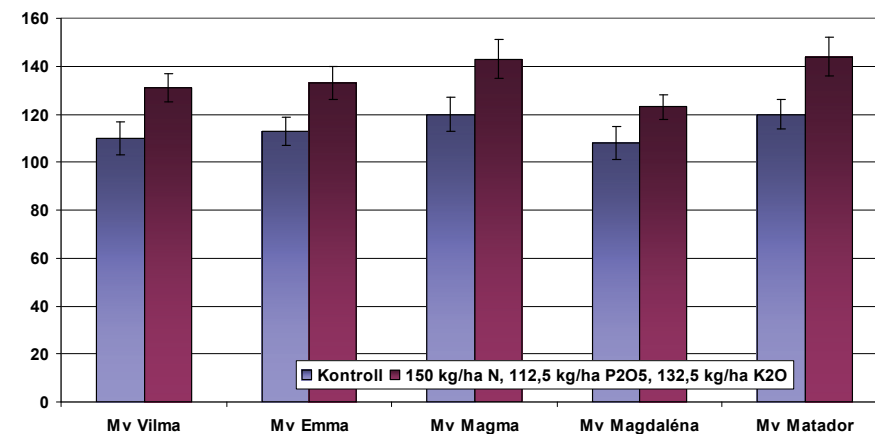
Az egyik vizsgálatkör a lisztből készített tészta tulajdonságainak meghatározása, amelynek hazánkban a legfontosabb eszköze a valorigráf/farinográf.

Ugyanakkor egyre jobban terjed az alveográf és az extenzográf használata olyan országokban, amelyek a mi búzaexportunk szempontjából fontosak. Ezért is határoztuk meg a két – nehezen összehasonlítható- módszerrel egyes őszi búza fajták minőségét műtrágyázási kísérletből (Boros 2011). Ezáltal a vizsgált fajtákra alapadatokhoz jutottunk, ami hasznos információt nyújt a gyakorlat számára is. Két fajtára láthatunk adatokat a 2. ábrán.



2. ábra Az alveográfus W-érték és az extenzográfus maximális ellenállás értékének alakulása műtrágyázás hatására (Látókép, 2006)

Az élelmiszerbiztonság szempontjából meghatározó lehet a toxikus vagy potenciálisan toxikus elemek mennyisége az egyes termékekben. A módszer fejlesztésünk (Győri és Prokisch 1999) eredményeként lehetőségünk volt különböző búzafajták krómtartalmának meghatározására NPK tartamtrágyázási kísérletből. A kapott adatokat a 3. ábrán láthatjuk. Az eredmények igazolják, hogy a műtrágyázás hatására emelkedett minden vizsgált fajtánál az összes króm mennyisége, de ez a hatás nem jelent élelmiszerbiztonsági veszélyt.



3. ábra Különböző őszi búza fajták krómtartalma két tápanyag ellátottsági szinten (µg/kg) (Látókép)

A bemutatott adatok valamint a további (növényvédőszer maradványok, más szerves mikroszennyezők, mikrobiológiai) szükséges vizsgálatok széles köre is bizonyítja, hogy az analitikai lehetőségek szerte a világ élelmiszergazdaságában nem tudják követni elsősorban kapacitással az igényeket. Az élelmiszerlánc egységes szemléletű (Bánáti 2002, Bánáti 2008, Raspor 2008) megközelítése és a minőségirányítás/minőségbiztosítás következetes alkalmazása lehet a megoldás arra, hogy megfelelően biztonságos élelmiszereket fogyassunk. Ez azonban nem tudja helyettesíteni mindazokat az intézkedéseket, feladatokat amelyeket az élelmiszerbiztonság komplex szemlélete alapján meg kell hoznunk illetve a társadalom különböző szintjein is meg kell oldanunk (Szeitzné Szabó M 2011).

Ezt az utat jártuk be az elmúlt közel negyven év során és az „egyszerű” minőségvizsgálatoktól eljutottunk a minőségirányítás/minőségbiztosítás oktatásáig, kutatásáig és a gyakorlati alkalmazásának segítségéig.

Felhasznált irodalom:

- Bánáti D (2002): Az élelmiszer-biztonság integrált megközelítése az élelmiszerláncban. Magyar Állatorvosok Lapja 124. 251-256.
- Bánáti D (2008): Fear of food in Europe? Trends in Food Science and Technology, 19.441-444.
- Boros N (2011): Extenzográf alkalmazása a lisztvizsgálatokban. PhD disszertáció 129 p. Debrecen
- Győri Z. (2006): Az élelmiszertudományi és minőségügyi képzés fejlődése a Debreceni Egyetemen 1-27 p. In: A Műszerközpont húsz éve Szerk.: Loch J- Ungai D- Sipos P, DE AGTC
- Győri Z - Prokisch J (1999): Chromium content of winter wheat in Hungary. Journal of Food and Agricultural Chemistry. 47. 7. 2751-2754.
- Molnár P (2002): Az élelmiszerbiztonság időszerű kérdései az európai szabályozás tükrében. Minőség és megbízhatóság, 3. 123-129.
- Raspor P (2008): Total food chain safety: how good practice can contribute? Trends in Food Science and Technology, 19. 405-412.
- Szeitzné Szabó M Szerk.(2011): Élelmiszerbiztonság:tények, tendenciák, teendők. Agroinform Kiadó Budapest 156 p.

NEDVESRONCSOLÁSI MÓDSZER KIDOLGOZÁSA TALAJOK ELEM- TALMÁNAK INDUKTÍV CSATOLÁSÚ PLAZMA OPTIKAI EMISSZIÓS SPEKTROMÉTERREL VALÓ MEGHATÁROZÁSÁRA

Kovács Béla

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok
Centruma

Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi
és Környezetgazdálkodási Kar
Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási
és Mikrobiológiai Intézet

1. Bevezetés

A Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán, mind az Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet, mind az Agrárműszerközpont nagyszámú növény- és talajminta extrahálható és összelem koncentrációjának meghatározását végzi. Az analízisek elvégzéséhez megfelelő mintaelőkészítő módszerek kidolgozása és egy vagy több, nagyszámú minta mérésére alkalmas analitikai berendezés szükséges. Itt szeretném megragadni az alkalmat, hogy kifejezzem köszönetemet és elismerésemet ahhoz, hogy mind Loch Jakab professzor úr, mind Szász Gábor professzor úr már 25 évvel ezelőtt felismerték annak szükségességét, hogy egyetemünkre nélkülözhetetlen egy olyan analitikai berendezés beszerzése, amely nagy mennyiségű minta sokleemes vizsgálatát teszi lehetővé. Ezek

után Loch professzor úr aktív közreműködésével valósult meg a Kar Központi Laboratóriumába (későbbi Regionális Műszerközpontjába) egy LABTAM 8440M típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer beszerzése. Ez abban az időszakban "forradalmi" fejlődést idézett elő mind a Debreceni Agrártudományi Egyetem, mind a Regionális Műszerközpont tudományos életében. Ennek következtében, szerencsére, számos új tudományos problémát kellett megoldani, egyrészt a rendelkezésre álló LABTAM 8440M típusú ICP-OE spektrométer paramétereit optimalizálva (Kovács et al., 1995b; 1996; 1998) valamint ehhez a nagy mintaszám mérésére alkalmas analitikai berendezéshez, a növényi eredetű minták megfelelő mintaelőkészítési módszerének kidolgozását (Kovács et al., 1994; 1995a; 1996). Mivel laboratóriumunkban, a növényeken, vagy növényi alapanyagokon kívül, a talajminták jelentik/jelentették a második leggyakoribb mintatípust – melyek a növények mintaelőkészítésétől jelentősen eltérő paraméteregyüttest igényeltek a kielégítő roncsoláshoz –, ezért a talajok elemtartalmának vizsgálatára szintén jelentős igény mutatkozott, amelyhez viszont szintén egy megfelelő nedvesroncsolási módszer szükséges. Ezért jelen kutatómunkámban egy olyan nedvesroncsolási módszert dolgoztam ki a különböző összetételű talajok elemtartalmának meghatározására, amely egyszerű, viszonylag gyors és olcsó, továbbá megfelelő pontossággal végezhető a mintaelőkészítés. A roncsoláshoz LABOR MIM OE-718/A típusú elektromos blokkroncsolót alkalmaztam, a vizsgálatokat pedig LABTAM gyártmányú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel végeztem. A vizsgálatokhoz a karunk pallagi kísérleti területéről származó humuszos homok (kis humusz tartalom) és a látóképi kísérleti telepéről származó mészlepedékes csernozjom típusú talajokat (nagy humusz tartalom) használtam, amelyeket a talajszelvény 0-20 cm magasságából vettem.

2. Anyag és módszer

2.1. A felhasznált anyagok

A roncsoláshoz analitikai reagens tisztaságú Merck gyártmányú 65 %-os salétromsavat, 30 %-os hidrogén-peroxidot és 70%-os perklórsavat, továbbá

Carlo-Erba gyártmányú 98 %-os kénsavat alkalmaztam. Az ICP-OES berendezés kalibrálását 1000 mg/dm³ és 10000 mg/dm³ koncentrációjú egyelemes oldatokból előállított törzsoldattal végeztem. Az 1000 mg/dm³ koncentrációjú oldatok BDH és Merck gyártmányúak voltak, a 10000 mg/dm³ koncentrációjú egyelemes oldatok előállítására viszont REANAL gyártmányú analitikai reagens tisztaságú szilárd vegyszereket alkalmaztam.

A nedves roncsolást 50 cm³-re és 100 cm³-re kalibrált roncsoló csőben (25 x 420 mm) végeztem, a roncsolmányok valamint az oldatok feltöltéséhez Millipore kétlépcsős víztisztító rendszerrel előállított analitikai tisztaságú vizet, a roncsolmány szűrésére pedig MN 640W szűrőpapírt alkalmaztam.

A vizsgálatokhoz a pallagi kísérleti telepről származó humuszos homok (kis humusz tartalom) és a látóképi kísérleti területéről származó mészlepedékes csernozjom típusú (nagy humusz tartalom) talajokat használtam, amelyeket a talajszelvény 0-20 cm magasságából vettem. A légszáraz talajmintákat LABOR-MIM AK-100 típusú talajdarálóval daráltam meg, s csak az 1 mm-nél kisebb frakciót használtam fel a roncsolásokhoz.

2.2. Az alkalmazott készülékek

A nedvesroncsolás kivitelezéséhez LABOR MIM OE-718/A típusú elektromos blokkroncsolót alkalmaztam, a vizsgálatokat pedig a Loch Jakab professzor úr által beszerzett LABTAM 8440M típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel végeztem.

3. Eredmények és értékelésük

Az optimális roncsolási értékek meghatározásához minden egyes változtatható paraméter hatását megvizsgáltam. A paraméterek vizsgálata során 1 g, 2 g és 3 g mintabemérést alkalmaztam. A különböző kezelések eredményét és szórását a 3-5 ismétlésben elvégzett vizsgálatok számtani átlagai adták. Az ismétlések eredményei pedig az ICP-OES háromszori integrálásának számtani átlagai voltak. Az analíziseket 23 elemre (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Sr, Zn) végeztem. Az op-

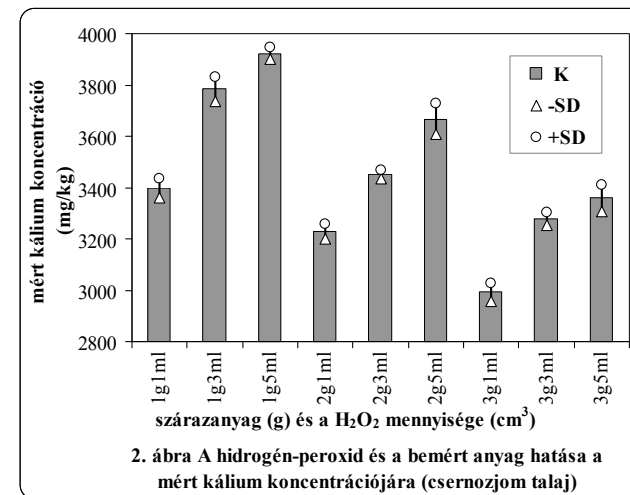
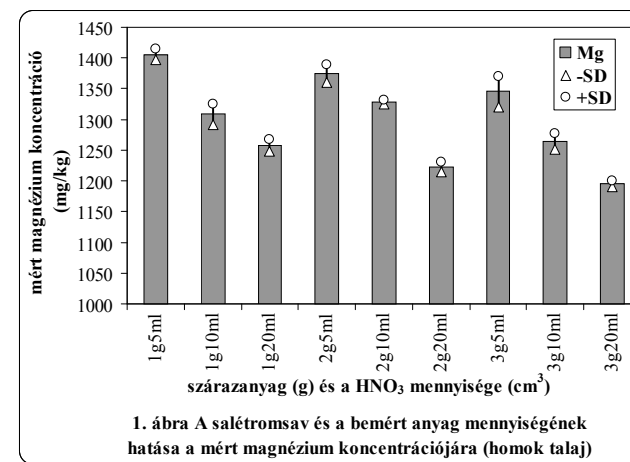
timális roncsolási paraméterek meghatározásához csak az értékelhető koncentrációban található elemeket használtam fel.

Elsőként a roncsoláshoz használt sav minőségét tanulmányoztam. A kiválasztáshoz HNO_3 , $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$, $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$, $\text{HCl-H}_2\text{O}_2$, $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ roncsoló elegyeket alkalmaztam. Minden esetben két lépésben végeztem a roncsolást, mely egy előroncsolásból és egy főroncsolásból állt. Az első lépés előtt adagoltam a mintához a savat és végeztem az előroncsolást. Majd a második lépés előtt 30% H_2O_2 -ot (az első kezelésben HClO_4 is volt) tettem a roncsolmányhoz és nagyobb időtartamokat beállítva, magasabb hőmérsékleteken végeztem a főroncsolást. Az első kezelés eredményeiből megállapítható, hogy a $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$, $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$, $\text{HCl-H}_2\text{O}_2$ roncsoló elegyek egyaránt alkalmazhatók teljeselem meghatározáshoz. Előző tapasztalataink, ismereteink alapján azonban a $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ elegy mellett döntöttem, mivel a HClO_4 szerves anyag jelenlétében robbanásveszélyes, a HCl gőz pedig rendkívül korrodeáló hatású, megrövidíti az analitikai berendezés élettartamát. Minden elegy alkalmazásával az 1 g-os mintabemérés szolgálta a legnagyobb roncsolási hatékonyságot.

A $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ elegy kiválasztása után a roncsoló sav mennyiségét változtattam (5 cm^3 , 10 cm^3 , 20 cm^3). A legtöbb elem esetén az 5 cm^3 savmennyiség használata a legígéretesebb. Már a növények mintaelőkészítésének vizsgálata során is kiderült, hogy a sav mennyisége a minta térfogattömegétől függ. Mivel a talaj kis térfogattömeggel rendelkezik, csak kevés tömény sav használata szükséges. Az 1. ábrán példaként látható a homok talajból a magnézium meghatározása. Ebből az ábrából az is megállapítható, hogy a sav mennyisége jobban befolyásolja a magnézium feltáródását, mint a mintabemérés nagysága.

Harmadik kezelésben az előroncsolás időtartamának (egy éjszaka+30 perc, 30 perc, 60 perc), a negyedikben pedig az előroncsolás hőmérsékletének a hatását (30°C , 60°C , 90°C) vizsgáltam. Az előroncsolás azért szükséges, hogy elvégezzük a minta azon részeinek a roncsolását, amelyek a roncsolmány felhabzását, a roncsoló csőből való kifutását eredményeznék. Talajok esetében a 30 perc előroncsolási időtartam és 60 perc előroncsolási hőmérséklet is elegendő.

Az előroncsolás után a H_2O_2 mennyiségének hatását tanulmányoztam, amely során 1 cm^3 , 3 cm^3 és 5 cm^3 térfogatú 30%-os H_2O_2 -ot adtam hozzá. A talajminta minél teljesebb elroncsolásához 5 cm^3 H_2O_2 szükséges, amely jól látható a 2. ábrán, ahol a csernozjom talaj mért káliumtartalmát ábrázoltam a mintabemérés és a H_2O_2 mennyiségének függvényében.



A hatodik kezelést kombinált módon végeztem, ahol mind a főroncsolás időtartamát (45 perc, 90 perc, 180 perc) mind a hőmérsékletét (120°C, 150°C) változtattam 1 g mintabemérés mellett. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a 120°C hőmérséklet elegendő a roncsoláshoz, de az időtartamnak elegendően hosszúnak kell lenni. Ezért egy későbbi időpontban beiktattam egy 270 perc időtartamú főroncsolást is, amely még jobb hatású feltáródást eredményezett, mint a 180 perc időtartamú.

A hatodik kezelést kombinált módon végeztem, ahol mind a főroncsolás időtartamát (45 perc, 90 perc, 180 perc) mind a hőmérsékletét (120°C, 150°C) változtattam 1 g mintabemérés mellett. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a 120°C hőmérséklet elegendő a roncsoláshoz, de az időtartamnak elegendően hosszúnak kell lenni. Ezért egy későbbi időpontban beiktattam egy 270 perc időtartamú főroncsolást is, amely még jobb hatású feltáródást eredményezett, mint a 180 perc időtartamú.

A vizsgálatok alapján blokkroncsolót alkalmazva nedvesroncsoláshoz a következő roncsolási paramétereket javaslom:

Paraméterek:	Optimális értékek:
bemért szárazanyag	1 g
roncsoló sav mennyisége	5 cm ³ HNO ₃
előroncsolás időtartama	30 perc
előroncsolás hőmérséklete	30°C
30% H ₂ O ₂ mennyisége	5 cm ³
főroncsolás időtartama	>180 perc (270 perc)
főroncsolás hőmérséklete	120°C

Az optimális paramétereket beállítva elvégeztem a talajminták roncsolását a fentiekben kidolgozott nedvesroncsolási módszerrel, valamint ugyanezen talajmintákat előkészítettem a Milestone cég által gyártott mikrohullámú roncsoló (Milestone MLS 1200) ajánlott receptje (Cookbook) alapján és a roncsolmányok elemzését elvégeztem az induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel. Az elemek mért koncentrációinak az összeha-

sonlítása alapján jó egyezést tapasztaltam a kétféle talaj mintaelőkészítési módszer eredményei között.

