

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

61. kötet, 1. szám, 2012. március

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

Z. BERZSENYI, M. BIRKÁS, L. BLASKÓ, CS. GYURICZA, K. INUBUSHI,
Z. IZSÁKI, M. JOLÁNKAI, T. KISMÁNYOKY, N. A. MAKARENKO,
D. MEZŐSZENTGYÖRGYI, J. NAGY, P. PEPÓ, R. SCHMIDT

VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM

A kiadásért felelős a VM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet főigazgatója

A nyomást és kötést a NestPress Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Nagy János

Fedélterv: Hegyes Sándor

Megjelent: 12 (A/5) ív terjedelemben

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Mezőszentgyörgyi Dávid</i> : Köszöntő	5
<i>Birkás Márta–Kalmár Tibor–Kisić Ivica–Jug Danijel–Smutný Vladimír–Szemők András</i> : A 2010. évi csapadék jelenségek hatása a talajok fizikai állapotára	7
<i>Fodor Nándor</i> : Új globálsugárzás becslő módszer a növénytermesztési modellek támogatására	37
<i>Lásztity Borivoj</i> : A szemes cirok (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) és a karbonátos homok nitrogén forgalma	55
<i>Smuk Norbert–Salamon Lajos–Milics Gábor</i> : A helyspecifikus tápanyag-visszpótlás ökonómiai vizsgálata	67
<i>Varga Péter–Berzy Tamás–Anda Angéla</i> : Morzsoltan betakarított hibridkukorica (<i>Zea mays</i> L.) vetőmag előzetes vizsgálati eredményei	83

SZEMLE

<i>Kádár Imre</i> : A műtrágyázási szaktanácsadás alapelve és módszere II. Részletes rész	101
---	-----

ÉVFORDULÓ	133
-----------------	-----

NEKROLÓG	137
----------------	-----

CONTENTS

<i>D. Mezőszentgyörgyi</i> : Introduction	5
<i>M. Birkás–T. Kalmár–I. Kisić–D. Jug–V. Smutný–A. Szemők</i> : The effect of rainfall events in 2010 on the physical soil conditions	7
<i>N. Fodor</i> : A new method of estimating global radiation to support crop production models	37
<i>B. Lásztity</i> : Nitrogen cycle of sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) and calcareous sandy soil	55
<i>N. Smuk–L. Salamon–G. Milics</i> : Economical aspects of site-specific nutrient replenishment	67
<i>P. Varga–T. Berzy–A. Anda</i> : Preliminary results of shelled harvested sowing seed maize hybrids (<i>Zea mays</i> L.)	83

REVIEW

<i>I. Kádár</i> : The basic principle and method of fertilisation consultancy II. Detailed part	101
--	-----

ANNIVERSARY	133
-------------------	-----

OBITUARY	137
----------------	-----

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Д. Мезёсентдьёрды</i> : Приветствие	5
<i>М. Биркаш–Т. Калмар–И. Кисич–Д. Джюг–В. Смутни–А. Семёк</i> : Влияние явлений осадков 2010 года на физическое состояние почв	7
<i>Н. Фодор</i> : Новый метод оценки глобального излучения для поддержки растениеводческих моделей	37
<i>Б. Ластити</i> :оборот азота зернового сорго (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench.) и карбонатного песка	55
<i>Н. Шмук–Л. Шаламон–Г. Милч</i> : Экономическое исследование специфического для места внесения питательного вещества	67
<i>П. Варга–Т. Берзи–А. Анда</i> : Результаты предварительных исследований посевого зерна лущёно собранной гибридной кукурузы (<i>Zea mays</i> L.)	83

ОБЗОР

<i>И. Кадар</i> : Основной принцип и метод рекомендаций по применению искусственных удобрений II. Подробно	101
--	-----

ГОДОВЩИНА	133
-----------------	-----

НЕКРОЛОГ	137
----------------	-----

KÖSZÖNTŐ

Introduction

Tisztelt Olvasó!

A gazdasági válság következtében kialakult kedvezőtlen környezet a tudomány világában is tapasztalható, azonban reményre ad okot, hogy az agrárium továbbra is életképes, a magyar mezőgazdaságnak és a vidékfejlesztésnek van jövője. Mivel hazánkban egy különösen fontos stratégiai ágazatról van szó, a mezőgazdaság problémája egyben az egész ország problémája is, valamint a népesség növekedésével az agrártudomány igen komoly feladatok előtt áll. A szakmai folyóiratok e küldetéshez nyújthatnak segítséget.

Az idei évtől a VM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet (VKSZI) a kiadója kilenc Vidékfejlesztési Minisztérium által alapított agrárszaklapnak, így a Növénytermelésnek is. Bízunk benne, hogy a folyóirat kielégíti szakmai érdeklődését és több olyan cikket is talál benne, amely segíti munkáját. Arra törekszünk, hogy követve a hagyományokat, ezek a kiadványok továbbra is az agrártudományok színvonalas fórumai legyenek és biztosítsák a tudományos műhelyekben, valamint a doktori iskolákban zajló kutatások eredményeinek közzétételét a szakmai közvélemény számára.

Reméljük, hogy közös erőfeszítéseink segítve az agrártudományt sikeressé teszik a magyar mezőgazdaságot. Ehhez kívánunk mindenkinek eredményes kutatómunkát!

Üdvözlettel:

Dr. Mezőszentgyörgyi Dávid
VM VKSZI főigazgató

A 2010. évi csapadék jelenségek hatása a talajok fizikai állapotára

¹BIRKÁS MÁRTA-¹KALMÁR TIBOR-²KISIC IVICA-³JUG DANIJEL-

⁴SMUTNÝ VLADIMÍR-¹SZEMŐK ANDRÁS

¹Szent István Egyetem Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar, Gödöllő

²Zágrábi Egyetem Agronómiai Kar, Zágráb

³Strossmayer Egyetem Agronómiai Kar, Eszék

⁴Mendel Egyetem Agronómiai Kar, Brno

Összefoglalás

Jelen dolgozat a 2010. évre jellemző két súlyos klíma jelenség, a jég- és az eső-stressz talaj állapotra gyakorolt hatásainak kimutatását és értékelését öleli fel. A feladat időszerűségét a klíma károk kiszámíthatatlansága és károk következményei támasztják alá. A vizsgálatokat Mezőhegyes és Hatvan kistérségi csernozjom talajokon végeztük, a káros klíma jelenségek ugyanis ezeket a talajokat is sújtják. Az eredmények az adott időszakban a talajok állapotában kimutatható tendencia – javulás vagy romlás – szerint érdemelnek kiemelt figyelmet.

Jégverés sújtotta területen (Mezőhegyes) elpusztult növény tömeg alatt a jellemző lazultság és szerkezet megmaradását, ennek hiányában e tényezők romlását, idő eltelével lassú, de folyamatos javulását igazoltuk. A talaj megújulás ténye a folyamatos szervesanyag- és szerkezetkímélő művelésre irányítja a figyelmet.

Hatvan térségében megismételve a 2008. csapadékos évben végzett felmérést, 600 ponton 7 tényező gyakoriságát vizsgáltuk. 2010-ben a talajt sújtó kár többszöröse volt a két évvel azelőttinek, a természetes eredetű vízpangás 26-szor, a felszín eliszapolódás 4,7-szer, az ülepedés 3,3-szer, a tárcsa- és eketalp tömörödés vastagodása 2,2–2,7-szer, a por lemosódás pedig 12-szer. Kár nélküli állapot öt esetben fordult elő 2010-ben, míg 2008-ban 460 esetben.

A tartamkísérletben 2002 óta szervesanyag-kímélés valósul meg, a lazultság mélység csökkenés főként a sekélyen bolygatott talajban (tárcsás 37%, sekély kultivátoros 18%), illetve szántotton (16%) következett be. A kultivátorral művelt talaj lazult rétege a természetes ülepedéshez hasonlóan 8, a direktvetéses területé 9%-kal csökkent. A kísérlet talajára átlagosan jellemző Rög-Morzsa-Aprómorzsa-Por aránya 9 év átlagában 22–46–28–4%. A rög és az aprómorzsa frakció arányok ingadozása, valamint a július közepéig – a kukorica figyelembe vehető borításáig – jellemző morzsa csökkenés a csapadék-stressz hatásával magyarázható. A por aránya a felszíni rétegben az idény közepéig folyamatosan csökkent, ezzel egyidejűleg a szántott talaj 30,5–32,5, illetve 32,5–34,5 cm rétegében, továbbá a tárcsázott talaj 12,5–15,5 cm rétegében növekedett. A por lemosódása folytán a szántott talaj 30,0–32,5; a 32,5–35,0; és a 35,0–37,5 cm rétegei, illetve a tárcsázott talaj 9,5–12,5, 12,5–15,5 és a 15,5–18,5 cm rétegei tömörebbé váltak, vagyis a talp-réteg kiterjedt. Az eső-stressz kára a talaj kérgesedésével is igazolódott. A szántott, takaratlan talajon lévő kéreg 4,7–13,3 mm-rel volt vastagabb, mint a kultivátorral művelt takart talajon, ugyanakkor elhanyagolt talajhoz viszonyítva 1,3–20,3 mm-rel volt keskenyebb.

A kapott eredményeket megerősítik a kímélő művelés folyamatosságának szükségességét, amely a súlyos klíma helyzetben a kisebb, és könnyebben javítható kár lehetőségét nyújtotta.

Kulcsszavak: csapadék-stressz, talaj, lazult réteg mélység, szerkezet, tömörödés, por, kérgesedés

The effect of rainfall events in 2010 on the physical soil conditions

¹M. BIRKÁS–¹T. KALMÁR–²I. KISIĆ–³D. JUG–⁴V. SMUTNÝ–¹A. SZEMŐK

¹Szent István University, Faculty of Agriculture and Environmental Sciences, Gödöllő

²University of Zagreb, Faculty of Agronomy, Zagreb

³Strossmayer University, Faculty of Agronomy, Osijek

⁴Mendel University, Faculty of Agronomy, Brno

Summary

This study describes and evaluates the effect of hail and rain stress – two severe climatic phenomena – on soil conditions in 2010. This task was rather timely, due to the unpredictable character and the consequences of climatic damages. The examinations were carried out on chernozem soil in the small area of Mezőhegyes and Hatvan, since these areas were struck by these harmful climatic events. Results are shown in relation to the trends observed in soil conditions - improvement or deterioration - in the given period.

In the hail-storm area (Mezőhegyes), the permanence of structure and the typical looseness could be observed under perished vegetable mass. In cases when there was no vegetable mass, soil factors deteriorated, although they slowly, but steadily improved over time. The fact that soil renewed itself is related to continuous organic matter- and structure-preserving cultivation.

When repeating the examination performed in 2008 in the area of Hatvan, the frequency of 7 factors was observed on 600 points. In 2010, the damage on soil was several times higher than two years before, while the extent of natural water-logging was 26 times higher, the siltation of the surface was 4.7 time stronger, sedimentation was 3.3 times higher, compaction caused by disk and plough was 2.2–2.7 times higher and dust leaching was 12 times higher. Cases when there was no damage were reported on five occasions in 2010 and on 460 occasions in 2008.

Since 2002, organic matter preservation has been constant in the long-term experiment, decreasing depths of looseness were mainly observed in shallow tilled soil (disk 37%, shallow tine 18%) and ploughed soil (16%). Similarly to natural deposition, the loosened layer of tine-tilled soil decreased by 8%, while that of areas on which direct sowing was applied were reduced by 9%. The ratio of Clod-Crumb-Small crumb-Dust

which is typically characteristic of the experiment was 22–46–28–4% averaged over the 9 years. The fluctuations of the fractions of clod and small crumbs, as well as the reduction of crumbs until mid-July (until the maize coverage which can be considered) can be explained by the effect of rain stress. The proportion of dust in the surface layer continuously decreased until the middle of the season, while it increased in the 30.5–32.5 cm and the 32.5–34.5 cm layers of the ploughed soil, as well as in the 12.5–15.5 cm layer of the disk tilled soil. As a result of dust leaching, the 30.0–32.5; 32.5–35.0 and 35.0–37.5 cm layers of the ploughed soil and the 9.5–12.5, 12.5–15.5 and 15.5–18.5 cm layers of the disk tilled soil became more compacted; therefore, the compaction zone extended. The damage caused by rain stress was also shown by the crusting of soil. The crust on the ploughed, uncovered soil was 4.7–13.3 mm thicker than in the case of covered tine-tilled soil, while it was 1.3–20.3 mm thinner than in the case of neglected soil.

The obtained results show the necessity of continuous preserving cultivation which resulted in smaller damage that is easier to amend in severe climatic situations.

Key words: rain-stress, soil, depth of loosened layer, structure, compaction, dust, crusting

Влияние явлений осадков 2010 года на физическое состояние почв

¹М. БИРКАШ–¹Т. КАЛМАР–²И. КИСИЧ–³Д. ДЖЮГ–⁴В. СМУТНИ–¹А. СЕМЁК

¹Университет им.Св.Иштвана, факультет Сельского Хозяйства и Экологии,
Гёдёллё

²Загребский Университет, Агрономический факультет, Загреб

³Университет им. Строссмайера Агрономический факультет, Эсейк

⁴Университет им. Менделя Агрономический факультет, Брно

Резюме

Данная работа показывает и оценивает влияние характерных для 2010 года двух тяжелых климатических явлений - влияние стресса от града и от дождя на состояние почвы. Актуальность задачи обосновывают непредсказуемость климатического

ущерб и последствия этого ущерба. Исследования проводили на чернозёмных почвах в районе Мезоходьеш (Mezőhegyes) и Хатван (Hatvan), от тяжёлых климатических явлений пострадали и эти почвы. Результаты в данный период времени согласно доказуемой тенденции в состоянии почв – улучшение или ухудшение – достойны повышенного внимания.

На подвергнутой градобитию территории (Mezőhegyes) под массой погибшего растения подтвердилась характерная рыхлость и сохранение структуры, при отсутствии этого ухудшение этих факторов, со временем медленное, но постепенное улучшение подтвердили. Факт обновления почвы обращает внимание на постоянное внесение органического вещества и на берегающую структуру обработку.

В области Хатван, повторив проведённое в 2008 дождливом году измерение, в 600 точках исследовали частоту 7 факторов. В 2010 году причинённый почве ущерб был во мног раз больше, чем два года назад, естественное застаивание воды в 26 раз, заиливание поверхности в 4,7 раза, осадок в 3,3 раза, утолщение уплотнения подошвы диска и плуга в 2,2–2,7 раз, а смывание пыли в 12 раз больше были. Состояние без ущерба встретилось в пяти случаях в 2010 году, а в 2008 году в 460 случаях.

В продолжительном опыте с 2002 года осуществилось сбережение органического вещества, уменьшение глубины рыхлости в основном наступило в мелко затронутой почве (дисковая 37%, мелкая культиваторная 18%), а также на вспашке (16%). Рыхлый слой обработанной культиватором почвы по сравнению с естественным осадком уменьшился в 8 раз, территория прямого посева сократилась на 9%. Для почвы опыта в среднем характерно соотношение Комок-Крошка-Мелкая крошка-Пыль за 9 лет в среднем 22–46–28–4%. Изменение соотношения комков и мелкой крошки, а также до середины июля – до заметного покрытия кукурузы – характерное уменьшение крошки можно объяснить влиянием стресса от осадков. Доля пыли в поверхностном слое до середины сезона постепенно уменьшалась, одновременно с этим в 30,5–32,5 и 32,5–34,5 см-ом слое вспаханной почвы, а также в 12,5–15,5 см-ом слое дискованной почвы увеличилось. Вследствии смывания пыли 30,0–32,5; 32,5–35,0 и 35,0–37,5 см-ые слои вспаханной почвы, а также 9,5–12,5; 12,5–15,5 и 15,5–18,5 см-ые слои дискованной почвы стали более плотными, т.е. подошвенный слой увеличился. Ущерб стресса от дождя подтвердился и образованием корки почвы. На вспаханной, непокрытой почве корка на 4,7–13,3 мм-ов была толше, чем на обработанной культиватором покрытой почве, в то же время по сравнению с необработанной почвой на 1,3–20,3 мм-ов был тоньше.

Полученные результаты подтверждают необходимость постоянной берегающей обработки, которая в тяжелых климатических обстоятельствах делает ущерб меньшим, и даёт возможность легче исправить этот вред.

Ключевые слова: стресс от осадков, почва, глубина рыхлого слоя, структура, уплотнение, пыль, образование корки

Bevezetés

A mezőgazdasági termelést sújtó klíma károk korábban is foglalkoztatták a szerzőket (*Milthoffer* 1897), jóllehet a gyakoriság elmaradt a mostanitól. *Ditz* (1867) tapasztalatai alapján úgy vélte, a talajvíz szabályozása e térségben szinte lehetetlen. A földből a felszínre törő talajvizet nem lehet visszatartani, ugyanakkor, ha talajvíz lesüllyed, szárazság következik be. A víztöbblet kezelésére utal a földművelési tankönyvekben a „Telkesítés” fejezet, pl. *Balás* (1888), *Cserháti* (1900). A talajvízszint szabályozásának nehézségeire napjainkban is gyakran hivatkoznak (pl. *Kozák* 2011, *Szalai* 2011).

A klíma változásáról ugyan megoszlanak a vélemények, a szélsőségek gyakoribbá válása és váratlan fellépése azonban aligha vitatható. A szélsőség két véglet közti ingadozás, amely csapadéokra vonatkoztatva a károsan kevés vagy túlzottan sok. A 2009. év október végéig az előbbi, a következő évben az utóbbi következett be. Térségünk a medence jellege okán mindkét szélsőségnek kitétt, s ezek kiszámíthatatlanságára már a fentebb idézett klasszikus szerzők is utaltak. A 2010. évben világszerte számos kedvezőtlen klíma jelenség történt, és térségünk sem volt mentes ezektől. A Pannon medence klíma kitettségét az óceáni, mediterrán és kontinentális klíma együttes hatása fokozza (*Bada és Horváth* 1998, *Pajtókné* 2011).

A Pannon medence közepén – Magyarországon – az évi csapadék összeg 969 mm volt, amely 71%-kal volt több az 1971–2000-es normál átlagtól (*Kovács et al.* 2011). Májusban közel háromszor, februárban és szeptemberben kétszer, illetve két és félszer hullott több csapadék az átlagnál. A januári, júniusi, augusztusi és decemberi csapadékösszegek másfélszer voltak nagyobbak az átlagos értéknél. A térségen belül azonban jelentős eltérések alakultak ki: pl. Mezőhegyes térségében 904 mm (60% többlet); Belvárdgyulán – légvonalban 70 km-re Eszékétől – 933 mm (55% többlet); Eszék térségében 784 mm (12%

többlet); ettől nyugatra, Daruvar térségben 1177 mm (32% többlet). Ugyanakkor a medence ÉNy-i részén, a csehországi Zabcice (Brno-tól 24 km-re délre) térségében alig 15% volt a többlet (összesen 541 mm).

Májusban, júniusban és nyár végén nagy kárt okozó áradások pusztítottak a térségben. A gondokat a csapadék mennyiségén túl az eloszlás szélsőségei növelték, egyes helyeken 4–6 nap alatt akár 150–160 mm is leesett. Vihar és jégeső több hullámban sújtotta a medencét, a növények teljes vagy részleges elpusztítása mellett a talajokat is károsítva. A megemelkedő talajvízszint nyomán súlyos belvíz kár lépett fel, amely 2011. januárban még több mint 400 ezer hektárt érintett (*Szalai* 2011, *MGSZH* 2011). Belvíznek a síkvidéki területeken időnként felszaporodó, nagy területeket elöntő, közvetlenül a csapadékból, valamint a megemelkedett talajvízből származó vizet nevezzük (*Pálfai* 2000). A felületi vízfolyás, pangás a talaj mechanikai összetételétől, szerkezetétől, a talaj eredeti nedvességétől, a felszín állapotától és fedettségétől, a talaj víznyelő és vízvezető képességétől, a csapadék mennyiségétől és intenzitásától függ (*Mattyasovszky* 1957, *Várallyay* és *Farkas* 2008). Mattyasovszky arra is rámutatott, hogy a kellően lazult állapotban jellemző víznyelés a tömör talajon 10–30 perc elteltével 20–30%-kal csökkenhet. Ezzel összefüggésben fokozódik a vízfolyás, amely értéke 60–90 perc után 40–160 mm/h a talaj kötöttségétől függően. Ez a jelenség 2010-ben gyakran ismétlődött, mivel a talaj vízvezető képességét a szelvény egy meghatározott részére annak a legrosszabb vízvezető rétege határozza meg. Ezért nem közömbös, van-e ilyen hiba a talajban.

A talaj a legnagyobb kapacitású potenciális természetes víztározó, amely ideális esetben az évi csapadék kétharmadának befogadására és tárolására képes. A tározó kapacitás az esetek túlnyomó részében természeti jelenségek és az emberi beavatkozás miatt csak részben hasznosul (*Várallyay* és *Farkas* 2008). A nehéz mechanikai összetételű, nagy agyag- és duzzadó agyagásvány-tartalmú talajokon (*Gleyic Chernozems, Phaeozems, Stagnosols, Solonetz*) a természetes tulajdonságaik, illetve gazdálkodással módosított állapotuk okán nem használható ki a felső 1 m réteg vízraktározó képessége (*Várallyay* 2011). Látható, hogy a talaj tulajdonságai és állapota fontos tényezők a csapadék káros vagy jótékony alakulásában.

A klíma-stressz vagy kockázat a 2011-ben kiadott *Encyclopedia of Agrophysics* nyomán elfogadott fogalmak, a csapadék-stressz azonban új (*Birkás et al.* 2011), esetünkben a talajra gyakorolt, viszonylag rövid idejű kedvezőtlen hatást értjük alatta. A sok csapadék kárának szakirodalmi megvitatása az eróziót

tekintve gazdag (pl. *Basic et al.* 2004, *Jug et al.* 2010, *Vietra és Dabney* 2011), egyéb hatásainak közlését tekintve szegényesebb. A karcagi kutató intézetben az 1990-es évek végén folytak a kérgesedéssel kapcsolatos vizsgálatok (*Blaskó et al.* 1998). *Gallardo-Carrera et al.* (2007) összefüggést találtak az ismétlődő esők és a talaj kérgesedése között, 360 mm kumulált csapadéknál maximum 150 mm kéreg vastagságot mértek. Utaltak azonban a magágy talajszerkezetének befolyására. A kár mértékében a felszín fedettsége nyilvánvalóan szerepet játszik (*Ghadiri és Payne* 1986). A por mélyebb rétegbe mosódására utalást hazai viszonylatban is találtunk (*Stefanovits* 1981, *Várallyay* 2010).

Jelen dolgozat megírását a víztöbblet révén előállt sajátos helyzet, valamint csapadék-stressz vizuálisan csak részben nyomon követhető következményeinek elemzése indokolta.

Anyag és módszer

A csapadék stressz talajokra gyakorolt hatásának vizsgálatát és elemzését több tényező tette szükségessé. Ezek a következők: 1 - Hatvan-Józsefmajor térségében 2010-ben 65%-kal hullott több csapadék (962 mm) a sokévi átlagnál (580 mm); 2 - a tenyészidei csapadék (652 mm) kétszerese volt a sokévi átlagnak (323 mm); 3 - a 2009. október 1. és 2011. április 1. között hullott csapadék (345 mm) kétszer haladta meg a sokéves átlagot; 4 - a tavaszi és nyári csapadék többnyire nagy intenzitással, kárt okozva hullott le (csapadék-stressz); 5 - jégverés több hullámban érkezett, a növényeken túl a talajokat is károsította; 6 - a sok csapadék által megemelkedett talajvízszint vízelöntéseket okozott; 7 - a csapadék-stressz következményei a talajokon a 2010. tenyészidőben és a 2011. év tavaszán is kimutathatóak voltak.

A csapadék-stressz az adatokat tekintve leginkább a lazult réteg mélységre, a felszíni rétegben található por mélybe mosódására, a tárcsa- és eketalp tömörödés rétegének kiterjedésére, a felszín kérgesedésére, illetve a morzsa arány változására volt kedvezőtlen hatással. Mivel ezek fontos talajállapot jellemzők is, az értékeléskor ezt szem előtt tartottuk. Kutatásaink keretében folyamatos talajállapot vizsgálatok folynak, az adatokból azokat emeltük ki, és értékeltük, amelyek a csapadék-stressz hatásának objektív elbírálását segítik. Jelen dolgozatban a Mezőhegyes és a Hatvan térségi csernozjom talajokon (*Chernic Calcic Chernozem, WRB* 2006) végzett vizsgálatokról számolunk be.

Mezőhegyes térségében az évi átlagos csapadék 550 mm, 2010-ben 904 mm volt. A dél-tiszántúli löszháton lévő termőhely talaját a 2010. június 20-án bekövetkezett súlyos jégverés, illetve az azt követő özönvíz szerű eső hatásának nyomon követése okán választottuk. A talaj az elpusztult sűrű vetésű növények (búza, repce) alatt, illetve takarás hiányában (kukorica, szója, napraforgó) különböző mértékben sérült. Az adott időpontban 50–80 cm magas széles sorok közötti növények után 10–40 cm csonk maradt. Mivel a széttépett levélzetet az erős szél a csonkok körül halmozta fel, a talaj nagy része takaratlan maradt. A kérdéses területeken a talaj fizikai félesége vályog és agyagos vályog. A jégkár után a 2. napon a feltalaj ülepedését, valamint a szerkezetben bekövetkezett változásokat vizsgáltuk a talaj $0,32-0,36 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ nedvességénél. Az összehasonlításhoz a 2010. április 21-én és 29-én végzett mérések adatait használtuk. A folyamatosan vizsgált (06. 20., 07. 22., 10. 20., ill. 2011. 03. 31.), összehasonlítható táblák száma (n) 18+18. Az ülepedési index megállapítására az ülepedett talaj mélység és az eredeti talajmélység hányadosát alkalmaztuk (*Behera et al.* 2009).

Hatvan térségében, az M3 autópálya kerekharaszi csomópontjától balra eső területen, a Hatvan-Fenyőharaszt alsórendű út két oldalán (É47.69–47.66, K19.66–19.55) megismételve a 2008. csapadékos évben (732 mm) végzett felmérést, 600 ponton 7 tényező gyakoriságát vizsgáltuk.

A Józsefmajori Tanüzemben (É 47.6890, K 19.6058) tömörödéssre közepesen érzékeny talajon a 2002 óta folyó talajminőség klíma tartamkísérletben (*Várallyay és Farkas* 2008, *Birkás et al.* 2010a), ahol a szervesanyag és szerkezet kémélés folyamatos, a csapadék-stressz hatásai közül kiemelten hatot értékelünk. A kísérleti terület sík, ÉNy-i szeleknek kitett. A talaj humusz tartalma a 0–40 cm rétegben 3,00 (2009), agyagtartalma 34–36%, tápanyag ellátottsága jó. A telítettségi vízvezető képesség a 15–20 cm rétegben 17–31, a 45–50 cm rétegben 26,7–33,5 mm/nap. A telítettségi víztartalom a felső 15–20 cm rétegben $0,40-0,52 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$, a 45–50 cm rétegben $0,37-0,46 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ (*Várallyay és Farkas* 2008). A szabadföldi vízkapacitás az illető rétegekben $0,36-0,38 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$, és $0,34-0,35 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$. Az éves csapadék összeg átlagosan 580 mm (tenyészidőben 323 mm). Az évek minősítése a csapadék szerint: átlagos (2002, 2006), száraz (2003: -138 mm, 2004: -101 mm), és csapadékos (2005: +125 mm, 2008: +152 mm, 2010 +371 mm:). A 2007. és 2009. év csak a tenyészidőben volt száraz.