Végezetül a Wageningeni Nemzetközi Köranalízis mintái elemtartalmának is elvégeztem a meghatározását és ez is jó egyezést mutatott a körmérésben alkalmazott talajminták összelem koncentrációinak átlagértékeivel (Houba és Uittenbogaard 1993; 1994; 1995).

Összefoglalás:

A különböző összetételű talajok elemtartalmának meghatározására egy olyan nedvesroncsolási módszert dolgoztam ki, amely egyszerű, viszonylag gyors és olcsó, továbbá megfelelő pontossággal végezhető a mintaelőkészítés. A roncsolást elektromos blokkroncsolóval, az analitikai meghatározást induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel végeztem.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Prof. Loch Jakab egyetemi tanárnak a kutató munkám végzésében nyújtott segítségét, valamint mindazt az emberi és tudományos példamutató segítségét, amelyet az elmúlt 25 év közös munkái alapján élvezhettem.

Irodalom

Houba V.J.G., J. Uittenbogaard: (1993) International Soil-Analytical Exchange. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University. Report.

Houba V.J.G., J. Uittenbogaard: (1994) International Soil-Analytical Exchange. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University. Report.

Houba V.J.G., J. Uittenbogaard: (1995) International Soil-Analytical Exchange. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University. Report.

TENDENCIÁK AZ EU TAGORSZÁGOK NITROGÉNGAZDÁLKODÁSÁBAN

Lazányi János

Debreceni Egyetem AGTC Gazdálkodástudományi
és Vidékfejlesztési Kar

Mezőgazdaságunk eredményes fejlődéshez, a nemzetközi versenyképességének növeléséhez nélkülözhetetlen a jövőorientált gondolkodás és a jól előkészített döntések meghozatalának képessége, amelyhez átfogó elemzésre, a kiváltó okok feltárására van szükség. A közös agrárpolitika ellenére jelentős eltérések észlelhetők a tagországok nitrogéngazdálkodásában, pedig a götebörgi fenntarthatósági célok megvalósítása segíti a környezettudatoságot, a környezetvédelmet, a természeti és kulturális örökségek védelmét. A KAP 2003. évi reformja növelte a mezőgazdasági szektor piaci orientációját, és a 2007-2013. periódusra vonatkozó vidékfejlesztési politika olyan eszközöket nyújt, melyek segítik a "legversenyképesebb tudásbázisú gazdaság" céljának elérését.

Az Európai Mezőgazdasági Vidékfejlesztési Alapból a versenyképesség tengely alatt támogatott intézkedések a mezőgazdaság és élelmiszeripar, a humán és fizikai tőke fejlesztését, a tudás transzfer és az innováció támogatását teszik lehetővé a minőségi termelés érdekében. A földhasználat/környezetvédelmi tengely olyan intézkedéseket támogat, melyek a területek természeti forrásainak védelmét, állapotának javítását célozzák a vidéki térségekben. A harmadik tengely segítséget ad a mezőgazdasági és erdészeti, valamint a szélesebb körűen értelmezett vidéki térségek társadalmi-gazdasági kapcsolatainak erősítéséhez, mert csak a dinamikus, jól szervezett vidéki térségek képesek a környezetvédelmi és szociális fenntarthatóság igényeinek egyaránt megfelelni. A LEADER, mint horizontális tengely a helyi partnerségen alapuló és alulról építkező megközelítés, a tapasztalatokra épülő, innovatív irányítás bevezetésére ad lehetőséget a vidékfejlesztés területén.

Kovács B., P. Dániel, Z. Győri, J. Loch, and J. Prokisch: (1998) Studies on Parameters of Inductively Coupled Plasma Spectrometer. Communications in Soil Science and Plant Analysis. **29**(11-14):2035-2054.

Kovács B., Prokisch J., Győri Z., Loch J.: (1995a) Növényi és talajminták mintaelőkészítési módszereinek vizsgálata ICP spektrométerrel. XXXVIII. Magyar Színképelemző Vándorgyűlés, Paks. 1995.

Kovács B., Prokisch J., Loch J., Győri Z.: (1995b) ICP mérés technika optimalizálása növényi minták vizsgálatára. DATE Tudományos Közleményei. **31**:179-189.

Kovács B., Z. Győri, J. Prokisch, J. Loch and P. Dániel: (1996) A study of plant sample preparation and inductively coupled plasma emission spectrometry parameters. Communications in soil science and plant analysis. **27**(5-8):1177-1198.

Kovács Béla, Prokisch József, Loch Jakab, Győri Zoltán: Növényvizsgálatok ICP spektrométerrel. XXXVII. Magyar Színképelemző Vándorgyűlés, Kaposvár, 1994. MKE Kiadvány 317p.

Kovács Béla, Prokisch József, Palencsár J. Attila, Győri Zoltán: (1999) ICP mérés technika fejlesztése növények elemtartalmának meghatározásához. Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok, Agrokémiai és Talajtani Szekció. Lícium-Art Kft. Debrecen. 125-133.

Az Európai Unió Göteborgi Csúcson elfogadott Fenntartható Fejlődési Stratégiája sikeresebb és igazságosabb társadalmat ígér. Tisztább, biztonságosabb és egészségesebb környezettel a fenntartható fejlődés hosszú távú jövőképét vázolja fel, és jól egészíti ki a fenntarthatóság társadalmi és gazdasági kérdéseivel foglalkozó Lisszaboni Stratégiát. Vidék vonatkozásában az okmány a feltárt veszélyek közül a környezeti feltételekkel foglalkozik, és a klímaváltozást, valamint következményeit, a vidéki népesség elöregedését és a biológiai sokféleség csökkenését emeli ki.

A kelet-közép európai tagországok vidékfejlesztési stratégiája számos ponton kapcsolódik a Göteborgi Csúcs és a fenntartható fejlődés elveihez, de nem Lisszaboni Stratégia, a vidék fenntartható fejlesztése áll a vidékpolitika középpontjában. Ezzel magyarázható a gyepgazdálkodás visszaszorulása, a műtrágya arányának növekedése a tagországok nitrogénbevitelében. A környezetbarát, energiatakarékos technológiák- és gazdálkodási módszerek ösztönzésével a mennyiség helyett a hatékonyság és a minőség kerül előtérbe. A mezőgazdaság növekvő szerepet vállal a tiszta és megújuló energiaforrások előállításában, az élőhelyek és a természeti rendszerek védelmében a biológiai sokféleség megtartásában, és olyan technológiák és eljárások kapnak jelentős támogatást, melyek révén az üvegházhatású gázok kibocsátása közvetlenül, vagy közvetve mérsékelhető.

A mezőgazdaságból élőknek, a vidéken foglalkoztatottaknak ugyanakkor szüksége van a mezőgazdasági területre jutó kibocsátás növelésében rejlő lehetőségek kihasználására, valamint az ehhez kapcsolódó innováció felkarolására. A vidéki gazdaság hanyatlásának megakadályozásával, a vidéki életfeltételek javításával, az alternatív jövedelemszerzési lehetőségek feltárásával csökkenteni kell az EU regionális különbségeit és strukturális feszültségeit. Az agrár- és vidékfejlesztési politika eredményességének, hatékonyságának vizsgálatával a dolgozat a fenti célok megvalósítását kívánja elősegíteni. Ezért elemzi a közösségi mezőgazdasági számlarendszer adatainak felhasználásával régi tagországok, valamint az újonnan csatlakozott kelet-közép-európai országok mezőgazdasági kibocsátásában és jövedelmezőségében rejlő különbségeket.

A vizsgálatok módszere és eredményei

Az EU adatok alapján az országos nitrogénmérleg összeállításánál a vásárolt trágya felhasználását, az istállótrágyázást és az egyéb beviteli módokat vettem figyelembe. A vásárolt trágya felhasználásnál a szerves (műtrágya) és szerves eredetűeket egyaránt figyelembe vettem. A szerves eredetű trágyák magukba foglalják a szennyvíziszapot, a városi komposztot, az ipari eredetű szervesanyagot is, amelyet a mezőgazdaságban trágyaként lehet felhasználni. Az országos nitrogén mérlegben szereplő egyéb beviteli módok közül a pillangós virágú növények nitrogén kötését, a szabadon élő mikroorganizmusok nitrogén kötését, a légköri lerakódást, valamint a vetőmaggal és szaporító anyaggal történő nitrogén bevitelt vettem figyelembe, az 1985-2010 időszakban az EUROSTAT adatai alapján.

Az országos mezőgazdasági nitrogén felhasználásnál a betakarított szántóföldi növények, a betakarított vagy legeltetett takarmánynövények által felvett és a területről elszállított melléktermék által felhasznált nitrogén mennyiségét vettem figyelembe. A tagországok között meglévő különbségek értékelése érdekében az egy hektár mezőgazdasági területre jutó mérleg adatokat mutatom be, amely a környezeti hatások szerves és műtrágya valamint a szántóföldi növénytermesztés és gyeptermesztésnél felhasznált viszonylagos súlyának meghatározása a tagországok mezőgazdaságában meglévő szerkezeti különbségek értékelését segíti elő.

A mezőgazdasági területre jutó nitrogénbevitel Hollandiában (525,5 kg/ha), Belgiumban (363,1 kg/ha), Máltán (318,0 kg/ha), Luxemburgban (258,5 kg/ha), Dániában (239,4 kg/ha) volt a legnagyobb az EU tagországokban (1. ábra). A bevitel Magyarországon (86,6 kg/ha), Lettországon (81,0 kg/ha), Romániában (77,1 kg/ha), Bulgáriában (66,0 kg/ha), Észtszországon (65,3 kg/ha), Litvániában (63,7 kg/ha) volt a legalacsonyabb 1985-2010 között. A mezőgazdasági területre jutó nitrogénbevitel Lettországon, Észtszországon, Írországon, Litvániában, Spanyolországban és Magyarországon nőtt, míg Csehországban, Görögországban, Egyesült Királyságban, Szlovákiában, Dániában, Luxemburgban, Belgiumban, Hollandiában jelentősen

csökkent. Az EU-15 országok mezőgazdasági területre jutó nitrogénbevitel 201,9 kg/ha volt, míg az EU-10 országok átlaga 101,5 kg/ha a vizsgált időszakban.

A nitrogénmérleg Hollandiában (304,4 kg/ha), Belgiumban (172,2 kg/ha), Máltán (169,0 kg/ha), Dániában (133,0 kg/ha), Luxemburgban (129,8 kg/ha) mutatta a legnagyobb többletet (2. ábra). A nitrogén többlet Bulgáriában (30,4 kg/ha), Portugáliában (29,3 kg/ha), Litvániában (21,9 kg/ha), Észtországban (20,5 kg/ha) Romániában (4,6 kg/ha) és Magyarországon (3,7 kg/ha) volt a legkisebb. A nitrogénmérleg többlete Máltán, Cipruson, Spanyolországban, Észtországban, Írországban, Lettországon nőtt, míg Csehországban, Németországban, Szlovéniában, Finnországban, Görögországban, Egyesült Királyságban, Portugáliában, Szlovákiában, Dániában, Belgiumban, Luxemburgban, Hollandiában jelentősen csökkent. Az EU-15 országok mezőgazdasági területre jutó nitrogéntöbblete 92,1 kg/ha volt, míg az EU-10 országok átlaga 38,0 kg/ha.

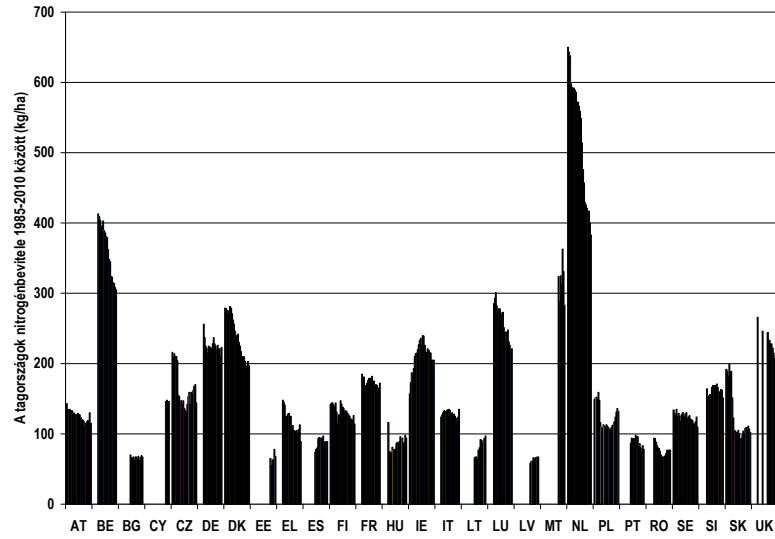
A szerves trágya aránya a tagországok nitrogénbevitelében Máltán (76,9%), Cipruson (68,5%), Hollandiában (58,1%), Írországban (54,1%), Belgiumban (53,6%), Portugáliában (50,5%), Romániában (50,3%) és Ausztriában (49,1%) volt a legnagyobb az EU tagországokban (3. ábra). A szerves trágya aránya Lettországon (32,9%), Lengyelországban (31,6%), Litvániában (28,8%), Szlovákiában (28,4%), Csehországban (26,1%), Magyarországon (26,0%), Észtországban (25,3%) volt a legkisebb. A szerves trágya aránya a nitrogénbevitelében Cipruson, Máltán, Portugáliában, Görögországban, Dániában nőtt, míg Szlovákiában, Lengyelországban, Romániában, Csehországban, Magyarországon, Bulgáriában, Lettországon, Litvániában, Észtországban csökkent. A szerves trágya aránya a nitrogénbevitelében 42,7% volt az EU-15 és 33,3% az EU-10 országok átlagában.

A műtrágya aránya a tagországok nitrogén bevitelében Finnországban (57,0%), Luxemburgban (50,8%), Észtországban (49,2%), Svédországban (48,1%), Magyarországon (47,8%), Spanyolországban (46,8%), Németországban (46,7%), Franciaországban (46,1%) volt a legnagyobb (4. ábra). A

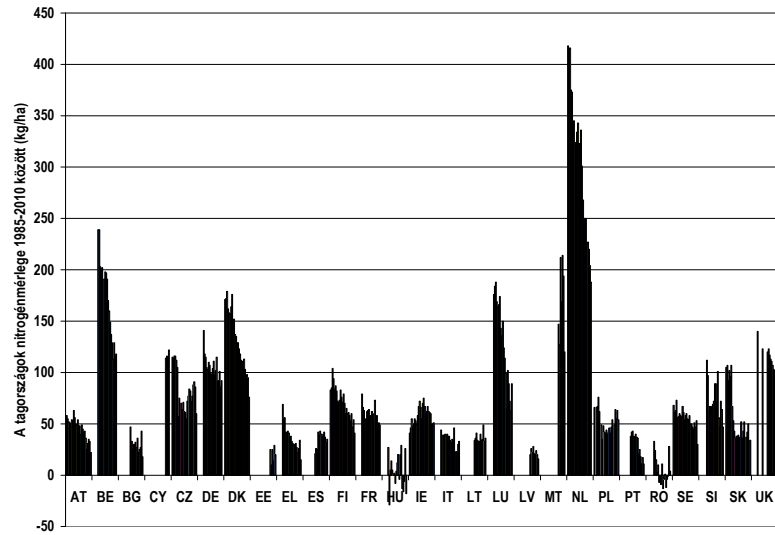
műtrágya aránya Ausztriában (28,5%), Cipruson (25,7%), Romániában (24,3%), Máltán (19,2%) volt a legkisebb. A műtrágya aránya a nitrogén bevitelében Lettországon, Litvániában, Bulgáriában, Észtországban, Magyarországon, Csehországban, Lengyelországban, Romániában nőtt, míg Dániában, Görögországban, Portugáliában, Cipruson jelentősen csökkent.

A szántóföldi növények részesedése az összes nitrogénfelvételtől Magyarországon (83,9%), Bulgáriában (81,4%), Cipruson (69,8%), Dániában (63,0%), Észtországban (59,7%), Lettországon (55,0%), Csehországban (54,7%), Szlovákiában (53,3%) volt a legnagyobb (5. ábra). A szántóföldi növények részesedése Belgiumban (28,1%), Szlovéniában (24,4%), Portugáliában (23,0%), Luxemburgban (21,4%), Hollandiában (19,0%), Írországban (5,9%) volt a legkisebb. A szántóföldi növények részesedése Észtországban, Csehországban, Litvániában, Szlovákiában, Máltán, Lengyelországban, Németországban, Magyarországon nőtt, míg Dániában, Szlovéniában, Portugáliában, Lettországon, Cipruson csökkent. A szántóföldi növények aránya a nitrogénfelvételen 38,6% az EU-15 és 54,1% az EU-10 országok átlagában.

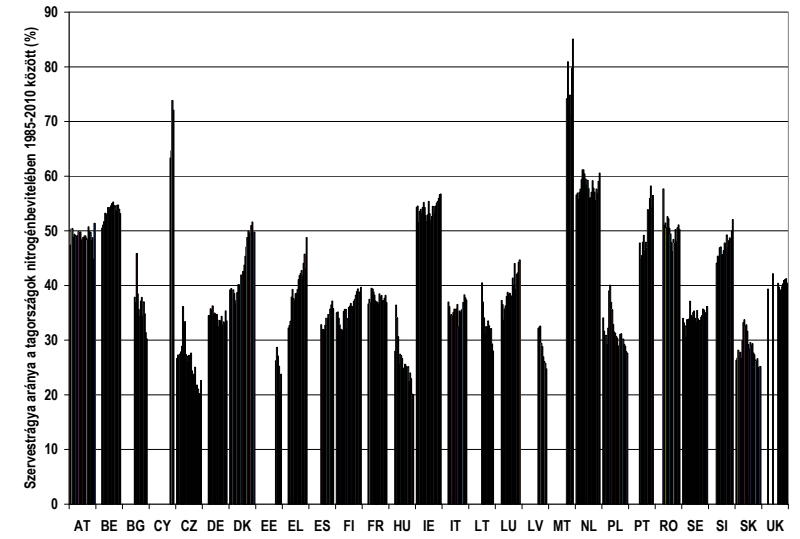
A gyepnövények részesedése az összes nitrogénfelvételtől Írországban (94,0%), Hollandiában (80,2%), Luxemburgban (78,7%), Portugáliában (77,2%), Szlovéniában (75,6%), Belgiumban (69,4%) volt a legnagyobb (6. ábra). A gyepnövények részesedése Lengyelországban (37,7%), Szlovákiában (36,9%), Cipruson (30,8%), Dániában (30,7%), Bulgáriában (18,6%), Magyarországon (12,2%) volt a legkisebb. A gyepnövények részesedése Cipruson, Lettországon, Portugáliában, Dániában, Szlovéniában nőtt, míg Lengyelországban, Magyarországon, Németországban, Szlovákiában, Litvániában, Csehországban, Észtországban csökkent. A gyepnövények aránya a nitrogénfelvételen 59,8% az EU-15 és 41,8% az EU-10 országok átlagában.



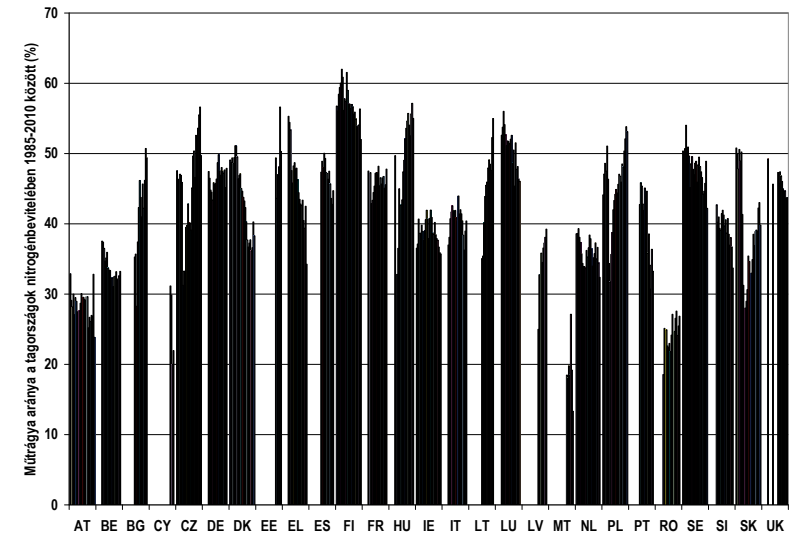
1. ábra: Mezőgazdasági területre jutó nitrogénbevitel az EU tagországokban (kg/ha)



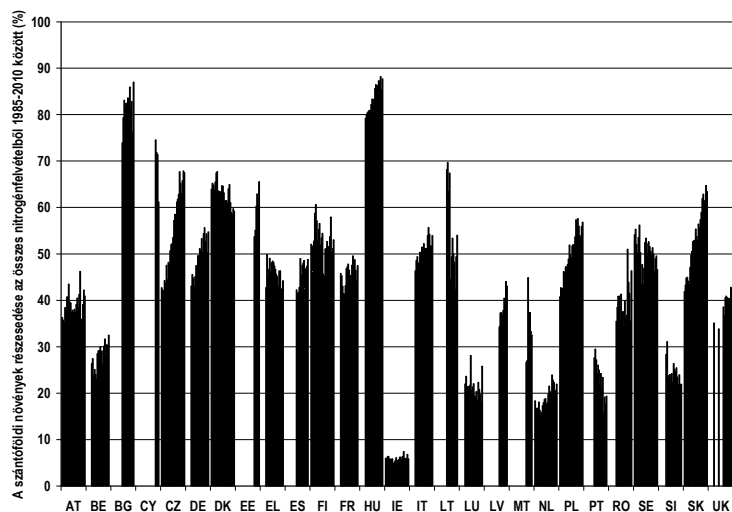
2. ábra: Mezőgazdasági területre jutó nitrogénmérleg az EU tagországokban (kg/ha)



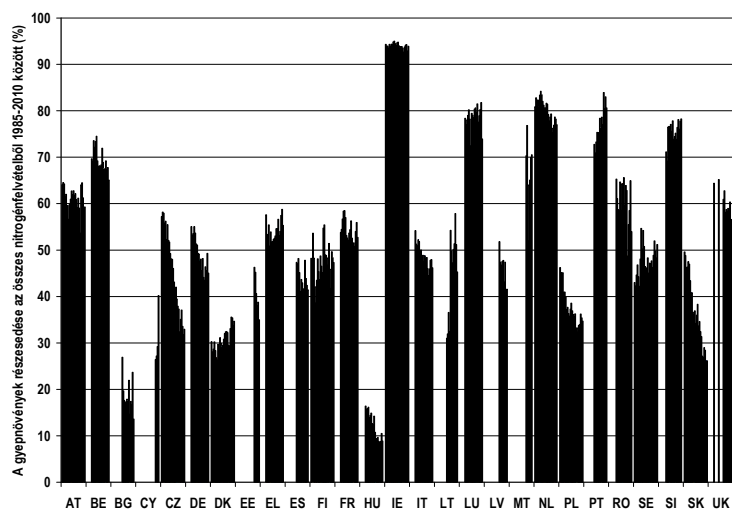
3. ábra: Szervestrágya aránya a tagországok nitrogénbevitelében (%)



4. ábra: A műtrágya aránya a tagországok nitrogénbevitelében (%)



5. ábra: A szántóföldi növények részesedése az összes nitrogénfelvételből (%)



6. ábra: A gyeplévyek részesedése az összes nitrogénfelvételből (%)

Következtetések

Az eredmények értékeléséhez és következtetések levonásához a KAP nyújt közös keretet. Segítségül a Bizottság „A KAP jövője 2020-ig” c. közleményét hívom, amely az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának véleményét is jól tükrözi. A mezőgazdaság és a vidék jövője érdekében a KAP működését a gazdaságpolitikáknak és fenntartható államháztartásoknak kell alárendelni, hogy segítse az Unió céljainak megvalósulását. A mezőgazdaság az európai gazdaság és társadalom szerves része, a termés csökkentése számottevő GDP-veszteséget okoz, és munkahelyek megszűnését eredményezi. A mezőgazdasági termés csökkenése visszahat, a kapcsolódó gazdasági ágazatokra, nevezetesen az élelmiszeripari ellátási lánc szereplőire, amelyek léte az elsődleges mezőgazdasági termelésből származó jó minőségű és versenyképes nyersanyagok megbízható utánpótlásán múlik. Ezért a mezőgazdasági termés csökkenésével a vidéki területek elnéptelenedésével, és ennek súlyos környezeti és társadalmi következményeivel (re) kell számolni a jövőben.

A fenntartható élelmiszertermelés alapja az okszerű nitrogéngazdálkodás. A FAO becslése szerint 2050-re 70 %-kal fog növekedni a kereslet a mezőgazdasági termékek iránt. A piaci állandóság közelmúltban bekövetkezett komolyabb megingásai még nyilvánvalóbbá teszik a piaci nyomások érvényesülését. A jó ár-érték arányú termékek előállítását a gazdasági életképesség szempontjából alapvető. Magától értetődő, hogy Magyarországnak is gondoskodni kell az élelmiszer-ellátás biztonságáról, amelyeket az éghajlatváltozás hatásai is súlyosbíthatnak. Az okszerű nitrogéngazdálkodás másik fontos tényezője a természeti erőforrásokkal való fenntartható gazdálkodás, amelynek célja, hogy környezetvédelmi, vízügyi, növény-egészségügyi, valamint közegészségügyi célkitűzéseinkkel összhangban jó minőségű, és változatos élelmiszerekkel lássa el a lakosságot. A természeti erőforrásokkal való gazdálkodásban kulcsszerepet játszanak a gazdák, akik hozzájárulhatnak az éghajlatváltozás hatásainak mérsékléséhez és az ahhoz való alkalmazkodáshoz is.

Fel kell számolni a mezőgazdasági területre jutó nitrogénbevitelben az EU tagországok között mutatkozó különbségeket. A mezőgazdaságból élőknek, a vidéken foglalkoztatottaknak szüksége van a mezőgazdasági területre jutó kibocsátás növelésében rejlő lehetőségek kihasználására, valamint az ehhez kapcsolódó innováció felkarolására. A vidéki gazdaság hanyatlásának megakadályozásával, a vidéki életfeltételek javításával, az alternatív jövedelemszerzési lehetőségek feltárásával csökkenteni kell az EU regionális különbségeit és strukturális feszültségeit. Növelni kell a szervestrágya arányát az EU-10 tagországok nitrogénbevitelében és a gyepnövények részesedését az összes nitrogén felhasználáson belül. Mindkét célkitűzés a tömegtakarmányt fogyasztó állattenyésztési ágazatok fejlesztésével érhető el. Ezt számos hazai közlemény is alátámasztja, melyek közül Kemenessy (1959), Westsik V. (1965), Mándy (1974), Ángyán, Menyhért (1989), Kádár I. (1992), Kismányoki, Balázs (1995) munkáit szeretném kiemelni.

Az agrár- és vidékfejlesztési politika eredményességének, hatékonyságának vizsgálatával jelen dolgozat a fenti célok megvalósítását kívánja elősegíteni. A KAP reformja során a Bizottság az ágazat versenyképességére, az adófizetők pénzének hatékonyabb felhasználására helyezi a hangsúlyt. A vetésváltás és talajvédő gazdálkodás fenntartható rendszerének kialakításánál a hatékonyságra, a versenyképességre kell helyezni a hangsúlyt, bár kézzelfogható eredmények felmutatása a cél az élelmezésbiztonság, a környezetvédelem, az éghajlatváltozás, valamint a társadalmi és a területi aránytalanságok felszámolása terén. A kitűzött célok csak így felelnek meg az Európa 2020 stratégiájának, amely a fenntarthatóbb, intelligensebb és inkluzívabb növekedés megteremtését szolgálja.

A célok eléréséhez a közös agrárpolitikának és a tervezett fejlesztéseknek egy környezetbarát első pillérből, valamint a versenyképességre, az innovációra, az éghajlatváltozásra és a környezetre nagyobb hangsúlyt helyező második pillérből kell állnia (Buday-Sántha 2001). Az állattenyésztés fejlesztése, a mezőgazdasági termékek feldolgozottság szintjének növelése az új tagállamokban is lehetővé teszi, hogy felszabaduljon a mezőgazdasági termelésében rejlő potenciál és az ágazat sikeresen járuljon hozzá a 2020 stratégiai célok megvalósításához. A Bizottság tervei szerint jövőben csak a versenyképes mezőgazdasági termelők részesülnének támogatásban, és megfelelő

javadalmazást kapnak az általuk a társadalom számára nyújtott szolgáltatásokért. A fenntarthatóbb, intelligensebb és inkluzívabb növekedés az ágazat versenyképességének növelése nélkül nem képzelhető el. Segítségével viszont növelhető a támogatás hatékonysága, és erősödik a KAP létjogosultsága.

A kelet-közép európai tagországok vidékfejlesztési stratégiája számos ponton kapcsolódik a Göteborgi Csúcs és a fenntartható fejlődés elveihez, de nem Lisszaboni Stratégia, a vidék fenntartható fejlesztése áll a vidékpolitika középpontjában. A környezetbarát, energiatakarékos technológiák támogatásával az alapanyag termelés került előtérbe. A mezőgazdaság növekvő szerepet vállal a tiszta és megújuló energiaforrások előállításában, az élőhelyek és a természeti rendszerek védelmében, a biológiai sokféleség megtartásában, továbbá olyan technológiák és eljárások kapnak jelentős támogatást, melyek révén az üvegházhatású gázok kibocsátása közvetlenül, vagy közvetve mérsékelhető. További feladat a gazdálkodási módszerek ösztönzésével a termelés diverzifikálása, a hatékonyság növelése, a feldolgozottság szintjének és termék minőségének javítása.

Felhasznált irodalom

- Ángyán J, Menyhért Z. (1989): Integrált alkalmazkodó növénytermesztés. GATE-KSZE, Gödöllő-Szekszárd.
- Buday-Sántha A. (2001): Agrárpolitika-vidékpolitika. A magyar agrárgazdaság és az Európai Unió. Dialóg Campus Kiadó. Pécs.
- Kádár I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. AKAPRINT. Budapest
- Kemenessy E. (1959): Talajerőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Mándy Gy. (1974): A bő termés biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Kismányoki T, Balázs J. (1995): A szerves trágyák szerepe a talajtermékenység fenntartásában tartamkísérletek alapján. Georgikon Napok, Keszthely, 37-42.
- Westsik V. (1965): Vetésforgó kísérletek homoktalajon. Akadémiai Kiadó, Budapest.

A Tanács 91/676/EGK irányelve a vizek mezőgazdaságból származó nitrát-szennyezésekkel szembeni védelméről

Európai Bizottság (2010): A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának A KAP jövője 2020-ig: az élelmezési, a természetes erőforrásokat érintő és a területi kihívások kezelése. Brüsszel, COM (2010) 672/5

A TÁPANYAGELLÁTOTTSÁG ÉS A CSAPADÉK VÁLTOZÉKONYSÁGÁNAK HATÁSA A KUKORICA (*ZEA MAYS L.*) TERMÉSÉRE

NAGY JÁNOS

**Debreceni Egyetem Agrár- és gazdálkodástudományok Centruma
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet**

Abstract

A tanulmány azt vizsgálja, hogy a csapadék mennyisége, az N-P-K műtrágyakezelések és ezek interakciója hogyan befolyásolja a kukorica terméseredményét.

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén (Debrecen, Magyarország N: 47°33', E: 21°27' t.sz.f. Adria: 113–118 m.), közepkötött mészlepedékes csernozjom talajon 1984-ben alapított többtényezős szántóföldi tartamkísérletben 17 év (1990–2008) figyelembevételével végeztük. Megvizsgáltuk, hogy a tenyészidőben és a téli időszakban lehullott csapadék mennyisége hogyan befolyásolja a kukorica terméseredményét. Igazolódott, hogy a tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége és a termés között volt erős pozitív kapcsolat ($r=0,710$; $p<0,01$).

Az effektív hőösszeg (EH) és a potenciális evapotranszspiráció (PET) értékek alapján száraz és csapadékos évekre bontottuk a tartamkísérlet tenyészidőszakait. A száraz és csapadékos évek termésátlagai közötti eltérés szignifikáns volt ($p<0,05$).

A nem műtrágyázott kezelések és a műtrágyázott kezelések (60 és 120 kg N/ha) között megbízható különbséget kaptunk ($p<0,05$). A 120 kg N/ha kezelés – 60 kg N/ha kezeléshez viszonyítva – nem növelte megbízhatóan a kukorica termését.

A műtrágyázás és a csapadék termésre gyakorolt együttes hatásának elemzése bizonyította, hogy a műtrágyázás a termés szórásának közel kétszer akkora részét magyarázza, mint a csapadék mennyisége. Száraz években csak a nem műtrágyázott és a műtrágyázott kezelések között mutatkozott megbízható különbség, csapadékos években a műtrágyadózisok között is statisztikailag igazolódott az eltérés. Műtrágya-kezelésenként csapadékos években szignifikánsan nagyobb terméseredményt kaptunk, mint száraz években. Összességében a statisztikai elemzések bizonyították, hogy a kijuttatott műtrágya tápanyag-hasznosulását a csapadék ellátottság meghatározza. Száraz években kisebb műtrágyaadagok (60 kg N/ha) hasznosultak, a nagyobb dózisok nem indokoltak. Csapadékos években a nagyobb (120 kg N/ha) dózisok megbízhatóan nagyobb termést, nagyobb tápanyag-hasznosulást eredményeztek.

Bevezetés

Az éghajlat nagyfokú változékonysága a termelés egyik legnagyobb kockázati tényezője, amellyel folyamatosan számolni kell a mezőgazdaságban. Számos év során, az eltérő hőmérséklet és csapadékmennyiség, valamint annak eloszlása közel azonos termesztési technológiák esetén is jelentősen befolyásolja a termés mennyiségét és minőségét.

Magyarországon az utóbbi évszázadban jelentősen megnőtt az aszályos vagy túlzottan csapadékos évek száma. Mindkettő károsan befolyásolja a kukoricatermesztést és annak tervezhetőségét. *Barrow et al.* (2000) is hasonló megállapításra jutottak, 1961-1990 közötti időszakot vizsgálva meghatározták a csapadék mennyiségének változását a téli időszakban (+0,4–+3,6%) és a nyári időszakban (-0,5–+3,7%). *Láng* (1976) és *Márton* (2002) bizonyították az időjárás termést meghatározó szerepét. *Berényi* (1956) megállapította, hogy a természetes vízellátottság 55–75 %-ban határozta meg a termések nagyságát.

A víz sokféle és nagyon bonyolult módon játszik szerepet a növények életében, anyagcseréjében. A kukorica növény növekedési üteme sokkal érzékenyebben és gyorsabban reagál a vízellátás változására, mint a környezet

bármely más tényezőjének változására. A vegetatív fejlődés alatti vízstressz csökkenti a szár- és levélsejtek növekedését, melynek eredményeképpen csökken a növénymagasság és a levélfelület (*Lauer* 2003). A címerhányás alatti aszály hatására a termés csökkenés 40–50% is lehet (*Claassen és Shaw* 1970). A címerhányás és a virágzás alatt fellépő vízhiány csökkenti soronkénti szemek számát, a megporzás utáni stressz pedig a szemek tömegét, jelentős hozamcsökkenést okozva (*Shaw* 1977, *Westgate és Boyer* 1986, *Lauer* 2003, *Széll et al.* 2005, *Marton et al.* 2007, *Ványiné* 2010). *Kiesselbach* (1950) szerint a szemtelítődés időszakában szignifikáns hatása van a hőmérsékletnek és a vízellátottságnak. A szemtelítődés során fellépő szárazság általában kisebb szemek kifejlődésében mutatkozik meg (*Smith et al.* 2004). Kedvezőtlen vízellátottság hatására csökken a szárazanyag-beépülés sebessége és időtartama (*Quattar et al.* 1987). *Westgate és Garnt* (1989) rámutatott arra, hogy egy rövidebb vízhiányos időszak is lényeges csökkenést okozott a szemek víztartalmában.