A kísérlet egytényezős, sávos véletlen elrendezésű és négyismétléses, amelyben hat kezelést alkalmazunk. A kezelések: direktvetés (DV), sekély tárcsás (15 cm, T), sekély és középmedély kultivátoros (15 cm SK, 22 cm K) művelés, szántás felszín elmunkálással (32–33 cm, Sz), és lazítás (40 cm, L). Az elővetemény tarlómaradványainak takarása vetés után a következő volt: Sz=0, L, K, SK=25%, T=20%, DV=35%. Ez a takaró fokozatosan fogyott, majd a június közepén végzett Lumax kezelés nyomán gyom-mulccsal egészült ki: Sz=2, L=38, SK=32, K=34, T=32, DV=33%. Az alapozó műveléseket 2009. 10. 22-én, a magágykészítést 1 nappal a vetés előtt végeztük (2010. 05. 03). Magágykészítéskor nem keletkezett több por vagy aprómorzsa, a talaj károsodását természeti tényezők okozták. A vetést követő hónapban 182 mm csapadék hullott, júniusban 147 mm.

A kísérletben a témához tartozó mérések a következők voltak: ülepedés mértéke a műveléssel kialakított lazult rétegben, a por lemosódása, a tömörödés változása (Sz, és T kezeléseknél), a talaj agronómiai szerkezetének változása a felső 55 mm rétegben, a felszíni kéreg vastagsága. A felszíni kéreg vastagságát az SZ, K, és T kezeléseknél értékeljük. A szántott talajon mért adatokat összevetettük a tábla nem kísérleti – szokásosan művelt – területen végzett mérésekkel. A kéréség, és az agronómiai szerkezet elkülönítésénél klasszikus ajánlásokat vettünk figyelembe (*Ballenegger és di Gléria 1962, Dvoracsek 1957*).

A méréseket és az értékelést a szabványok szerint (*Behera et al. 2009, Várallyay és Farkas 2008, Sváb 1981, Soil Sampling Protocol, JRC, 2010*) végeztük. Tartamkísérletünkben a vizsgálati időpontok: 2009. 10. 22. (alpművelés ideje), 2010. 03. 22. (áttelelés), 2010. 04. 22. (a tavaszi csapadék kárainak felmérése), 2010. 05. 03. (magágy), 2010. 06. 10. (kezdeti növekedés), 2010. 07. 10. (tenyészidő közepe), 2010. 08. 10. (virágzás befejeződése), 2010. 09. 23. (érés kezdete).

Vizsgálati eredmények és értékelésük

A káros klíma jelenségek hatása a talajokra

Hatvan térségében, az M3 autópálya kerekharaszi csomópontjától balra eső, utakkal, és fasorokkal határolt területen, megismételtük a 2008. csapadékos évben (230 mm-rel maradt el a 2010-ben mért értéktől) végzett felmérést. Összesen 600 ponton hét tényező gyakoriságát vizsgáltuk, ezek a tárcsázott és szántott talajok tömörödésének fokozódása a por lemosódásának is betudhatóan, a felszíni eliszapolódás és kérésedés, a lazult réteg mélység csökkenése

a talaj ülepedése folytán, valamint a természetes (nem művelőtalp eredetű) felszíni vízpangás, illetve hiba mentesség. Az eredményt az 1. ábra mutatja.

1. ábra. A csapadék többlet hatása egyes talajkárok gyakoriságára a 2008. és a 2010. években (Hatvan térsége)

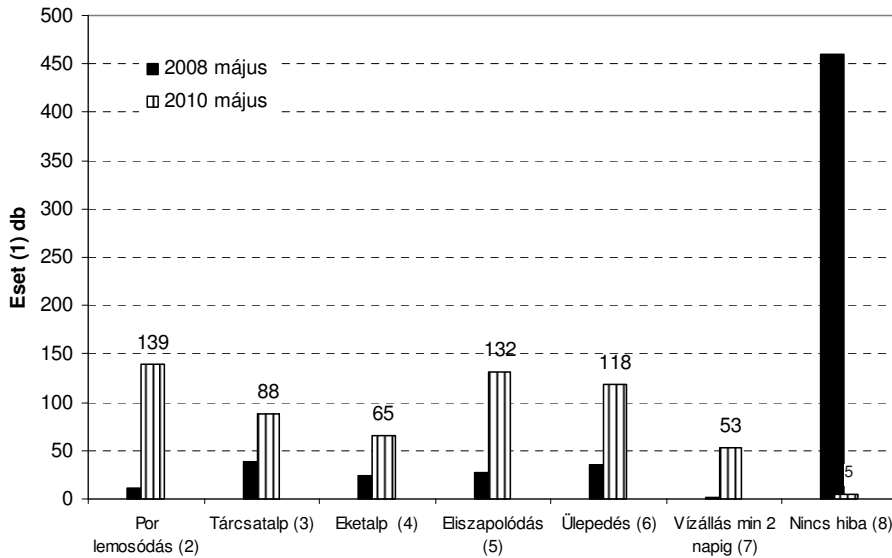


Figure 1. Impact of precipitation surplus on frequency of some soil deteriorating factors (at Hatvan micro-region). (1) Case, (2) Dust leaching, (3) Diskpan, (4) Ploughpan, (5) Silting, (6) Settling, (7) Water stagnation min. 2 days, (8) No defect.

A két ún. csapadékos évben a mennyiség különbségéből adódóan is jelentős eltérés mutatkozott a hibák számában. A felszíni vízállások mindegyike természetes eredetű volt, a megemelkedett talajvízszint következtében alakultak ki. Nem soroltuk a tényezők közé a nedves talajon okozott – természetési technológiai – taposási károkat, ezeket adott esetben nem lehetett elkerülni (növényvédelem, betakarítás), valamint a N trágyák lemosódása miatt kialakult indukált N hiányt. Mindkét kár csak 2010-ben jelentkezett. Az ülepedésben fontos tényező a talajok érzékenysége (erősen, mérsékelten vagy gyengén Várallyay és Leszták 1989). Az idézett kutatók szerint érzékeny talajokon a kedvezőtlen időjárás felerősíti az ésszerűtlen használathoz kapcsolható károkat. Súlyos klíma helyzetben (mint 2010) azonban az ülepedésre mérsékelten érzékeny talajok is veszélyeztetett kategóriába kerülnek. A Hatvan térségi, víz-

gálatba vont talajok ide sorolhatók, mivel a szervesanyag kémelése nem vált alapvető gazdálkodási feladattá. A szakirodalmi utalások a szervesanyag tartalom csökkenés és a talaj degradációs folyamatok erősödése összefüggését illetően (Reynolds et al. 2007, Gallardo-Carrera et al. 2007, Simon et al. 2009) éppen az érintettekhez nem jutnak el.

A mezőhegyes térségi mészlepedékes csernozjom, és réti csernozjom talajok kevésbé érzékenyek az ülepedésre. Magágykészítéskor (04. 21.) az őszi szántásos alapműveléskor regisztrált mélységet – 32,0–32,5 cm – mértük. A jégverés utáni 2. napon a lazult réteg mélység felmérése nyomán a jég vert biomasszával takart talajban 1–2%, a nem takart, károsodott talajban 10–12% ülepedési indexet állapítottunk meg. Az ülepedés a felső 50 mm rétegben volt erőteljes. Sajátosan alakult a talaj agronómiai szerkezete. A mezőhegyesi szántott talaj 0–50 mm rétegében tavasszal általában 78% a morzsa arány, 2010. áprilisban takart talajban 79,4%, takaratlanban 75,5% volt. Jégverés után a morzsa arány 5, illetve 17%-kal csökkent. Öt vizsgálati időpontban végzett mérések eredményét az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat. A morzsa aránya a jég verte biomasszával takart és takaratlan talaj felső 50 mm rétegében (Mezőhegyes 2010–2011)

Időpont (1)	Takart talaj (2)	Takaratlan talaj (3)	Különbség (4)
2010. 04. 21.	79,4	75,5	3,9
2010. 06. 20.	77	63	14
2010. 07. 22.	76,9	65,4	11,5
2010. 10. 20.	79,3	67,6	11,7
2011. 03. 31.	78,5	72,6	5,9
Összes (5)	391,1	344,1	47,0
Átlag (6)	78,22	68,82	9,4
SzD _{5%} (7)			5,323 P% >4,6; P=1%

Table 1. Ratio of the crumb fraction to a depth of 0–50 mm in a covered and non-covered soil suffered from hailstorm (Mezőhegyes 2010–2011). (1) Time, (2) Covered soil, (3) Bare soil, (4) Difference, (5) Sum, (6) Average, (7) LSD_{5%}.

A különbség konfidenciahatárai – h_1 és $h_2 = 9,4 \pm 5,32$ – elemzésekor megállapítható, hogy a jég vert takart talaj felső 50 mm rétegében lévő morzsa 5% téve-

dési valószínűséggel, legalább 4,08-cal, és legfeljebb 14,72-vel volt nagyobb arányú, mint a jég vert takaratlan talaj ugyanazon rétegében. Az idény végén a tavaszi állapottól való eltérés 0 és 10% volt, a következő év márciusában pedig 0 és 4%. Ebből a talaj megújulásra való képességére következtethetünk, de arra is, hogy súlyos kár után az ún. morzsásodó talajon is szükség van regenerálódási időre. A felszíntakarás mind a morzsa védelemben, mind az elporosodás csökkenésében fontos tényezőnek bizonyult. Megjegyzésre érdemes, hogy a jég vert biomassza végül 2–3 keverő művelettel, illetve aláforgatással a talajba jutott. Ezt a döntést a talajok megújulásának elősegítése tette szükségessé.

Magágykészítéskor a takart talaj felső 50 mm rétegében 2,4% por volt, a takaratlan talajban – az eszközök mechanikai hatása nyomán – 11,3%. A jégverést követően a takaratlan talajban 8%-kal csökkent a por mennyisége, a takartban 71%-kal növekedett. Az előbbi oka vélhetően a lemosódás, az utóbbi oka – a maradványoknak köszönhetően – a felhalmozódás és helyben maradás. A későbbiekben nagyobb elporosodást a károsodott talajon mértünk (2. táblázat). A különbség konfidenciahatárait – h_1 és $h_2=7,4\pm 4,14$ – úgy értelmezzük a teljes vizsgálati időszakra vonatkozóan, hogy a jég vert takaratlan talaj felső 50 mm rétegében lévő por 5% tévedési valószínűséggel, legalább 3,3-mal, és legfeljebb 11,5-tel nagyobb arányú, mint a jég vert takart talaj azonos rétegében.

2. táblázat. A por aránya a jég vert biomasszával takart és takaratlan talaj felső 50 mm rétegében (Mezőhegyes 2010–2011)

Időpont (1)	Takart talaj (2)	Takaratlan talaj (3)	Különbség (4)	
2010. 04. 21.	2,4	11,3	8,9	
2010. 06. 20.	4,1	10,4	6,3	
2010. 07. 22.	5,7	14,4	8,7	
2010. 10. 20.	5	15,9	10,9	
2011. 03. 31.	7,2	9,4	2,2	
Összes (5)	24,4	61,4	37,0	
Átlag (6)	4,88	12,28	7,4	
SzD _{5%} (7)			4,143	P% >4,6; P=1%

Table 2. Ratio of the dust fraction to a depth of 0–50 mm in a covered and non-covered soil suffered from hailstorm (Mezőhegyes 2010–2011). (1) Time, (2) Covered soil, (3) Bare soil, (4) Difference, (5) Sum, (6) Average, (7) LSD_{5%}.

A takaratlan talajon a jég-stressz hatására 27–31 mm vastag kéreg alakult ki, a takart talajon 0–3 mm. A talaj szikkadását követően a kéreg némileg vas-tagodott, majd augusztus közepén a gyomborításnak, illetve a száraz és csapa-dékos napok váltakozásának betudhatóan a kéreg csökkent. A takart talajon keskeny kéreg vastagságot mértünk a jégverést követően, amely a biomassza összeroskadását és száradását követően is legfeljebb 6 mm-re változott. A művelt felszínen októberben mindössze 2 mm – elhanyagolható, kézzel porhanyítható – kéreg alakult ki (3. táblázat). Ez esetben a különbség konfidenciahatárai, h_1 és $h_2=20,25\pm 14,94$ voltak. Vagyis a jég vert takaratlan talajon a kéreg 5% tévedési valószínűséggel, legalább 5,3 mm-rel, és legfeljebb 35,2 mm-rel vasta-gabb, mint a jég vert takart talajban. A kéregvastagság alakulását négy időpontban a 2. ábra is mutatja. Polinomiális illesztést alkalmaztunk, amelyek többszörös együtthatója (R) 0,8783 a takart, és 0,9917 a takaratlan talajra vo-natkoztatva. Szembetűnő különbség állapítható meg a jégveréskor csupaszszá vált, illetve a védve maradt talaj reagálása között.

3. táblázat. A jégverés nyomán kialakult kéreg kiterjedése (mm) biomasszával takart és takaratlan talaj felszínén (Mezőhegyes 2010)

Időpont (1)	Takart talaj (2)	Takaratlan talaj (3)	Különbség (4)
2010. 06. 20.	1	29	28
2010. 07. 22.	3	31	28
2010. 08. 24.	6	22	16
2010. 10. 20.	2	11	9
Összes (5)	12	93	81
Átlag (6)	3,0	23,25	20,25
SzD _{5%} (7)			14,94 P%>3,18; P=5%

Table 3. Extension of the crack affected by hail-stress on a covered and a bare soil surface (Mezőhegyes 2010). (1) Time, (2) Covered soil, (3) Bare soil, (4) Difference, (5) Sum, (6) Average, (7) LSD_{5%}.

A csapadék és nedvesség többlet stressz nyomon követése tartamkísérletben Mint korábban utaltunk rá, a kukorica tenyészideje alatt 646 mm csapadék hullott, az alpműveléstől a vetésig 346 mm. A talaj 0–60 cm rétegének átlagos nedvessége 0,24–0,28 m³m⁻³ között változott, csak augusztus közepén csök-

kent ($0,21 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$), amely adott talajon még optimumnak számít. A felső 0–35 cm réteg nedvessége a tenyészidőben $0,17\text{--}0,23 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ között változott, a kedvezőtlen szintet nem érte el. A nedves talaj kissé hátráltatta a tavaszi talajmunkákat. Magágyat a talaj járható és művelhető állapotában ($0,21 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$), május 3-án készítettünk, a vetést a következő nap végeztük. A betakarítás október 25-én történt, parcellánként. A legfontosabb, a műveléstől és más tényezőktől függő paramétereket – lazult réteg mélység, nedvességtartalom, talajellenállás, művelőtalp jelenségek, agronómiai szerkezet – folyamatosan vizsgáljuk, parcellánként 4×4 ismétléssel. 2010-ben e méréseket a felszínen, a csapadék nyomán kialakuló kéreg kiterjedésének mérésével egészítettük ki.

2. ábra. A jég- és eső-stressz hatására kialakult kéreg kiterjedése takart és nem takart talajon (Mezőhegyes 2010)

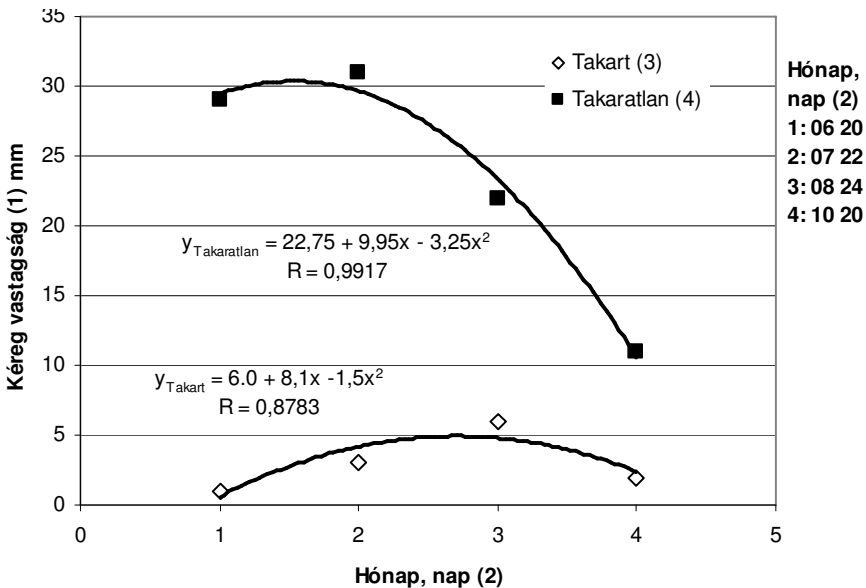


Figure 2. Extension of the crack affected by hail and rain-stress on covered and non-covered soil (Mezőhegyes 2010). (1) Thickness of the crack, (2) Month, day, (3) Covered soil, (4) Non-covered soil.

A lazult réteg mélységváltozása

A csapadék következtében az alapozó műveléssel előző évben kialakult lazult réteg mélység folyamatosan csökkent, a talajok ülepedtek. A mélység csökke-

nést azonban egyéb tényezők, a talaj kondíciója, és a felszínvédelem szintje is befolyásolta. A mélység változását közel 12 hónap alatt – hét időpontban mérve – a 3. ábra mutatja. Az alpművelési mélységek a következők voltak: szántás (Sz): 33,5 cm, lazítás (L): 40 cm, kultivátoros művelés (K): 22,6 cm, sekély kultivátoros művelés (SK): 15,6 cm, tárcsázás (T): 14,82 cm. A direktvetéses (DV) kezelésben a talaj kora tavasszal 31 cm-ig volt lazult, amely a nyolcévi kímélő használatnak tudható be. Az első tavaszi szemléig, március 22-ig a lazult réteg mélység alig csökkent, a fentiek sorrendjében 2, 1, 1, 3, 1 és 0%-kal. Vélhetően a kedvező talajállapotnak köszönhető, hogy az alpműveléstől hullott 282 mm csapadék nem okozott kárt.

3. ábra. Különbözően művelt talajok ülepedése csapadékos időnyben (Hatvan 2010)

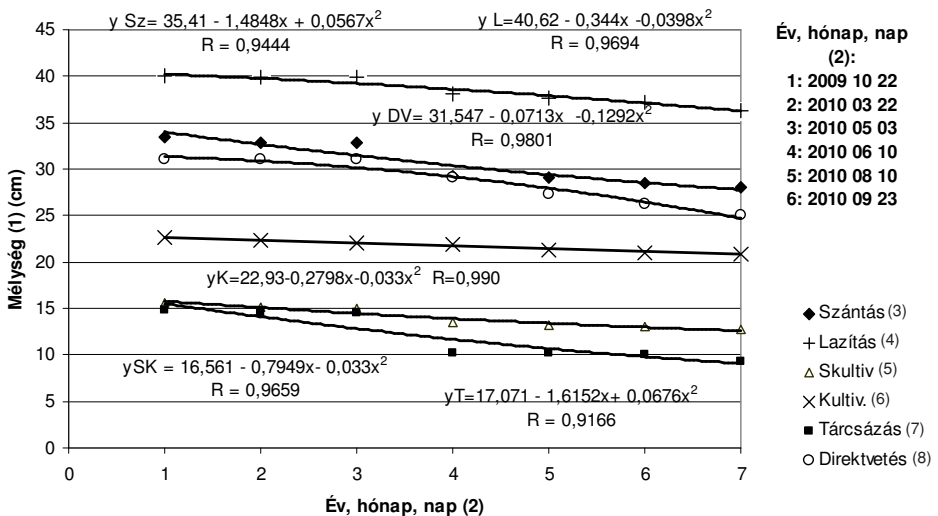


Figure 3. Settling of soil tilled differently (Hatvan 2010). (1) Depth cm, (2) Month, day, (3) Ploughing, (4) Loosening, (5) Shallow tine tillage, (6) Tine tillage, (7) Disking, (8) Direct drilling.

A vetéstől június 10-ig 208 mm csapadék hullott, a lazult réteg mélység a szántott talajban 13, a lazítottban 5, a kultivátorral művelt talajokban 3 és 13, a tárcsázottban 31%-kal csökkent. A direktvetés talajában 6% csökkenést mérünk. A korai esők legnagyobb mértékben a takaratlan (Sz), illetve a kevésbé takart (T) talajt ülepítették. A tárcsázott talaj nagymérvű ülepedése a 15 cm alatt kialakult tárcsatalp tömörödésnek is betudható. Ezt megerősíti a június

18–23 között tapasztalt felszíni vízpangás is, újabb 100 mm esőt követően. Az időleges vízpangás növény magasság csökkenéshez (45–51 cm), rövidebb csövek alakulásához, és a parcellák átlagához képest 8–9 % termés csökkenéshez vezetett. A betakarítást megelőzően mért lazultság mélység csökkenés az előbbieken sorrendjében 16, 9, 8, 18, 37, 9% volt, vagyis a lazult réteg jelentősebb ülepedését a tenyészidő elején hullott csapadék okozta. Összességében nagyobb mértékben a nem takart (Sz), a sekélyen művelt (T, SK) talaj ülepedett. A jelenség a szakirodalomból is ismert (*Tripathi et al.* 2005, *Gyuricza et al.* 2005, *Birkás et al.* 2009, *Várallyay és Farkas* 2010). A 3. ábrán közölt többszörös együtthatók (R) 0,9166 és 0,9900 között változnak, utalnak az összefüggések szorosságára.

A talajszerkezet változása

A gyakori eső-stressz a talaj szerkezetére is kedvezőtlenül hatott. A kísérlet talajára átlagosan jellemző Rög-Morzsa-Aprómorzsa-Por aránya 9 év átlagában 22–46–28–4, amelyben az összes morzsa 74%, vagyis igen kedvező. A szántott talaj az átlagnál némileg gyengébb (26–45–25–4), míg a kultivátorral művelt talaj az átlagnál jobb (18–48–30–4). Adott csapadékos idényben a kultivátorral művelt talaj szerkezete kevésbé romlott (19–47,5–29,5–4), a szántott talajban három frakció aránya változott (22–43–25–10). Az eső-stressz különösen a talaj legfelső 0–50 mm rétegét károsította. A 2009. októberi alapművelést követően március végéig visszaesett a morzsa arány. A magágykészítés kedvező hatását az újabb esők június elejére lerontották, azonban a kezelések között matematikailag megbízható különbség volt igazolható. Mivel a csapadék a mélyen művelt és sokáig nem takart talajt nagyobb mértékben károsította, célszerűnek tűnt a szántott talaj szerkezetében bekövetkezett változások nyomon követése (4. táblázat).

A rög és az aprómorzsa frakció arányok ingadozása, valamint a július közepéig – vagyis a kukorica figyelembe vehető borításáig – jellemző morzsa csökkenés a csapadék-stressz hatásával magyarázható. A kielégítő borításnak köszönhetően a szeptemberi csapadék többlet mérsékelt kárt okozott. Az adatokból a vízálló morzsák arányára is következtethetünk, amely a szántott talajra jellemző morzsa+aprómorzsa aránynak nagyobb hányadát (76%-ot) teheti ki. A morzsásodás, morzsa regenerálódás feltételül a szerzők a talaj jó szervesanyag ellátottságát jelölik meg (*Cook et al.* 2006, *Kalmár et al.* 2007, *Várallyay* 2011). Ennek jótékonyágát korábban is tapasztaltuk (*Birkás et al.* 2010b). A kukorica

védőhatása 140–160 cm magasság elérése, július 10. után vált érdemlegessé. A talajvédelemben az elővetemény maradványai nyár közepéig (kivéve Sz), az előlt gyomok maradványai a tenyészidő végéig hasznosultak.

4. táblázat. *A szántott talaj agronómiai szerkezetének változása (Hatvan 2010)*

Frakció átmérő (mm) (1)	Áttelelés (2)	Magágy (3)	182 mm	147 mm	119 mm	Szárazabb	Átlag (8)
			csapadék (máj.) (4)	csapadék (jún.) (5)	csapadék (szept.) (6)	időszak (okt.) (7)	
Rög (9) (>10)	29	17	23	30	12	21	22
Morzsa (10) (2,5–10)	46	47	35	32	47	48	43
Aprómorzsa (11) (0,25–2,5)	22	34	22	21	25	27	25
Por (12) (<0,25)	3	2	20	17	16	4	10

Table 4. Change in the agronomical structure of the ploughed soil (Hatvan 2010). (1) Fraction Ø mm, (2) Wintering, (3) Seedbed, (4) Following 182 mm precipitation in May, (5) Following 147 mm precipitation in June, (6) Following 119 mm precipitation in September, (7) Drier period (Oct.), (8) Mean, (9) Clod (>10 mm), (10) Crumb (2.5–10 mm), (11) Small crumb (0.25–2.5 mm), (12) Dust (<0.25 mm).

Jelen és korábbi vizsgálataink megerősítették a bolygatott talaj védelmét, függetlenül az idény csapadékosságától. Korábban a védelmet nyújtó takarás minimális arányát 25–35%-ban jelöltük meg (*Kalmár et al. 2007, Birkás et al. 2010b, Kalmár et al. 2011*). A parcellák tüzetes átnézése révén arra a következtetésre jutottunk, hogy adott csapadékos idényben a nagyobb takarás (45–55%) nyújt jobb védelmet. A nem takart talaj felület bármely kezelésben eliszapolódott, a meleg napokon pedig kérgesedett. Ilyen esetben a morzsa-regenerálódás csak akkor kezdődhet el, ha újabb takaró alakul ki, amely lehet természetett növény, vagy gyom. A gyomok előlése révén javulhat a felszín és a morzsa védelem szintje.

Adott idényben sajátosan alakult a por % változása április és szeptember között (4. ábra). A felszíni rétegben lévő por június végéig folyamatosan csökkent, ezt követően, az újabb csapadékok nyomán, némileg emelkedett. Ezzel egyide-

jüleg a szántott réteg mélységében (30,5–32,5, illetve 32,5–34,5 cm) folyamatos növekedést állapítottunk meg. Ebből a felszínen lévő por lemosódására, továbbá a szántott réteg alatti kumulálódására lehetett következtetni. A feltevés tisztázására két független változós regresszió analízissel azt vizsgáltuk, hogyan függ a mélyebb (32,5–34,5 cm) rétegben halmozódó por adott időszakban a közvetlen fölötté lévő, és a felszíni talajréteg por tartalmától (5. táblázat). A kapott egyenlet ($Y=3,26+1,213X_1-2,10X_2$, $R^2=0,9867$), nyomán az összefüggés $P=0,1\%$ szinten volt megbízható ($F=84,5>F_{0,1\%}=61,25$). Vagyis a legalsó rétegben megnövekedett por matematikailag bizonyíthatóan, 97,7%-ban magyarázható a legfelső, illetve a 30,5–32,5 cm rétegben lévő por lemosódásával. Megvizsgáltuk a két réteg hatásának relatív jelentőségét is. A kapott hányados szerint a felszíni réteg portartalmának 1,41-szer volt nagyobb befolyása a legalsó réteg portartalmára, mint a 30,5–32,5 cm rétegnek. Vagyis a legalsó rétegből a por előbb a kissé lazább 30,5–32,5 cm rétegbe, onnan pedig tovább mosódott.

4. ábra. A por arány alakulása szántott talaj felső 30,5–32,5 és 32,5–34,5 cm rétegében (Hatvan 2010)

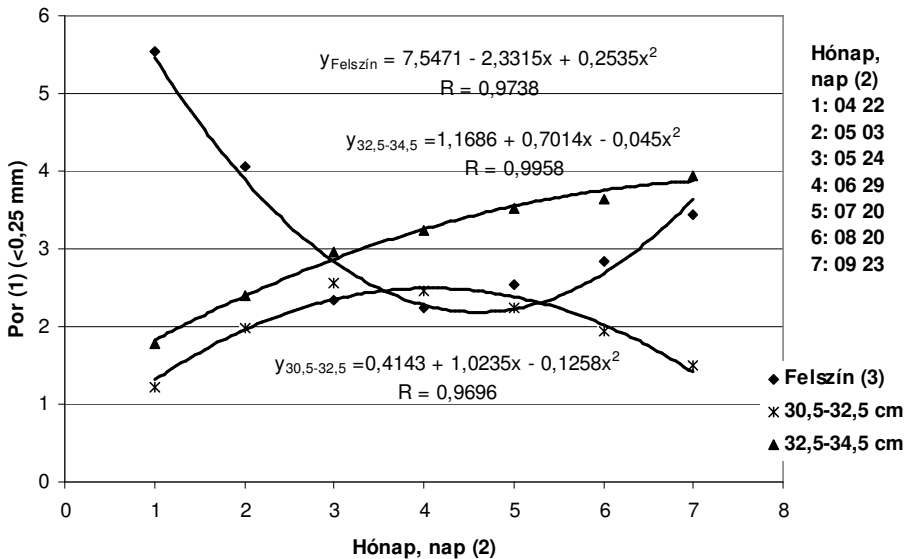


Figure 4. Ratio of the dust fraction in a ploughed soil surface and in the bottom (30.5–32.5 and 32.5–34.5 cm) layers. (1) Dust ratio %, (2) Month, day, (3) Surface.

5. táblázat. A por lemosódása szántott talaj alsó rétegeibe,
az értékelés variancia táblázata
(Hatvan 2010)

Tényező (1)	SQ	FG	MQ	F
Összes (2)	3,46	6	1,690***	84,5
Regresszió (3)	3,38	2	0,02	
Hiba (4)	0,08	4		P>61,25; P=0,1%

Table 5. Dust leaching to the bottom layers in a ploughed soil; table of variance (Hatvan 2010).
(1) Factor, (2) Total, (3) Regression, (4) Error.

A por lemosódását a tárcsázott talajban ugyancsak tapasztaltuk. 2010-ben a felszínen lévő por átlagosan 48%-kal alacsonyabb volt a sokéves átlagnál, a 12,5–15,5 cm rétegben azonban 12-szer több. A változásokat, hét időpontban az 5. ábra mutatja. A felszíni rétegben lévő por július közepéig csökkent, ezt követően kissé emelkedett. Ezzel egyidejűleg a 12,5–15,5 cm rétegben folyamatos volt a por arányának növekedése. Az adatsorokat polinomiális egyenlet illesztésével is megvizsgáltuk, amelynek értékelését a 6. táblázat mutatja. Az összefüggés az $Y=11,479-3,9349x+0,4087x^2$ egyenlettel írható le, amelyhez 0,9835 többszörös együttható tartozik, vagyis a kapcsolat a tényezők között szoros (P=0,1%). Az alsó rétegben megnövekedett por mennyisége tehát 98,4%-ban magyarázható a felső réteg portartalmának csökkenésével. A lineáris hatás (r_{lin}) 66,6%. A négyzetes hatás F-próbája (22,7%) arra utal, hogy a felső és a 12,5–15,5 cm rétegek portartalmának összefüggésében négyzetes hatás is van.

A tömörödés fokozódása

A por lemosódása elsősorban a nem takart szántott, és a hiányosan takart tárcsázott talajban mutatható ki. A lemosódott por nyilvánvalóan megváltoztatta azon rétegek állapotát, ahová lemosódott. Ezért a penetrációs ellenállás vizsgálatok adataiból kiemeltük azokat, amelyek a kritikus rétegre vonatkoznak. A penetrométerrel mérhető ellenállás, mint arra más szerzők is utalnak (Rátonyi 1999, Rátonyi et al. 2011), függ többek között a talaj nedvességtartalmától. Valamely talajon az ún. nedvesség optimumban mért ellenállás értékek mondhatók reálisnak, száraz talajban az értékek túlbecsülhetően nagyok. Korábban utaltunk arra, hogy a vizsgálati időszakokban a 0–35 cm réteg nedvessége a

csapadékok nyomán $0,17-0,23 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ tartományban változott, vagyis megfelelt az elfogadhatóság kritériumának. A szántott talajban három, a szántási mélységhez és a valószínűsíthető eketalp réteghez legközelebbi, vagyis a $30,0-32,5$; a $32,5-35,0$; és a $35,0-37,5$ cm mélységben elhelyezkedő rétegek állapota volt a legfontosabb. Az adatsorokhoz polinomiális görbéket illesztettünk, amelyet a 6. ábra mutat.

5. ábra. A por arány alakulása tárcsázott talaj felső, és 12,5–15,5 cm rétegében (Hatvan 2010)

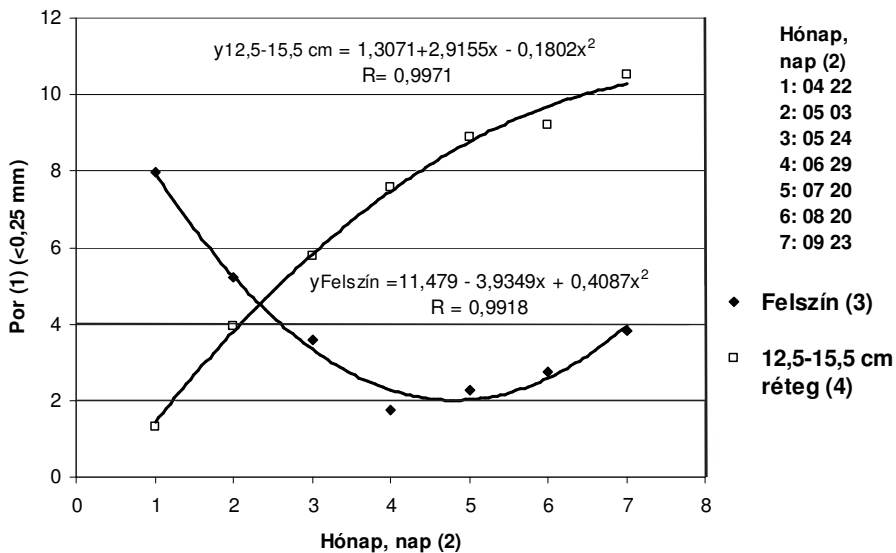


Figure 5. Ratio of the dust fraction in a disk tilled soil surface and in the bottom (12.5–15.5 cm) layer, (Hatvan 2010). (1) Dust ratio %, (2) Time (3) Surface, (4) 12.5–15.5: bottom layer.

A többszörös együtthatók értéke magas ($>0,9500$), amely a megbízhatóságra enged következtetni. Emellett szükségesnek láttuk annak vizsgálatát, hogy a $35,0-37,5$ cm mélységben elhelyezkedő réteg tömörségére milyen hatással van a fölötte közvetlenül elhelyezkedő réteg állapota. Ennek érdekében végeztük el a regresszió analízist, amelynek egyenlete $Y = 0,39 + 0,82227X_1 + 0,158X_2$. A többszörös együttható alapján a legmélyebb réteg adatainak szórása 97,5%-ban magyarázható. Az összefüggések $P=1\%$ -os szinten megbízhatóak (7. táblázat).

6. táblázat. A por lemosódás tárcsázott talaj alsó rétegeibe,
az értékelés variancia táblázata
(Hatvan 2010)

Tényező (1)	SQ	FG	MQ	F
Összes (2)	63,88	6		
Regresszió (3)	62,83	2	31,45	119,67***
Lineáris hatás (4)	42,53	1	42,53	162,02***
Négyzetes hatás (5)	20,30	1	20,30	77,33***
Eltérés (hiba) (6)	1,05	4	0,2625	P=0,1%

Table 6. Dust leaching to the bottom layers in a disked soil; table of variance (Hatvan 2010). (1) Factor, (2) Total, (3) Regression, (4) Linear effect, (5) Quadratic effect, (6) Error.

6. ábra. A talajellenállás értékek változása szántott talaj 3 rétegében
(Hatvan 2010)

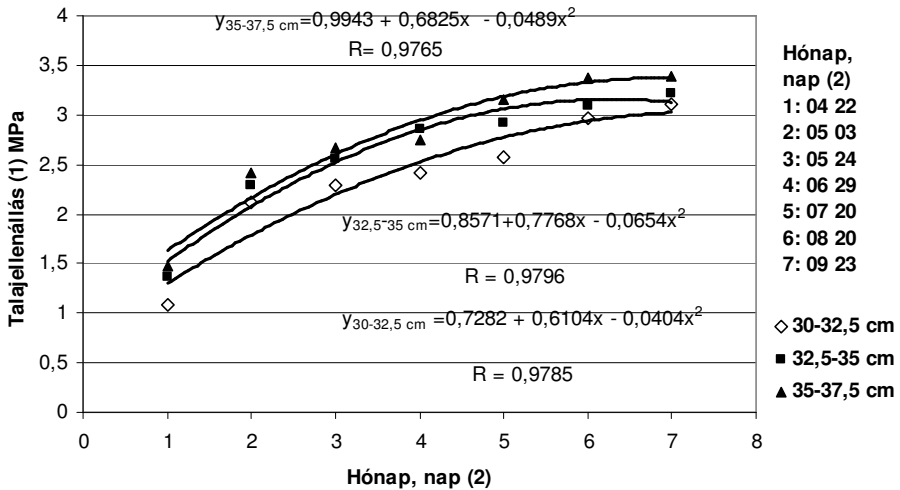


Figure 6. Change in the penetration resistance values in three layers of a ploughed soil (Hatvan 2010). (1) Penetration resistance, MPa, (2) Month, day.

Megvizsgáltuk továbbá a két befolyásoló réteg relatív jelentőségét. A kapott hányados szerint a 30,0–32,5 cm réteg változása 5,5-ször nagyobb mértékben befolyásolta a 35,0–37,5 cm réteg állapotát, mint a 32,5–35,0 cm rétegé. A tömörödés súlyosbodásában a korábban kialakult eketalp réteggig lemosódott por nagy valószínűséggel játszott szerepet.

7. táblázat. Az eketalp tömörödés kiterjedése szántott talaj alsóbb rétegeiben, az értékelés varianciatáblázata (Hatvan 2010)

Tényező (1)	SQ	FG	MQ	F
Összes (2)	2,650	6	1,2915**	77,104
Regresszió (3)	2,583	2	0,01675	
Hiba (4)	0,067	4		P>61,25; P=1%

Table 7. Extension of the compaction in the bottom layers of the ploughed soil; table of variance (Hatvan 2010). (1) Factor, (2) Total, (3) Regression, (4) Error.

A por a művelt mélységhez legközelebbi rétegekbe mosódott a tárcsázott talajban is, ezért kézenfekvő volt ezek penetrációs ellenállás adatainak kiemelt vizsgálata. Az adatsorokhoz illesztett polinomiális görbéket a 7. ábra mutatja.

7. ábra. A talajellenállás értékek változása tárcsázott talaj 3 alsó rétegében (Hatvan 2010)

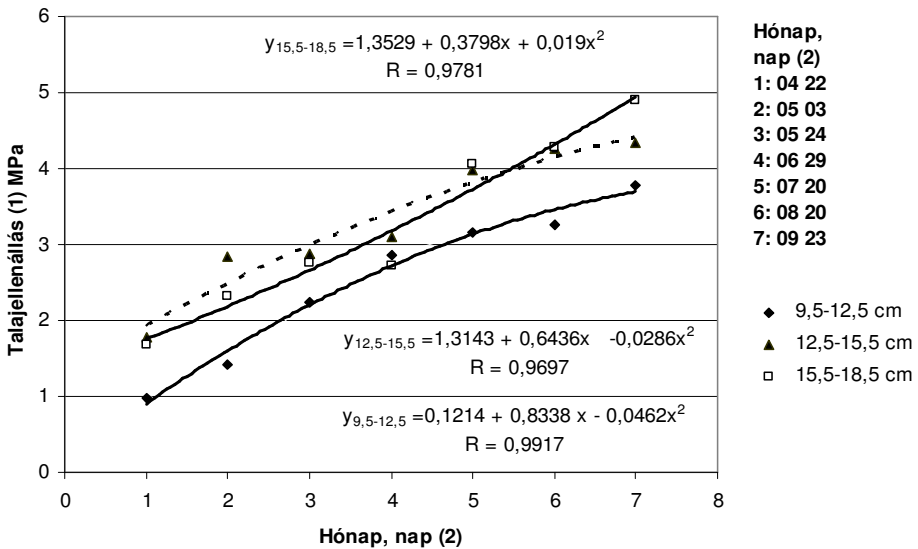


Figure 7. Change in the penetration resistance values in three bottom layers of a disked soil (Hatvan 2010). (1) Penetration resistance, MPa, (2) Month, day.

A többszörös együttható értéke ($>0,9600$) szoros összefüggésre enged következtetni. Az eketalp tömörödés változásai nyomán feltételeztük, hogy a valószínűsíthető tárcsatalp tömörödés rétegének (15,5–18,5 cm) állapotára – éppen a por lemosódás okán – a fölötté lévő rétegek közül különösen a 12,5–15,5 és a 9,5–12,5 cm rétegek lehetnek hatással (8. táblázat). A két független változós regresszió analízis egyenlete $Y' = -0,973 + 0,218X_1 + 1,0001X_2$. A többszörös együttható alapján a legmélyebb réteg adatainak szórása 94,5%-ban magyarázható ($P=1\%$). Megvizsgáltuk továbbá a két befolyásoló réteg relatív jelentőségét. A kapott hányados szerint a 9,5–12,5 cm réteg változása 2,4-szer nagyobb mértékben befolyásolta a 15,5–18,5 cm réteg állapotát, mint a 12,5–15,5 cm rétegé. A por előbb a 9,5–12,5 cm rétegit mosódott, idővel azonban, vélhetően a réteg fölötti vízpangás nyomán lejutott az alatta lévő rétegekbe is, fokozva azok tömörödését.

8. táblázat. A tömörödés fokozódása tárcsázott talaj alsó rétegeiben, az értékelés variancia táblázata (Hatvan 2010)

Tényező (1)	SQ	FG	MQ	F
Összes (2)	8,32	6	3,93**	34,1739**
Regresszió (3)	7,86	2	0,115	
Hiba (4)	0,46	4		$P>18,00$; $P=1\%$

Table 8. Extension of the compaction in the bottom layers of the disk tilled soil; table of variance (Hatvan 2010). (1) Factor, (2) Total, (3) Regression, (4) Error.

Felszín-kérgesedés

Az eliszapolódott talajfelszín az újabb csapadékig terjedő idő alatt megszikkadt, és kérgessé vált. Az összeállt kéreg egyes esetekben megrepedezett, kiemelésük egyszerű volt. A kéreg vastagsága azonos volt az eliszapolódott réteggel. A kezelések között érdemi különbség volt, kevésbé iszapoltak el a takart talajok. Legnagyobb különbség a szántott és a kultivátorral művelt talaj állapota között alakult ki (9. táblázat). A különbség konfidenciahatárai – h_1 és $h_2=9,0\pm 4,31$ – arra utalnak, hogy a takaratlan szántott talaj felszínén kialakult kéreg 5% tévedési valószínűséggel, legalább 4,7-tel, és legfeljebb 13,3-mal vastagabb, mint a kultivátorral művelt takart talajon. Az adatsorokhoz polinomiális görbéket illesztettünk (8. ábra). Látható, hogy a kéreg vastagság mindkét

kezelésben június végéig növekszik, ezt követően pedig csökken. A kérgesség, és a kéreg vastagság csökkenést a kukorica nem teljes, de a körülményekhez képest jó takarása tette lehetővé.

9. táblázat. Az eső-stressz nyomán kialakult kéregvastagság (mm) változása szántott és kultivátorral művelt talaj felszínén (Hatvan 2010)

Időpont (1)	Szántott talaj (2)	Kultivátorral művelt talaj (3)	Különbség (4)
2010. 04. 22.	7	3	4
2010. 05. 03.	13	7	6
2010. 05. 24.	19	9	10
2010. 06. 29.	25	11	14
2010. 07. 20.	21	7	14
2010. 08. 20.	17	5	12
2010. 09. 22.	6	3	3
Összes (5)	108	45	63
Átlag (6)	15,42	6,42	9
SzD _{5%} (7)			4,31 P%>3,71; P=1%

Table 9. Extension of the crack (mm) affected by rain-stress on the surface of a ploughed and tine tilled soil (Hatvan 2010). (1) Time, (2) Ploughed soil, (3) Tine tilled soil, (4) Difference, (5) Sum, (6) Mean, (7) LSD_{5%}.

A szántott talaj felszíne, mivel nincs rajta tarlómaradvány, vagyis takarás, különösen kitett az ismétlődő csapó esőknek. Ugyanakkor a kár mértéke, mint tapasztaltuk, kapcsolatban van a talaj minőségével. Ilyen alapon, a kísérletünkben a szántott talaj jobb állapotban van, mint a hasonló típusú elhanyagolt változat (9. ábra). Az adatsorokhoz polinomiális görbét illesztettünk. Látható, hogy a kéreg vastagság a megkímélt talajon június végéig, míg az elhanyagolt talajon július közepéig növekszik, ezt követően csökken. A két talaj között igen szembetűnő a különbség, ugyanakkor az összefüggések mindkét esetben megbízhatóak (10. táblázat). A különbség konfidenciahatárai – h_1 és $h_2=10,85\pm 9,59$ – alapján az elhanyagolt talaj felszínén kialakult kéreg 5% tévedési valószínűséggel, legalább 1,3 mm-rel, és legfeljebb 20,4 mm-rel vastagabb, mint a megkímélt talaj felszínén kialakult kéreg.

8. ábra. Az eső-stressz hatására kialakult kéreg kiterjedése takart (K) és nem takart (Sz) talajon (Hatvan 2010)

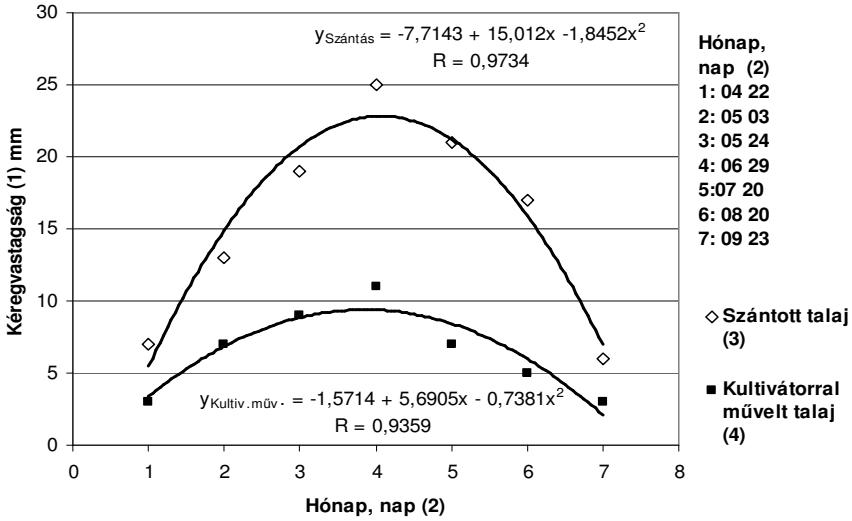


Figure 8. Extension of the crack affected by rain-stress on covered (tine tillage) and non-covered (ploughed) soil (Hatvan 2010). (1) Thickness of the crack, (2) Month, day, (3) Ploughed soil, (4) Tine tilled soil.

9. ábra. Az eső-stressz hatására kialakult kéreg kiterjedése szántott talajok felszínén (Hatvan 2010)

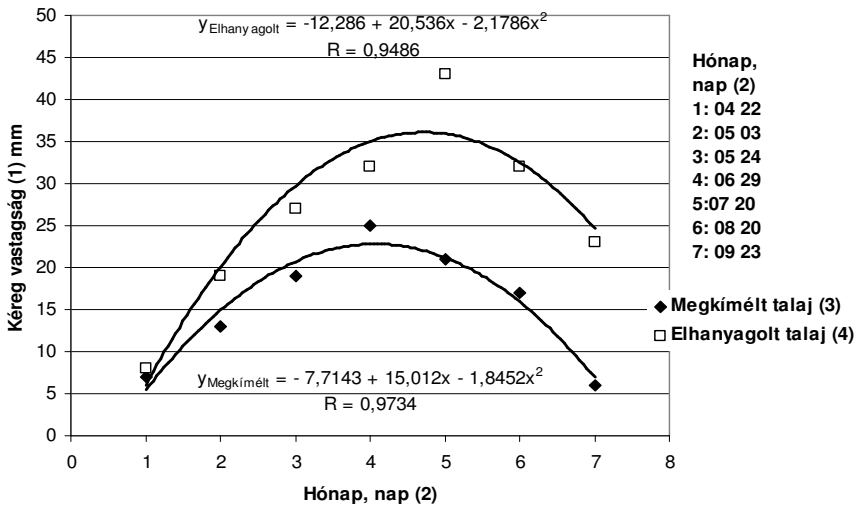


Figure 9. Extension of the crack affected by rain-stress on a conserved and a neglected ploughed soil (Hatvan 2010). (1) Thickness of the crack, (2) Month, day, (3) Conserved soil (4) Neglected soil.

10. táblázat. Az eső-stressz nyomán kialakult kéregvastagság (mm) változása megkímélt és elhanyagolt szántott talajok felszínén (Hatvan 2010)

Időpont (1)	Megkímélt talaj (2)	Elhanyagolt talaj (3)	Különbség (4)
2010. 04. 22.	7	8	1
2010. 05. 03.	13	19	6
2010. 05. 24.	19	27	8
2010. 06. 29.	25	32	7
2010. 07. 20.	21	43	22
2010. 08. 20.	17	32	15
2010. 09. 22.	6	23	17
Összes (5)	108	184	76
Átlag (6)	15,43	26,28	10,85
SzD _{5%} (7)			9,59 P%>3,71; P=1%

Table 10. Extension of the crack (mm) affected by rain-stress on the surface of a preserved and a neglected ploughed soil (Hatvan 2010). (1) Time, (2) Ploughed soil, (3) Tine tilled soil, (4) Difference, (5) Sum, (6) Mean, (7) LSD_{5%}.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást támogatják a Nemzeti Erőforrás Minisztérium programjai (OM-00381/2008; OM-01289/2009-HR-43/2008), CZ-9/09), a Horvát Mezőgazdasági, Halászati és Vidékfejlesztési Minisztérium és mezőgazdasági vállalatok: GAK Nonprofit Kft., Józsefmajori Tanüzem, Agroszen Kft., Belvárdgyulai Mg. Zrt., Bóly Zrt., Dalmandi Mg. Zrt., Kverneland Group Hungária Kft., Mezőhegyesi Ménesbirtok Zrt., Szerencsi Mg. Zrt., Vásárhelyi Róna Kft., TerraCoop Kft. Szentes, Väderstad Kft.

IRODALOM

- Bada G.–Horváth F.: 1998. A Pannon-medence jelenkori tektonikája. Természet Világa II. különszám, 18–23.
- Balás Á.: 1888. Általános és különleges növénytermelés. 2. kiadás, Magyar-Óvár, Czeh S. Nyomda. 54.

- Ballenegger R.-Di Gléria, J. (szerk.):* 1962. Talaj- és trágyavizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó. 83–106.
- Basic, F.-Kisic, I.-Mesic, M.-Nestroy, O.-Butorac, A.:* 2004. Tillage and crop management effects on soil erosion in central Croatia. *Soil and Tillage Res.* 78: 197–206.
- Behera, B. K.-Varshney, B. P.-Goel, A. K.:* 2009. Effect of puddling on puddled soil characteristics and performance of self-propelled transplanter in rice crop. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Vol. X. Manuscript PM 08 020.
- Birkás, M.-Stingli, A.-Farkas, Cs.-Bottlik, L.:* 2009. Interactuin between tillage-induced soil compaction and climate damages. *Növénytermelés.* 58. 3: 5–26.
- Birkás, M.-Kisic, I.-Jug, D.-Smutny, V.:* 2010a. The impacts of surface mulch-cover and soil preserving tillage on the renewal of the top soil layer. *Agriculture in nature and environment protection.* [In: Jug, D.-Soric, R. (eds.) 3rd International Scientific Conf.] 31st May–2nd June, 2010. Vukovar. Glas Slavonije d.d. Osijek. 21–27.
- Birkás, M.-Bottlik, L.-Csorba, Sz.-Mesic, M.:* 2010b. Soil quality improving and climate stress mitigating tillage – The Hungarian solutions. *Hungarian Agr. Research.* 19. 3: 4–8.
- Birkás, M.-Kisic, I.-Jug, D.-Smutny, V.:* 2011. Remedying water-logged soils by means of adaptable tillage. *Agriculture in nature and environment protection.* [In: Stipesevic, B.-Soric, R. (eds.) 4th Internat. Scientific/professional Conf. Proceedings and Abstracts.] 1–3 June, 2011. Vukovar. Glas Slavonije d.d. Osijek. 11–22.
- Blaskó, L.-Wafi Mohamed, J. K.-Karuczka, A.:* 1998. Susceptibility to sealing and crusting of the main Hungarian Plain soil types and elaboration of suitable method for its moderation. [In: Birkás, M.-Murányi A. (eds.) *Int. Conference on Soil Condition and Crop Production.*] Gödöllő. 33–35.
- Cook, H. F.-Valdes, G. S. B.-Lee, H. C.:* 2006. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea mays* L. *Soil Tillage Res.* 91: 227–235.
- Cserháti S.:* 1900. Általános növénytermesztés. Czéh S. Könyvnyomda. Magyar-Óvár.
- Ditz, H.:* 1867. *Die Ungarische Landwirtschaft*, Verlag O. Wigand. Leipzig. (ford. Kádár I., kiadva: 1993) MTA TAKI. Budapest.
- Dvoracsek M.:* 1957. A cserepesedés. [In: Di Gléria J.-Klimes-Szmik A.- Dvoracsek M. (szerk.) *Talajfizika és talajkolloidika.*] Akadémiai Kiadó. Budapest. 470–473.
- Ghadiri, H.-Payne, D.:* 1986. The risk of leaving the soil surface unprotected against falling rain. *Soil Tillage Res.* 8: 119–130.
- Gallardo-Carrera, A.-Leonard, J.-Duval, Y.-Dürr, C.:* 2007. Effects of seedbed structure and water content at sowing on the development of soil surface crusting under rainfall. *Soil and Tillage Res.* 95: 207–217.
- Gyuricza, Cs.-Ujj, A.-Rosner, J.:* 2005. Sustainable production of maize in Austria: Results of a long-term experiment. *Annals of Agr. Sci.* 3. 4: 31–38.
- Jug, D.-Birkás, M.-Seremesic, S.-Stipesevic, B.-Jug, I.-Zugec, I.-Djalovic, I.:* 2010. Status and perspectives of soil tillage in South-East Europe. [In: Jug, I.-Vukadinovic, V. (eds.) *Proceedings of the 1st International Sci. Symposium on Soil Tillage – Open Approach.*] Osijek. 9–11 Sept. 2010.

- Kalmár T.–Birkás M.–Stingli A.–Bencsik K.:* 2007. Tarlóművelési módszerek hatása szélsőséges művelési idényekben. *Növénytermelés*. 56. 5–6: 263–279.
- Kalmár, T.–Csorba, S.–Szemők, A.–Birkás, M.:* 2011. The adoption of the rain-stress mitigating methods in a damaged arable soil. *Növénytermelés*. 60. Suppl. 321–324.
- Kovács T.–Nagy A.–Konkolyné Bihari Z.:* 2011. Néhány éghajlati jellemző 2010-ben magyarországi és globális viszonylatban. www.met.hu/pages/2010_rovid_osszefoglalaja_20110110.php
- Kozák P.:* 2011. Belvízi jelenségek az alsó-tiszai vízgyűjtőkön az 1955–2010. közötti időszakban. [In: Rakonczai J. (szerk.) *Környezeti változások és az Alföld.*] Nagyalföld Alapítvány Kötetei 7. Békéscsaba. 127–136.
- Mattyasovszky J.:* 1957. Felületi elfolyó vizek keletkezése és az erózió. MTA Agrártudományok Osztálya Közleményei. 11. 1–4: 164–170.
- MGSZH:* 2011. Kimutatás a belvizzel borított területek nagyságáról. 2011. jan. 31. http://www.mgszh.gov.hu/akadalymentes/szakteruletek/szakteruletek/foldmuv_ig/
- Milhoffer S.:* 1897. Talajkimerülés. Könyves Kálmán Rt. Budapest.
- Pajtókné Tari I.:* 2011. A medence-jelleg tükröződése hazánk éghajlatában és annak változásában. [In: Rakonczai J. (szerk.) *Környezeti változások és az Alföld.*] Nagyalföld Alapítvány Kötetei 7. Békéscsaba. 233–244.
- Pálfai J.:* 2000. A belvíz definíciói. [In: Pálfai J. (szerk.) *Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai tanulmányok.*] Közlekedési Dokumentációs Kft. 17–34.
- Rátonyi T.:* 1999. A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen.
- Rátonyi, T.–Sulyok, D.–Harsányi, E.–Kiss, Cs.:* 2011. Evaluation of anthropogenic impact on soil physical condition in different production sites of Hungary. *Növénytermelés*. 60. Suppl. 45–48.
- Reynolds, W. D.–Drury, C. F.–Yang, X. M.–Fox, C. A.–Tan, C. S.–Zhang, T. Q.:* 2007. Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. *Soil Tillage Res.* 96: 316–330.
- Simon, T.–Javurek, M.–Mikanová, O.–Vach, M.:* 2009. The influence of tillage systems on soil organic matter and soil hydrophobicity *Soil and Tillage Research* 105: 44–48.
- Soil Sampling Protocol, JRC:* 2010 http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/soil_sampling/index.html
- Stefanovits P.:* 1981. Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 327–328.
- Sváb J.:* 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Szalai J.:* 2011. Talajvízszint változások az Alföldön. [In: Rakonczai J. (szerk.) *Környezeti változások és az Alföld.*] Nagyalföld Alapítvány Kötetei 7. Békéscsaba. 97–110
- Tripathi, R. P.–Sharma, P.–Singh, S.:* 2005. Tilth index: an approach to optimize tillage in rice–wheat system. *Soil Till. Res.* 80: 27–137.
- Várallyay, Gy.:* 2010. Increasing importance of the water storage function of soils under climate change. *Agrokémia és Talajtan*. 59. 1: 7–18.
- Várallyay, Gy.:* 2011. Water-dependent land use and soil management in the Carpathian basin. *Növénytermelés*. 60: Suppl. 297–300.