A kukoricatermesztés hatékonyságát a víz- és tápanyagellátottság mellett a tápanyag kijuttatásának ideje és megosztása is meghatározza, ezért a szakszerű műtrágyázás az optimális növénytermesztés alapfeltétele. A természetnek figyelembe kell vennie a trágyázás idejének meghatározásakor és az optimális trágyaadag megállapításakor talajban történő átalakulási, kimosódási, megkötődési folyamatokat, termesztett hibrid tápanyag-abszorpciós képességét, a műtrágyareakcióját és a csapadék hatását (*Hansen és Djurhuus* 1996, *Delphin* 2000, *Ichir et al.* 2003, *Nakamura* 2004, *Körschens* 2006, *Dobos et al.* 2008, *Ványiné et al.* 2012ab).

A megbízható szabadföldi műtrágyázási tartamkísérlet eredményei jelentenek igazi segítséget, lehetőséget teremtve a soktényezős kölcsönhatások elemzésére a növénytermesztési és környezetvédelmi kutatásokban (*Körschens* 2006, *Nagy* 2008, *Ványiné és Nagy* 2012).

Jelen tanulmány célja egyrészt az volt, hogy elemeztük a környezeti tényezők közül a téli és tenyészidőben lebulott csapadék, mint független változók hatását, másrészt értékeltük az N-P-K műtrágyakezelések termésre gyakorolt hatását. Ugyanakkor vizsgáltuk a két tényező interakciójának hatását a kukoricatermeszre.

Anyag és módszer

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Látóképi Kísérleti Telepén (N: 47°33', E: 21°27' t.sz.f. (Adria): 113–118 m), 1984-ben alapított többtényezős szántóföldi tartamkísérletben 17 év (1990–2008) figyelembevételével végeztük.

A műtrágyakezelések: az alapdózis 30 kg N/ha, 23 kg P₂O₅/ha, 27 kg K₂O/ha és ennek 1,2,3,4,5-szörös dózisa voltak, műtrágyázás nélküli kontroll mellett. Jelen tanulmányban a nem műtrágyázott, 60 kg N/ha, 46 kg P₂O₅/ha, 54 kg K₂O/ha (jelölése: 60 kg N/ha) és a 120 kg N/ha, 90 kg P₂O₅/ha, 106 kg K₂O/ha (jelölése: 120 kg N/ha) kezelések eredményeit vizsgáltuk. A műtrágyák teljes mennyisége összességé lett kijuttatva. A kísérlet elrendezése sávos, egymásra keresztbe elhelyezve 30 hibrid és műtrágyakezelések négy ismétlésben. A növényesítés 70 ezer növény/ha.

A talaj nitrát-N tartalmának meghatározásához minden évben két alkalommal, tavasszal (vetése előtt egy héttel) és a betakarítást követően 0–200 cm-es talajrétegből mintavétel volt.

A kísérlet földrajzi helye és talaja: Debrecen, Magyarország. A kísérleti terület 190 ha. A kísérletet közepkötött mészlepedékes csernozjom talajon végeztük el. A 2008-ban végzett talajvizsgálati eredmények alapján a talaj átlagos pH_{KCl} értéke 6,6 (gyengén savanyú kémhatású), ami a növények tápanyagfelvétele szempontjából optimális. A fizikai talajféleség közép kötött vályog. A talaj felső (20 cm) rétegében az Arany-féle kötöttségi szám 39. A talajban lévő vízben oldható sók (anionok és kationok) össz-tartalma 0,05% (kis sótartalmú talaj). A szén-savas mésztartalom a talaj felső 80 cm-ben 0% (mészhiányos), de 100 cm-től 160 cm-ig fokozatosan emelkedik és eléri a 11%-ot (közepesen meszes). A talaj szervesanyag-tartalma a talaj felső 20 cm-es rétegben 2,4%, a 120 cm-es mélységében nem haladja meg az 1,00%-ot. A talaj nitrogén és kálium szintje jó, P-tartalma közepes.

Időjárás. Az Egyetem Kutató Telepén a környezeti paramétereket automata adatgyűjtő-állomás folyamatosan méri és rögzíti. Hat másodpercenként méri, 0,5, 1 és 2 m magasságban a levegő hőmérsékletét (°C), relatív páratartalmát (%), a talaj hőmérsékletét (°C) öt-, huszonöt és ötven cm-es mélységben, valamint a beérkező sugárzást (W/m²) és a csapadék mennyiségét

(mm). Az adatokból nyert statisztikai mutatók (átlag, szórás) negyedórás gyakorisággal kerülnek tárolásra. Az alapadatokhoz fenológiai, illetve fitometriai megfigyelések, talajtani vizsgálatok kapcsolódnak.

A kukoricatermesztés egyik legfontosabb kritériumának számító, a teljes tenyészidőszakra vonatkoztatott hőösszeg (HU) kiszámítását az alábbi képlet alapján végeztük el:

$$HU = \sum_{i=1}^n \frac{(T_{\max} - T_{\min})}{2} - T_{\text{basis}}, \text{ ahol}$$

T_{max} a napi maximális hőmérsékletet, a T_{min} a napi minimális hőmérsékletet jelöli. A T_{basis} azt a hőmérsékletet jelenti, amely alatt a fejlődési folyamatok annyira lelassulnak, hogy nem érdemes számításba venni az ez alatti értékeket. A kukorica esetében ez az érték 10 °C (Davidson és Campbell 1983, Gallagher 1979, Nield és Seeley 1977).

A potenciális evapotranszpiráció (PET) megállapítására számos módszer ismert, ezeknek egy része tapasztalati összefüggés, más része egyszerű vagy bonyolultabb statisztikai módszerekkel számított többváltozós függvény, míg újabban a legfontosabb termodinamikai paraméterekből származtatott formulák használatosak, többek között a Penman-Monteith (1948), Thornthwaite (1948), Mckenny és Rosenberg (1993), Szász (1977) módszer. A PET értékének meghatározására Szász (1977) módszerét alkalmaztuk, amely nagy pontosságú becslést biztosít. A módszer a víz párolgását döntő módon meghatározó légköri elemeket és a folyamatokat – a levegő hőmérsékletét, a vízgőz relatív nedvességtartalmát, a szélsőséget és mikroadvekciónak hatások – veszi figyelembe.

$$PET = \beta [0,0095(T-21)^2(1-R)^{2/3} f(v)]$$

ahol:

PET: potenciális evapotranszpiráció [mm nap⁻¹]

T: a napi középhőmérséklet [°C]

R: a relatív páratartalom

f(v): a szélsőségek hatásfüggvénye

β: az oázishatás kifejezésére szolgáló tényező

Az oázis hatás a környezet és a párolgó víz hányadosa.

$$\beta = \frac{(c \cdot \rho)_{\text{talaj}}}{(c \cdot \rho)_{\text{víz}}}$$

A számláló a környezet, a talaj, a nevező a víz hőkapacitása. A víz hőkapacitása $4,19 \text{ J cm}^{-3}$.

A nedves talaj hőkapacitása:

$$C_v = \gamma 0,84 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{C}} + N_v 4,2 \frac{\text{J}}{\text{cm}^3 \cdot \text{C}} + L_v 0,0012 \frac{\text{J}}{\text{cm}^3 \cdot \text{C}}$$

- γ : térfogat tömeg (g cm^{-3})
- N_v : nedvesség tartalom ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)
- L_v : levegő tartalom ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)

Statisztikai eljárások

A téli félévben, valamint a tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyiségének termésre gyakorolt hatását a változók közötti korrelációs koefficiens meghatározásával vizsgáltuk. Az rendelkezésünkre álló időjárási adatok alapján hierarchikus klaszteranalízist alkalmazva a vizsgált éveket csoportokra bontottuk. Varianciaanalízist használva megvizsgáltuk, hogy a klaszteranalízis eredményeképpen azonosított két csoport, mint független változó között van-e különbség a termésre gyakorolt hatás szempontjából.

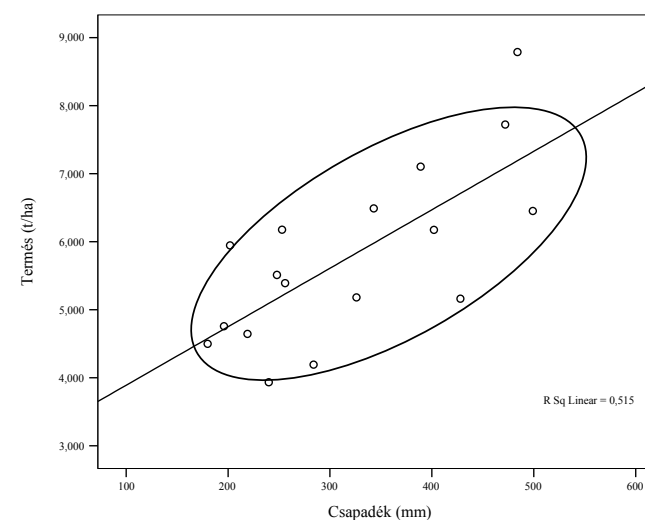
A műtrágyázás kukoricatermesre való hatását a teljes minta esetén a három vagy több minta átlagának összehasonlítására alkalmas Kruskal-Wallis nemparaméteres próbával vizsgáltuk. A kezelésközvetlen eltérések vizsgálatára páronkénti Mann-Whitney U-próbát alkalmaztunk, Bonferroni korrekcióval.

Elemeztük a száraz, csapadékos évek és a műtrágyakezelések, mint független változóknak a kukoricatermesre gyakorolt együttes hatását. Külön értékeltük a száraz években és a csapadékos években a műtrágyahatások közötti különbségeket, illetve a különböző műtrágyaszinteken a csapadék hatását. Majd a vizsgált éveket hierarchikus klaszteranalízissel kategorizáltuk a termés szempontjából (nagyon rossz, rossz, jó és nagyon jó).

Eredmények, következtetések

A téli félévben és a tenyészidőben lehullott csapadék kukoricatermesre gyakorolt hatása

A Pearson-féle korrelációs együttható értéke (kétoldali próbával) alapján igazolódott, hogy 1%-os szignifikanciaszint mellett erős pozitív kapcsolat van a tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége és a termés között ($r=0,718$, $p<0,01$) (1. ábra), megegyezően *Aguilar et al.* (2007) eredményeivel. A téli félévben lehullott csapadék mennyisége és a termés között nem tudunk összefüggést igazolni, így a továbbiakban csak a tenyészidőszak adatai és a termés közötti kapcsolat összefüggést elemeztük.



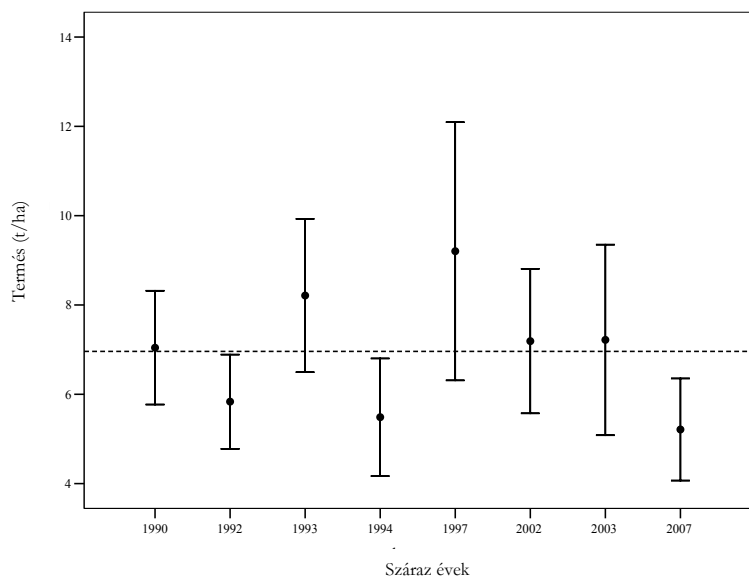
1. ábra A tenyészidőszakban lehullott csapadék és a termés közötti összefüggés (Debrecen, 1990–2008)

A csapadék mennyisége önmagában nem határozza meg a kukorica számára felvehető víz mennyiségét. Az egyetemi meteorológiai állomáson rendelkezésre álló adatokból kiszámítottuk a teljes tenyészidőszakra vonatkoztatott effektív hőmérséklet (EH) és a potenciális evapotranszpiráció (PET) értékét. A tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége, az EH és a PET értékek alapján hierarchikus klaszteranalízissel homogén csoportokba ren-

deztük az éveket. Az egyik csoport a száraz évek, a másik a csapadékos évek elnevezést kapta. A tartamkísérlet 17 évéből száraz évek: 1990, 1992, 1993, 1994, 1997, 2000, 2002, 2003, 2007, csapadékos évek: 1996, 1998, 1999, 2001, 2004, 2005, 2006, 2008. (A 1991 és 1995 éveket a kapott kiugró értékek miatt a statisztikai vizsgálatok „érzékenysége” végett kizártuk az elemzésből.)

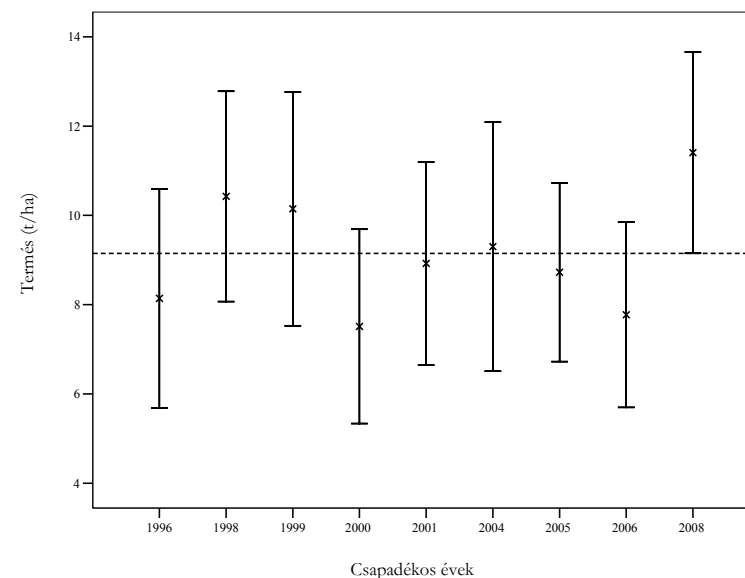
A tenyészidőszakban lehullott (április-szeptember) átlagos csapadékmennyiség száraz években 231 mm, csapadékos években 418 mm volt. A potenciális evapotranszspiráció a tenyészidőszak alatt a száraz években átlagosan 673 mm, csapadékos években átlagosan 626 mm volt.

A varianciaanalízis eredménye igazolta, hogy a csapadékos és száraz évek kukorica termésátlagai között szignifikáns eltérés van ($p < 0,05$). Száraz években a termésátlag 6,96 t/ha volt, a csapadék által biztosított vízellátás jelentős mértékben (2,19 t/ha-ral) növelte a kukorica termését (2. ábra). A tenyészidőszakban lehullott csapadék minden milliméterére hektáronként száraz években 34 kg, csapadékos években 45 kg szemtermés jutott.



2. ábra. A kukorica termésátlaga száraz években

A tartamkísérlet 17 éve alatt az évenkénti termések nagymértékben változtak. A legalacsonyabb kukoricatermés 2007-ben volt (5,21 t/ha), és legnagyobb termést (11,41 t/ha) 2008-ban takarítottunk be (3. ábra).

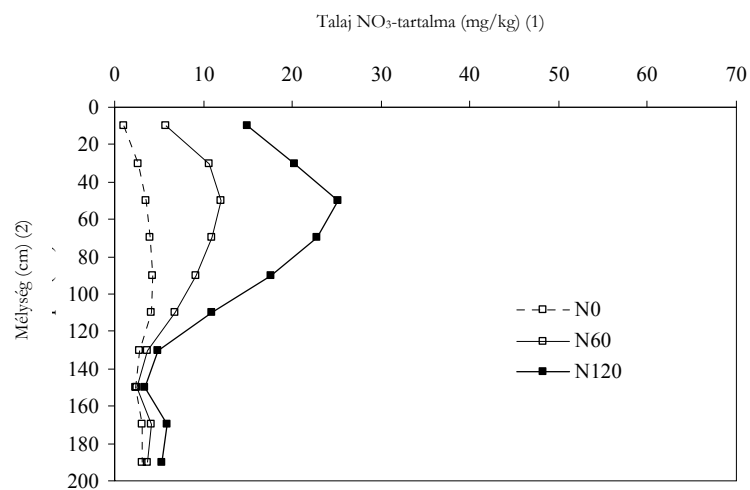


3. ábra. A kukorica termésátlaga csapadékos években

A műtrágyázás hatásának értékelése varianciaanalízissel

A tenyészidőszakban lehulló csapadék a nitrogénformák kimosódását és a nitrogén hatóanyag hasznosulását nagymértékben meghatározza. A kiadott N műtrágya hatóanyagtartalmának egyrésze jelenik meg a termésben, míg a maradék kimosódik, a denitrifikálódik vagy egyéb módon alakul át (Kavlen et al. 1998, Díez et al. 2008). A nagy mennyiségű csapadék és a magas dózisú nitrogénműtrágya kijuttatás miatt – bizonyos területeken – számottevő nitrátszennyezés figyelhető meg a talajvízben (Ordobez et al. 1990, Ramos és Varela, 1990). Ezek a jelenségek komoly problémákat okoztak az utóbbi években. A műtrágyázás termésre gyakorolt hatásának értékelése előtt megvizsgáltuk a kísérleti terület eltérő tápanyagellátottságú parcelláinak vetés előtti 0–200 cm-es szelvényének nitrát-N mennyiségét 1990–2008 között.