- Várallyay Gy.–Farkas Cs.: 2008. A klímaváltozás várható hatásai Magyarország talajaira. [In: Harnos Zs.–Csete L. (szerk.) Klímaváltozás: környezet–kockázat–társadalom.] Szaktudás Kiadóház. Budapest. 91–129.
- Várallyay, Gy.–Farkas, Cs.: 2010. Agrotechnical measures for reducing the risk of extreme soil moisture events. [In: Soil tillage: Open approach. Proc. 1st Int. Sci. Conf.] 9–11 Sept. 2010. Osijek. Croatia. CD-ROM. 10–19.
- Várallyay, Gy.–Leszták, M.: 1989. Map susceptibility of soils to physical degradation. [In: National Atlas of Hungary.] HAS. Budapest.
- Vieira, D. A. N.–Dabney, S. M.: 2011. Modeling edge effects of tillage erosion. Soil and Tillage Res. 111: 197–207.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Birkás Márta–Kalmár Tibor–Szemők András
Szent István Egyetem
Gödöllő
Páter K. u. 1.
H-2103

Kisić Ivica
Zágrábi Egyetem Agronómiai Kar
Zágráb
Svetošimunska c. 25.
Horvátország
HR-10000

Jug Danijel
Strossmayer Egyetem Agronómiai Kar
Eszék
Trg Svetog Trojstva 3.
Horvátország
HR-31000

Smutný Vladimír
Mendel Egyetem Agronómiai Kar
Brno
Zemědělská 1/1665.
Csehország
CZ-61300

Új globálsugárzás becslő módszer a növénytermesztési modellek támogatására

FODOR NÁNDOR

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

Összefoglalás

Egy új globálsugárzás becslő eljárást fejlesztettünk ki, és teszteltünk egy nagy észak-amerikai adatbázis segítségével. Az új módszert a széles körben ismert Donatelli-Campbell módszerrel hasonlítottuk össze. A hibamutatók alapján igazolást nyert, hogy az új eljárás pontosabb becslésre képes, mint a referencia módszer. Ez a jó teljesítmény elsősorban a napi hőingás és a napi sugárzásösszeg kapcsolatát leíró függvény kedvező tulajdonságaira vezethető vissza. A csapadékatatok figyelembevételével a becslések pontosságát tovább tudtuk növelni. A becsléseket térben olyan helyekre is kiterjeszthetővé tettük, ahol nem történik sugárzásmérés. Az új módszer hatékonyan használható szimulációs növénytermesztési modellek bemenő adatainak becslésére, használatával csökkenthető a modelleredmények sugárzásbecslésből származó bizonytalansága illetve a modellek olyan helyekre is használhatóvá válnak, ahol nem állnak rendelkezésre mért sugárzásadatok.

Kulcsszavak: globálsugárzás, becslés, növénytermesztési modell, adatpótlás

A new method of estimating global radiation to support crop production models

N. FODOR

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of
the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

A new method of estimating global radiation was developed and tested with a large North-American database. The new method was compared to the widely known Donatelli-Campbell method. Based on the error indexes, it was shown that the new method provides more accurate estimation than the reference method. This good performance mainly stems in the favourable characteristics of the function describing daily heat fluctuation and daily radiation sum. By taking precipitation values into consideration, the accuracy of estimations could be further increased. The estimations could be extended to locations where no radiation measurements are performed. The new method can be effectively used to estimate the input data of crop production simulation models and the uncertainty of the model data resulting from radiation estimation, while the models can also be used in locations where there are no radiation data available.

Key words: global radiation, crop production model, data supplementation

Новый метод оценки глобального излучения для поддержки растениеводческих моделей

Н. ФОДОР

Исследовательский Институт Почвоведения и Агрохимии Венгерской Академии Наук,
Будапешт

Резюме

Мы разработали новый метод оценки глобального излучения, и протестировали его с помощью большой северо-американской базой данных. Этот новый метод мы срав-

nikli с широко известным методом Донателли-Камбелла (Donatelli-Campbell). На основании показателей ошибок подтвердилось, что новый метод способен на более точную оценку, чем референционный метод. Этот хороший результат происходит в первую очередь благодаря благоприятным свойствам функции, описывающей связь дневного колебания тепла и дневной суммы излучения. Принимая во внимание данные осадков, можем и дальше увеличить точность оценки. Мы сделали возможным оценки в пространстве и в таких местах, где не происходит измерение излучения. Новый метод эффективно можно использовать для оценки входящих данных симуляционных растениеводческих моделей, с его применением можно уменьшить вытекающую из оценки излучения неопределённость результатов модели, а также модели можно использовать и в таких местах, где нет в распоряжении измеренных данных излучения.

Ключевые слова: глобальное излучение, оценка, растениеводческая модель, дополнение данных

Bevezetés

A napból érkező sugárzó energia a légkör, és a rhizoszférát is magába foglaló bioszféra folyamatainak fő mozgató ereje. Következésképpen, a mért napi globálsugárzás a növénytermesztési és vízgazdálkodási modellek egyik legfontosabb bemenő adata. A napsugárzás intenzitásának ismerete számos gyakorlati alkalmazás (épületek tervezése, energia átalakító készülékek értékelése, stb.) szempontjából is elengedhetetlen (*Maghrabi* 2009). A napsugárzás mérésére használt érzékelők (pyranométerek) meglehetősen költségesek, ráadásul a precíz mérés rendszeres kalibrálást és körültekintő gondozást igényel. Ennek megfelelően a hosszú és jó minőségű napsugárzás adatsorok igen értékesek mind tudományos, mind gyakorlati szempontból.

Hosszú, minőségi sugárzás adatsorok csak kevés helyre elérhetők. Ez a hiány a növénytermesztési modellek használatának és fejlesztésének egyik legfőbb akadálya. Azokban az esetekben, amikor nem áll rendelkezésre mért napsugárzás adat, olyan módszereket alkalmaznak, amelyek segítségével a sugárzás mértéke megbecsülhető, olyan egyszerűbben illetve elterjedtebben mért meteorológiai paraméterek felhasználásával, mint a napsütéses órák száma, hőmérséklet illetve csapadék. Habár a becslőmódszerek jó alternatívát jelen-

tenek adathiány esetén, alkalmazásuk természetesen megnöveli a növénytermesztési modellek eredményeinek bizonytalanságát. Egyre pontosabban becsülő módszerek kifejlesztésével azonban ez a bizonytalanság csökkenthető.

A növénytermesztési modellek meteorológiai bemenő adatsora minimális esetben (Jones *et al.* 2003) a napi globálsugárzás, maximum és minimum hőmérséklet, valamint a csapadékmennyiség értékeket tartalmazza. Liu és Scott (2001), Abraha és Savage (2008), valamint Liu *et al.* (2009) átfogó képet adtak a hőmérséklet és csapadék alapú napsugárzásbecslő eljárásokról. Ezen módszerek különösen fontosak abból a szempontból, hogy segítségével a növénytermesztési modellek alkalmazhatósági területe térben és időben is kiterjeszhető olyan állomásokra, ahol visszamenőleg hosszú hőmérséklet és csapadék adatsorok állnak rendelkezésre, de pyranométert csak a közelmúltban telepítettek, vagy a sugárzásmérés hosszabb-rövidebb ideig szünetelt pl. technikai okok miatt.

Fontos megjegyezni, hogy számos napsütéses órák száma alapján számoló eljárás is létezik (Ångström 1924, Szász 1968, Kamel *et al.* 1993), amelyek pontosabb becslésekre képesek, mint a hőmérséklet alapú módszerek (Fodor *et al.* 2003). A globálsugárzás napi összege és a napsütéses órák száma között erősebb a fizikai kapcsolat, mint a globálsugárzás és a napi hőingás között, nem is beszélve arról, hogy az utóbbi esetben az ok-okozati kapcsolat is fordított. Ennek ellenére a hőmérséklet alapú módszerek létjogosultságát az adja, hogy a hőmérsékletet és a csapadékot jóval több helyen mérik, mint a napsütéses órák számát.

A globálsugárzás napi mennyiségét (R_s) becsülő, hőmérséklet alapú eljárások a globálsugárzást egy háromtényezős szorzattal számítják [1], ahol R_a a földön kívüli sugárzás, azaz a sugárzó energia mennyiség a légkör külső peremén, τ a tiszta, derült égbolt fényáteresztő-képessége és F_{cd} az égbolt derültségének arányát megadó tényező. Bizonyos módszerek még kibővítik a képletet a polinom taggal, amelynek független változói a napi középhőmérséklet (T_{avg}) és csapadékösszeg vagy csapadék-előfordulás (P).

$$R_s = R_a \cdot \tau \cdot F_{cd} + p(T_{avg}, P) \quad [1]$$

A földönkívüli sugárzás az év bármely napjára a kérdéses hely földrajzi szélességének és tengerszint feletti magasságának ismeretében kiszámítható. A tiszta égbolt fényáteresztő-képességét többféleképpen definiálhatjuk. Liu és

Scott (2001) a R_s/R_a hányados azon napokon felvett értékével azonosította τ -t, amikor a napi hőingás a legnagyobb. Donatelli és Bellocchi (2001) a R_s/R_a hányadosokat ábrázolta az év napja függvényében, és az így kapott ponthalmaz enyhén szinuszos jellegű burkológörbéjével adta meg a τ időben változó értékét. Mivel a szinuszos burkológörbe amplitúdója sok helyen igen kismértékű, lehetőség van arra is, hogy τ -t egyszerű helyspecifikus paraméterként kezeljük. Az Fcd értékét legtöbb módszer a ún. simított napi hőingás [$\Delta T = T_{\max}^i - 0.5 \times (T_{\min}^i + T_{\min}^{i+1})$] alapján számítja, ahol T_{\max}^i és T_{\min}^i az adatsor i . napjának maximum és minimum hőmérsékletei.

Bizonyos becslő eljárások mindössze egy közönséges hatványfüggvényt használnak az Fcd hőingásból történő kiszámítására, míg a többség az 1-exp() és egy hatványfüggvény kompozícióját használja erre a célra. A módszerek többsége nem alkalmazza az [1] egyenletben feltüntetett polinom tagot, amelynek az eredménye olyan függvény, amelynek a $\Delta T = 0$ -ban vett határértéke nulla. Ez nyilvánvaló hibája a hőmérsékletalapú becslő eljárásoknak, hiszen a globálsugárzás értéke soha sem lesz nulla, még a nulla hőingású napokon sem. Egyetlen olyan módszert (Chen et al. 2004) találtuk, amely egy konstans tag alkalmazásával kiküszöböli ezt a hibát. Ez az eljárás azonban hatványfüggvénnyel operál, amelynek a leírt jelenség értelmezési tartományában nincs inflexiós pontja. A későbbiekben azonban megmutatjuk, hogy az Fcd- ΔT összefüggés leírására célszerű inflexiós ponttal rendelkező függvényt használni.

Jelen tanulmány célkitűzései a következők: (1) bemutatni egy olyan globálsugárzás becslő módszert, amely kiküszöböli a hőmérséklet alapú eljárások előbbiekben említett gyengeségeit, (2) csapadékadatok bevonásával továbbfejleszteni a bemutatott módszert, (3) összehasonlítani az új eljárást az egyik legszélesebb körben használt hőmérséklet alapú módszerrel, (4) és megvizsgálni annak a lehetőségét, hogy az új módszer becslései térben kiterjeszthetők-e olyan területekre, ahol nem állnak rendelkezésre mért sugárzás adatok.

Anyag és módszer

A Donatelli-Campbell (DC, 1998) módszer [2] helyspecifikus konstansként kezeli τ -t, melynek értékét a rendelkezésre álló megfigyelt adatsor elemzésével lehet meghatározni (Bechini et al. 2000). A DC módszer a napi középhőmérsékletet és a napi minimum hőmérsékletet korrekciós tényezőként veszi figyelembe az Fcd kiszámítása során:

$$R_s = R_a \cdot \tau \cdot (1 - \exp(-a \cdot f_1(T_{\text{avg}}) \cdot f_2(T_{\text{min}} \cdot b^{-1}) \cdot \Delta T^2)) \quad [2]$$

Ahol a és b helyspecifikus paraméterek, amelyeket nem-lineáris regresszió segítségével lehet meghatározni a mért adatsor alapján.

A Donatelli-Campbell módszert számos vizsgálat során, a világ több pontján (>200), eltérő klimatikus adottságú helyeken tesztelték (*Rivington et al. 2002, Bellocchi et al. 2003, Rivington et al. 2005*), és megbízható alternatívájának bizonyult a napsütéses órák számán alapuló eljárásoknak arra az esetre, amikor csak hőmérséklet adatok állnak rendelkezésre. Ezen komoly eredmények ellenére a módszer, az alkalmazott képlet [2] szerkezetéből kifolyólag, kis hőingású napokon alulbecsli a sugárzást, hiszen a hőingás csökkenésével a számított sugárzásértékek nullához tartanak.

Felhasznált adatok

Az Egyesült Államok 94 meteorológiai állomásának (1. ábra) 30 év (1961–1990) hosszúságú adatsorát használtuk fel, amelyek a globálsugárzás, a maximum és minimum hőmérséklet, valamint a csapadékmennyiség napi értékeit tartalmazták ("SAMSON" 2009). A vizsgált állomások az USA félszárász és nedves kontinentális, nedves szubtrópusi valamint óceáni klimatikus régióiban helyezkednek el. Az állomások évi középhőmérsékletei, éves átlagos sugárzásösszegei és éves átlagos csapadékösszegei a 6,3–25,5 °C, 4000–7100 MJm², és 375–3350 mm tartományban változtak. A DC és az újonnan kidolgozott módszert ezen adatbázis segítségével hasonlítottuk össze.

Az új modell magyarországi klimatikus körülményekre való alkalmazhatóságát, a számunkra hozzáférhető egyetlen olyan adatsor (Pestlőrinc, 1968–1987) segítségével vizsgáltuk meg, amely mind a négy szükséges meteorológiai paramétert tartalmazza.

$$\begin{aligned} \text{I.} \quad & \lim_{\Delta T \rightarrow 0} f(\Delta T) > 0 \\ \text{II.} \quad & \exists \Delta T \in D_f, f'(\Delta T) \neq 0, f''(\Delta T) = 0 \\ \text{III.} \quad & \lim_{\Delta T \rightarrow \infty} f(\Delta T) = 1 \end{aligned} \quad [3]$$

Az új globálsugárzás becslő módszer bemutatása

Annak ellenére, hogy a vizsgálatba vont állomások nagy részén megfigyelhető volt a τ enyhén szinuszos éves menete, az új eljárás [4] az egyszerűség kedvé-

ért, a τ értékét helyspecifikus állandóként, egészen pontosan illesztési paraméterként kezeli. Az $F_{cd}-\Delta T$ összefüggés leírására olyan függvényt kerestünk, amely eleget tesz három olyan alapvető feltételnek, amelyet a megfigyelt értékek 'sugallnak' (2. ábra):

$$R_s = R_a \cdot \tau \cdot \frac{F_{cd}}{1 + e^{a-b \cdot \Delta T}}^c \quad [4]$$

1. ábra. A vizsgálatba vont meteorológiai állomások elhelyezkedése

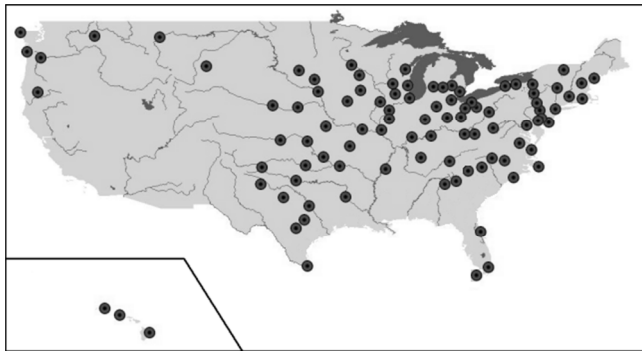


Figure 1. Location of the weather stations involved in the examination.

A fenti három feltételen túl célszerű volt olyan függvényt keresni, amely a lehető legegyszerűbb, azaz kevés számú paraméterrel rendelkezik. Ezek alapján az új módszer az alábbi képlettel számítja a globálsugárzás napi értékét: τ , a , b , és c illesztési paraméterek, amelyeket megfigyelt adatokra történő függvényillesztéssel lehet meghatározni. Vizsgálataink során erre a célra a Levenberg-Marquardt algoritmust (Marquardt 1963) használtuk.

Csapadékos napokon más a kapcsolat az égbolt derültségi aránya és a napi hőingás között (2. ábra), mint csapadégmentes napokon, amit nyilvánvalóan a levegő eltérő páratartalma okoz. Az új módszer az eltérő csapadékvizonyokat nem egy polinom tag hozzáadásával kezeli. Ehelyett a javasolt [4] képletet csapadékos és száraz napokra külön kalibráljuk. Ezt az eljárást a Bristow-Campbell módszer (Bristow és Campbell 1984) továbbfejlesztése során már eredmé-

nyesen alkalmaztuk (Fodor 2006). Az új módszer elvben tovább finomítható, illetve tovább pontosítható évszakonkénti, sőt havi léptékű kalibrációval.

2. ábra. Megfigyelt Fcd értékek a simított napi hőingás függvényében, valamint a pontokra illesztett függvény [4]
(Austin, TX, USA, 1961–1990)

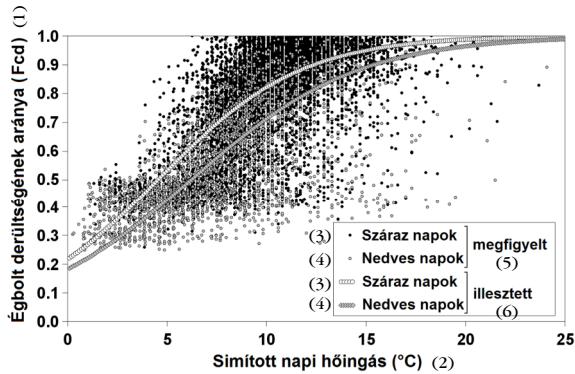


Figure 2. Observed Fcd values as a function of the levelled daily heat fluctuation and the function aligned to the points. (1) Ratio of the clearness of the sky (Fcd), (2) Levelled daily heat fluctuation, (3) Dry days, (4) Wet days, (5) Observed, (6) Aligned.

Mivel hosszú idősorokat használtunk, a száraz és csapadékos napok külön való kezelése ellenére, az illesztéshez használt adatok száma nagyságrendekkel meghaladta a független változók számát. A 'legrosszabb' esetben (Amarillo, TX) 1451 adat állt rendelkezésre a csapadékos napokra történő kalibráció során, míg a meghatározandó paraméterek száma 3 volt.

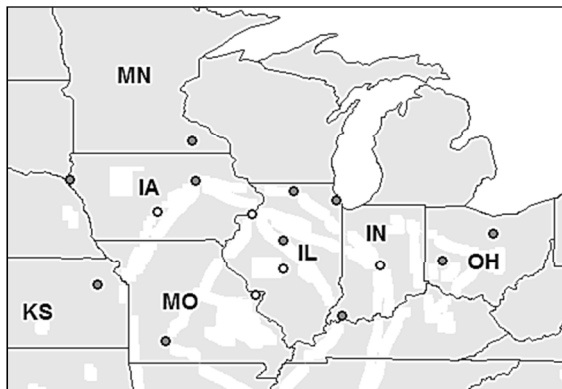
Az új módszer értékelése

A megfigyelt és a becsült sugárzás adatokat a determinációs koefficiens (R^2), az átlagos négyzetes eltérés (RMSE), az átlagos abszolút eltérés (MAE) és az átlagos előjeles eltérés (MSE) segítségével hasonlítottuk össze. Azért, hogy a becslési hibákat a sugárzásmérés hibájával összevethessük, fontos megjegyeznünk a következőket. Egy felső-középkategóriás pyranométer mérési pontossága $\pm 5\%$ (www.apogeeinstruments.com). A vizsgálatba vont állomások napi globálisugárzás értékeinek átlaga 11 és 19 MJm^{-2} között mozog, amely szélsőértékek 5%-a 0,55 illetve 0,95 MJm^{-2} .

A becslések átlagos abszolút hibáját külön megvizsgáltuk a $\Delta T \leq 5^\circ\text{C}$, $5^\circ\text{C} < \Delta T \leq 10^\circ\text{C}$, $10^\circ\text{C} < \Delta T \leq 15^\circ\text{C}$ és $15^\circ\text{C} < \Delta T$ hóingású napokra azért, hogy bemutassuk, hogy az eljárás valóban lényegesen hatékonyabb, mint a DC módszer kis hóingású napokra.

Megvizsgáltuk azt is, hogy kiterjeszthető-e az új módszer becslései olyan helyekre, ahol nem állnak rendelkezésre mért sugárzásadatok. A Liu és munkatársai által kidolgozott eljárást (Liu *et al.* 2009) alkalmaztuk a vizsgált állomások közül azokra, amelyek az Egyesült Államok 'kukorica-övében' (corn-belt) találhatóak (3. ábra). A 16 állomás mintegy 250 000 km²-nyi területen helyezkedik el.

3. ábra. Az új módszer térbeli kiterjeszhetőségének vizsgálatához használt adatok származási helyei



Megjegyzés: Szürke illetve fehér karikák jelzik a kalibrációhoz (11 db), illetve validációhoz (5 db) használt állomásokat.

Figure 3. Origins of the data used for the examination of the spatial expandability of the new method. Note: Stations used for calibration and validation are shown by the grey (11 stations) and white circles (5 stations).

A 16 állomást egy kalibrációs, illetve egy validációs csoportra bontottuk szét (3. ábra). Mivel térbeli kiterjesztésről van szó az adatbázis kettébontásakor figyelembe kell venni az állomások térbeli elhelyezkedését. A kalibrációhoz használt állomások le kell, hogy 'fedjék' a vizsgált területet, és a validációhoz használt állomások nem helyezkedhetnek el a terület szélén a peremhatások elkerülése végett.

A [4] képlet paramétereit (csapadékos és száraz napokat külön kezelve) függvényillesztéssel határoztuk meg a tizenegy kalibrációs állomásra. Ezek után megvizsgáltuk, hogy a helyi illesztési paraméterek milyen erős korrelációban vannak az adott hely egyszerű földrajzi (szélesség, hosszúság, tengerszint feletti magasság) és meteorológiai (éves átlagos csapadékösszeg, átlagos hőingás, átlaghőmérséklet) jellemzőivel. Minden illesztési paramétert (Y) kifejeztünk azon két faktor (X_1 , X_2) lineáris kombinációjaként (paraméterbecslő egyenlet, PBE), amelyekkel a paraméter a legerősebb korrelációt mutatta [5]:

$$Y = p_0 + p_1 \cdot X_1 + p_2 \cdot X_2 \quad [5]$$

A PBE-ek paramétereit (p_0 , p_1 , p_2) többváltozós lineáris regresszió segítségével határoztuk meg.

A helyileg kalibrált, valamint a paraméterbecslő egyenletek segítségével parametrizált új becslőeljárással kapott sugárzás adatokat összevetettük a mért értékekkel az öt validációs állomásra (3. ábra). Az összehasonlításhoz ebben az esetben a determinációs koefficiens (R^2), az átlagos abszolút eltérést (MAE) és az átlagos előjeles eltérést (MSE) használtuk.

A mért és a becsült sugárzási adatok felhasználásával becslést adtunk az öt validációs állomás 1961–1990 időszakának kukorica termésére a 4M növénytermesztési modell (Fodor *et al.* 2002) segítségével. A helyspecifikus kalibrációval, illetve a PBE segítségével kapott sugárzásbecsléseket külön vizsgáltuk. Egy vályog talaj és egy FAO 400-as fajta paramétereit használtuk a modellfutások során, melyeket a DSSAT ver. 3.5 szoftvercsomag (Tsuji *et al.* 1994) adatbázisából nyertünk ki. A vetési és aratási dátumot, a vetési mélységet és a tőszámot: április 25, szeptember 25, 6 cm és 7 növény m^{-2} -re állítottuk be. A tápanyaghiány-stressz hatását a szimulációk során nem vettük figyelembe. A mért és a kétféleképpen becsült sugárzással kapott termésértékeket, a determinációs koefficiens (R^2) és az átlagos relatív hiba (MRE) segítségével hasonlítottuk össze. Meghatároztuk azon becsült sugárzás alapján számított terméseredmények arányát, amelyeknél mért és a becsült sugárzással kapott modelleredmények több, mint 10%-kal tértek el egymástól. Fodor és Kovács (2005) tanulmánya alapján a globálisugárzás mérés szisztematikus hibáiból adódó bizonytalanság a növénytermesztési modellek eredményeiben elérheti a 10%-ot. Ezért választottuk ezt a jósági kritériumot annak megítélésére, hogy a sugárzás becslés eredményei elfogadhatók-e a növénytermesztési modellek szempontjából.

Amennyiben a mért és a becsült sugárzással nyert terméseredmények eltérése kisebb volt, mint 10%, a sugárzásbecslést elfogadhatónak nyilvánítottuk.

A rendelkezésünkre álló 20 éves (1968–1987) pestlőrinci adatsor segítségével, évszakonkénti kalibrációval, megállapítottuk az új modell paramétereit, és összehasonlítottuk a becsült és a mért sugárzásértékeket.

Eredmények és értékelésük

A Donatelli-Campbell valamint az új becslő módszerrel nyert sugárzásértékek mért adatokkal történő összehasonlításának eredményeit az *1. táblázatban* foglaltuk össze.

1. táblázat. A DC és az újonnan kifejlesztett sugárzásbecslő eljárások SAMSON adatbázison (94 állomás) történt összehasonlításakor nyert átlagos hibamutatói

Módszer (1)	R ²	RMSE (MJ m ²)	MAE (MJ m ²)	MSE (MJ m ²)
Donatelli-Campbell (2)	0,725	3,871	2,99	-0,02
Új (alap változat) (3)	0,760	3,469	2,77	0,061
Új (4)	0,812	3,079	2,38	0,103

Az új eljárás alap változata, a DC módszerhez hasonlóan, a száraz és nedves napokat nem kezeli külön a kalibrálás során.

Table 1. The average error indexes of the DC method and newly developed radiation estimation methods obtained during the comparison in the SAMSON database (94 stations). (1) Method, (2) Donatelli-Campbell method, (3) New method (basic version), (4) New method. Similarly to the DC method, the basic version of the new method does not treat the dry and wet days separately during calibration.

Az új eljárás alap változata is kisebb hibával becsülte globálsugárzást, mint a DC módszer, a vizsgált 94 meteorológiai állomás mindegyikén. Az előjeles becslési hibák eloszlásának várható értéke minden esetben, mérési hibán belül, nulla volt, soha sem haladta meg a 0,55 MJm² határértéket. A hibák eloszlása viszont egyetlen állomás esetében sem bizonyult normálisnak, amelynek valószínűleg az az oka, hogy az alkalmazott modell nem lineáris. Az új módszerben alkalmazott függvény előnye különösen jól látszik akkor, amikor a napi hóingás függvényében ábrázoljuk a becslések hibáját (*4. ábra*). A vizsgált

állomások adatsoraiban az 5 foknál kisebb hőingású napok előfordulási aránya nem jelentős, 8–10%. Két dolog miatt tekinthető mégis jelentősnek ez a fejlesztés. A modellekkel szemben támasztott legalapvetőbb elvárás a valószerűség. A Donatelli-Campbell modell elvi hibás kis hőingású napokra. Az új modell elsősorban ezt a hibát hivatott orvosolni. Ráadásul úgy sikerült csökkenteni a becslési hibát a $\Delta T \leq 5$ °C tartományban, hogy közben a többi tartományban nem romlott a becslés pontossága (4. ábra).

4. ábra. A Donatelli-Campbell valamint az új sugárzásbecslő módszer (alap változat: a száraz és nedves napokat nem kezeli külön a kalibrálás során) teljesítménye a napi simított hőingás függvényében

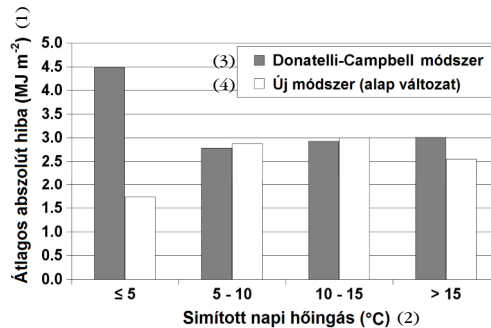


Figure 4. Performance of the Donatelli-Campbell method and the new solar radiation estimation method (basic version: the dry and wet days are not treated separately during calibration) as a function of the levelled daily heat fluctuation. (1) Average absolute error (MJ m⁻²), (2) Levelled daily heat fluctuation (°C), (3) Donatelli-Campbell method, (4) New method (basic version).

A csapadék előfordulásának figyelembevétele számottevően javított a becslés pontosságán. A csapadékos és száraz napok kalibrálás során történő különválasztása több mint 10%-kal csökkentette a becslések átlagos abszolút hibáját (1. táblázat).

A függvényillesztéssel nyert τ paraméterek olymértékben hasonlóak voltak (átlag: 0,747; szórás: 0,0049) a 11 kukorica-övbe tartozó kalibrációs állomás esetében, hogy nem állítottunk fel becslőegyenletet erre a paraméterre. A helyspecifikus kalibráció (HSK) az $a=0,01$ értéket eredményezte minden állomásra a nedves és a száraz napokra egyaránt. A fennmaradó négy paraméterre az alábbi paraméter becslő egyenleteket kaptuk eredményül:

Csapadékmentes napokra:

$$b = 1,2016 - 0,0223 \times \text{fsz} - 0,0139 \times T_{\text{átl}} \quad R^2 = 0,780 \quad [6]$$

$$c = -3,474 + 0,0936 \times \text{fsz} + 0,0425 \times T_{\text{átl}} \quad R^2 = 0,850 \quad [7]$$

Csapadékos napokra:

$$b = -0,2043 - 0,0027 \times \text{fho} + 0,0034 \times \Delta T_{\text{átl}} \quad R^2 = 0,920 \quad [8]$$

$$c = 1,3296 + 0,0021 \times \text{fho} - 0,0441 \times \Delta T_{\text{átl}} \quad R^2 = 0,821 \quad [9]$$

Ahol fsz és fho az állomás földrajzi koordinátái: szélesség és hosszúság, $T_{\text{átl}}$ és $\Delta T_{\text{átl}}$ pedig az adott hely átlaghőmérséklete és átlagos napi hőingása.

A helyspecifikus kalibrációval, illetve a [6]-[8] paraméter becslő egyenletek segítségével parametrizált új eljárás teljesítményének mutatóit a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat. A két eltérő módon kalibrált új sugárzásbecslő eljárás hiba mutatói a vizsgált kukorica-öbven (USA) elhelyezkedő állomásokra

Állomás (1)	Helyspecifikus kalibrációval (2)			Paraméter becslő egyenletekkel (3)		
	R ²	MAE	MSE	R ²	MAE	MSE
	MJ m ²			MJ m ²		
Des Moines, IA	0,832	2,44	0,0873	0,832	2,45	0,0597
Indianapolis, IN	0,833	2,36	0,1580	0,832	2,38	-0,1820
Moline, IL	0,828	2,41	0,0407	0,828	2,42	-0,4450
Springfield, IL	0,830	2,42	0,0396	0,829	2,45	-0,0695
St Louis, MO	0,820	2,43	0,0511	0,821	2,43	-0,1330

Table 2. Error indexes of the two differently calibrated new radiation measurement method at the stations located in the corn belt (USA). (1) Stations, (2) Locally specific calibration, (3) Parameter estimation equations.

A PBE-ek alkalmazásával a sugárzásbecslés hatékonysága alig csökkent. Amennyiben az összes állomásra kapott terméseredményeket együtt vizsgáltuk a két eltérő módon parametrizált új eljárás teljesítményében alig jelentkező kimutatható különbség (5. ábra). A 150 szimulációs év (5 állomás×30 év) közül 7 (4,4%), illetve 12 (8%) esetben volt a HSK illetve PBE segítségével becslött

sugárzással számított terméseredmény relatív hibája 10%-nál nagyobb (6. ábra). A növénytermesztési modell többnyire kisebb terméseredményeket szimulált becsült sugárzás adatokkal, mint a mért értékekkel (5. ábra). Ez nagy valószínűséggel a sugárzás nyári félévben történő alulbecsléséből adódik. Az új módszer ezen gyengeségét a kalibrációs adatsorok rövidebb időszakokra történő darabolásával (pl. évszakonkénti kalibráció) meg lehet szüntetni.

5. ábra. Az USA 5 kukorica-öbve tartozó meteorológiai állomására szimulált kukorica terméseredmények (1961–1990) mért és helyspecifikus kalibrációval (HSK), illetve paraméter becslő egyenletek (PBE) segítségével becsült sugárzás adatok felhasználásával

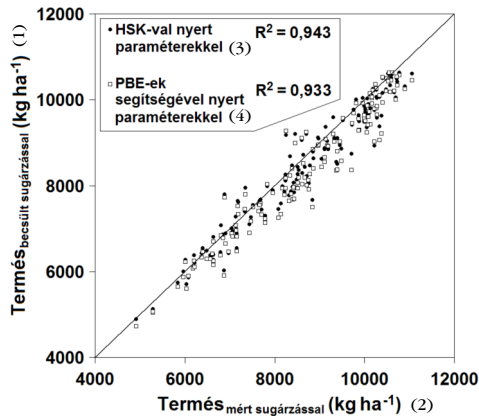


Figure 5. Maize yields simulated at five weather stations of the USA in the corn belt (1961–1990) by using estimated radiation data determined with measured and locally specific calibration and parameter estimation equations. (1) Yield with estimated radiation (kg ha⁻¹), (2) Yield with measured radiation (kg ha⁻¹), (3) Parameters obtained with locally specific calibration, (4) Parameters obtained with parameter estimation equations.

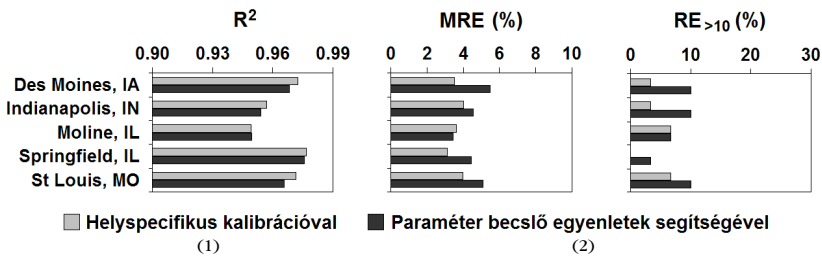
A pestlőrinci adatsor segítségével elvégzett kalibráció a következő eredményeket szolgáltatta (3. táblázat).

Jól megfigyelhető, hogy csapadékos napokra, amikor a légkör fényáteresztő képessége nyilvánvalóan kisebb, lényegesen alacsonyabb τ értékeket adott eredményül a kalibráció (3. táblázat).

Az új becselő eljárásban használt függvény [4] 'rugalmatlanságából' következik, és ezt már a 2. ábra alapján is borítékolni lehetett, hogy a módszer a kis, illetve nagy sugárzásértékeket hajlamos felül illetve alulbecsülni (7. ábra). Azt,

hogy a 3. táblázatban közölt paraméterekkel az új módszer térben meddig terjeszthető ki az Alföld irányába, független (debreceni, kecskeméti, szegedi, bajai, stb.) adatsorok segítségével lehetne tesztelni. Mindenesre a pestlőrinci, 20 éves (1968–1987) adatsor alapján megállapítható, hogy az amerikai adatsorokra produkált pontosság hazai éghajlati feltételek mellett is elérhető.

6. ábra. Mért és becsült sugárzással kapott szimulált kukorica terméseredmények állomásszintű összehasonlítása (USA, kukorica-öv, 1961–1990)



MRE: átlagos relatív hiba, RE_{>10%} becsült sugárzással kapott 10% relatív hibánál nagyobb hibájú terméseredmények aránya

Figure 6. Comparison of different stations' maize yields obtained with measured and estimated solar radiation (USA, corn belt, 1961–1990). (1) Parameters obtained with locally specific calibration, (2) Parameters obtained with parameter estimation equations. MRE: Mean relative error, RE_{>10%}: the ratio of yields obtained with estimated radiation with higher error rate than 10% relative error.

Következtetések

Egy új globálsugárzás becslő eljárást fejlesztettünk ki, amit egy nagy észak-amerikai adatbázison teszteltünk. A Donatelli-Campbell módszerrel történő összehasonlítás alapján az új eljárás különösen hatékonynak bizonyult azért, hogy kis hőingású napokra számottevően csökkentette a becslés hibáját. Ez a jó teljesítmény első sorban a Fcd-ΔT összefüggés leírására használt függvény kedvező tulajdonságaira vezethető vissza. A csapadékos és csapadékmentes napok kalibráció során történő szétválasztásával az új módszer hatékonysága tovább növelhető.

Az új módszert paraméter becslő egyenletekkel kombinálva, térségbeli meteorológiai állomások adatait felhasználva, a becslések térben olyan helyekre is kiterjeszhetőnek bizonyultak, ahol nem történik sugárzásmérés.

3. táblázat. Az új módszer évszakonkénti kalibrációja során megállapított paramétereit
(felhasznált adatok: Pestlőrinc, 1968–1987)

Paraméter (1)	Csapadékmentes napokra (2)				Csapadékos napokra (3)			
	Tél (4)	Tavaszi (5)	Nyár (6)	Ősz (7)	Tél (4)	Tavaszi (5)	Nyár (6)	Ősz (7)
	τ	0,517	0,659	0,640	0,633	0,340	0,529	0,549
a	2,069	-2,159	2,701	1,279	1,636	2,621	4,197	2,264
b	0,591	0,254	0,411	0,341	0,548	0,304	0,472	0,392
c	0,920	20,135	0,722	1,642	0,759	0,522	0,515	0,986

Table 3. Parameters of the new method obtained during its seasonal calibration. (data used: Pestlőrinc, 1968–1987). (1) Parameter, (2) Days without rainfall, (3) Wet days, (4) Winter, (5) Spring, (6) Summer, (7) Autumn.

7. ábra. A pestlőrinci adatsor mért sugárzás értékei valamint az adatsor alapján kalibrált becslőeljárással kapott sugárzás értékek

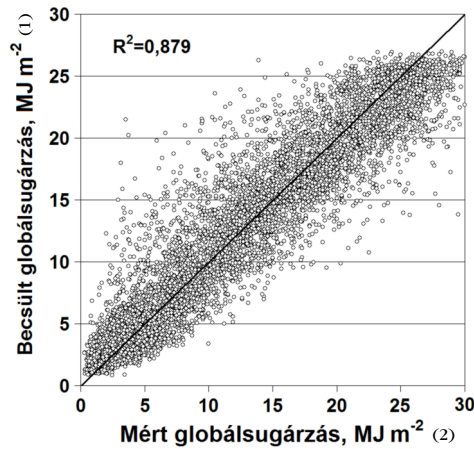


Figure 6. The measured radiation values of the data series from Pestlőrinc and the radiation values obtained with an estimation procedure calibrated on the basis of the data series. (1) Estimated global radiation MJ m⁻², (2) Measured global radiation MJ m⁻².

A vizsgált klimatikus adottságú területekre az új módszer megbízható alternatívája lehet a napsütéses órák számán alapuló becslő eljárásoknak azokban az esetekben, illetve azokra a helyekre, amikor illetve, ahol csak hőmérséklet és csapadék adatok állnak rendelkezésre.

IRODALOM

- Abraha, M. G.-Savage, M. J.*: 2008. Comparison of estimates of daily solar radiation from air temperature range for application in crop simulations. *Agricultural and Forest Meteorology*. 148: 401–416.
- Ångström, A.*: 1924. Solar and terrestrial radiation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 50: 121–125.
- Bechini, L.-Ducco, G.-Donatelli, M.-Stein, A.*: 2000. Modelling, interpolation and stochastic simulation in space and time of global solar radiation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 81: 29–42.
- Bellocchi, G.-Donatelli, M.-Fila, G.*: 2003. Evaluation of estimated radiation data for calculating evapotranspiration and crop biomass. *Ital. J. Agron.* 7: 95–102.
- Bristow, R. L.-Campbell, G. S.*: 1984. On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*. 31: 159–166.
- Chen, R. S.-Ersi, K.-Yang, J. P.-Lu, S. H.-Zhao, W. Z.*: 2004. Validation of five global radiation models with measured daily data in China. *Energy Convers. Manage.* 45: 1759–1769.
- Donatelli, M.-Bellocchi, G.*: 2001. Estimate of daily global solar radiation: new developments in the software RadEst3.00. [In: Proceedings of the Second International Symposium Modelling Cropping Systems.] 16–18 July 2001. Florence. Italy. 213–214.
- Donatelli, M.-Campbell, G. S.*: 1998. A simple model to estimate global solar radiation. [In: Proceedings of the Fifth European Society of Agronomy Congress.] The Slovak Agric. Univ. Nitra., Slovak Republic. 2: 133–134.
- Fodor, N.-Máthéné, G. G.-Pokovai, K.-Kovács, G. J.*: 2002. 4M - software package for modelling cropping systems. *European Journal of Agronomy*. 18: 389–393.
- Fodor, N.-Kovács, G. J.-Pokovai, K.*: 2003. Reliability of estimated global radiation for crop model input. *Időjárás*. 107: 273–281.
- Fodor, N.-Kovács, G. J.*: 2005. Sensitivity of crop models to the inaccuracy of meteorological observations. *Physics and Chemistry of the Earth*. 30: 165–170.
- Fodor, N.*: 2006. Estimating global radiation using the meteorological input data of crop models. *Időjárás*. 110: 175–182.
- Jones, J. W.-Hoogenboom, G.-Porter, C. H.-Boote, K. J.-Batchelor, W. D.-Hunt, L. A.-Wilkins, P. W.-Singh, U.-Gijssman, A. J.-Ritchie, J. T.*: 2003. The DSSAT cropping system model. *Europ. J. Agronomy*. 18: 235–265.

- Kamel, M. A.–Shalaby, S. A.–Mostafa, S. S.*: 1993. Solar radiation over Egypt: comparison of predicted and measured meteorological data. *Solar Energy*. 50: 463–467.
- Liu, D. L.–Scott, B. J.*: 2001. Estimation of solar radiation in Australia from rainfall and temperature observations. *Agricultural and Forest Meteorology*. 106: 41–59.
- Liu, X.–Mei, X.–Li, Y.–Wang, Q.–Jensen, J. R.–Zhang, Y.–Porter, J. R.*: 2009. Evaluation of temperature-based global solar radiation models in China. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149: 1433–1446.
- Maghrabi, A. H.*: 2009. Parameterization of a simple model to estimate monthly global solar radiation based on meteorological variables, and evaluation of existing solar radiation models for Tabouk, Saudi Arabia. *Energy Conversion and Management*. 50: 2754–2760.
- Marquardt, D. W.*: 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *SIAM Journal on Applied Mathematics*. 11: 431–441.
- Rivington, M.–Matthews, K. B.–Buchan, K.*: 2002. A Comparison of Methods for Providing Solar Radiation Data to Crop Models and Decision Support Systems Integrated Assessment and Decision Support: Proceedings of the 1st biennial meeting of the International Environmental Modelling and Software Society. University of Lugano. Switzerland. 24–27 June 2002. 3: 193–198.
- Rivington, M.–Bellocchi, G.–Matthews, K. B.–Buchan, K.*: 2005. Evaluation of three model estimations of solar radiation at 24 UK stations. *Agricultural and Forest Meteorology*. 132: 228–243.
- SAMSON*: 2009. NOAA/NREL Solar and Meteorological Surface Observational Network. 3-volume CD-ROM. <http://ols.nndc.noaa.gov>. 2011. 03. 22.
- Szász G.*: 1968. A globálsugárzás összegeinek meghatározása számítás útján. *Debreceni Agrártudományi Főiskola Tudományos Közleményei*. 14: 239–253.
- Tsuji, G. Y.–Uehara, G.–Balas, S. (eds.)*: 1994. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) v3.5. University of Hawaii. Honolulu. Hawaii.

A szerző levelezési címe - Address of the author:

Fodor Nándor
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet
Budapest
Herman O. u. 15.
H-1022

A szemes cirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) és a karbonátos homok nitrogén forgalma

LÁSZTITY BORIVÓJ

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Összefoglalás

Karbonátos gyengén humuszos homoktalajon NPK kísérletben szemes cirok kultúrában a növényi nitrogén forgalom mellett a talaj ásványi nitrogén tartalmának változását vizsgáltuk 0–20, 20–40 és 40–60 cm rétegekben. Az eredmények alapján a következő fontosabb következtetések vonhatók le:

Mindkét N-forma maximuma a szántott, és minimuma a 40–60 cm rétegben alakult ki. Mindhárom rétegben a legnagyobb nitrát tartalom a vegetáció kezdetén, a legkisebb a végén volt kimérhető, a változás csökkenő tendenciát mutatott.

A kezelésben alkalmazott N-műtrágyázás (NP, NPK) mindhárom talajrétegben csak tavasszal biztosított szignifikáns növekedést a NO_3^- -N és NH_4^+ -N tartalmakban.

A tavaszi mintavételhez képest ősszel a szántott rétegben az ammónium tartalmak csökkentek, a mélyebb rétegekben felhalmozódás volt megfigyelhető.

Az NH_4^+ -N tartalomban a szezonális változások jelentősek, jelen esetben a klimatikus, elsősorban a csapadék viszonyokhoz kapcsolódtak.

A talaj N-forgalma csak a kémiai és fizikai tulajdonságok és a tápanyagszolgáltató képesség ismerete mellett, a környezeti klimatikus tényezők függvényében értékelhető.

Kulcsszavak: szemes cirok, N-forgalom, homoktalaj, NPK tartamkísérlet

Nitrogen cycle of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and calcareous sandy soil

B. LÁSZTITY

Research Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry of
the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

We examined the plant nitrogen cycle and the change of the mineral nitrogen content of the soil in the 0–20, 20–40 and 40–60 cm layers in an NPK experiment on weakly humic calcareous sandy soil. Based on our findings, the following conclusions can be drawn:

Both forms of N were developed in the ploughed layer and their minimal amounts can be found in the 40–60 cm layers.

In all three layers, the highest nitrate content was detected at the beginning of the vegetation period, while the lowest was found at the end of this period and the change showed a decreasing tendency.

The N fertilisation applied in the treatment (NP, NPK) provided significant increase in the NO_3^- -N and NH_4^+ -N contents only in the spring in all three layers.

In comparison with the spring sampling, the ammonium contents decrease in the ploughed layer and there was accumulation in the deeper layers.

There were significant seasonal changes in the NH_4^+ -N content, they are mostly in connection with the climatic, primarily rainfall changes.

The N cycle of the soil can only be evaluated in view of the chemical and physical soil characteristics, the nutrient supply ability of the soil and the environmental climatic factors.

Key words: sorghum, N-cycle, sandy soil, long-term NPK fertilizer

Оборот азота зернового сорго (*Sorghum bicolor* L. Moench) и карбонатного песка

Б. ЛАСТИТИ

Исследовательский Институт Почвоведения и Агрохимия Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

На слабо перегнойной карбонатной песчаной почве в опыте с NPK в культуре зернового сорго вместе с обращением азота растения исследовали изменения содержания минерального азота в 0–20, 20–40 и 40–60 см слоях почвы. На основании результатов можно сделать следующие важные выводы:

Максимум обеих форм N сформировался во вспаханном слое, и их минимум образовался в 40–60 см слое.

Во всех трёх слоях самое большое содержание нитрата было измерено в начале вегетации, самое маленькое в конце, изменение показало уменьшающуюся тенденцию.

Применяемое в обработках искусственное удобрение N (NP, NPK) во всех трёх слоях только весной обеспечивало значительный рост в содержании NO_3^- -N и NH_4^+ -N.

По сравнению с весенним образцом осенью во вспаханном слое содержание аммония уменьшилось, в более глубоких слоях можно заметить его накопление.

В содержании NH_4^+ -N сезонные изменения значительные, в данном случае связаны с климатическими условиями, прежде всего с режимом осадков.

Ключевые слова: зерновое сорго, движение N, песчаная почва, продолжительный опыт NPK

Bevezetés

A nitrogént valamennyi növény és szervei tartalmazzák, a növényi élet számára fontos fehérjék, nukleinsavak, klorofillok, amidok, aminok, alkaloidák és mások összetevője, ezzel résztvevője a növényi szövetek és szervek létrehozásának (Kastori 1983, Pethő 1993).

A talajban a nitrogén döntő része szerves és csupán kis része található szerves formában, melyet a növények közvetlenül tudnak felhasználni. Azok felvehető mennyisége számos tényező függvénye, főként a szerves anyag ásványosodásának mennyiségétől és intenzitásától, azok fikszációjától, szerves és műtrágyázástól, a növényi maradványok összetételétől, az atmoszférából származó nitrát, nitrit mennyiségétől, a mikro-organizmusok és a fauna tevékenységétől (Füleky és Debreczeni 1991, Latkovicsné 1982, Loch és Noszticius 1992, Németh 1996, Németh és Buzás 1991, Stefanovits et al. 1999, Szabó 1986) függ. A csökkenés a növényi felvétel, a kimosódás, az erózió valamint a légköri párolgás függvénye (Albert 2001, Debreczeni et al. 2002, Németh et al. 1988, Nelson 1982).

A munka során célunk volt karbonátos homoktalajon vizsgálni az ásványi nitrogén tartalom változását a trágyázás és az idő függvényében szemes cirok kultúrában.

Anyag és módszer

Az ásványi N-forgalmát szabadföldi kísérletben karbonátos homoktalajon Őrbottyánban az MTA TAKI kísérleti telepén 1992-ben vizsgáltuk. A kísérlet talajának fontosabb talajtani, agrokémiai jellemzői a szántott rétegben a következők: humusz 0,7–1,0%, CaCO_3 1–3%, pH vizes 7,6–7,9, összes N 0,1%, $\text{Al-P}_2\text{O}_5$ 75–105 mg/kg, $\text{Al-K}_2\text{O}$ 55–65 mg/kg, Mg_{KCl} 45–50 mg/kg, Mn_{EDTA} 55–60 mg/kg, Zn_{EDTA} 1,2–1,5 mg/kg, Cu_{EDTA} 1,1–1,3 mg/kg. A hazai határértékek (Debreczeni 1979) alapján a talaj nitrogénnel és káliummal gyengén, mangánnal, magnéziummal, cinkkel, rézzel és foszforral közepesen ellátott. A fizikai állapot jellemzésére használt leiszapolható rész (< 0,02 mm) 8–12%.

A talajmintákat 4 ismétlésben a szántott rétegben parcellánként 20–20 pontminta, a N-vizsgálathoz parcellánként a 0–20, 20–40 és 40–60 cm-es rétegekben pedig 6–6 fűrés átlaga képezte. A tápanyagvizsgálatokat az országosan elfogadott TVG eljárással (Buzás 1993) végeztük.

Az ammónium és nitrát mennyiségeket Bremner szerint Varga (1969) módszerrel határoztuk meg. A biometriai értékelésnél varianciaanalízist alkalmaztunk.

A jelzőnövényként használt szárazságtűrő szemes cirok (Antal 1987, Bocz 1992) fajta az Alföldi F1 volt. A kezeléseknél a N 60, a P_2O_5 120, és a K_2O 80 kg/ha adagjaival képeztünk kombinációkat (1. táblázat). A tartamkísérletben a kezelések hatására a talaj felvehető P és K tartalma a vizsgálat idején az 1. táblázat-

ban megadottak, a tenyészidőszak alatt a csapadék viszonyok pedig a 2. táblázat szerint alakultak.

A vegetáció alatt hat alkalommal 4 ismétlésben, parcellánként 0,36 m² felületről a teljes földfeletti növényi részt szedtük mintának a vetést követő 31., 56., 66., 80., 93. és 123. napokon, ami a *Vanderlip* és *Reewes* (1972) fejlődési skála szerint a 2 (3–4 leveles), a 4 (buga hasban), a 6 (bugahányás), a 7 (virágzás kezdete), a 8 (virágzás) és a 9 (teljes érés) fejlődési fenofázisoknak felelt meg.

1. táblázat. A kísérlet kezelései
(Őrbottyán 1992)

Tartalom (mg/kg)	Kezelések			
	(2)			
(1)	O	N	NP	NPK
AL-P.O,	100	89	189	264
AL-K.O	60	60	58	76

Table 1. Treatments in the experiment (Őrbottyán 1992). (1) Content, mg kg⁻¹, (2) Treatments.

2. táblázat. A kísérlet csapadék viszonyai a tenyészidőszakban
(Őrbottyán 1992)

	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	Összes
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Csapadék (mm/hó) (7)	23	56	39	0	23	141
40 éves átlag (mm) (8)	62	59	48	53	46	268
Eltérés az átlagtól (9)	-39	-3	-9	-53	-23	-127

Table 2. Rainfall over the growing season in the experiment (Őrbottyán 1992). (1) May, (2) June, (3) July, (4) August, (5) September, (6) Total, (7) Rainfall (mm per month), (8) 40-year average (mm), (9) Deviation from the average.

Szárazanyag felhalmozás

A szárazanyag felhalmozás nyomon követése információt szolgáltat az adott növény termőképességéről, a táplálkozás biológiai sajátosságairól, a tápanyag érvényesülés alakulásáról. Az időszakos mintavételek a változásról, és az öko-

lógiai tényezőkkel kapcsolatos kölcsönhatásokról is tájékoztatnak. A szárazanyag termelés egyik alapja a szakmailag megalapozott növényápolásnak (Kádár 1992, Sarkadi 1975)

A növény által előállított szárazanyag tömege viszonylag alacsonyabb a többéves átlagoknál, elsősorban az aszály következtében jelentkező vízhiány miatt. Maga a felhalmozás menete jellegzetes a cirok növényre, ugyanis az igen lassú kezdeti növekedés után a virágzás fenofázisát követően jelentkezett egy gyorsabb intenzív szakasz, amikor a betakarítás időpontjáig a teljes mennyiség több mint a felét állította elő a növény. Betakarításkor a szemtermés nagyobb volt, mint a szártermés, ami részben az aszály számlájára írható és részben a fajta generatív jellegének tulajdonítható (3. táblázat). A műtrágyázás pozitív, termelésnövelő hatása ebben az aszályos évben kevésbé érvényesült. Statisztikailag is igazolható hatásokat csak a növényi fejlődés későbbi szakaszában, csupán az NP és NPK kezelésekben mértünk (Lásztity 1995).