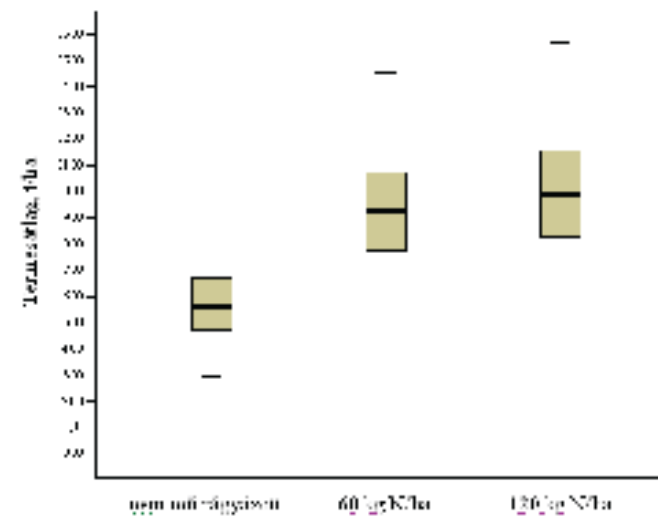
Műtrágyázás nélkül a talaj vizsgált rétegeiben talált nitrát-N mennyisége igen csekély volt, mindössze 2–7 mg-ot ért el. A szelvényen belüli eloszlás egyenletes volt, a feltalajtól a mélyebb rétegek irányába kismértékű emelkedést tapasztaltunk. A vizsgálat időszakában a nitrát-N mennyisége, szelvényen belüli eloszlása nem különbözött. A trágyázott parcellákon a trágyázás mértékétől és az évektől függően a szelvény teljes mélységében eltérések alakultak ki. Ősszel, a betakarítást követően kijuttatott műtrágyában található nitrogén a mérés időpontjában a talaj felső rétegében kumulálódott. A felhalmozódási zóna mind a 60 kg N ha⁻¹ mind a 120 kg N ha⁻¹ műtrágyadózis esetén azonos mélységben helyezkedett el (4. ábra). A felhalmozódási zóna alatt jelentősen csökkent a talajszelvény nitrát-N tartalma, a talaj 100–130 cm-es rétegében a trágyázás mértékétől és az évektől függően 5–12 mg kg⁻¹-ot mértünk. 140–200 talajrétegben az egyes trágyakezelések nyomán kialakult nitrát-N tartalom szignifikánsan nem különbözött a trágyázatlan kontroll parcellák adatától.



4. ábra. A talaj nitrát-N készlete eltérő műtrágyázási kezelésekben a vetés előtti időszakban (Debrecen, 2008)

A nem műtrágyázott kezelések és a műtrágyázott kezelések (60 és 120 kg N/ha) között a kukoricatermés szempontjából minden évben (függetlenül attól, hogy csapadékos vagy száraz év volt-e az) megbízható különbség volt

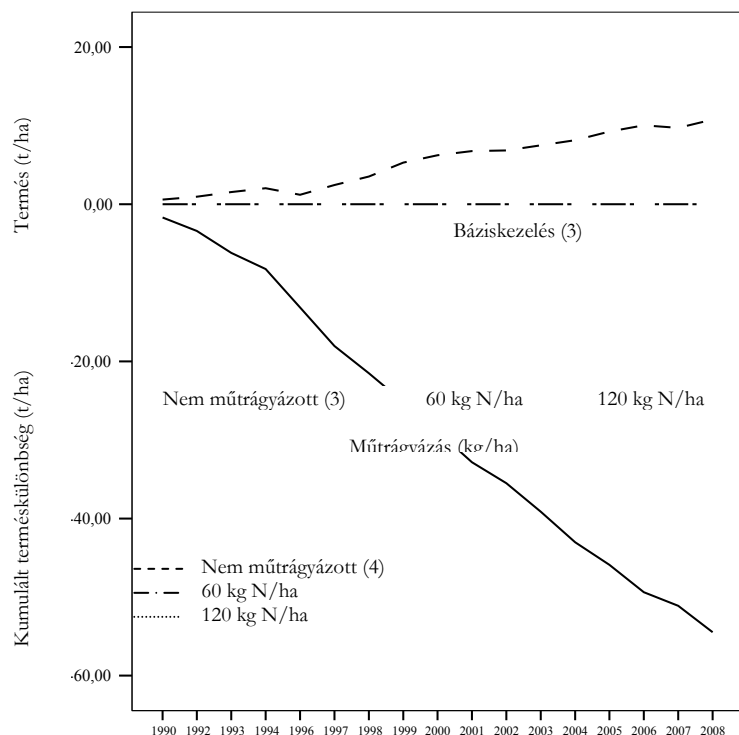
($p < 0,01$). A 120 kg N/ha kezelés – 60 kg N/ha kezeléshez viszonyítva – megbízhatóan nem növelte a kukorica termését (5. ábra).



5. ábra. A műtrágyázás hatása a kukorica termésére (Debrecen, 1990–2008)

A 60 és a 120 kg N/ha kezelés közötti különbség 4 évben (1997, 1999, 2000, 2005) 0,01%-os, 1 évben (2006) 1%-os és 4 évben (1996, 1998, 2003, 2008) 5%-os szinten volt szignifikáns, azonban 8 évben (1990, 1992, 1993, 1994, 2001, 2002, 2004, 2007) a különbség nem volt megbízható.

A kísérletben mért termésreakció évenkénti részletességű adatainak felhasználásával a 6. ábrán mutatjuk a műtrágyakezelések kumulatív hatását a kukorica szemtermésére. Báziskezelésnek a 60 kg N/ha, 46 kg P₂O₅/ha, 54 kg K₂O/ha választottuk és a különböző kezelések a kumulált terméskülönbséget mutatják a báziskezeléshez viszonyítva. A trágyázás nélküli kontroll évről évre nagyobb termésnövekedést okoz, ez a 17. évben a báziskezeléshez viszonyítva 54,5 t/ha. Két szakaszt lehet elkülöníteni a kumulált terméskülönbségek időbeni dinamikájában. A kísérlet első 5 évében a 120 kg N/ha, 90 kg P₂O₅/ha, 106 kg K₂O/ha kezelés a kumulált termésre alig volt hatása. Ezt követően a termés évről-évre nőtt, a kísérlet 17. évében a báziskezeléshez viszonyított terméskülönbség 10,8 t/ha volt.



6. ábra. A különböző kezelések kumulált terméskülönbsége a báziskezeléshez viszonyítva (Debrecen, 1990–2008)

A műtrágyázás és a csapadék hatása a kukorica termésére

Többszemponos varianciaelemzés a termésre

A varianciaanalízis összevont értékelésében egyszerre vizsgáltuk a két független változó (1: műtrágyázás, 2: csapadék) termésre gyakorolt hatását. A szignifikanciaszintek alapján mind a két faktornak szignifikáns volt a hatása a termésre ($p < 0,001$), illetve a két faktor interakciója is szignifikánsnak bizonyult ($p < 0,05$). A műtrágyázás a termés szórásának közel kétszer akkora részét magyarázza, mint a csapadék, vagyis az N-P-K műtrágyakezelésnek a kukoricatermesre gyakorolt hatása sokkal jelentősebb, mint a csapadéké (1. táblázat).

1. táblázat. A műtrágyázás és a csapadék hatásának varianciaanalízise (összevont) az évek figyelembevételével, termés t/ha (Debrecen, 1990–2008)

Tényezők	MS	DF	F-érték	Sig.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Műtrágyázás (6)	706,9	2	237,7	0,000
Csapadék (7)	363,8	1	122,3	0,000
Műtrágyázás×Csapadék (8)	11,7	2	3,9	0,049
Hiba (9)	3,0	486		

R squared = 0,568 (Adjusted R Squared = 0,523)

Az R^2 mutató értéke alapján a független változók 56,8%-ot magyaráznak a függő változó varianciájából.

A műtrágyakezelések hatása száraz és csapadékos években

Száraz években a műtrágya-kezeléseknek a függő változóra gyakorolt hatását az egyszempontos ANOVA nemparaméteres megfelelőjével elemeztük (Kruskal-Wallis), és megállapítottuk, hogy a hatás szignifikáns volt ($p < 0,01$). A nem műtrágyázott és a műtrágyázott (60 és 120 kg N/ha) kezelések szignifikánsan eltérnek egymástól: a 60 kg N/ha műtrágyaszint mellett 2,82 t/ha-ral magasabb termésátlagot kaptunk, mint nem műtrágyázott esetben, 120 kg nitrogént kijuttatva pedig 3,25 t/ha-ral kaptunk ($p < 0,001$) nagyobb termést, mint amikor nem volt műtrágyázás. A mediánok összehasonlítását végző Mann-Whitney próba szerint a 60 kg N/ha és 120 kg N/ha kezelések között nincs szignifikáns eltérés.

Csapadékos években varianciaanalízissel igazoltuk, hogy a különböző műtrágyakezelések más-más módon hatnak a kukoricatermesre ($p < 0,01$). A műtrágya hasznosulása 60 kg N/ha kezelésnél 3,69 t/ha-al, a 120 kg N/ha kezelésnél 4,46 t/ha-ral volt szignifikánsan jobb, mint a nem műtrágyázott

esetben ($p < 0,001$). A 60 és 120 kg N/ha között statisztikailag nem tudtuk igazolni az eltérést.

A csapadék hatása eltérő műtrágyakezelésekben

Műtrágyakezelésként megvizsgálva a termés normalitását megállapítottuk, hogy a két műtrágyaszinten a változó normális eloszlású. Ezeknél a kezeléseknél a csapadék hatását a termésre varianciaanalízissel végeztük el, míg nem műtrágyázott esetben nemparaméteres próbát alkalmaztunk.

Nem műtrágyázott esetben és a két különböző N-P-K hatás esetén is szignifikánsan befolyásolta a csapadékmennyiség a termést ($p < 0,001$), és csapadékosabb években szignifikánsan magasabb termésértéket kaptunk. Nem műtrágyázott esetben csapadékos években 1,50 t/ha-ral, 60 kg N/ha műtrágyakezelés esetén 2,36 t/ha-ral és 120 kg N/ha műtrágyakezelés esetén 2,70 t/ha-ral kaptunk magasabb termésátlagot, mint szárazabb években.

A csapadékos években a műtrágyázás termésnövelő hatása nagyobb, mint a száraz években, nem műtrágyázott és a 60 kg N/ha dózis esetén 0,86 t/ha, valamint a nem műtrágyázott és a 120 kg N/ha esetén 1,21 t/ha volt.

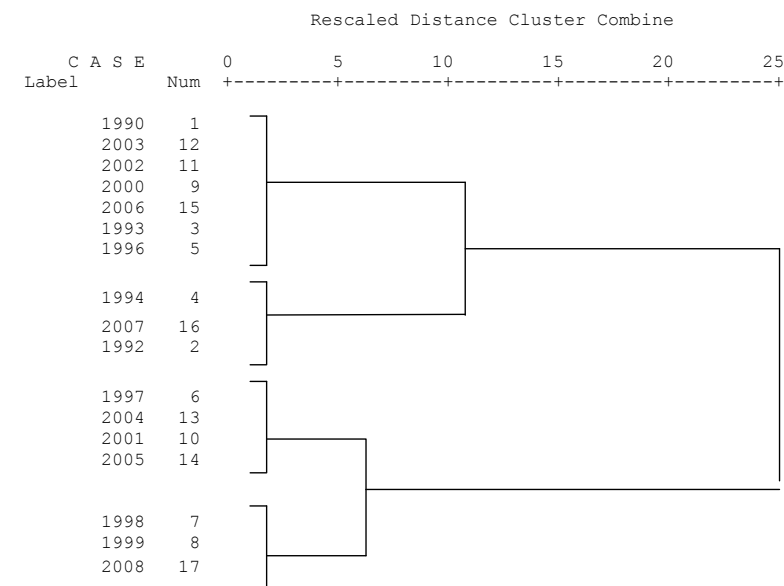
A termésátlag szerint az éveket összevonáson alapuló hierarchikus klaszteranalízissel négy csoportba soroltuk. A vizsgált 17 évből nagyon rossz termés 3 évben volt, 7 évben rossz, 4 évben jó és 3 évben nagyon jó termést kaptunk (7. ábra).

A **nagyon rossz** terméssel jellemzett három év (1992, 1994, 2007) mindegyike száraz év volt. A termés tekintetében csak a kontrollhoz képest volt szignifikáns eltérés a műtrágyadózisok között.

Rossz termést hét évben kaptunk, amelyek között öt száraz év (1990, 1993, 2000, 2002, 2003) volt. Ebből négy évben csak a kontrollhoz képest volt a műtrágyakezelések között különbség, egy év esetén a két műtrágyadózis termésre gyakorolt hatása is szignifikáns különbséget mutatott. Két év csapadékos volt (1996, 2006), ahol mind a három műtrágyakezelés között statisztikailag igazolt különbséget kaptunk.

***** H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *****

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



7. ábra. Összevonáson alapuló hierarchikus klaszteranalízis a kukorica termésátlaga alapján (Debrecen, 1990–2008)

Jó termés négy évben volt, egy év volt száraz (1997), ahol mindhárom műtrágyakezelés között az eltérés szignifikáns. Három év csapadékos (2001, 2004, 2005) ebből két évben nem volt a 60 és a 120 kg N/ha kezelés között eltérés, egy évben mindhárom kezelés között az eltérés szignifikáns volt.

Nagyon jó termés: három évben volt, amely csapadékos volt (1998, 1999, 2008) és mind a három kezelés között szignifikáns eltérés mutatkozott.

A statisztikai vizsgálatok bizonyították, hogy a kijuttatott műtrágya tápanyag-hasznosulását a csapadék ellátottság meghatározza. Száraz években csak kisebb műtrágyaadagok (60 kg N/ha) hasznosultak. A nagyobb dózisok

nem indokoltak. Csapadékos években a nagyobb (120 kg N/ha) dózisok megbízhatóan nagyobb termést, nagyobb tápanyag-hasznosulást eredményeztek.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (OM-00210/2008), TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0007 és a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024. támogatásával végeztük.

IRODALOM

- Aguilar, M., Borjas, F., Espinosa, M. (2007): Agronomic response of maize to limited levels of water under furrow irrigation in southern Spain. *Spanish J. of Agric. Res.*, **5**, (4): 587–592.
- Barrov, E.M., Hulme, M., Semenov, M.A., Brooks, R.J. (2000): Climate change scenarios. [In: Downing, T.E., Harrison, P.A., Butterfield, R.E., Lonsdale, K.G. (eds) *Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe.*] European Commission, Brussels.
- Berényi, D. (1956): A cukorrépa termésátlaga és az időjárási elemek közötti összefüggés. *Acta Univ. Debr. L. Kossuth Nyomda*, **3**, 229–249.
- Claassen, M.M., Shaw, R.H. (1970): Water deficit effects on corn. II. Grain components. *Agron. J.*, Madison, **62**, 652–655.
- Davidson, H. R., Campbell, C. A. (1983): The effect of temperature, moisture and nitrogen on the rate of development of spring wheat as measured by degree days. *Can. J. Plant Sci.*, **63**, 833–846.
- Delphin, J-E. (2000): Estimation of nitrogen mineralization in the field from an incubation test and from soil analysis. *Agron. Sustain. Dev.*, **20**, 349–361.
- Díez-López J.A., Hernaiz-Algarra, P., Arauzo-Sánchez, M., Carrasco-Martín, I. (2008): Effect of a nitrification inhibitor (DMPP) on nitrate leaching and maize yield during two growing seasons. *Spanish J. of Agric. Res.*, **6**, (2): 294–303.
- Dobos A, Víg R, Pongrácz Z. (2008): Evaluation of the soil examination results of Békés and Hajdúság crop lands. *Cereal Res. Commun.*, **38**, 1875–1878. (2008)
- Gallagher, J. N. (1979): Field studies of cereal leaf growth: I. Initiation and expansion in relation to temperature and ontogeny. *J. Exp. Bot.*, **30**, 625–636.
- Hansen, E.M., Djurhuus, J. (1996): Nitrate leaching as affected by long-term N fertilization on a coarse sand. *Soil Use and Management*, **12**, 221–228.
- Ichir, L.L., Ismaili, M., Hofman, G. (2003): Recovery of 15N labeled wheat residue and residual effect of N fertilization in a wheat-wheat cropping system under Mediterranean conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **66**, 201–207.
- Kavlen, D.L. – Kramer, L.A. – Logsdon, S.D. (1998): Field-scale nitrogen balances associated with long-term continuous corn production. *Agronomy Journal*. **90**, 644–650.
- Kiesselbach, T. A. (1950): Progressive development and seasonal variation of corn crop. *University of Nebraska Bulletin*. p. 166.
- Körschens, M. (2006): The importance of long-term experiments for soil science and environmental research – a review. *Plant Soil Environ.*, **52**, (Special Issue) 1–8.
- Láng, G. (1976): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Lauer J. (2003): What happens within the corn plant drought occurs. University of Wisconsin Extension. Available from <http://www.uwex.edu/ces/ag/issues/drought2003/corneffect.html>
- Marton L.C., Árendás, T., Bónis, P., Nagy, E., Lap, D.Q., Berzsenyi, Z. (2007): Drying down after physiological maturity. *Maydica*, **52**, 319–324.
- Márton, L. (2002): Az évhatás elemzése az északkelet-magyarországi, nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérletben. A természetes csapadék és a tápanyagellátottság hatása a burgonya (*Solanum tuberosum* L.) termésére. *Növénytermelés*, **51**, (1) 71–87.