3. táblázat. A szemes cirok szárazanyag felhalmozása
a tenyészidő folyamán, kg/ha
(karbonátos homoktalaj, Alföldi F1 fajta, Örbottyán, 1992)

Kezelés (1)	Mintavételi idő (2)						Szem (3)	Szár (4)	Összes (5)
	06. 16.	07. 07.	07. 21.	08. 04.	08. 17.	09. 16.			
O	37	92	167	487	1112	1437	1048	2485	
N	43	90	170	590	1073	1792	1246	3038	
NP	60	111	270	708	1835	1540	1095	2635	
NPK	54	85	270	635	1218	2230	1695	3925	
SzD _{5%} (6)	26	45	114	200	350	725	584	1098	
Átlag (7)	48	95	219	605	1309	1750	1271	3021	
%	1,6	3,1	7,3	20,0	43,3	57,9	42,1	100,0	

Megjegyzés: N=80 kg/ha, P₂O₅=120 kg/ha, K₂O=80 kg/ha.

Table 3. Dry matter accumulation of sorghum during the growing season, kg ha⁻¹ (calcareous sandy soil, Alföldi F1 variety, Örbottyán, 1992). (1) Treatment, (2) Time of sampling, (3) Grain, (4) Stem, (5) Total, (6) LSD_{5%}, (7) Average. Note: N=80 kg ha⁻¹, P₂O₅=120 kg ha⁻¹, K₂O=80 kg ha⁻¹.

Nitrogén felvétel

A felvett nitrogén mennyisége maximálisan 60 kg-ot tett ki hektáronként betakarításkor a cirok földfeletti részében, ebben a kedvezőtlen aszályos évben. A vegetáció során a nitrogén felvétele megszakítás nélkül emelkedve a teljes érés fenofázisáig tartott. A N-felvétel menete kezdetben lassú volt, majd a bugahányást követően felgyorsult, és a beérés szakaszában bizonyult a legintenzívebbnek (4. táblázat).

A kezelésekben alkalmazott műtrágyázás hatása a zöldnövényben az NP, a betakarításkor az NPK kombinációkban eredményezett igazolható növekedést a kontrollhoz viszonyítva. Az eredmények arra utalnak, hogy a talaj tápelem-szolgáltató képessége a vízhiány miatt korlátozva volt (Lásztity 1996).

4. táblázat. A szemes cirok nitrogén felvétele
a tenyésztő folyamán, kg/ha
(karbonátos homoktalaj, Alföldi F1 fajta, Órbottyán, 1992)

Kezelés (1)	Mintavételi idő (2)						Szem (3)	Szár (4)	Összes (5)
	06. 16.	07. 07.	07. 21.	08. 04.	08. 17.	09. 16.			
O	1,44	2,62	4,13	12,22	17,07	29,37	4,90	34,27	
N	1,83	2,74	4,92	13,87	17,45	39,11	7,89	47,00	
NP	2,36	3,10	7,34	16,65	30,17	44,40	8,19	52,59	
NPK	2,17	2,52	6,81	14,31	22,69	49,55	9,59	59,13	
SzD _{5%} (6)	1,14	1,86	2,60	4,58	11,49	16,47	4,05	16,67	
Átlag (7)	1,95	2,74	5,80	14,26	21,84	40,61	7,64	48,25	
%	4	6	12	30	45	84	16	100	

Megjegyzés: N=80 kg/ha, P₂O₅=120 kg/ha, K₂O=80 kg/ha.

Table 4. Nitrogen uptake of sorghum during the growing season, kg ha⁻¹ (calcareous sandy soil, Alföldi F1 variety, Órbottyán, 1992). (1) Treatment, (2) Time of sampling, (3) Grain, (4) Stem, (5) Total, (6) LSD_{5%}, (7) Average. Note: N=80 kg ha⁻¹, P₂O₅=120 kg ha⁻¹, K₂O=80 kg ha⁻¹.

A talaj nitrát-N és ammónium-N tartalmának szezondinamikája

A homoktalaj nitrát és ammónium tartalmának szezondinamikai változásait az 5. táblázat foglalja magában az egyes fenofázisokban.

5. táblázat. A talaj ásványi N tartalmának szezonális változása a szántott rétegben (20 cm), szemes cirok vetésben (karbonátos homoktalaj, Órbottyán, 1992)

Hónap, nap (1)	0	N	NP	NPK	SZD ₉₀	Átlag (2)	%
Nitrát-N, mg/kg (3)							
05. 15.	8,72	21,51	24,90	25,02	10,24	20,03	100
06. 15.	3,15	7,40	10,78	8,39	3,26	7,43	37
07. 07.	2,72	4,88	4,20	3,73	1,83	3,88	19
07. 21.	3,32	4,59	4,39	4,79	1,57	4,27	21
08. 04.	3,99	5,12	7,46	5,73	1,10	5,57	28
08. 17.	3,52	7,26	10,12	7,06	3,76	6,99	35
09. 16.	1,39	3,01	2,13	2,00	1,04	2,13	11
Ammónium-N, mg/kg (4)							
05. 15.	2,72	5,14	9,42	10,03	3,92	6,83	100
06. 15.	4,88	6,52	8,66	9,18	2,55	7,31	107
07. 07.	16,43	20,31	20,91	20,12	3,48	19,44	285
07. 21.	18,29	21,18	21,22	22,58	3,03	20,82	305
08. 04.	2,94	3,02	2,46	3,66	0,72	3,02	44
08. 17.	3,52	3,60	3,72	4,06	0,45	3,72	54
09. 16.	4,59	5,53	5,46	6,39	1,18	5,49	80

Table 5. Seasonal change of the mineral N content in the ploughed layer of the soil (20 cm) in sorghum (calcareous sandy soil, Órbottyán, 1992). (1) Month, day, (2) Average, (3) Nitrate N, mg kg⁻¹, (4) Ammonium N, mg kg⁻¹.

A nitrát-N mennyisége az egyes kezelésekben és azok átlagában a vizsgált időszakban egységesen kisebb hullámmal, de kora tavasztól a betakarításig általában csökkenő tendenciát mutatott, Szűcs (1989) megfigyeléseihez hasonlóan. A nitrogén kezelések – összhangban a szárazanyag produkcióval és a felhalmozáshoz hasonlóan – a tavaszi időszakban igazolhatóan növelték a nitrát-N mennyiségeket.

Az ammónium-N tartalmak szezonális változása intenzívebb és nagyobb mértékű változásokat jelzett, igazodva a klimatikus a csapadékviszonyok alakulásához. A műtrágyázás a kontrollhoz képest az időpontok többségében szignifikáns többleteket mutatott.

A vegetáció két végpontjában és a talajszelvényben bekövetkezett változásokat a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat. A talaj nitrát és ammónium tartalma a talajszelvényben (cm)
(karbonátos homoktalaj, Örbottyán, 1992)

Kezelés (1)	Ammónium-N, mg/kg (2)			Nitrát-N, mg/kg (3)		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
Vegetáció kezdete 05. 15. (4)						
0	2,72	2,06	1,73	8,72	3,32	2,48
N	5,14	2,68	1,98	21,51	4,12	3,66
NP	9,42	5,92	2,39	24,90	7,63	3,20
NPK	10,03	4,10	2,15	25,02	8,59	4,86
SZD _{5%}	3,25	1,84	1,28	11,22	1,86	1,22
Átlag (5)	6,83	3,69	2,06	20,03	5,91	3,55
%	100	54	30	100	29	18
Vegetáció vége 09. 16. (6)						
0	4,59	3,59	2,92	1,39	1,13	1,01
N	5,53	4,20	3,90	3,01	1,73	1,60
NP	5,46	4,46	3,00	2,13	1,79	0,94
NPK	6,39	3,60	3,32	2,00	1,26	0,94
SZD _{5%}	2,51	1,57	1,48	1,31	1,05	0,88
Átlag (5)	5,47	3,96	3,28	2,13	1,48	1,12
%	100	72	60	100	60	52
Vegetáció kezdete (4)	100	100	100	100	100	100
Vegetáció vége (6)	80	107	159	11	25	32

Table 6. The nitrate and ammonium content of the soil profile (cm) (calcareous sandy soil, Örbottyán, 1992). (1) Treatment, (2) Nitrate N, mg kg⁻¹, (3) Ammonium N, mg kg⁻¹, (4) Beginning of the vegetation period (5) Average, (6) End of the vegetation period.

A nitrát-N tartalom a talajszelvényben mind a tenyészidő elején, mind a végén a szántott rétegben bizonyult a legnagyobbaknak. A mélység növekedésével mennyisége fokozatosan csökkent. A nitrogén műtrágyázás növelő hatása mindkét időpontban statisztikailag is igazolható. A vegetáció végére a nitrát tartalom a szántott rétegben jelentősen az egy tizedére, a mélyebb rétegekben egy negyedére és harmadára esett vissza, mértéke a talaj kedvezőtlen tulajdonságaival (Várallyay 1984) is magyarázható.

Az ammónium N-tartalom a vegetáció folyamán a szántott rétegben csökkent, a mélyebb rétegekben növekedett jelentősebb mértékben, főleg a 40–60 cm-es rétegben. A nitrogéntrágyázás az ammóniumtartalmakat mindkét időpontban szignifikánsan megnövelte a kontrollhoz viszonyítva.

IRODALOM

- Albert, E.*: 2001. Effect of long-term different mineral and organic fertilization on yields, humus content, net N-mineralization and N-balance. Arch. Acker-Pfl Boden. 46: 197–204.
- Antal J.*: 1987. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bocz E.*: 1992. Szemes cirok. [In: Szántóföldi növénytermesztés.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 432–433.
- Buzás I.*: 1993. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv. INDA 4231 Kiadó. Budapest.
- Debreczeni B.*: 1979. Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Debreczeni K.–Berecz, K.–Fischl, K.–Wittmann, Z.*: 2002. Nitrogenous gas production in the soil air as affected by different fertilizer forms and water supplies in model experiments. Acta Agron. Hung. 50: 433–440.
- Füleky Gy.–Debreczeni B.*: 1991. Tápelemfelhalmozódások 17 éves kukorica monokulturában. Agrokémia és Talajtan. 40: 119–130.
- Kastori, R.*: 1983. Uloga elemenata u ishrani biljaka. (Role of elements in plant nutrition). Matica Srpska. Novi Sad.
- Kádár I.*: 1992. Növényvizsgálatra alapozott trágyázási szaktanácsadás. [In: Kádár I.: A növénytáplálás alapelvei és módszerei.] MTA TAKI. Akaprint. 185–186.
- Latkovics Gy.né.*: 1982. A nitrogén átalakulása és mozgása a talajban. MTA Doktori értekezés. Budapest.
- Lásztity B.*: 1995. A szemes cirok fejlődése és a makroelemek változása a tenyészidő folyamán N, P, K kísérletben. Növénytermelés. 44. 3: 293–298.
- Lásztity B.*: 1996. A tápelem felhalmozás dinamikája a szemes cirok föld feletti részében. Növénytermelés. 45. 3: 271–279.

- Loch J.–Noszticius A.*: 1992. Agrokémia és növényvédelmi kémia. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Nelson, D. W.*: 1982. Gaseous losses of nitrogen other than through denitrification. [In: Stevenson F.J. (ed.) Nitrogen in agricultural soils.] American Society of Agronomy. Madison. Wi. USA. 22: 327–364.
- Németh T.*: 1996. Talajaink szervesanyag tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest.
- Németh T.–Kovács G.–Kádár I.*: 1988. A nitrát, a szulfát, és a vízoldható sók bemosódásának vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan. 36–37: 110–126.
- Németh T.–Buzás I.*: 1991. Nitrogén trágyázási tartamkísérlet humuszos homok és mészlepedékes csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 40: 399–408.
- Pethő M.*: 1993. Mezőgazdasági növények élettana. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Sarkadi J.*: 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- Stefanovits P.–Filep Gy.–Füleky Gy.*: 1999. Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Szabó I. M.*: 1986. Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Szűcs M.*: 1989. A talaj nitrát-tartalmának változása az évszakok és a műtrágyázás hatására. Acta Ovariensis. 31: 45–52.
- Vanderlip, R. L.–Reewes, H. E.*: 1972. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Agron. J. 54: 13–16.
- Várallyay Gy.*: 1984. Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái. Agrokémia és Talajtan. 33: 153–169.
- Varga Gy.*: 1969. A talajokban előforduló különböző nitrogén vegyületek elemzése Bremner szerint. Agrokémia és Talajtan. 18: 479–484.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Lásztity Borivoj
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet
Budapest
Herman O. u. 15.
H-1022

A helyspecifikus tápanyag-visszapótlás ökonómiai vizsgálata

¹SMUK NORBERT–²SALAMON LAJOS–¹MILICS GÁBOR

¹Nyugat-magyarországi Egyetem MÉK, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete,
Mosonmagyaróvár

²Nyugat-magyarországi Egyetem MÉK, Vállalatgazdasági és Vezetéstudományi Intézet
Üzemtani Intézeti Tanszék, Mosonmagyaróvár

Összefoglalás

A trágyázás hatása a növények szemtermés mennyiségére már régóta vizsgált és kutató terület. Ennek következtében már többen igazolták, hogy a hozamot leginkább meghatározó agronómiai beavatkozás a tápanyag-visszapótlás. A termés mennyisége kihatással van a vállalkozások bevételeire, a tápanyag-utánpótlás pedig a költségekre, tehát a jövedelem realizálás tekintetében mindkettő jelentékeny szereppel rendelkezik. Jelen tanulmány során a kukoricatermesztés tápanyag-visszapótlási viszonyait ökonómiai alapokra helyezve vizsgáltuk.

A kísérleteket a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Tangazdaságában végeztük egy 15,3 ha-os kísérleti táblán. A kutatás során NK Furio kukorica hibridet vetettük. A növényre meghatározott trágyareakciós függvényből kiindulva meghatároztuk annak jövedelemfüggvényét. A másodfokú egyenletet deriválva kimutattuk, hogy mekkora trágyamennyiség mellett lenne a termelés nyeresége a legmagasabb.

A kapott adatokat összegezve kezelési egységek szintjén meghatároztuk az elért jövedelmeket, melyeket az ArcView/ArcMAP 9.2 szoftver segítségével jövedelemtérképeken ábrázoltuk, kimutatva ezzel a vizsgált területen tapasztalható változékonyságot a realizálható profit mértékében.

A kapott eredményekből megállapítottuk, hogy a szaktanácsadás alapján az ökonómiailag indokoltnál jelentősen magasabb mennyiségek kerültek a kezelése során alkalmazásra. Ez alapján javasolni lehet, hogy a hibridek genotípusából adódó különbségeket

a tápanyag-visszapótlás során figyelembe kell venni, hiszen az input anyagok csökkentésével a nyereség növelhető.

Jövedelemtérképek segítségével a gazdaságossági viszonyok nagyon könnyen szemléltethetők a területen belül, ezért alkalmazásuk széleskörűen ajánlható, mind az elemzések, mind pedig a gyakorlati gazdálkodók számára.

Kulcsszavak: helyspecifikus tápanyag-gazdálkodás, jövedelemtérkép, jövedelem-optimalizálás

Economical aspects of site-specific nutrient replenishment

¹N. SMUK–²L. SALAMON–¹G. MILICS

¹University of West Hungary, Faculty of Agricultural and Food Sciences,
Institute of Biosystems Engineering, Mosonmagyaróvár

²University of West Hungary, Faculty of Agricultural and Food Sciences,
Institute of Business and Management, Mosonmagyaróvár

Summary

The effect of fertilisation on the quantity of grain crops has been long studied. As a result, many researchers have already proven that the most decisive intervention in the agronomic practice in order to increase the yield is nutrient replenishment. Yield has a great impact on farm revenue, nutrient supply has an impact on costs; therefore, the realisation of income in respect to both of them has a significant role.

In this study, the nutrient replenishment circumstances of maize production were examined while focusing on the economic conditions.

Experiments were carried out at the research site belonging to University of West Hungary Faculty of Agricultural and Food Sciences on a 15.3 hectare experimental area. During the experiment, NK Furio corn hybrid was used. Based on the nutrient reaction functions we defined the functions of income. A derived quadratic equation showed where it would be possible to reach the highest profit concerning the applied amount of fertiliser.

Summarising the results, we have calculated the achieved incomes for each treatment units and mapped them with ArcView/ArcMap 9.2 software. According to the results, differences on the realisable profit can be mapped and visualised.

Based on our results we can conclude that the applied advisory system recommends higher amount of fertiliser for the treatment units compared to the economical optimum. It can be recommended that in the advisory system the variability of a given hybrid genotype should be taken into consideration in order to achieve higher income.

With the help of the profit maps, the within field variability can be easily visualised; therefore, application of such maps can be strongly advised for the theoretical approaches as well as for the farmers in the practice.

Key words: site-specific nutrient replenishment, profit map, profit optimisation

Экономическое исследование специфичного для места внесения питательного вещества

¹Н. ШМУК–²Л. ШАЛАМОН–Г. МИЛИЧ

¹Технический Институт Биологических Систем, Факультет Сельского Хозяйства
и Питания, Западно-Венгерский Университет, Мошонмадьяровар

²Западно-Венгерский Университет, Факультет Сельского Хозяйства и Питания, Институт
Экономики и Управления предприятий, Кафедра Управления предприятием,
Мошонмадьяровар

Резюме

Влияние удобрения на количество урожая зерна растений уже давно изучаемая и исследуемая территория. Вследствии этого уже многие подтвердили, что наиболее определяющим прибыль агрономическим вмешательством является внесение питательного вещества. Количество урожая оказывает влияние на доходы предприятий, а внесение питательного вещества влияет на расходы, таким образом с точки зрения реализации дохода они вместе имеют большое значение.

В ходе данного исследования изучали связи внесения питательного вещества при выращивании кукурузы с экономической точки зрения.

Опыты проводили в Учебном хозяйстве Факультета Сельского хозяйства и Питания Западно-Венгерского Университета на опытном участке площадью 15,3 га. В ходе исследования сеяли гибрид кукурузы НК Furio. Исходя из зависимости установленной реакции удобрения на растение, установили его прибыльную зависи-

мость. Произведя квадратное уравнение показали, что при каком количестве удобрения доход производства был бы самым высоким.

Суммировав полученные результаты, на уровне обрабатывающих единиц установили достигнутые доходы, которые с помощью софтвера ArcView/ArcMAP 9.2 нанесли на карты прибыли, показав с этим обнаруженную изменчивость в размере реализуемой прибыли на исследованной территории.

Из полученных результатов определили, что на основе профессионального консультирования внесения питательного вещества значительно большие количества применяются в ходе обработок, чем экономически мотивированно. На основе этого можно предложить, что происходящие из генотипа гибридов отличия надо принимать во внимание в ходе внесения питательного вещества, ведь с сокращением input-веществ можно увеличить прибыль.

С помощью карт доходности экономические условия легко можно рассмотреть в рамках территории, поэтому их применение можно широко предлагать как для анализа, так и для занимающихся сельским хозяйством.

Ключевые слова: специфичное для места хозяйствование питательным веществом, карта доходности, оптимализация прибыли

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A precíziós vagy más néven helyspecifikus mezőgazdaság létjogosultsága napjainkban már megkérdőjelezhetetlen. A kor kihívásainak megfelelni, a gyakran szélsőségesen változó piaci körülményekhez alkalmazkodni, csak magas szakmai felkészültséggel és korszerű technológiai háttérrel rendelkező vállalkozások tudnak.

Berzsenyi és Győrffy (1995) tartamkísérleteik során kimutatták, hogy a termésmennyiséget leginkább meghatározó két tényező a tápanyag-visszapótlás 30,7% és a genotípus 30%. A genotípus jelentőségére már *Sárvári és Győri (1982)* is felhívta a figyelmet.

Nagy (1995) hasonlóképpen igazolja, hogy a trágyázás a legmeghatározóbb tényező. Vizsgálata szerint a tápanyag-utánpótlás 48%-ban, míg az öntözés 28%-ban determinálja a termés mennyiségét. Ezt a tényt azonban már jóval előbb közzétették, mely szerint a '60-as '70-es évek magyar mezőgazdaságában tapasztalható jelentékeny mértékű termésemelkedés a műtrágyák mind nagyobb

szintű alkalmazásának köszönhető (Bocz 1976). A nagy mennyiségű műtrágya felhasználás a termésmennyiségen kívül befolyásolja a kukoricatermesztés energiamérlegét is (Neményi 1988).

Magyarországon a precíziós gazdálkodással kapcsolatos kutatások a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) és kutatóintézetei együttműködése révén kezdődtek meg a '90-es évek végén (Györfy 2000).

A gazdálkodási rendszer ökonómiájával kapcsolatosan azonban még napjainkban is csak kevés adat áll rendelkezésre hazánkban. Nemzetközi szakirodalom viszont már régebb óta foglalkozik a technológia gazdasági vonatkozásaival (Lowenberg-DeBoer 1996, Godwin et al. 2003). A témában megjelent hazai publikációk elsődlegesen a precíziós növényvédelem hatékonysági és megtérülési vonatkozásait vizsgálják (Takács-György et al. 2008, Lencsés és Takács-György 2008). A növényvédelmi kérdéseket vizsgálva Takácsné (2003) megállapítja, hogy akár 40% növényvédő szer megtakarítás is elérhető a technológia alkalmazásával.

Jelen tanulmány arra kívánja felhívni a figyelmet, hogy napjaink gazdálkodójának nem elég ismerni a mezőgazdasági termeléshez szükséges alapösszefüggéseket. Komplex szemléletváltásra van szükség, mely nem nélkülözheti a széleskörű ökonómiai látásmódot sem, hiszen a vállalkozások profitorientáltan működnek.

Vizsgálatunk a 2001–2002. évi kukorica kultúrával foglalkozik. Az említett évek ökonómia viszonyait speciális jövedelemtérképeken ábráztuk. Minde mellett a vizsgált évekre meghatároztuk, hogy adott közgazdasági környezetben mekkora az a műtrágya mennyiség, mely kijuttatása esetén a gazdálkodó profitja maximális lett volna.

Reisinger et al. (2008) 18%-os peszticid megtakarítás mellett 16,3 €/ha többletjövedelem realizálásról számol be a helyspecifikus növényvédelem alkalmazása tekintetében.

Takácsné és Lencsés (2008) modellszámítással igazolják, hogy 250 ha-os modell gazdaságnál a gépi munka költségek és az input megtakarítás függvényében a többletberuházás megtérülése 1–20 év között várható. A publikáció információértékét növeli, hogy nem csak a hosszú távú, hanem a 6 évnél rövidebb megtérülési idejű eseteket is számba veszi.

A helyspecifikus tápanyag-visszapótlás ökonómiájával kapcsolatosan hazánkban nem sok publikáció jelent meg. A megjelent cikkek többsége a beruházás megtérülésével foglalkozik (Kalmár et al. 2004, Smuk et al. 2009, Smuk et al. 2011). Jelentékeny szerepet vállal a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kara, ahol Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetében, illetve a Vállalatgazdasági és Vezetéstudományi Intézetében a témával kapcsolatos kutatások folynak (Neményi et al. 2006).

A műtrágyák alkalmazása során felismerték, hogy az állandó NPK trágyázás hatással van a talaj tápanyagforgalmára, amelyet figyelembe kell venni a műtrágyaadag meghatározásnál (Lásztity és Csathó 1994). A tápanyag-visszapótlási modellek jövedelmezőségi vizsgálatokor az MTA TAKI–MTA MGKI által kidolgozott trágyázási szaktanácsadási rendszerek alapján elmondható, hogy az új modell magasabb jövedelem realizálását teszi lehetővé (Csathó et al. 2007).

Anyag és módszer

A számításokat a Nyugat-magyarországi Egyetem Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetének kezelésében lévő, N 47° 54' 19,71" E 17° 15' 0,807" helyen található 15,3 hektáros táblára határoztuk meg (1. ábra).

A terület mezőgazdaságilag intenzíven művelt alluviális síkság. A tábla egy talajszelvény leírással nem jellemezhető, hiszen a területen található egy eltemetett folyómeder. Általánosan elmondható, hogy a vizsgálat helyszíne humuszos öntéstalaj, amelynek a legfelső 20 cm-es rétegében a talaj humusztartalma 1,4–2,8% között változik. A humusztartalom ilyen mértékű változása is teljes mértékben követi a terület jellegzetes mintázatát. A kisebb humusztartalommal rendelkező részekben a homokfrakció aránya is jelentősen megnő, ahol viszont magasabb értékekkel találkozunk, ott a vályog és agyagfrakció a meghatározó.

A kísérlet során fennálló időjárási körülményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. A csapadékviszonyok a vizsgált két év tekintetében eltérnek. Mindkét év aszályos, bár 2002-ben számottevően több csapadék hullott, ennek eloszlása a növény szempontjából kedvezőtlen volt. A kukorica vízigényének maximuma a virágzás idejére tehető. Ebben a két hónapban 2002-ben a kevesebb csapadék mellé magasabb átlaghőmérséklet és több napsütéses óra társult, mint az előző évben, melyek összességében a kukorica számára kedvezőtlenek voltak.

1. ábra. A kísérleti tábla kezelési egységeinek az elhelyezkedése
(Mosonmagyaróvár 2001)

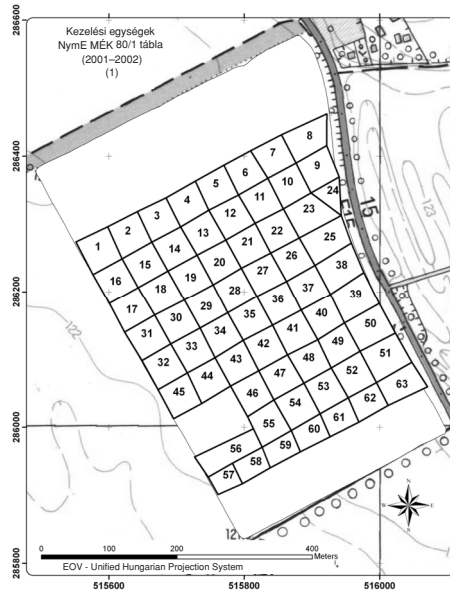


Figure 1. The management units of the experimental field (Mosonmagyaróvár 2001). (1) Treatment units, plot NymE-MÉK 80/1 (2001–2002).

A terület 63 kezelési egységre (15,3 ha) lett felosztva, melyek mindegyikére meghatározásra kerültek az 1 hektár területre vonatkoztatott jövedelemadatok árúkkukorica tekintetében. A számításokhoz a felvásárlási áraknál a Központi Statisztikai Hivatal (KSH), míg a művelési költségek vonatkozásában a Mezőgazdasági Gépesítési Intézet (MGI) adatait használtuk. Az elemzés több évet fog át, ebből a terjedelmi korlátok miatt a 2001 és a 2002-es éveket mutatjuk be jelen tanulmányban. Az eredmények meghatározása matematikai modell segítségével történt.

A kísérlet során a műtrágya dózisok kijuttatását a vizsgált 63 kezelési egységre az előzetes talajvizsgálati eredmények alapján a Proplanta szaktanácsadási modell által meghatározott dózisokban, helyspecifikusan, az adott kezelési egységhez tartozó adagokban, DGPS vezérelt traktorral, AMAZONE ZAM 1500 Tronic típusú repítőtárcsás műtrágyaszóróval végeztük el. A kutatási tábla két végén kialakításra került egy 4, illetve egy 3 ha-os terület, mely a vizsgálat kontrollja volt, ahol hagyományos gazdálkodási gyakorlatot folytattunk.

1. táblázat. Összefoglaló meteorológiai táblázat
(Mosonmagyaróvár 2001–2002)

Hónap (1)	Csapadék (mm) (2)		Napsütéses órák száma (óra) (3)		Hőmérséklet (°C) (4)	
	Évek (5)					
	2001	2002	2001	2002	2001	2002
Január	12,7	13,5	56	58	0,3	0,3
Február	12,1	24,1	136	62	3,0	5,2
Március	51,3	47,1	109	174	6,9	6,8
Április	22,3	31,9	178	165	9,6	10,1
Május	17,3	25,9	293	254	17,3	18,3
Június	30,3	40,2	221	296	17,6	21,1
Július	61,0	42,5	245	300	20,9	22,3
Augusztus	39,9	86,7	301	213	21,9	20,8
Szeptember	126,1	45,6	112	170	13,6	14,9
Október	9,1	81,0	123	100	13,3	9,7
November	37,0	52,0	90	47	3,7	8,0
December	33,5	57,5	74	41	-3,5	-0,7
Összesen (6)	452,6	548,0	1937,6	1880,4	10,4	11,4
VI-VII. hó (7)	91,3	82,7	466,4	595,3	19,3	21,7
IV-X. hó (8)	306,0	353,8	1473,0	1496,9	16,3	16,8

Table 1. Weather summary table (Mosonmagyaróvár 2001–2002). (1) Month, (2) Rainfall (mm), (3) Number of hours of sunshine (hour), (4) Temperature (°C), (5) Years, (6) Total, (7) Months VI–VII, (8) Months IV–X.