- Mckenney, M.S., Rosenberg, N.J. (1993): Sensitivity of some potential evapotranspiration estimation methods to climate change. *Agric. For. Meteorol.*, **64**, 81–110.
- Nagy, J. (2008): Maize production. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 391.
- Nakamura, K., Harter, T., Hirono, Y., Hirono, H., Mitsuno, T. (2004): Assessment of root zone nitrogen leaching as affected by irrigation and nutrient management practices. *Vadose Zone J.*, **3**, 1353–1366.
- Nield, R. E., Seeley, M. W. (1977): Growing degree days predictions for corn and sorghum development and some applications to crop production in Nebraska. Nebr. Agric. Exp. Stn. Res. Bull. 280. Lincoln, Ne.
- Ordofiez, R., Giraldez, J.V., Gonziez, P., (1990): Nitrogen use on irrigated farms in the Guadalquivir Valley: approach to a rational design after soil column leaching experiments. [In: R. Calvet (editor), Nitrate-Agriculture-Eau. Proc.]. International Symposium, Paris, 437–443.
- Penman, H.L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. Lond.*, 193, 120–145.
- Quattar, S., Jones, R. J., Crookston, R. K., Kajelou, M. (1987a): Effects of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. *Crop Science*, **27**, 730–735.
- Ramos, C., Varela, M., 1990. Nitrate leaching in two irrigated fields in the region of Valencia (Spain). [In: R. Calvet (editor), Nitrate-Agriculture-Em. Proc.] International Symposium, Paris, 335–345.
- Shaw, R.H. (1977): Climatic requirement. In: Corn and corn improvement (ed. Sprague, G.F.), Amer.Soc.Agron.Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, 774.
- Smith, W.C., Betrán, J., Runge, E.C.A. (eds) (2004): Corn. Origin, History, Technology, and Production. Hoboken, NJ: John Wiley, p. 949.
- Szász G. (1977): Formulae of Calculating Evapotranspiration and their Application in the Practice of Hungary. I.C.I.D., Internat round Table conf. On „Evapotranspiration”. Question 3, 1–13.
- Széll, E., Szél, S., Kálmán, L. (2005): New maize hybrids from Szeged and their specific production technology. *Acta Agron. Hung.*, **53**, (2): 143–152.
- Thornthwaite, C.W. (1948): An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Rev.*, 38, 5–94.
- Ványiné Széles A (2010): Evaluation of the level of N supply in maize hybrids at different nutritional levels. *Acta Agron. Hung.*, **58**, 89–94.
- Ványiné Széles A., Megyes A., Nagy J. (2012a): Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management*, **107**, 133–144.
- Ványiné Széles A., Nagy J. (2012): Effect of nutrition and water supply on the yield and grain protein content of maize hybrids. *Australian Journal of Crop Science*, **6**, 3: 381–290.
- Ványiné Széles A., Tóth B., Nagy J. (2012b): Effect of nitrogen doses on the chlorophyll concentration, yield and protein content of different genotype maize hybrids in Hungary. *African Journal of Agricultural Research*, **7**, 16: 2546–2552.
- Westgate, M.E., Boyer, J.S. (1986): Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. *Crop Science*, **26**, 951–956.
- Westgate, M.E., Grant, D.L.T. (1989): Water deficits and reproduction in maize responses of the reproductive tissues to water deficits at anthesis and mid-gain fill. *Plant Physiol*, **91**, 862–867.

A tanulmány angol nyelven megjelent az Időjárás 116.1. 39–52. oldalán

A TÁPANYAGELLÁTÁS SZEREPE A SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYTERMESZTÉSBEN

Dr. Pepó Péter
egyetemi tanár, DSc
Debreceni Egyetem AGTC MÉK
Növénytudományi Intézet

A szántóföldi növénytermesztés termesztéstechnológiájának tudományos megalapozottsága rendkívül sokat változott, fejlődött az elmúlt évtizedek, sőt az elmúlt évszázadok során. Ebben a folyamatban kitüntetett helyet foglaltak el, ill. foglalnak el azok a tudományos kutatások, amelyek a kemikáliák szakszerű alkalmazásához, használatához kapcsolódnak. Az agrokémiai ismeretek alapvető fontosságúak tehát a szintetizáló növénytermesztéstan diszciplínájában. Az agrokémia tárgya – többek között – a növényi tápanyagok, a tápanyagok felvétele és növényekre gyakorolt mennyiségi és minőségi hatása, a növényi tápanyagellátás elméleti és részben gyakorlati kérdései, a növényvédőszer ismeretek, azok hatásmechanizmusa – ezek mind olyan tudományos ismeretek, melyek nélkül okszerű és szakszerű növénytermesztés nem valósítható meg.

A Debreceni Egyetemen és annak korábbi jogelődjében, a Debreceni Agrártudományi Egyetemen évtizedek óta tradicionális kutatási együttműködés alakult ki az agrokémia és növénytermesztéstan diszciplína területek között, elsősorban a szántóföldi növények tápanyagellátásával kapcsolatos sokoldalú, interdiszciplináris kutatások területén. Ennek az együttműködésnek az alapját az agrokémia diszciplína által művelt tenyészedény kísérletek, ill. a növénytermesztési szántóföldi kísérletek jelentették. A közös munkát különösen jól promotálták azok a nagy tudományos projektek (TCP-7, G-9), amelyekben az agrokémia és növénytermesztés tudományterületek művelői közös kutatásokat végeztek. Ezekben a közel fél évszázada kezdődött kuta-

tásokban az agrokémia diszciplína területéről kiemelkedő fontosságú és eredményességű volt Dr. Loch Jakab professzor úr munkássága. A növénytermesztés részéről feltétlenül kiemelést érdemel Dr. Bocz Ernő és Dr. Ruzsányi László professzor urak munkássága.

Dr. Loch Jakab professzor úr az elmúlt évtizedek során hazai és nemzetközi elismertségű debreceni agrokémiai tudományos iskolát teremtett meg. Nevéhez fűződik a növények tápanyagellátásával kapcsolatos számos új tudományos eredmény. Nevéhez fűződik a több kiadásban megjelent Agrokémia tankönyv. Nevéhez fűződik az a szakmai-közéleti, oktatási és tudományos szervező sokoldalú tevékenység, amelynek egyik kiemelkedő periódusát a rektori tisztség jelentette. Végül, de nem utolsó sorban nevéhez fűződik az a sok-sok agrármérnök generáció oktatása és a szó legnemesebb értelmében történő nevelése, melyek az elmúlt évtizedekben egyetemünk, az „alma mater” falai közül kerültek ki és töltenek be azóta vezető pozíciókat a tudományos kutatás, a felsőoktatás, a szakigazgatás, a gyakorlati élet megszámíthatatlanul sok-sok területén. Dr. Loch Jakab professzor úr munkássága teljes, de korántsem lezárt. Ez egyrészt azt jelenti, hogy ma is aktívan tevékenykedik és segíti az intézete, a doktori iskolája, a kara oktatását és kutatását, másrészt pedig azt, hogy munkásságának olyan kitűnő folytatói vannak az agrokémia-talajtan részéről mint Dr. Kátai János professzor, a növénytermesztés részéről mint Dr. Sárvári Mihály professzor.

Mind az agrokémia, mind a növénytermesztési kutatások szempontjából kitüntetett jelentőségűek azok a tartamkísérletek, amelyek a különböző szántóföldi növényfajok tápanyagellátásának a vizsgálatát szolgálják interdiszciplináris megközelítéssel. Ezek a tartamkísérletek lehetőséget nyújtanak arra, hogy egzakt tudományos eredményeket kapjunk a trágyázás talaj tápanyagkészletére gyakorolt térbeli és időbeli hatásairól, a trágyázás növényállományok fejlődésében, termésképződésében, termésminőségében bekövetkezett változásokról. Ilyen tartamkísérleti eredmények rövid bemutatásával szeretnék tisztelni Dr. Loch Jakab professzor úr 80 éves születésnapja alkalmából az eredményes, a hazai és nemzetközi szinten elismert munkássága előtt.

Bevezetés, irodalmi áttekintés

A búzatermesztésben a termés nagyságát és a különböző agronómiai tulajdonságokat az ökológiai (időjárás, talaj), a biológiai (genotípus) és az agrotechnikai (vetésváltás, tápanyagellátás, vízellátás, növényvédelem) tényezők együttesen határozzák meg. E tényezők közül különösen fontosak az abiotikus (időjárás, víz- és tápanyagellátás), valamint a biotikus (betegségek, állati kártevők, gyomok) stressz hatások. Az agrotechnikai elemek közül kiemelkedően fontos szerepet játszik az optimális tápanyag- és vízellátás (Bocz 1976, Loch és Nosticzius 1992, Jolánkai 1982, Pepó 2002a, Fowler 2003, Pepó 2007), valamint a vetésváltás. A megfelelő vetésváltással egyrészt fenntarthatjuk a talaj termékenységet, másrészt növelhetjük a búza számára rendelkezésre álló, felvehető tápanyagok mennyiségét (Kraljevic 2007). A kukorica meghatározó jelentőségű gabonanövény mind a világon, mind Magyarországon. Az agrotechnikai tényezők közül a trágyázás, a biológiai alapok, a növényvédelem, a tőszám, az öntözés meghatározó szerepet játszik a kukorica terméseredményének kialakításában (Gyórfy 1976, Nagy 1996, Sárvári és Szabó 1998). Az időjárási tényezők kedvezőtlen hatása, mint abiotikus stresszhatás jelentkezik a kukorica vegetatív és generatív fejlődési szakaszaiban, ezáltal jelentősen csökkentve a termésmennyiséget (Ruzsányi 1990, Pepó et al. 2005, Hoffmann et al. 2007, Plavsic et al. 2007). A kukorica harmonikus NPK ellátást igényel, a makroelemek közül azonban meghatározó jelentőségű a nitrogén szerepe (Loch és Nosticzius 1992, Berzsényi 1993, Kovačević et al. 2006). Száraz évjáratokban döntő jelentőségű az öntözés a kukorica megfelelő termésszintjének biztosításában (Ruzsányi 1990, Pepó et al. 2008).

Anyag és módszer

A tartamkísérlet 1983-ban került beállításra a Hajdúságban (Kelet-Magyarország) csernozjom talajon. A kísérleti terület talaja középötött ($A_k=40$), közel semleges kémhatású ($pH_{KCl}=6,46$), A csernozjom talaj humusztartalma 2,8 %, a humuszréteg vastagsága átlagosan 80 cm. A talaj AL-oldható P_2O_5 tartalma közepes (130 mg kg^{-1}), az AL-oldható K_2O tartalma jó (240 mg kg^{-1}).

Búza:

- vetésváltás: bikultúra (kukorica-búza), trikultúra (borsó-búza-kukorica)
- trágyázás: kontroll, N = 50 kg ha⁻¹ P₂O₅ = 35 kg ha⁻¹, K₂O = 40 kg ha⁻¹, ill. ezek 2, 3, 4-szeres adagja
- öntözés: nem öntözött és öntözött kezelés (2007. év = 100 mm; 2008. év = 0 mm).

Kukorica:

- vetésváltás: monokultúra (kukorica), bikultúra (búza-kukorica), trikultúra (borsó-búza-kukorica)
- trágyakezelések: kontroll, alap dózis N= 60 kg ha⁻¹, P₂O₅=45 kg ha⁻¹, K₂O= 45 kg ha⁻¹, valamint az alap dózis kétszerese, háromszorosa és négyszerese
- öntözés: nem öntözött és öntözött kezelések.

A 2007. vegetációs periódusban 4x50 mm (200 mm) öntöző vizet juttattunk ki május eleje és június vége között a vízhiánynak megfelelően. A kedvező időjárás miatt 2008. évben nem kellett öntözést alkalmazni.

A két ellentétes időjárású évjárat kiválasztásával a tápanyag- és vízellátás interaktív hatása jól bemutatható a két legjelentősebb termesztett gabonafajunk (búza, kukorica) esetében.

Eredmények és következtetések

A csernozjom talajon végzett tartamkísérletben két eltérő időjárású évjáratban (2007. év = aszályos, száraz; 2008. év = kedvező vízellátás) vizsgáltuk az agrotechnikai tényezők (vetésváltás, trágyázás, öntözés) hatását az őszi búza agronómiai tulajdonságaira (levél- és kalászbetegségek, megdőlés), valamint a termésére. A két évjáratban az abiotikus stresszhatást a jelentősen eltérő időjárási feltételek jelentették, de a tartamkísérlet miatt szintén abiotikus stresszhatásként jelentkezett a tápanyaghiány (kontroll kezelés) és a tápanyagbőség. A kísérletben fellépő különböző levél- és kalászbetegségek pedig a biotikus tényezők által okozott stresszhatásokat jelentették. Így tartamkísérletünkben az abiotikus és biotikus stresszfaktorok interaktív hatásait tudtuk vizsgálni adott termőhelyi feltételek mellett.

Az évjáratot, mint abiotikus stresszhatást vizsgáltuk őszi búzánál csernozjom talajon, tartamkísérletben 2007. és 2008. években. Kísérleti eredményeink (1. táblázat) azt bizonyították, hogy száraz évjáratban (2007. év) a levél- és kalászbetegségek, valamint a megdőlés kisebb mértékben fordult elő az őszi búza állományokban, mint az optimális vízellátottságú évjáratban (2008. év). A levél- és kalászbetegségek mértékét döntően a trágyázás, kisebb mértékben pedig a vetésváltás és az öntözés befolyásolta adott évjáraton belül. A megdőlésre a vetésváltásnak és trágyázásnak volt szignifikáns hatása.

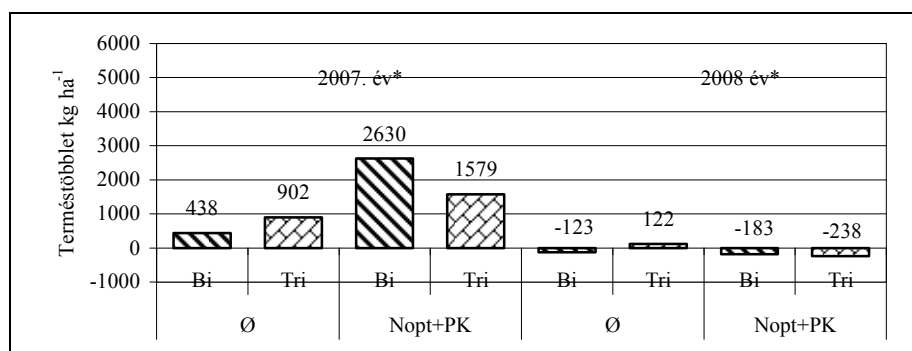
1. táblázat Az évjárat és agrotechnikai tényezők hatása az őszi búza termésére (kg ha⁻¹) (Debrecen, 2007-2008, csernozjom talaj)

Kezelés	2007		2008	
	nem öntözött	öntözött*	nem öntözött	öntözött*
BIKULTÚRA				
Ø	1892	2330	3015	2892
N ₅₀ +PK	3420	4002	5043	4870
N ₁₀₀ +PK	5048	5932	6260	6517
N ₁₅₀ +PK	5590	6926	7065	6882
N ₂₀₀ +PK	5205	7835	6772	6585
TRIKULTÚRA				
Ø	4426	5328	7228	7350
N ₅₀ +PK	6273	7012	8112	7874
N ₁₀₀ +PK	6913	8492	6346	6108
N ₁₅₀ +PK	7279	8016	6036	6242
N ₂₀₀ +PK	6842	7582	5440	5149
SzD _{5%}	872			

* Megjegyzés: 2007. évben 2 x 50 mm = 100 mm öntözés
2008. évben 0 mm öntözés

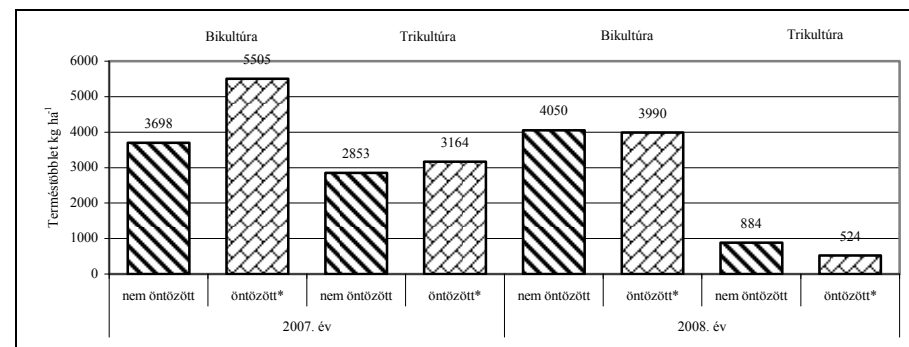
Aszályos évjáratban (2007. év) a nem öntözött feltételek mellett az őszi búza maximális termése bikultúrában 5590 kg ha⁻¹, trikultúrában 7279 kg ha⁻¹ volt, míg kedvező vízellátású évjáratban (2008. év) a termésmaximumok 900-1500 kg ha⁻¹-ral voltak nagyobbak (bikultúrában 7065 kg ha⁻¹, trikultúrában 8112 kg ha⁻¹).

Aszályos évjáratban az öntözés maximális terméstöbblete 2630 kg ha⁻¹ (bikultúra) és 1579 kg ha⁻¹ (trikultúra) volt (1. ábra). Az öntözés terméstöbblete csak megfelelő tápanyagellátás mellett érvényesült (víz- és tápanyagellátás interaktív hatása). A trágyázás hatására (2. ábra) aszályos évjáratban 2853-3698 kg ha⁻¹ (nem öntözött) és 3164-5505 kg ha⁻¹ (öntözött), míg kedvező vízellátottságú évjáratban 884-4050 kg ha⁻¹ (korábbi években nem öntözött) és 524-3990 kg ha⁻¹ (korábbi években öntözött) terméstöbbletet kaptunk. A trágyázás termésnövelő hatása bikultúrában (3600-5500 kg ha⁻¹) lényegesen nagyobb volt, mint trikultúrában (500-3200 kg ha⁻¹) a vizsgált két évjáratban. Az évjárat és a vetésváltás befolyásolta az optimális NPK adagot. Száraz évjáratban (2007. év) bikultúrában az N₁₅₀₋₂₀₀+PK, trikultúrában az N₁₀₀₋₁₅₀+PK, kedvező vízellátottságú évjáratban pedig az N₁₅₀+PK (bikultúra) és az N₅₀+PK (trikultúra) trágyakezelés bizonyult optimálisnak.



* Megjegyzés: 2007. évben 2 x 50 mm = 100 mm öntözés
2008. évben 0 mm öntözés

1. ábra. Az öntözés hatása az őszi búza terméstöbbletére (Debrecen, 2007-2008.)



* Megjegyzés: 2007. évben 2 x 50 mm = 100 mm öntözés
2008. évben 0 mm öntözés

2. ábra. Az trágyázás hatása az őszi búza terméstöbbletére (Debrecen, 2007-2008)

Tartamkísérleteink azt bizonyították, hogy az agrotechnikai tényezők (öntözés, vetésváltás, trágyázás) optimális összehangolásával száraz, kedvezőtlen évjáratban (abiotikus stresszhatás) is hasonló termésszint realizálható (trikultúra, öntözött, N₁₀₀+PK kezelésben 8500 kg ha⁻¹), mint kedvező vízellátottságú évjáratban (trikultúra, nem öntözött, N₅₀+PK 8100 kg ha⁻¹). A kedvezőtlen évjárat, az abiotikus stressz negatív hatásai mérsékelhetők, kivédhetők, azonban ehhez rendkívül intenzív agrotechnika, nagy input ráfordítás szükséges.

A kukorica tenyészideje során hatalmas vegetatív és generatív tömegének képzéséhez igen nagy mennyiségű tápanyagot és vizet vesz fel. A kukorica tápanyag- és vízfelvételét számos ökológiai (időjárás, talaj), biológiai (hibrid) és agrotechnikai tényező (vetésváltás, talajművelés, trágyázás, tőszám, öntözés) befolyásolja. A kukorica nagy produkcióra képes, de az ökológiai stresszhatásokra kifejezetten érzékeny szántóföldi növény. Hajdúságban (Kelet-Magyarország), csernozjom talajon beállított tartamkísérletben két, igen jelentősen eltérő időjárású évjáratban (2007. és 2008. évek) vizsgáltuk a meteorológiai tényezők (abiotikus stresszfaktorok) és néhány fontos agrotechnikai elem (vetésváltás, trágyázás, öntözés) interaktív hatásait.

A kukorica termésmaximuma nem öntözött feltételek mellett 4316-7998 kg ha⁻¹ (száraz év) és 13 787-14 137 kg ha⁻¹ (kedvező év) között változott ve-

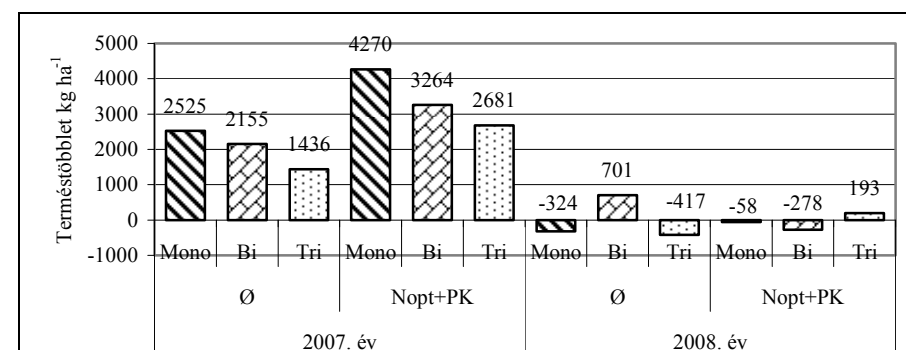
tésváltástól függően (2. táblázat). Öntözött feltételek között a maximális termés száraz évjáratban 8586-10 970 kg ha⁻¹, optimális vízellátottságú évjáratban 13 729-14 180 kg ha⁻¹ között változott. A vetésváltás terméseredményre gyakorolt hatása száraz évjáratban jelentős, míg kedvező vízellátottságú évjáratban mérsékelt volt. Nem öntözött feltételek között a monokultúrához viszonyított terméstöbblet bikultúrában 3390 kg ha⁻¹, trikultúrában 3682 kg ha⁻¹ volt száraz évjáratban (2007. év), míg kedvező évjáratban (2008. év) 350 kg ha⁻¹ (bikultúra) és 150 kg ha⁻¹ (trikultúra) terméskülönbséget lehetett megállapítani. Száraz évjáratban az öntözés hatására mérséklődtek a vetésváltási rendszerek termésmaximuma közötti különbségek.

2. táblázat: Az évjárat és agrotechnikai elemek hatása a kukorica terméseredményére

(Debrecen, 2007-2008, csernozjom talaj)

	Monokultúra		Bikultúra		Trikultúra	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Nem öntözött						
Ø	2685	9154	6258	11613	6716	11291
N ₆₀ +PK	3465	11057	7012	13740	7998	13323
N ₁₂₀ +PK	4316	13494	7706	14137	7062	13987
N ₁₈₀ +PK	2691	13787	7096	14003	6802	13351
N ₂₄₀ +PK	2487	13058	6829	13688	6630	13423
Öntözött						
Ø	5210	8830	8413	12314	8152	10874
N ₆₀ +PK	7105	10827	9735	13709	10358	13576
N ₁₂₀ +PK	8449	12964	10970	14152	10679	13857
N ₁₈₀ +PK	8586	13729	9965	13859	9880	14180
N ₂₄₀ +PK	8007	13372	9189	13600	9918	13245
SzD _{5%} (6)	825					

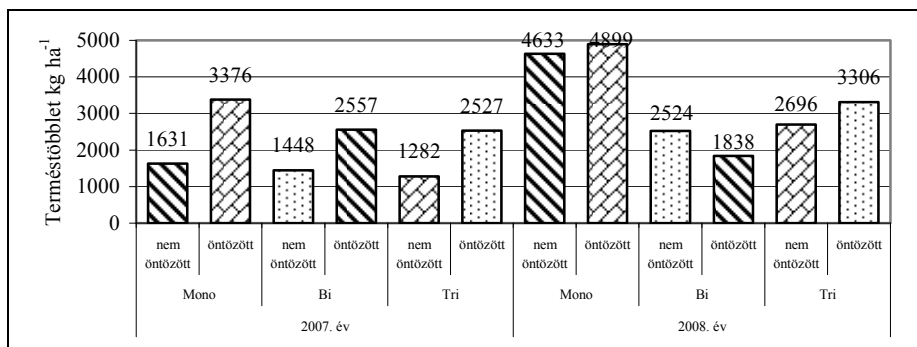
Aszályos évjáratban az öntözés maximális terméstöbblete 4270 kg ha⁻¹ (mono), 3264 kg ha⁻¹ (bi) és 2681 kg ha⁻¹ (tri) volt (3. ábra). A víz- és tápanyagellátás szoros kölcsönhatását lehetett kimutatni száraz évjáratban. A kukorica terméstöbblete lényegesen kisebb volt a kontroll kezelésben (1436-2525 kg ha⁻¹), mint az optimális NPK kezelésben (2681-4270 kg ha⁻¹).



3. ábra: Az öntözés hatása a kukorica terméstöbbletére (Debrecen, 2007-2008, csernozjom talaj)

A trágyázás termésnövelő hatását az évjárat alapvetően meghatározta, melyet a vetésváltás és öntözés módosított (4. ábra). Száraz évjáratban a kontrollhoz viszonyított terméstöbblet 1282-1631 kg ha⁻¹ (nem öntözött) és 2527-3376 kg ha⁻¹ (öntözött) volt. Kedvező évjáratban a legnagyobb trágyázási terméstöbbletet monokultúrában (4633-4899 kg ha⁻¹) kaptuk, de jelentősek voltak a bikultúrában (1838-2524 kg ha⁻¹) és trikultúrában elért terméstöbbletek (2696-3306 kg ha⁻¹) is.

Az évjárat, mint abiotikus stressz módosította a különböző vetésváltási rendszerekben termesztett kukorica trágya optimumát. Száraz évjáratban kisebb műtrágya adagok (N₁₂₀₋₁₈₀+PK [mono], N₁₈₀+PK [bi], N₆₀₋₁₈₀+PK [tri]) bizonyultak optimálisnak, mint kedvező vízellátottságú évben (N₁₈₀+PK ; N₁₈₀+PK ; N₁₂₀₋₁₈₀+PK). Rendkívül száraz évjáratban (2007. év) a kukorica termése a túlzott trágyaadagú kezeléseknél a kontroll termés szintje alá süllyedt, ami ugyancsak a víz- és tápanyagellátás szoros kölcsönhatását bizonyítja a kukorica esetében.



4. ábra: A trágyázás hatása a kukorica terméstöbbletére (Debrecen, 2007-2008)

Tartamkísérleteink eredményei azt bizonyították, hogy az időjárás okozta abiotikus stresszhatásokat megfelelő agrotechnikával mérsékelni, de teljesen megszüntetni nem lehetett. Száraz évjárásban (2007. év) optimális trágyázással és öntözéssel a kukorica termése 8586-10970 kg ha⁻¹, kedvező évjárásban (2008. év) pedig 13729-14180 kg ha⁻¹ között változott csernozjom talajon. az agrotechnikai tényezők optimális alkalmazása esetén az időjárási stressz okozta termésnövekedés 2-3 t ha⁻¹ volt csernozjom talajon.

Összefoglalás

Tartamkísérletben, Hajdúságban (Kelet-Magyarország), csernozjom talajon vizsgáltuk eltérő évjáratok (2007. év = száraz, 2008. év = kedvező vízellátottságú) és egyes agrotechnikai tényezők (vetésváltás, trágyázás, öntözés) kölcsönhatásait az őszi búza agronómiai tulajdonságaira és termésére. Aszályos évjárásban az őszi búza maximális termése bikultúrában 5590 kg ha⁻¹, trikultúrában 7279 kg ha⁻¹ (nem öntözött), ill. 7835 kg ha⁻¹ és 8492 kg ha⁻¹ (öntözött) volt. A kedvező vízellátottságú évjárásban a búza termésmaximuma bikultúrában 7065 kg ha⁻¹, trikultúrában 8112 kg ha⁻¹ (nem öntözött), ill. 6882 kg ha⁻¹ és 7874 kg ha⁻¹ (öntözött) volt. Aszályos évjárásban az öntözés maximális terméstöbblete 2630 kg ha⁻¹ (bikultúra) és 1579 kg ha⁻¹ (trikultúra) volt. Az öntözés termésmenvelő hatása csak megfelelő tápanyagellátás mellett érvényesült (a víz- és tápanyagellátás interaktív hatása). A trágyázás hatására aszályos évjárásban 2853-3698 kg ha⁻¹ (nem öntözött) és

3164-5505 kg ha⁻¹ (öntözött) terméstöbbletet kaptunk. Kedvező vízellátású évjárásban a trágyázás termésmenvelő hatását alapvetően meghatározta a vetésváltás (bikultúrában 3990-4050 kg ha⁻¹, trikultúrában 524-884 kg ha⁻¹ terméstöbblet). Az évjárát és vetésváltás befolyásolta az optimális NPK adagot. Száraz évjárásban bikultúrában az N₁₅₀₋₂₀₀+PK, trikultúrában az N₁₀₀₋₁₅₀+PK, kedvező vízellátottságú évjárásban pedig az N₁₅₀+PK (bikultúra) és az N₅₀+PK (trikultúra) trágyakezelés bizonyult optimálisnak.

Eltérő évjáratok és különböző agrotechnikai elemek interaktív hatásait vizsgáltuk tartamkísérletben, csernozjom talajon a Hajdúságban (Kelet-Magyarország) kukoricánál. Száraz évjárásban a kukorica maximális termése 4316-7998 kg ha⁻¹ (nem öntözött), ill. 8586-10970 kg ha⁻¹ (öntözött), kedvező évjárásban pedig 13787-14137 kg ha⁻¹ (nem öntözött), ill. 13729-14180 kg ha⁻¹ (öntözött) intervallumban változott vetésváltástól és trágyaadagtól függően. Száraz évjárásban a vetésváltás igen jelentős hatást gyakorolt a kukorica termésére, míg kedvező évjárásban ez a hatás mérsékelt volt (a monokultúrához viszonyított terméstöbblet bi- és trikultúrában 3390-3862 kg ha⁻¹, ill. 350-150 kg ha⁻¹).

Aszályos évjárásban az öntözés maximális terméstöbblete 4270 kg ha⁻¹ (mono), 3264 kg ha⁻¹ (bi) és 2681 kg ha⁻¹ (trikultúra) volt. A kontroll kezelésben az öntözés hatására lényegesen kisebb terméstöbbletet (2525 kg ha⁻¹, 2155 kg ha⁻¹ és 1436 kg ha⁻¹) kaptunk, ami a víz- és tápanyagellátás szoros kölcsönhatását bizonyította kukoricánál.

A trágyázás termésmenvelő hatását alapvetően az évjárát vízellátása határozta meg, melyet a vetésváltás és öntözés módosított. Száraz évjárásban a trágyázás terméstöbblete 1282-3376 kg ha⁻¹, kedvező évjárásban 1838-4899 kg ha⁻¹ között változott.

Irodalom

- Berzsenyi Z. (1993): Növényanalízis a kukoricatermesztési kutatásokban. Akadémiai doktori értekezés tézisei, Martonvásár.
- Bocz E. (1976): Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Fowler D.B. (2003): Crop nitrogen demand and grain protein concentration of spring and winter wheat. *Agronomy Journal*, 95. 2. 260-265.

Gyórfy B. (1976): A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. Agrártudományi Közlemények, 35. 239-266.

Hoffmann S., Debreczeni K., Hoffmann B., Berecz K. (2007): Grain yield of wheat and maize as affected by previous crop and seasonal impact. Cereal Research Communication, 35. 2. 469-472.

Jolánkai M. (1982): Őszi búzafajták tápanyag- és vízhasznosítása (Kandidátusi értekezés).

Kovačević, V., Rastija, M., Rastija, D., Josipović, M., Šeput, M. (2006): Response of Maize to Fertilization with KCl on Gleysol of Sava Valley Area. Cereal Research Communications, Vol 34 No 2-3 pp. 1129.

Kraljević D., Sumanovas L., Heffer G., Horvat Z. (2007): Effect of precrop on winter wheat yield. Cereal Research Communications, 35. 2. 665-668.

Loch J., Nosticzius Á. (1992): Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest. Az agrárfelsőoktatási intézményekben engedélyezett egységes tankönyv.

Nagy J. (1996): Effects of tillage, fertilization, plant density and irrigation on maize (*Zea mays* L.) yields. Acta Agronomica Hungarica 196, 2-3. 189-202.

Pepó P. (2002): Az őszi búza fajtaspecifikus tápanyagellátása csernozjom talajon. Ed: Pepó-Jolánkai: Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben. MTA, Budapest. 105-110.

Pepó P. (2007): The role of fertilization and genotype in sustainable winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production. Cereal Research Communications, 35. 2. 917-920.

Pepó P., Vad A., Berényi S. (2005): Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére monokultúrás termesztésben. Növénytermelés, 54. 4. 317-326.

Pepó P., Vad A., Berényi S. (2008): Effects of irrigation on yields of maize (*Zea mays* L.) in different crop rotation. Cereal Research Communication. 36. 3. 735-738.

Plavsic H., Josipovic M., Andric L., Jambrovic A. és Sostaric J. (2007): Influence of irrigation and fertilization on maize (*Zea mays* L.) properties. Cereal Research Communications, 35: 2. 933-936.

Ruzsányi L. (1990): A növények elővetemény-hatásának értékelése vízháztartási szempontból. Növénytermelés, 40. 1. 71-77.

Sárvári M., Szabó P. (1998): A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére. Növénytermelés, 47. 2. 213-221.

PARABOLIKUS HATÁSFÜGGVÉNY ÉRTELMEZÉSE

Tolner László¹ – Kiss Szendille² – Czinkota Imre¹

¹Szent István Egyetem, MKK, Talajtani és Agrokémiai Tanszék
2100 Gödöllő, Páter K. u. 1. E-mail: Tolner.Laszlo@mkk.szie.hu

²Debreceni Egyetem, AGTC, MÉK,
Agrokémiai és Talajtani Intézet

Összefoglalás

A növénytáplálás szakirodalmából jól ismert, hogy a növényeknél egyes tápelemek módosíthatják, segíthetik, vagy gátolhatják más tápelemek felvételét és hasznosulását. Tipikus példa erre a kálium, kalcium és magnézium egymásra gyakorolt hatása.

A jelenség alaposabb tanulmányozására és a kezelések hatásának kvantitatív leírására háromtényezős tenyészedény-kísérleteket végeztünk. A kísérlet beállítását Box és Wilson vegyipari célokra kidolgozott kísérlettervezési módszerét alkalmaztuk. Ennek megfelelően a kezelésszinteket kvadratikusan ortogonális faktortervnek megfelelően választottuk meg, ami lehetővé tette a paraméterek független becslését.

A kísérlet értékelése során 3 ismeretlenes teljes másodfokú polinomot kaptunk. Ebből Di Géria modellje alapján az optimális tápanyag-utánpótlás megtervezhető.

Bevezetés

A növénytáplálás szakirodalmából jól ismert, hogy a növényeknél egyes tápelemek módosíthatják, elősegíthetik, vagy gátolhatják más tápelemek felvételét és hasznosulását (Bergmann és Neubert, 1976). Tipikus példa erre a

kálium, kalcium és magnézium egymásra gyakorolt hatása (Loch, 2000) melyet általában és többnyire csak kvalitatív módon ítélnék meg.

A jelenség tanulmányozása, a mérhető paraméterek ok-okozati összefüggéseinek kvantitatív feltárása csak akkor lehetséges korrekt módon, ha a vizsgálandó tényezők hatását és kölcsönhatását egy kísérletben vizsgáljuk.

Megoldásként Box és Wilson (1951) kísérlettervezési módszere kínálkozik, akik eredetileg a vegyipari folyamatok vizsgálatára dolgozták ki az eljárást. Ennek az a lényege, hogy a tényezők – szigorúan meghatározott rend szerinti – együttes változtatásával lehetőség nyílik a paraméterek független becslésére, és egyben a kezeléskombinációk számának jelentős csökkentésére.

A módszer mezőgazdasági alkalmazhatóságát Biczók és munkatársai elemezték (Biczók & al., 1994). Mezőgazdasági kísérletek már ezt megelőzően is folytak (Loch & al., 1987a; Loch & al., 1987b).