A jövedelemtérképek létrehozásánál az ArcView/ArcMap 9.2 programot használtuk fel. A térképkészítéshez szükséges számításokat a Microsoft Excel 2003 Professional programmal végeztük el.

A profit maximalizálás során abból a matematikai alaptételből indultunk ki, mely szerint a másodfokú függvény maximuma a függvény első deriváltjánál található, tehát meghatározásra kerültek az adott évekhez tartozó jövedelem függvények és ezek deriválásával kaptuk meg a profit maximumot.

A profit függvény meghatározásához a Debreceni Egyetem AGTC Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet által rendelkezésünkre bocsátott

trágyareakciós függvényeket tekintettük kiindulási alapnak (Huzsvai és Nagy 2003, Huzsvai és Nagy 2004). A függvényekből átlagfüggvényt határoztunk meg, mely 8 év adatait ölelte fel, ebből meghatároztuk, hogy az adott kutatási években mekkora műtrágya-kijuttatás mellett érhető el a profit maximum. A vizsgálatok a Syngenta NK Furio hibriddel történtek.

Az így meghatározásra került regressziós egyenlet alapján matematikai modell segítségével definiáltuk a termelési érték (TÉ), az összes költség (Kö) és a nyereség függvényeket, melyek a következő módon alakultak:

$$Y_{TÉ\ 2001} = -2,0734x^2 + 606,93x + 124\ 599 \quad (1)$$

$$Y_{TÉ\ 2002} = -2,2639x^2 + 662,71x + 57\ 686 \quad (2)$$

ahol, a „ $Y_{TÉ}$ ” a kukorica termelési értéke Ft/ha, míg az „ x ” a N hatóanyag kg/ha-t jelölik.

$$Y_{Kö\ 2001} = 392,43x + 66\ 913 \quad (3)$$

$$Y_{Kö\ 2002} = 382,14x + 90\ 050 \quad (4)$$

ahol, a „ $Y_{Kö}$ ” a kukorica összes költség Ft/ha, míg az „ x ” a N hatóanyag kg/ha-t jelölik.

$$Y_{NYERESÉG\ 2001} = -2,0734x^2 + 214,5x + 57\ 686 \quad (5)$$

$$Y_{NYERESÉG\ 2002} = -2,2639x^2 + 280,57x + 45\ 999 \quad (6)$$

ahol, a „ $Y_{NYERESÉG}$ ” a kukorica nyeresége Ft/ha, míg az „ x ” a N hatóanyag kg/ha-t jelölik.

Eredmények

A jövedelemtérkép segítségével megállapíthatjuk, hogy a vizsgált terület bármely pontján hektárra vonatkoztatva mekkora nyereség keletkezik. Jelentősége tehát abban rejlik, hogy elvonatkoztatunk a naturáliáktól és értékben határozzuk meg, hogy helyspecifikusan mekkora nyereségre tehetünk szert.

Segítségével könnyen értelmezhetjük mely területeink azok, melyek gazdaságosabb termelést tesznek lehetővé, s akár ennek függvényében is dönthetünk az egyes kezelések végrehajtásáról, az input anyagok táblán belül differenciált felhasználásáról.

A térképeken jól látható a heterogenitás a táblán belül (2. ábra). Ebben a vizsgált évben ugyan még nem volt differenciált tápanyag-visszapótlás a területen, de hozammérés már helyspecifikusan történt. Az adatokat felhasználva kerültek megszerkesztésre a térképek.

2. ábra. A kutatási terület hozam- (baloldal), illetve jövedelemtérképe (jobboldal) (Mosonmagyaróvár 2001)

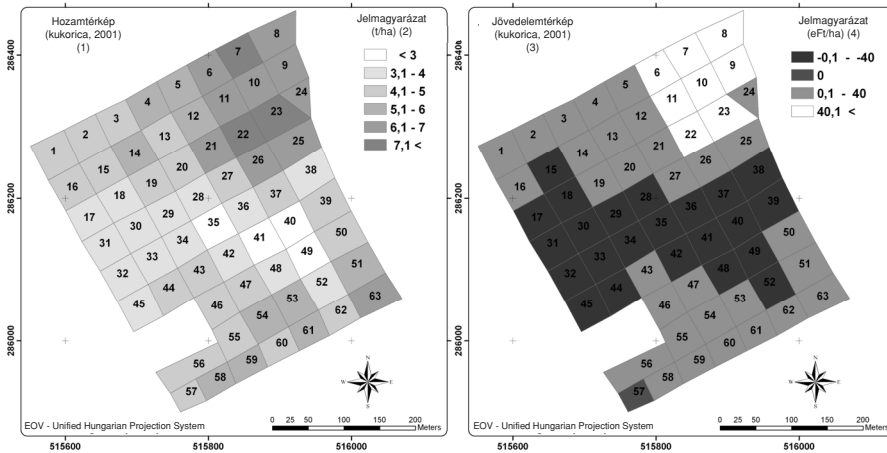


Figure 2. The yield- (left side) and profit (right side) maps of the investigated area (Mosonmagyaróvár 2001). (1) Yield map (maize, 2001), (2) Legend (t ha⁻¹), (3) Income map (maize, 2001), (4) Legend (eFt/ha).

A tábla északi sarkán látható magasabb terméspotenciál determinálja a baloldali térkép nagyobb jövedelmezőségi viszonyait az adott területen. Az eredményekből kiderül, hogy a középső részekben található területekre kell jelentősebb figyelmet fordítani a kutatás során, mivel itt az alacsonyabb hozamok mellé veszteséges gazdálkodás társul, melyek rontják a termelés hatékonyságát. A déli kezelési egységek közepes hozamai kielégítő feltételeket kínálnak ugyan a nyereséges termesztéshez, ám ahogy az a térképen is látszik, csak kismértékű jövedelem realizálására nyújtanak lehetőséget.

A betakarított átlaghozamokat az egész területre viszonyítottan és a kezelések során kijutatott hatóanyagokat az 2. táblázatban foglaltuk össze. 2002-ben a differenciált műtrágya-kijuttatásnak köszönhetően a terület fajlagos hatóanyag felhasználása jelentős mértékben javult. A helyspecifikus talajmin-tavételek, az ebből készített laboratóriumi vizsgálati eredmény, a precíziós hozam adatok és az ezekre az adatokra alapozott szaktanácsadás révén sikerült a felhasznált nitrogén (N) hatóanyagú műtrágyák mértékét jelentősen redukálni, s ezzel egy időben a hozamot növelni. A talajadatok alapján megállapításra került, hogy a foszfor (P) és kálium (K) tartalmú műtrágyákat sem célszerű az eddigi gyakorlat alapján használni, ezért a kezelés során a P teljes mértékben el lett hagyva, míg K tekintetében megnövelt dózis került alkalmazásra.

2. táblázat. Az egyes gazdasági évek tápanyag-kijuttatásai és hozamai
a kísérleti tábla átlagában
(Mosonmagyaróvár 2001–2002)

Év (1)	Növény (2)	Átlagos hozam (t/ha) (3)	N (kg/ha) (4)	P ₂ O ₅ (kg/ha) (5)	K ₂ O (kg/ha) (6)
2001	Kukorica (<i>Zea mays</i> L.)	4,47	141 (31,54)	45 (10,07)	45 (10,07)
2002	Kukorica (<i>Zea mays</i> L.)	6,03	115 (19,07)	0 (0)	93 (15,42)

*A zárójelben jelzett értékek a fajlagos hatóanyag felhasználást jelzik (kg hatóanyag/t hozam).

Table 2. Data of nutrient replenishment and yields in the averages of the examined area. (1) Year, (2) Plant, (3) Average yield, (4) Nitrogen, (5) Phosphorous, (6) Potassium. *Values in brackets represent the specific active ingredient use (kg active ingredient per t yield).

A szaktanács alapján elvégzett kezelés következtében a hozam jelentékeny mértékű emelkedését számottevő hatóanyag csökkenéssel sikerült elérni. Ez a termelés hatékonyságának javulását jelzi, hiszen a fajlagos mutatók a N és a P tekintetében lényegesen kedvezőbbé váltak. Azonban felmerül a kérdés, hogy vajon a hatékonyság milyen jövedelmezőségi viszonyokkal társul.

A 3. ábrán került bemutatásra a 2001-es év jövedelem függvénye. Az ábrát átvizsgálva egyértelműen látszik, hogy a termelési érték és a nyereség függvény nem azonos mennyiségű N hatóanyag szintnél éri el a maximumát. Megállapítható, hogy ugyan, a hozam tekintetében, a növekvő N dózisokat a növény még hasznosítani tudná (bár egyre kisebb mértékben, Mitscherlich

törvénye alapján), ez közgazdaságilag egy szint után már nem kifizetődő (Gossen II. törvénye).

3. ábra. A kukorica (*Zea mays* L.) profit függvénye
(Mosonmagyaróvár 2001)

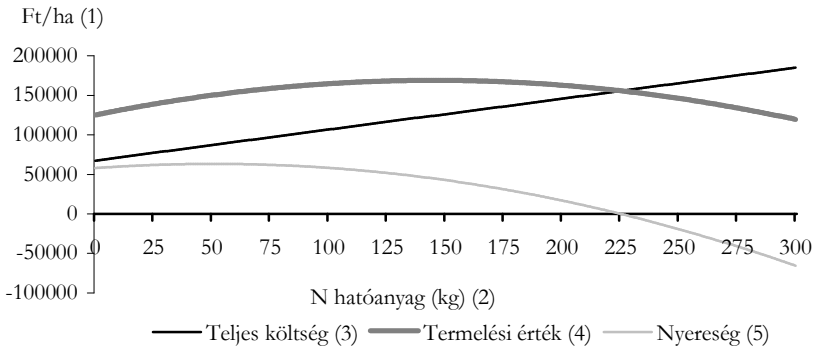


Figure 3. Profit curve of maize (*Zea mays* L.) (Mosonmagyaróvár 2001). (1) Ft ha⁻¹, (2) N agent (kg ha⁻¹), (3) Total Cost, (4) Production Value, (5) Profit.

Ha $\partial(1)$ és $\partial(5)$ műveleteket elvégezzük, akkor megkapjuk a két függvény szélsőértékét. Ezek az (1) tekintetében 146 kg/ha, míg az (5) vonatkozásában 52 kg/ha N hatóanyagot jelentenek. Látszik, hogy a gazdaságilag még indokolt műtrágya adag majd harmada annak, mint amely a növény számára hasznosítható lenne.

Ha a kapott értéket összevetjük az 2. táblázatban foglaltakkal, akkor látható, hogy a 2001-es kijuttatás a hozam maximumhoz szükséges hatóanyag mennyiséget célozta meg. A jövedelemfüggvény ismeretében azonban elmondható, hogy ennél lényegesen szerényebb mennyiségű műtrágyával jövedelmezőbb eredmény lett volna elérhető.

A helyspecifikus kezeléseket a Proplanta modell alapján végeztük el, a beavatkozás hatására jelentékeny változások következtek be a területen. A hozamtérképen az egyes kezelési egységeken magasabb termésátlagok láthatók ugyan, de a heterogenitás nem csökkent (4. ábra). A jövedelemviszonyok azonban jelentősen változtak az egész területen, de főként a már korábban említett középső egységeknél, melyek száma az 2. ábra határaihoz képest kiszélesedett.

Jelen körülmények kialakulásának oka az előző időszak nem megfelelő tápanyag-visszapótlás viszonyaiban keresendők. A részletes talajmintavételekre

és hozamdatakra alapozott szaktanácsadás alapján meghatározott hatóanyag mennyiségeket – nitrogén (N), foszfor (P) és kálium (K) – differenciáltan és külön menetben juttattuk ki a területre. Alkalmazkodva a táblán belül fellépő eltérő, helyspecifikus igényekhez. Ebből fakadóan ugyan a tábla átlagában alacsonyabb mértékben kerültek a hatóanyagok a területre, azonban térben eltérő mennyiségben.

4. ábra. A kutatási terület hozam- (baloldal), illetve jövedelemtérképe (jobboldal) (Mosonmagyaróvár 2002)

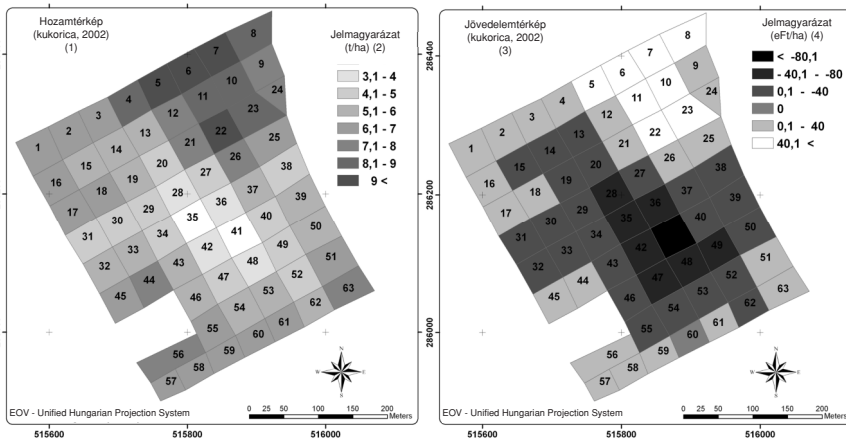


Figure 4. The yield- (left side) and profit (right side) maps of the investigated area (Mosonmagyaróvár 2002). (1) Yield map (maize, 2002), (2) Legend (t ha⁻¹), (3) Income map (maize, 2002), (4) Legend (tHUF per ha)

Ha elvégezzük a $\partial(2)$ és $\partial(6)$ műveleteket, akkor megkapjuk a (2)-nél a közel 146 kg/ha, míg a (6) tekintetében a 62 kg/ha N hatóanyag mennyiséget. Az adatokat összevetve az 2. táblázat adataival látható ugyan, hogy a szaktanácsadás lényegesen jobban megközelítette a gazdaságos kijuttatási küszöböt, de még mindig majd kétszeresére határozta meg a szükséges hatóanyag mennyiséget. Ez azonban nem csökkenti a modell értékét, hiszen a trágyareakciós függvények a különböző genotípusok tekintetében eltérőek, ezeket standardizálni kell a számítások megkönnyítése érdekében.

Következtetések

A mérsékelt N felhasználás csökkenti az eutrofizáció és nitrogén kimosódás veszélyét, ennek révén elősegíti a tápanyagok mind nagyobb részének hasznosulását.

A vizsgálatok alapján elmondható, hogy a termesztett kultúrával kapcsolatos pontos információk birtokában tovább finomíthatjuk a tápanyag-gazdálkodási terveket. Ennek hatására jelentékeny megtakarítások érhetők el, sőt ezen túlmenően társadalmi szintű haszon realizálódik a környezetterhelés csökkentésén keresztül. Fontos tehát az új technológiák adta lehetőségek kihasználásán túl a mind pontosabb adatok begyűjtése, továbbá az adatokkal kibővítve a szaktanácsok finomítása.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ez úton is szeretnék kifejezni köszönetüket dr. Huzsvai Lászlónak a rendelkezésünkre bocsátott trágyareakciós függvényekért, valamint dr. Varga Zoltánnak a meteorológiai adatokért. A tanulmány megjelenését a TÁMOP 4.2.1/B projekt, valamint a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta.

IRODALOM

- Berzsenyi Z.–Győrffy B.:* 1995. Különböző növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére és termésstabilitására. *Növénytermelés*. 44. 4: 507–517.
- Bocz E.:* 1976. Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Csathó P.–Árendás T.–Fodor N.–Horváth J.–Németh T.:* 2007. Az MTA TAKI és MTA MGKI trágyázási szaktanácsadási rendszer. [In: Németh T. et al.: A precíziós mezőgazdaság módszertana.] Jate Press – MTA TAKI. Szeged. 239.
- Godwin, R. J.–Richards, T. E.–Wood, G. A.–Welsh, J. P.–Knight, S. M.:* 2003. An Economic Analysis of the Potential for Precision Farming in UK Cereal Production. https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/1826/746/2/TR%20_was%20%203.10%20Economic%20analysis%20of%20PF_.pdf.
- Győrffy B.:* 2000. Javaslat a precíziós agrárgazdálkodás kutatási programjának indítására. A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Osztályának 2000. évi tájékoztatója. Budapest. 17–22.
- Huzsvai L.–Nagy J.:* 2003. A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözéses termesztésben. *Növénytermelés*. 52. 5: 533–541.

- Huzsvai L.–Nagy J.*: 2004. A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére kettős lineáris függvényvel. *Növénytermelés*. 53. 4: 365–374.
- Kalmár S.–Salamon L.–Reisinger P.–Nagy S.*: 2004. A precíziós gyomszabályozás üzemi alkalmazhatóságának vizsgálata. *Gazdálkodás Különkiadása*. 48. 8.
- Lásztity B.–Csathó P.*: 1994. A tartós NPK műtrágyázás hatásának vizsgálata búza-kukorica dikultúrában. *Növénytermelés*. 43. 1: 157–167.
- Lencsés, E.–Takács-György, K.*: 2008. Economic aspects of different weed management systems in corn production. *Cereal Res. Commun.* 36: 707–710.
- Lowenberg-DeBoer, J.*: 1996. Precision farming and the new information technology: Implications for farm management, policy and research: Discussion. *American Journal of Agricultural Economics*. 78. 5.
- Nagy J.*: 1995. A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 44. 4: 493–506.
- Neményi M.*: 1988. Energiatakarékosan szárítható kukoricahibridek jellemzői. *Akadémiai Kiadó*. Budapest. 87.
- Neményi, M.–Mesterházi, P. Á.–Milics, G.*: 2006. An Application of Tillage Force Mapping as a Cropping Management Tool. *Biosystems Engineering*. 94. 3: 351–357.
- Reisinger, P.–Pecze, Zs.–Kiss, B.*: 2008. Precision development in the preemergent weed control of sunflower. *Journal of Plant Diseases and Protection. Special Issue*. 21: 177–180.
- Sárvári M.–Győri Z.*: 1982. A monokultúrában és vetésváltásban termesztett kukorica termésátlagának és minőségének változása különböző tápanyagellátás mellett. *Növénytermelés*. 47. 2: 213–221.
- Smuk N.–Milics G.–Salamon L.–Neményi M.*: 2009. A precíziós gazdálkodás beruházásainak megtérülése. *Gazdálkodás*. 53. 3: 246–253.
- Smuk, N.–Neményi, M.–Salamon, L.*: 2011. Modelling of return of excess investment in precision agriculture. *Növénytermelés*. 60. 1: 113–116.
- Takácsné György K.*: 2003. Növényvédőszer használatának csökkentése és a precíziós gazdálkodás közötti összefüggések – alternatív gazdálkodási stratégia? *Gazdálkodás*. 47. 3.
- Takács-György, K.–Reisinger, P.–Takács, E.–Takács, I.*: 2008. Economic analysis of precision plant protection by stochastic simulation based on finite elements method. *Journal of Plant Diseases and Protection. Stuttgart. Special Issue*. 21: 181–186.
- Takácsné György K.–Lencsés E.*: 2008. A precíziós növénytermesztés megítélése gazdasági szempontból. XXXII. Óvári Tudományos Nap. Mosonmagyaróvár. 2008. október 9.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Smuk Norbert–Dr. Milics Gábor
Nyugat-magyarországi Egyetem MÉK
Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete
Mosonmagyaróvár
Vár 2.
H-9200

Dr. Salamon Lajos
Nyugat-magyarországi Egyetem MÉK
Vállalatgazdasági és Vezetéstudományi Intézet
Üzemtani Intézeti Tanszék
Mosonmagyaróvár
Vár 2.
H-9200

Morzsoltn betakarított hibridkukorica (*Zea mays* L.) vetőmag előzetes vizsgálati eredményei

¹VARGA PÉTER-²BERZY TAMÁS-³ANDA ANGÉLA

¹Fejér Megyei Kormány Hivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatósága, Székesfehérvár

²MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet, Martonvásár

³Pannon Egyetem Georgikon Kar, Meteorológiai és Vízgazdálkodási Tanszék, Keszthely

Összefoglalás

8 Pioneer fajtájú hibridkukorica vetőmag betakarítás utáni és egyéves csírázóképeségét, valamint életerejét vizsgáltuk 4 vetőmagvizsgáló laboratóriumban. A genetikai tisztaságot laboratóriumi körülmények között és fajtakitermesztő állomáson ellenőriztük. A vetőmag-szaporító táblákon kísérleti táblarészeket jelöltünk ki, melyek felét szemesen, felét vele párhuzamosan, csövesen takarítottuk be. Célunk az volt, hogy megállapítsuk, a kukorica vetőmag veszít-e a minőségi paramétereiből (csírázóképeség, életerő, genetikai tisztaság), ha szemesen takarítjuk be. A vetőmagot előtisztítva, csávázatlanul 4 vetőmagvizsgáló laboratóriumban, ISTA szabvány szerint csíráztattuk, egy laborban életerőt vizsgáltunk. Kettő véletlenszerűen kiválasztott hibridet 4 frakcióra bontottunk, és frakciónként is elemeztünk. Valamennyi csírázóképeségi eredmény szabványos (90% feletti) volt. A morzsolt betakarítású vetőmag csíraeredményei nem érték el a csövesen betakarítottét, az abnormális csíranövényeknek számában viszont a kísérleti (szemes) csoport meghaladta a csövesét. A frakcionált vetőmagtétel csíráztatása során a legkisebb csírázóképeségi mutatót a közepes gömbölyű, a legnagyobbat a nagy lapos frakció érte el. Az életerő vizsgálatnál, néhány hibridnél a morzsolt betakarítású csoport mutatott jobb eredményeket, valószínűleg a csöves csoport feldolgozás vagy szárítás közben fellépő stressz eredményeként. A vetőmagmintákat a Pioneer Hi-Bred zRt. vetőmagüzemében tároltuk, majd egy évvel a betakarítás után újból vizsgáltuk. Az egyéves csíráztatási eredményeknél megállapítottuk, hogy valamennyi hibrid esetében, mindkét kezelésnél csökkent a csírázóképeség, de szabványos maradt. Szignifikáns különbség a két eltérő betakarítási mód között nem jelentkezett, valamint a vigor vizs-

gálat esetében sem volt szignifikáns eltérés. A genetikai tisztaságot Izoelektromos Fókuszálás (IEF) módszerével és fajtakitermesztéssel ellenőriztük. A fajtakitermesztés során a csöves betakarítás jobb eredménnyel zárult, mint a morzsolt. Az IEF esetében az eredmény már nem volt ennyire egyértelmű, néhány esetben a morzsolt betakarítású vetőmag eredménye bizonyult jobbnak. Az IEF vizsgálatból megállapítható, hogy az idegenek közül nem az ön-, hanem az idegenbeporzott növények voltak nagyobb számban. A kísérletsorozat folytatása után megfontolhatóvá válhat bizonyos esetekben a hibridkukorica vetőmag szemesen történő betakarításának lehetősége.

Kulcsszavak: hibridkukorica vetőmag, csírázóképeség, életképesség, genetikai tisztaság

Preliminary results of shelled harvested sowing seed maize hybrids (*Zea mays* L.)

¹P. VARGA-²T. BERZY-³A. ANDA

¹Fejér County Government Office, Székesfehérvár

²Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences, Martonvásár

³Pannonia University, Georgikon Faculty, Keszthely

Summary

The post-harvest germination and the germinative ability one year after harvest, as well as the vigour of eight Pioneer maize hybrids were examined in four sowing seed laboratories. The genetic purity was checked in laboratory conditions and at a test production station. Experimental plot sections were separated on the test production plots and half of these sections were combine harvested, while the other half was ear harvested. The objective was to determine whether the quality parameters of maize sowing seed (germinative ability, vigour, genetic purity) will be deteriorated in the case of shelled harvesting. The germination of sowing seeds was done untreated in four sowing seed examination laboratories in accordance with the ISTA standard and their vigour was examined in one laboratory. Two randomly selected hybrids were divided into four fractions and each fraction was analysed separately. All germinative ability results were in accordance with the standards (above 90%). The germination results of the shelled sowing seed maize did not reach that of the maize of which the entire ear was harvested,

while the number of abnormal seedlings was higher in the case of the experimental (combine harvested) maize than the other group. During the germination of the fractional sowing seed lots, the lowest germinative ability was shown by the round medium fraction, while the highest value was obtained in the case of the large plain fraction. During the vigour analysis, certain hybrids from the shelled group provided better results, probably due to stress during the processing or drying of the ear group. The sowing seed samples were stored in the sowing seed plant of Pioneer Hi-Bred Plc. and they were examined again one year after harvesting. During the evaluation of the one-year germination results, it was established that all hybrids showed reduced germinative ability but they stayed withing standards. No significant difference was observed between the two harvesting methods and no significant difference was shown in vigour either. The genetic purity was examined with Isoelectric Focusing (IEF) and test production. During the test production, the ear harvesting had better results than the shelled harvesting. As regards the IEF method, the result was not so straightforward, as the shelled harvesting showed better values in certain cases. It can be established from the IEF examination that the ratio of invasive plants pollinated by other invasive plants was higher than that of the self-pollinated ones. After continuing the series of experiments, it could be considered to perform combine harvesting of the hybrid maize sowing seed in certain cases.

Key words: maize seed, germinative ability, vigour, genetic purity

Результаты предварительных исследований посевного зерна лущёно собранной гибридной кукурузы (*Zea mays* L.)

¹П. ВАРГА–²Т. БЕРЗИ–³А. АНДА

¹Дирекция Учреждения Защиты Почвы и растений области Фейер , Секешфехервар

²Исследовательский Институт сельского хозяйства Венгерской Академии Наук,
Мартонвашар

³Университет Паннония факультет Георгикон, кафедра Метеорологии и Водохозяйства, Кестхей

Резюме

Мы исследовали всхожесть посевного материала 8 сортов гибридной кукурузы Pioneer после уборки и через год, а также их жизнеспособность в 4 лабораториях

для исследования посевного материала. Генетическую чистоту проверяли в лабораторных условиях и на станциях выращивания сортов. На выращиваемых посевной материал участках выделили опытные части парцелл, половину которых убирали лущёным зерном, параллельно другую половину убирали в початках. Нашей целью было установить, что ухудшаются ли качественные параметры посевного материала кукурузы (всхожесть, жизнеспособность, генетическая чистота), если убираем её лущёной. Предварительно очищенный посевной материал, без протравки в 4 лабораториях исследования посевного материала, по стандарту ISTA проращивали, в одной лаборатории исследовали жизнеспособность. Два случайно выбранные гибрида разделили на 4 фракции, и анализировали и по фракциям. Все результаты всхожести были стандартны (выше 90%). Результаты всхожести лущено собранного посевного зерна не достигли результатов собранного в початках, однако в числе абнормальных всходов опытная (лущеная) группа превысила початочную. В ходе проращивания фракционированных групп посевного материала самый малый показатель всхожести достигла среднеокруглённая фракция, а самый большой плоская большая фракция. При исследовании выживаемости, у некоторых гибридов лущёно собранная группа показала лучшие результаты, вероятно вследствие наступившего стресса при переработке или просушке собранной початками группы. Образцы посевного материала хранили на заводе посевного материала Pioneer Hi-Bred zRt., потом через год после уборки снова исследовали. У годовых результатов всхожести установили, что во всех гибридах, у обеих обработках уменьшилась всхожесть, но осталась стандартной. Значительной разницы не проявилось при этих двух различных способах уборки, а также в случае исследования жизненной силы также не было значительного различия. Генетическую чистоту проверяли методом Изоэлектрического Фокусирования (IEF) и выращиванием сорта. В ходе выращивания сорта уборка початками завершилась лучшим результатом, чем лущёно убранная. В случае IEF результаты уже не были настолько однозначны, в некоторых случаях результаты лущёно собранного посевного материала оказались лучше. Из исследования IEF можно установить, что среди посторонних не самоопылённые, а опылённые чужими растения были в большем количестве. После продолжения ряда исследований может стать актуальной возможность уборки лущёного посевного материала гибридной кукурузы в некоторых случаях.