Tenyészedényekben szálkásperje (Loch & al., 1993) angolperje (Vágó & al., 1996), őszi búza (Loch, 1990; Loch & al., 1992a; Loch & al., 1992b; Győri & al., 1996; Loch & al., 1996; Vágó & al., 2011), lucerna, cékla és zeller (Vágó, 1994) jelzőnövénnyel állítottak be kísérleteket. Ezekben különböző tápelemek (N, P, K, Mg, B) illetve toxikus elemek (Cr, Ni) hatását tanulmányozták egymással, illetve meszezéssel és vízellátással kombinálva (Vágó & al., 2008). A tenyészedény-kísérletek kedvező tapasztalatai alapján a módszer szabadföldi kísérletekben is eredményesen alkalmazták.

Az értelmezést és az értelmezés során felmerülő problémákat egy álmosdi talajon végzett kálium, kalcium és magnézium ellátás hatáskísérlet (Loch & al., 2005) eredményének elemzésén keresztül mutatjuk be.

Anyag és módszer

Box és Wilson (1951) agrárkutatói célokra adaptált kísérlettervezési módszere alapján savanyú, magnéziumszegény homoktalajon K-Ca-Mg tenyészedényes kísérletet állítottunk be.

1. táblázat A vizsgált talaj jellemzői

Termőhely	pH _{KCl}	K _A	Hu %	Mg-CaCl ₂ [mg/kg]
Álmosd	4,5	26	0,4	25

Jelzőnővényként szálkásperjét (*Lolium multiflorum* L.) használtunk. A kísérletet edényenként 2,5 kg légszáraz talajjal állítottuk be. A nitrogén, illetve foszfor ellátás valamennyi kezelésben egységes volt (250 mg N, 250 mg P/edény). A termett fűvet háromhetenként vágtuk, az egyes vágások után további 100 mg N-t adtunk az alapkezelés kiegészítésére.

A növényeket naponta öntöztük, a vízellátottságot a talaj maximális vízkapacitásának 75 %-ára egészítettük ki tömegmérés alapján. A kálium-, kalcium- és magnéziumkezeléseket a választott modellnek megfelelő másodrendű, ortogonális, teljes faktorterv szerint állítottuk be. A tervben minden változó öt szinten szerepelt:

$$K = 0 - 73 - 250 - 427 - 500 \text{ mg/kg,}$$

$$Ca = 0 - 176 - 600 - 1024 - 1200 \text{ mg/kg,}$$

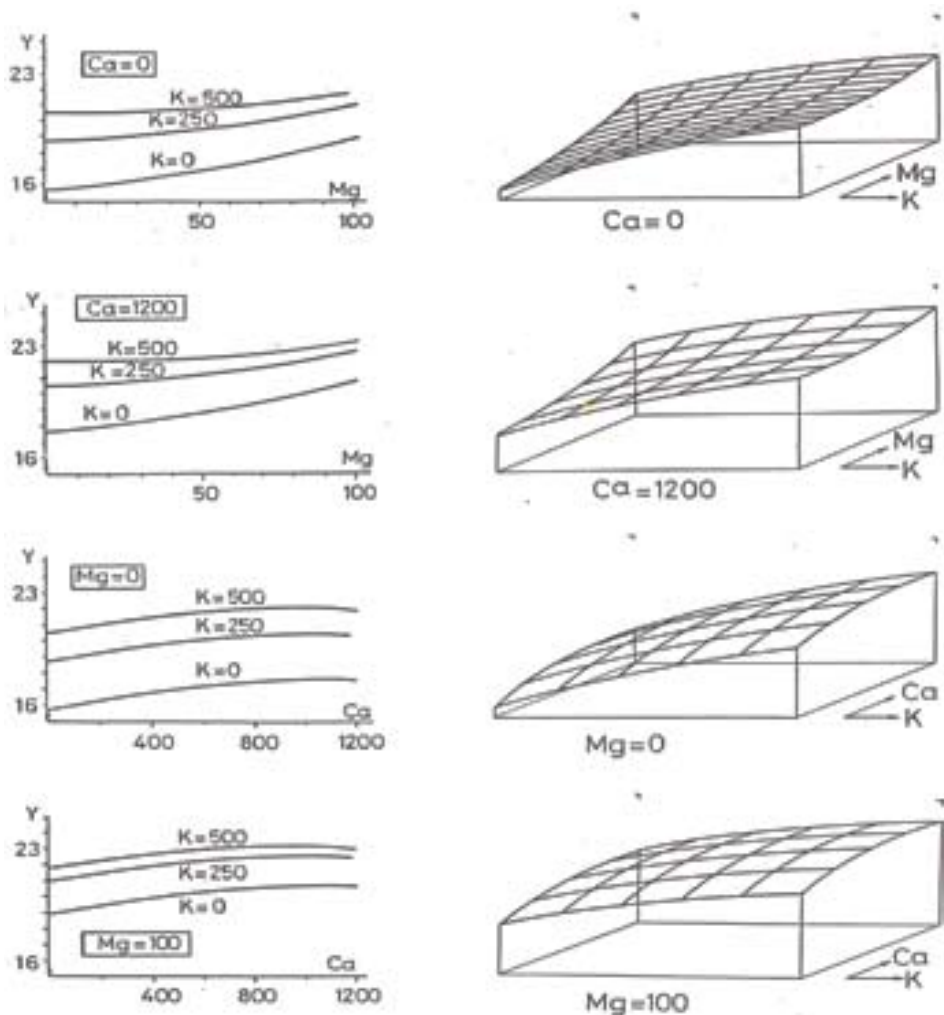
$$Mg = 0 - 15 - 50 - 85 - 100 \text{ mg/kg.}$$

Eredmények

A kísérlet értékelése során az összes fűhozam alakulását az alábbi egyenlet írják le a vizsgált tényezők normált alakjainak függvényében:

$$Y = 21,02 + 1,29 \cdot K + 0,59 \cdot Ca + 0,77 \cdot Mg + 0,06 \cdot Ca \cdot K - 0,24 \cdot Mg \cdot K - 0,02 \cdot Mg \cdot Ca - 0,31 \cdot K^2 - 0,30 \cdot Ca^2 + 0,14 \cdot Mg^2$$

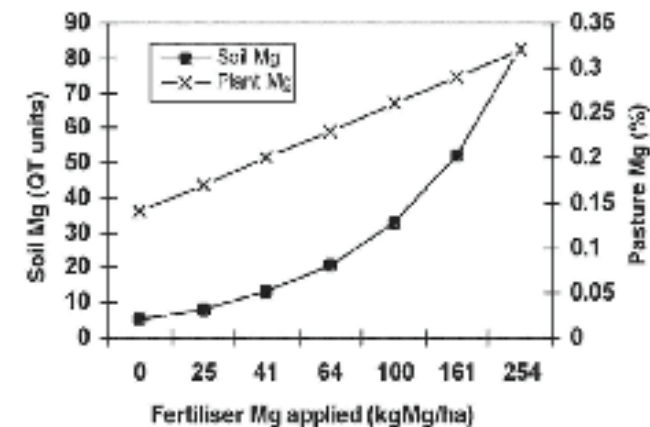
Az 1. ábrán a kezeléshatásokat görbeseregekkel síkban és a részfelületek térbeli megjelenítésével szemléltetjük.



1. ábra. A K-Ca-Mg ellátás hatása a fűhozamra, síkban és térben ábrázolva (Álmosd)

Mitscherlich (1909) és di Gléria (1959) modelljeiből egyaránt az következik, hogy a hatásfüggvények maximummal rendelkeznek és alulról konvex lefutásúak. Másodfokú polinomok esetén ennek szükséges feltétele, hogy az adott tényezőre vonatkozó másodfokú tag előjele negatív legyen. Ez a feltétel esetünkben a Mg tényezőre nem teljesül. Ez a következő okokkal magya-

rázható. Az egyik ok mérési hibából eredhet, a másik abból, hogy az adott tényező nem közvetlenül a kijuttatott adag arányában fejt ki a hatását. Erre mutat példát Edmades (2004) 2. ábra.

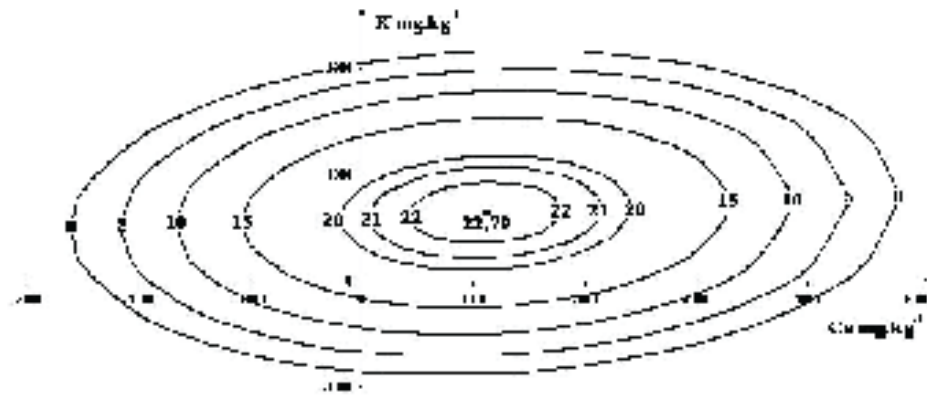


2. ábra. A műtrágya-Mg adag és a felvehető talaj-Mg összefüggése (Edmades (2004))

Az ábrán látható, hogy a felvehető Mg a műtrágyaadag függvényében növekvő meredekségű. Ez magyarázhatja azt, hogy a termés növekedése is hasonló tendenciájú. Ezért a Mg esetében a maximális termést adó műtrágyaadag ebből a kísérletből nem határozható meg. A másik két tényező (K, Ca) hatásának és kölcsönhatásának értékelését ezért konstans (Mg = 50 mg/kg) mellett értékeltük. Ezt az értékét az előbbi összefüggésbe behelyettesítve a változók eredeti értékeire vonatkoztatva a következő összefüggést kapjuk:

$$Y = 17,26 + 0,0118 \cdot K + 0,00319 \cdot Ca + 0,0000008 \cdot Ca \cdot K - 0,0000099 \cdot K^2 - 0,0000017 \cdot Ca^2$$

Az összefüggés szintvonalas ábrázolásán (3. ábra) az ellipszisek jobb és bal oldalán az adott szintvonalra jellemző növényi produkció értéke látszik.



3. ábra: A szárazanyag hozamok szintvonalas görbéi a K és a Ca adag függvényében

Az ábráról is leolvasható, ami a modellből számítható, hogy a szálkásperje maximális szárazanyag-hozamát 639 mg kg^{-1} K adag és 1110 mg kg^{-1} Ca adag kombinációja mellett nyerhetjük. A koordinátatengelyek negatív tartományában a 0 hozamhoz tartozó külső görbe metszéspontokhoz tartozó adagok a talaj felvehető K-, illetve Ca-készletére jellemzőek. Pozitív tartományban a maximális produkciót eredményező értéket meghaladó K és Ca adagok esetén ezek fokozódó toxicitását mutatja.

Irodalomjegyzék

- BERGMANN, W. – NEUBERT, P. (1976): Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- BICZÓK GY. – TOLNER L. – SIMÁN GY. (1994): Method for the determination of multivariate response functions. Bull. of the Univ. of Agric. Sci. 1993-1994. Gödöllő 5-16.
- BOX, G. E. P. – WILSON, K. B. (1951): On the experimental attainment of optimum condition. Journal of the Royal Statistical Society. Ser. B. 1.
- DI GLERIA J. (1959): Agricultural chemistry. Akadémia Kiadó Budapest.

EDMADES D.C. (2004): The magnesium requirements of pastures in New Zealand: A review. New Zealand Journal of Agricultural Research, **47**. 363-380.

GYŐRI Z. – RUZSÁNYI L. – JÁSZBERÉNYI I. – VÁGÓ I. – LOCH J. (1996): The effect of N and P application on the Mn, Cu and Zn content of the winter wheat. VIII. Int. Symposium CIEC „Fertilizers and Environment” Salamanca 26-29. Sept. 1994. Rodriguez-Barrueco (ed.). Fertilizer and Environment, **66**. 499-502. Kluwer Academic Publisher.

LOCH J. (2000): A hazai talajok magnézium-ellátottságának jellemzése és a magnézium trágyázás. Akadémiai doktori értekezés, Debrecen.

LOCH J. – GYŐRI Z. – VÁGÓ I. (1993): Examining the Cr uptake of italian ryegrass from inorganic compounds and sewage-sludge in pot experiments. The Science of Total Environment, Suppl. I. 347-355. Elsevier Sci. Publ., Amsterdam.

LOCH J. – JÁSZBERÉNYI I. – VÁGÓ I. (1992a): Az NPK trágyázás hatása az őszi búza magnéziumfelvételére. 4. Magyar Magnézium Szimpózium, Balatonszéplak, június 15-17.

LOCH J. – JÁSZBERÉNYI I. – VÁGÓ I. (1992b): The effect of NPK application on the magnesium uptake of winter wheat. Magnesium Research, Vol.5. Abstr. 238.

LOCH J. – KISS SZ. – BICZÓK GY. – TOLNER L. – VÁGÓ I. (1987a): A N-, P-, K-, Ca-, Mg- és a vízellátás együttes hatása csernozjomon és homokon. I. Termésadatok. NEVIKI Konferencia, Keszthely. A mezőgazdaság kemizálása I. 53-59.

LOCH J. – KISS SZ. – VÁGÓ I. (1996): Determining optimal nutrient doses in multifactorial experiments. IX. International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition. 8-15 September, Prague. 135-140.

LOCH J. – KISS SZ. – VÁGÓ I. – BICZÓK GY. – TOLNER L. (1987b): A N-, P-, K-, Ca-, Mg- és a vízellátás együttes hatása csernozjomon és savanyú homokon. II. Növények tápelemtartalma. NEVIKI Konferencia, Keszthely. A mezőgazdaság kemizálása I. 71-77.

LOCH J. – VÁGÓ I. – TOLNER L. – KISS SZ. (2005): Kálium, kalcium és magnézium ellátás hatásának és kölcsönhatásának vizsgálata tenyészedény-kísérletekben. (Study of the effects and interactions of potassium, calcium and magnesium supply in pot experiments.) VIII. Magyar Biometriai és Biomatematikai Konferencia, 2005. július 5-6., Budapest

MITSCHERLICH, E. A. 1909. Das Gesetz des Minimums und das Gesetz des abnehmenden Bodenertrages. Landw. Jb. 38: 537-552.

VÁGÓ I. (1994): A talajok bórtartalmának és a növények bórfelvételének vizsgálata. Kandidátusi értekezés, Debrecen.

VÁGÓ I. – GYŐRI Z. – LOCH J. (1996): Comparison of chromium and nickel uptake of plant living in different soils. Fresenius Journal of Analytical Chemistry, **354**. 714-717.

VÁGÓ I. – LOCH J. – BALLÁNÉ KOVÁCS A. – TOLNER L. (2011): Tápelem interakciók vizsgálata őszi búza jelzőnövényvel, tenyészedény-kísérletekben. (.) IX. Magyar Biometriai, Biomatematikai és Bioinformatikai Konferencia, 2011. július 1., Budapest, Előadás és poszterkivonatok 73.

VÁGÓ I. – TOLNER L. – LOCH J. (2008): Ortogonális faktortervezési és kiértékelési módszer alkalmazása növények nikkelfelvételének tanulmányozására, tenyészedény-kísérletben. VIII. Magyar Biometriai és Biomatematikai Konferencia, 2008. július 1-2., Budapest

AZ ÉLETÚT KÉPEKBEN



Loch Jakab kitüntetést vesz át Bencsik István rektortól, 1961



Diplomaosztó ünnepségen, 1985



Dr. Szelényi Ferenc tiszteletbeli doktorrá avatása, 1983



Végzős hallgatók korsóavató ünnepségén



Vezetői kinevezések átadása, 1986



A rektori beiktatás ünnepélyes pillanata, 1992



Ifjúsági parlament, 1988



Diplomaosztó ünnepség, 1993



Kinevezések átadása a DATE Tanácstermében, 1993



Sárguló hallgatók korsóavató ünnepsége, 1994



Tudományos diákköri konferencia díjátadó ünnepsége, 1994



Werner Borchmann díszdoktoravató ünnepségén, 1994



Tanévnyitó ünnepségen Dimény Imrével, 1995



Vezetői megbízások átadása, 1995



Nyíri László professzor kitüntetése, 1995



Vezetői megbízások átadását követő ünnepélyes pillanatok, 1995



Prof. Stanley R. Johnson (Iowa State University (USA)) tiszteletbeli doktorrá avatásán, 1996



Tanévnyitó, 1997



Szász Gábor professzor köszöntése 70. születésnapja alkalmából, 1997



A Pro Universitate-díj átvétele Csizmazia Zoltán rektortól, 1998



Szent-Györgyi Albert díj átvétele Göncz Árpád köztársasági elnöktől, 1999



Bocz Ernő professzor köszöntése 85. születésnapja alkalmából, 2005



A Debreceni Egyetem 90 éves jubileumi ünnepségén, 2002



Agrárbál, 2006



Nagy Tibor búcsúztatása nyugdíjba vonulásának alkalmából, 2006



Ünnepi tanácskozás a Debreceni Egyetemi Szövetség megalakulásának 10. évfordulóján, 2006



A Professzori vacsora vendégeként, 2006



A Nyugdíjas Agrárszakemberek Baráti Köre 25 éves jubileumi ünnepségén, 2007



Ünnepi tanácskozás a Tudomány Napja alkalmából a Debreceni Akadémiai Bizottság székházában, 2007



A Nyíregyházi Kutató Intézet fennállásának 80. évfordulóján, 2007



Csizmázia Zoltán professzor köszöntése 70. születésnapja alkalmából, 2007



Tormay Béla szoboravató ünnepség, 2008. június



A Mezőgazdaságtudományi Kar diplomaosztó ünnepségén, 2007



Kerpely Kálmán szoboravató ünnepség, 2008. október



Ünnepi tanácsülés a Debreceni Agrárképzés 140 éves jubileuma alkalmából, 2008



A Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar diplomaosztó ünnepségén, 2010



Ünnepi fogadáson a Debreceni Agrárképzés 140 éves jubileuma alkalmából, 2008



Tanévzáró, 2011



Interjú közben, 2011