Ключевые слова: посевной материал гибридной кукурузы, всхожесть, жизнеспособность, генетическая чистота

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A világon, így Magyarországon is, egyik fontos takarmány-, ipari- és élelmiszer-növényünk a kukorica. Hazánkban nagy szerepe van a növénytermesztésen belül a kukoricatermesztésnek, a kukorica és egyéb szántóföldi növényfajok vetőmag előállításának.

Az időjárási tényezők nem mindig teszik lehetővé a hibridkukorica vetőmag szaporítások optimális időben történő csöves betakarítását. Az alacsony szemnedvesség tartalommal, csövesen betakarított kukorica vetőmagnál, a betakarítás és feldolgozás során jelentős, a Pioneer Hi-Bred zRt. mérlegelési adatai szerint 5–25%-os pergési veszteséggel kell számolni. Ennek csökkentését szolgálná a morzsoltan történő betakarítás. *Mounsey et al.* (2002) szerint az alacsonyabb betakarítási nedvesség mellett nagyobb pergési veszteség jelentkezik, ezért alternatív megoldásként javasolja a szemes betakarítást a hagyományos, csöves mellett.

A kukorica vetőmagot a betakarítás és feldolgozás során számos stressz faktor éri, többek között mechanikai károsodás, helytelenül megválasztott betakarítási szemnedvesség-tartalom, nem megfelelő szárítás (*Burris 1975, Loeffler 1985*). *Odiemah* (1991) kutatásai során a különböző környezeti tényezők hibridkukorica vetőmagra gyakorolt hatásait elemezte. A csírázáshoz a magvak viszonylag csekély vizet igényelnek, viszont a vízellátásnak folyamatosnak kell lennie. A felesleges vízmennyiség lassítja a csírázást és csökkenti a csírázóképeséget (*Gáspár in Szabó 1980*). *Ertseyne* (2004) szerint nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a csíráztatási eredmények optimális laborkörülmények között kapott adatok, emiatt azonban mindig ismételtelhetők.

A stressz tényezők vetőmagra gyakorolt hatásainak vizsgálatával korábban számos kutatás foglalkozott (*Gáspár 1980, Nijenstein 1985, Van de Venter 1988, Barla-Szabó és Berzy 1989, Bruggink et al. 1991, Hope et al. 1994*) de a szakirodalom nem tesz említést a vetőmag-kukorica morzsolásos betakarításának hatásairól.

A szuboptimális környezeti feltételek szimulálására a komplex stresszeléses vigor teszt, mint kukorica vetőmag életképesség gyors megállapítására kidolgozott speciális vizsgálat végezhető (*Barla-Szabó és Berzy 1989*). A feldolgozás során a vetőmagüzemekben frakciókra bontják a vetőmagot. A vetőmagfrakciók csírázóképesége és biológiai értéke genotípusonként és évjáratonként is eltérő lehet (*Thielebein 1958, Pásztor 1962, Germ 1966, Fiala 1973, Eisele 1981, Berzy et al. 1996*).

A közelmúltban több fajtatulajdonos vetőmag-előállító kereste meg a Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal (MgSzH) Központot a hibridkukorica vetőmag előállítások szemes formában történő betakarítására, feldolgozására és vetőmagként való előterjesztésre. A 48/2004. (IV. 21.) FVM rendelet - A szántóföldi növényfajok vetőmagvainak előállításáról és forgalomba hozataláról (továbbiakban: rendelet) kimondja, hogy a hibridkukorica vetőmag csöves állapotban kerülhet betakarításra. A kísérlet célja, hogy megállapítsuk, a hibridkukorica vetőmag minőségi paraméterei (csírázóképeség, genetikai tisztaság) hogyan változnak a szemes betakarítással. Shieh és McDonald (1982) ismereteit figyelembe véve tanulmányozni kívántuk, hogy a vetőmag frakcióinak biológiai értékében van-e statisztikailag igazolható különbség a két kezelés között - elsősorban a csírázóképeséget, mint általunk legfontosabbnak tartott értéket szem előtt tartva. A kísérleteket úgy terveztük, hogy azok eredményei közvetlenül átültethetőek legyenek a gyakorlatba. Vizsgálataink az első évben (2009) egy fajtatulajdonos nyolc hibridjére terjedtek ki. A közeljövőben kutatásaink során a hibridek számát és genetikai hátterét bővíteni kívánjuk.

Anyag és módszer

A kísérlet 2009 szeptemberében kezdődött, mikor kijelöltük azokat a hibridkukorica vetőmag szaporító táblákat, amelyek egy részét (kísérleti csoport) kombájnnal, morzsoltan kívántunk betakarítani. Valamennyi tábla Szarvas környékén (20° 17' - 20° 30' hosszúsági és 46° 42' - 47° 26' szélességi fokok között, a tengerszint feletti magasság 81–93 m között) a Pioneer Hi-Bred zRt. termelteséből került ki, az alább felsorolt SC hibridekkel: PR39F58, PR39R86, PR39R20, PR35Y65, PR38H67, PR39G83, Anasta SV és PR39H32. A kísérleti területnek volt egy kontroll táblarésze, amit hagyományosan, csövesen takarítottak be. A területek úgy lettek kijelölve, hogy közel azonos mennyiségű vetőmag érkezzon a kísérleti (szemes) és a kontroll (csöves) részről is.

A betakarítás fajtánként azonos időben és szemnedvesség tartalommal történt. Az időjárás elemzését az „Eredmények” című fejezetnél részletezzük.

A kísérleti táblarészeket John Deere 98.80STS axiáldobos kombájnnal, a kontrollt OXBO 8430XP és 8420XP csőtörőkkel takarították be. A morzsolt csoport a szállító járműről közvetlenül a szárítókamrákba lett szállítva, ahol a tárolás és szárítás a csöves kukoricára használatos szárítókamrákban, 80–90 cm magasan történt. Fajtánként mintegy 20–25 kg mintát a szárítóból, kitérés

közben vettünk, automata mintavevővel. A csőtörővel betakarított kukorica hagyományosan, először a fogadó garatba került, ahol kb. 40 kg csöves mintát szedtünk. Kézi fosztás után a csövek juta zsákba kerültek és a minta kísérte a fosztón és válogatóasztalon áthaladt csöves kukoricát a szárító kamrákba. A szárítás és feldolgozás a Pioneer Hi-Bred zRt. Vetőmagüzemében folyt, Szarvason. A betakarítás után a kísérleti (szemes) csoport 2–6, míg a kontroll (csöves) 3–12 órán belül a szárítókamrákba került. A különbséget a fosztó és válogató vonalak kapacitása adta. A nedvességtartalom szükséges elvonása mindkét esetben elő- (38 °C) és utószáritással (max. 42 °C) történt.

Száritás után a csöves kontrollt lemorzsoltuk, majd az összes mintát (csöves, morzsolt) aljztuk-fölöztük 6,5–10,5 mm keresztátmérőjű rostán. Ezután laboratóriumi mintákat képeztünk felezéssel leosztási módszerrel, rekeszes mintaosztóval. Két, véletlenszerűen kiválasztott hibridet 4 frakcióra bontottunk (nagy lapos - LF, közepes lapos - MF, nagy gömbölyű - LR, közepes gömbölyű - MR) és frakciónként is vizsgáltuk. A vetőmagot csávázatlanul négy vetőmagvizsgáló laboratóriumban csíráztattuk. A csírázóképeséget a vonatkozó szabvány szerint (*International Rules for Seed Testing Edition 2010*) minden laborban tételesenként 100 szem négyszeri ismétlésben ellenőriztük. A két kezelés (morzsolt és csöves) során a csíráztatást mintánként és laboratóriumonként négyszeri ismétlésben hajtottuk végre. A csíráztató közeg kreppelt szűrőpapír három rétegben, tekercsben (BP-R – Between Paper Rolled), mely grammonként 1,4–1,7 cm³ vizet tartalmazott. A megvilágított órák száma min. 8 óra volt, a hőmérséklet pedig 20–30 °C (sötét - világos periódus), vagy állandó 25 °C, 70% relatív légnedvesség tartalom mellett. A csíranövények értékelése a 6–7. napon történt, fejlettségtől függően. Megkülönböztettünk ép- és abnormális csírákat, valamint rohadt szemeket.

A csírázóképeség mellett elvégeztük a hibridek életerő vizsgálatát is (Complex Sressing Vigour Test). A csíráztató közeg megegyezett a csíráztatás során használtakkal. Első lépésben mintánként 200 magot 0,15%-os Neomagnol oldatban 25 °C-on 48 órán át, majd 5 °C-on szintén 48 órán keresztül áztattuk. Az alacsony hőmérséklet mellett a hypoxia is erős stressz faktor. Végül a 96 órán át, állandó megvilágítás és 25 °C hőmérséklet mellett 8×25 mag (BP-R) csíráztatása következett. Értékelés során feljegyeztük a normális, az abnormális, a kis vigorú csíranövény és rohadt magok arányát. Minden tekercsben az öt leg-erősebb csíranövény hajtás- és gyökérhosszát lemértük, átlagoltuk, valamint lemértük a tekercsben lévő összes csíranövény hajtás-, illetve gyökértömeget.

Négy hibridnél (PR39R20, PR35Y65, PR38H67, PR39G83) a csírázóképeségi és életképességi vizsgálatokat megismételtük egy évvel a betakarítás után. A vizsgálatot, hasonlóan, mint a 2009-ben, ismét az előző négy vetőmagvizsgáló laboratóriumban végeztük. A vetőmag minta tárolása csávázatlanul, üzemi körülmények között történt (10–25 °C hőmérséklet, és 50–60% relatív páratartalom) Szarvason a vetőmagüzemben.

A statisztikai kiértékelésnél a laborok között korreláció analízist, a kezelések között variancia analízist végeztünk. Az adatok nem normális eloszlása miatt χ^2 próbát alkalmaztunk, a kezelések között néhány esetben statisztikailag igazolható különbséget találtunk.

2009 őszén, Budapesten, az MgSzH Központ Gélelektroforézis Laboratóriumában Izoelektromos Fókuszálással (IEF) ellenőriztük, majd összehasonlítottuk a kísérletbe vont fajták genetikai tisztaságát mindkét kezelés esetében. A genetikai tisztaság megállapításához Izoelektromos Fókuszálásnál 200 mag analízise ajánlható kompromisszumként az eredmény pontossága és a szükséges munkaidő nagysága között (ISTA „*Handbook of Variety Testing - Electrophoresis Testing*” 1992). A kukoricaszemekből egyenként zein fehérjét vontunk ki, és ezeket ultravékony poliakrilamid gélen futtattuk. Minden kukorica alapanyagának és hibridnek sajátos fehérje „*lenyomata van*”, e sajátosságok lesznek a markerek. A hibridben meg kell találni az anyai és apai markereket. Ha hiányoznak az apai markerek, akkor önbeporzás történt, ha máshol vannak, akkor idegen apa porzott. Az eredményt az önbeporzott és idegenbeporzott szemek száma alapján %-ban adjuk meg.

Az IEF mellett mindkét kezelés mintáit a következő évben kitermesztettük (kisparcellás fajtaazonosító vizsgálat) Monorierdőn, a Jász-Nagykun-Szolnok Megyei MgSzH Fajtakitermesztő állomásán. A mintákat a gyakorlatnak megfelelően (MSZ 20476:2008) tételenként egy sorba vetettük – a biztonság kedvéért dupla, 140 méteres sorokat alkalmazva – majd a növényeket virágzáskor és éréskor bonitáltuk a kukorica hibridek hivatalos fajtaleírása alapján. A szabványban rögzített minimális értékelhető növénytövek száma 100 db, a fajtaidegenek számát %-ban fejezzük ki.

Tekintettel arra, hogy mindét eljárás nagyon költséges és idő- illetve helyigényes, a gyakorlatban használatos módszert követtük, amiből az MgSzH egyetlen vizsgálatnál Vizsgálati Jegyzőkönyvet (IEF), illetve Fajtaazonosító Vizsgálati Bizonyítványt (fajtakitermesztés) állít ki.

Eredmények

A kísérleti térség tenyészidőszakának időjárását 2009-ben az átlagnál 0,5–1 °C-kal magasabb hőmérséklet és esetenként jelentős csapadékszegénység jellemezte (1. táblázat). Az effektív hőmérsékletösszeg különösen néhány esetben az átlagosnál némiképp magasabb volt (1450–1700 °C-kal) az egész tenyészidőszakra vonatkozóan. A hőmérséklet területén szélsőséges változékonyságot, az Alföldnek az ország más területegységeihez képest kiegyenlítettebb volta azonban 2010-ben sem mutatott. A csapadék területi változékonyságát öntözéssel egyenlítettük ki. A táblaszintű vízellátás korrekciójára a táblákhoz közel elhelyezett csapadékmérők adtak lehetőséget. A kiválasztott előállítások tenyészidőszak alatti effektív hőmérséklet összegét, csapadék és öntözővíz mennyiségét, valamint a betakarítási szemnedvesség tartalmát korábban bemutatott 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat. A kísérletbe vont hibridek néhány időjárási adata

Hibrid (1)	Szem- nedvesség betakarí- táskor (%) (2)	*Csapadék tenyész- időben (mm) (3)	Öntöző- víz (mm) (4)	Összesen (mm) (5)	*Effektív hőösszeg tenyész- időben (°C) (6)
PR38H67	12,7	159,3	275	434,3	1605,5
PR39R86	14,2	233,4	211	444,4	1541,9
PR39G83	14,5	48,1	320	368,1	Nincs adat (7)
PR39F58	13,3	188,8	200	388,8	1695,55
PR39R20	14,9	284,1	160	444,1	1709,55
PR35Y65	14,0	248,9	225	473,9	1636,25
PR39H32	14,2	226,2	178	404,2	1589,85
Anasta SV	18,1	131,6	175	306,6	1468,55

Megjegyzés: *OMSZ adatok.

Table 1. Some meteorological data related to the studied hybrids. (1) Hybrid, (2) Seed moisture at harvesting, (3) Precipitation sum in the season, (4) Amount of irrigation water, (5) Water total, (6) Effective heat unit, (7) No data. Note: *data from the Hungarian Meteorological Service data.

2009-ben mindkét betakarítási eljárás alkalmazásával nyert termés csírázóképesége meghaladta a rendeletben előírt csírázóképeségi értéket (90%), bár a laborvizsgálatok eredményei alapján a morzsoltan betakarított hibridkukorica vetőmag csírázóképesége nem érte el a hagyományosan, csövesen betakarított vetőmagét. Az eltérés a két betakarítási eljárás eredménye között nem volt jelentős. Két hibrid esetében találtuk a csírázóképeségi eredmények különbségét szignifikánsnak (PR39R20 - SzD_{5%}; PR35Y65 - SzD_{0,1%}). Az egyéves csíráztatási eredmények szerint valamennyi kísérletbe vont hibrid csírázóképesége betakarítási módtól függetlenül csökkent. A csökkent csírázási eredmény oka az abnormális csíranövények számának emelkedése volt. Hibridtől függetlenül a morzsolt csoportnál tapasztaltunk kisebb csírázóképeség csökkenést. A csírázóképeségi vizsgálatba vont hibridek közül három hibridnél megmaradt a csöves betakarítású vetőmag fölénye (PR39R20, PR35Y65, PR38H67, PR39G83), a PR38H67 hibridnél viszont a morzsoltan betakarított magok csíráztak jobban, mivel a csövesen betakarított csoportnál jelentősebben nőtt az abnormális csíranövények száma. Itt jegyezzük meg, hogy egyik esetben sem volt a különbség szignifikáns. A frakcionált vetőmagnál a legjobb csírázási eredményeket a nagy lapos, a leggyengébbeket a kis gömbölyű frakció hozta mindkét betakarítási eljárású kezelésnél, de szignifikáns különbséget itt sem tapasztaltunk a különböző betakarítású növények között.

Abnormális csíranövényt (2. táblázat) a morzsolt csoportban találtunk többet, ami minden valószínűség szerint a morzsolt betakarítás során elszenvedett sérülések eredménye. A betakarítást követő fázisban a különbség néhány esetben statisztikailag is igazolható volt (PR35Y65, PR39F58 MR, PR39R86 LR, PR39R86 LF). Egy évvel a betakarítás után egy esetben sem találtunk szignifikáns különbséget a csövesen és morzsoltan betakarított növények csírázási tulajdonságaiban.

Az életerő vizsgálatok meglepő eredményeket produkáltak (3. táblázat). A frakcionált PR39F58 hibridkukorica vetőmag esetében a csövesen betakarított kukorica csírázóképesége volt a kedvezőbb, s két esetben szignifikánsan magasabb gyökér-, és csíratömeget mértünk. A nagy gömbölyű frakciónál a szemesen betakarított vetőmag vigor eredménye bizonyult jobbnak, minimális különbséggel. A PR39R86 hibridnél három frakció (LF, MF, MR) életképességi eredménye, gyökér- és hajtástömege haladta meg a csöves kontrollét, köztük a nagy lapos és a közepes gömbölyű méretek esetében a különbség szignifikáns.

2. táblázat. Az abnormalis csíranövények száma néhány Pioneer hibridkukoricánál szemes és csöves betakarítás esetében (2010)

Hibrid (1)	Abnormális csíra (%) (betakarítás után)		Abnormális csíra (%) (egy évvel később)	
	(2)		(3)	
	Morzsolt laborátlag (4)	Csőves laborátlag (5)	Morzsolt laborátlag (4)	Csőves laborátlag (5)
PR39F58	2,64	1,34 NS	-	-
PR39R86	3,26	2,31 NS	-	-
PR39H32	3,00	1,63 NS	-	-
PR39G83	1,94	1,44 NS	3,56	3,31 NS
PR38H67	3,55	2,94 NS	5,19	8,19 NS
PR35Y65	3,44***	0,75	5,81	3,87 NS
PR39R20	2,66	1,31 NS	4,12	3,06 NS
Anasta SV	2,40	1,25 NS	-	-
	***SzD _{0.1%} =2,43		SzD _{5%} =3,43	
	(6)		(6)	
PR39F58 MF	2,00	1,17 NS	-	-
PR39F58 MR	4,42**	1,58	-	-
PR39F58 LR	2,17	2,00 NS	-	-
PR39F58 LF	1,75	1,67 NS	-	-
PR39R86 MF	3,00	2,00 NS	-	-
PR39R86 MR	4,25	3,25 NS	-	-
PR39R86 LR	4,83**	2,33	-	-
PR39R86 LF	2,92*	0,92	-	-
	*SzD _{5%} =1,65			
	**SzD _{1%} =2,2			
	***SzD _{0.1%} =2,88			
	(6)			

Megjegyzés: - : nincs mag a frakcióban, NS - nem szignifikáns.

Table 2. Effect of combine or ear harvesting on the number of abnormal seedlings developed from the seed of Pioneer maize hybrids, 2010. (1) Hybrid, (2) Abnormal seedlings at harvesting, (3) Abnormal seedlings one year later, (4) Mean of shelled hybrids, (5) Mean of ear hybrids, (6) LSD. Note: - : no grain in the fraction, NS - not significant.

3. táblázat. A morzsolt betakarítás hatása a hajtás és csíratömegre
néhány Pioneer hibrid esetében
(Vigor vizsgálat 2010)

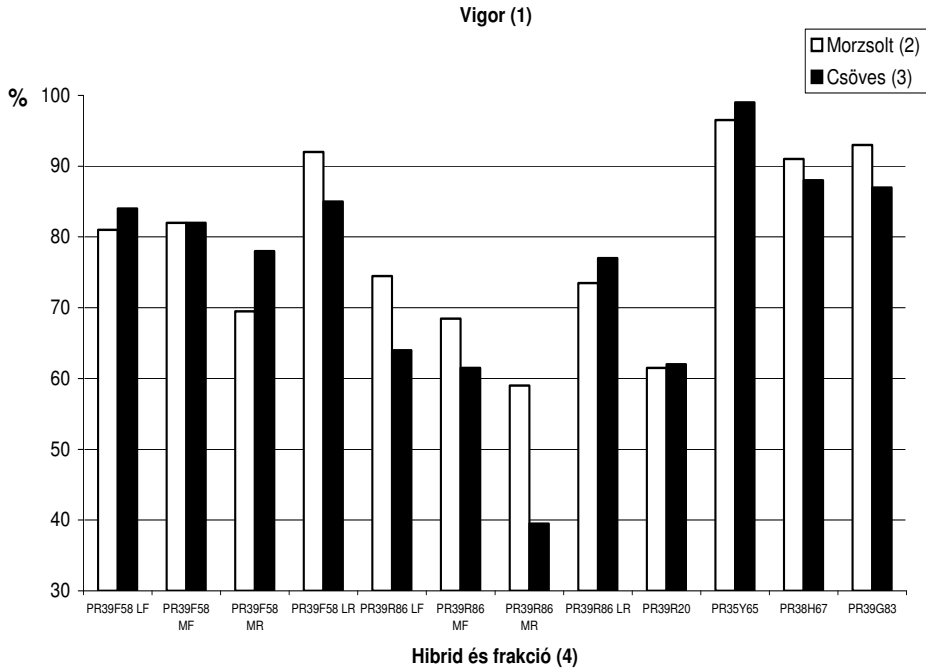
Hibrid (1)	Frakció (2)	Betakarítási mód (3)	Hajtás tömeg g/25 csíra (6)	Gyökér tömeg g/25 csíra (7)
PR39F58	LF	Morzsolt (4)	4,38	3,01
	LF	Csöves (5)	6,3**	4,8***
	MF	Morzsolt (4)	3,76	2,51
	MF	Csöves (5)	-	-
	MR	Morzsolt (4)	3,175	2,35
	MR	Csöves (5)	4,82**	4,65***
	LR	Morzsolt (4)	6,37	4,5
	LR	Csöves (5)	6,58 NS	5,1 NS
PR39R86	LF	Morzsolt (4)	5,61*	2,9*
	LF	Csöves (5)	4,35	2,28
	MF	Morzsolt (4)	3,9	2,25
	MF	Csöves (5)	3,46 NS	1,57 NS
	MR	Morzsolt (4)	3,37**	2,31**
	MR	Csöves (5)	2,27	1,34
	LR	Morzsolt (4)	5,76	3,06
	LR	Csöves (5)	6,06 NS	4,06**
			*SzD _{5%} =1,21	**SzD _{5%} =0,62
			**SzD _{1%} =1,44	**SzD _{1%} =0,83
			(8)	***SzD _{0.1%} =1,37
				(8)

Megjegyzés: -: nincs mag a frakcióban, NS - nem szignifikáns.

Table 3. Effect of combine or ear harvesting on the shoot and root weight of the seed of Pioneer maize hybrids (Vigour Test, 2010). (1) Hybrid, (2) Fraction, (3) Harvesting method, (4) Shelled, (5) Ear, (6) Shoot weight (g per 25 seedlings), (7) Root weight (g per 25 seedlings), (8) LSD. Note: -: no grain in the fraction, NS - not significant.

A nem frakcionált vetőmagok vizsgálata során a PR38H67 és a PR39G83 hibridek morzsolt csoportjai mutattak jobb vigor eredményeket a csöves kontroll párjukkal szemben. A PR39R20 esetében nem volt, a PR38H67 hibridnél kis különbség mutatkozott a csövesen betakarított csoport javára (1. ábra).

1. ábra. A morzsolt betakarítás hatása a csíra életerejére betakarítás után néhány Pioneer hibrid és frakciói esetében (2009)



Megjegyzés: SzD_{5%}=8,32 (PR39F58 MR, morzsolt és PR39R86 LF, morzsolt), SzD_{0,1%}=13,96 (R39R86 MR, morzsolt).

Figure 1. Effect of combine or ear harvesting on the vigor of the seed of Pioneer maize hybrids (2009) (1) Vigour, (2) Shelled, (3) Ear, (4) Hybrid and fraction. Note: LSD_{5%}=8,32 (PR39F58 MR, shelled and PR39R86 LF, shelled), LSD_{0,1%}=13,96 (R39R86 MR, shelled).

A vigor vizsgálat megmutatja, mely hibridek tolerálják jobban a szélsőséges időjárási viszonyokat, melyek kevésbé, melyek fontos minőségi mutatók lehetnek hazánk egyre inkább szélsőségesse váló időjárásában. Az életerő csökkent a betakarítás után egy évvel három hibridnél, egynél pedig javulás mutatkozott (4. táblázat). Az enyhe növekedés oka nehezen értelmezhető, nem zárható ki a csíravizsgálat hibalehetősége sem.

A kisparcellás fajtaazonosító vizsgálatokat Monorierdőn végeztük, a fajta-termesztő állomáson. 2010 év rendkívül csapadékos időjárásának köszönhetően a vetés és a kelés nagyon kedvezőtlenül alakult, de ennek ellenére minden tételtől sikerült szabványban előírt bírálható növénytőszámot nyernünk. A bo-

nitálás során egy hibrid kivételével a hagyományos, csöves betakarításnál tapasztaltunk nagyobb genetikai tisztaságot, ami a válogató asztalon kivett idegen csöveknek köszönhető. Egy tétel esetében a morzsolt csoport (PR39R20) mutatott jobb értéket, bár a különbség elhanyagolható, mindössze 0,15% volt. A fajtakitermesztés eredményeit a 2. ábra szemlélteti.

4. táblázat. A szemes betakarítás hatása a csíra életerejére betakarítás után és egy évvel később néhány Pioneer hibrid esetében (2010)

Hibrid (1)	Betakarítási mód (2)	Vigor betakarítás után (5)	Vigor egy évvel később (6)
PR38H67	Csőves (3)	88	81,5
PR38H67	Morzsolt (4)	91 NS	85,5 NS
PR39R20	Csőves (3)	62	48
PR39R20	Morzsolt (4)	61,5 NS	51,5 NS
PR35Y65	Csőves (3)	99	94,5
PR35Y65	Morzsolt (4)	96,5 NS	89 NS
PR39G83	Csőves (3)	87	89,5
PR39G83	Morzsolt (4)	93 NS	96 NS
		SzD _{5%} =8,32 (7)	SzD _{5%} =8,48 (7)
		NS	NS

Megjegyzés: NS - nem szignifikáns.

Table 4. Effect of combine or ear harvesting on the vigour of the seed of Pioneer maize hybrids (2010). (1) Hybrid, (2) Harvesting method, (3) Shelled, (4) Ear, (5) Vigour at harvesting, (6) Vigour a year later (7) LSD. Note: NS - not significant.

Az IEF nem kötelező vizsgálat, melynek eredményeiről a vizsgáló laboratórium „Vizsgálati Jegyzőkönyvet” állít ki. Előnye, hogy rövid időn belül ad tájékoztatást, viszont a kisszámú vizsgált mag alkalmazása miatt nagyobb a tévedés lehetősége. Az eredmények azt mutatták (5. táblázat), hogy mindkét csoport esetében jellemzően az idegen beporzottak száma nagyobb volt, mint az önbeporzottaké. Ebből következtethető, hogy a szaporító táblák címerzése kielégítő volt, viszont az idegen tövek eltávolítására fokozott figyelmet kell fordítani! Itt meghatározó tényezők a szülői partnerek, azaz a szemes betakarítás egyik alapja lehet a keresztezésben szereplő vonalak megfelelő genetikai tiszt-

tasága! Az értékelésnél mindig figyelembe kell venni a vetőmag előállító és termelő közötti megállapodást, de általánosan elmondható hogy a 95% feletti tisztaság megfelelő. A fajtakitermesztés és az IEF eredményei a vizsgált egyedszám tükrében összhangban voltak.

2. ábra. A kisparcellás fajtaazonosító vizsgálat eredményei
(Monorierdő 2010)

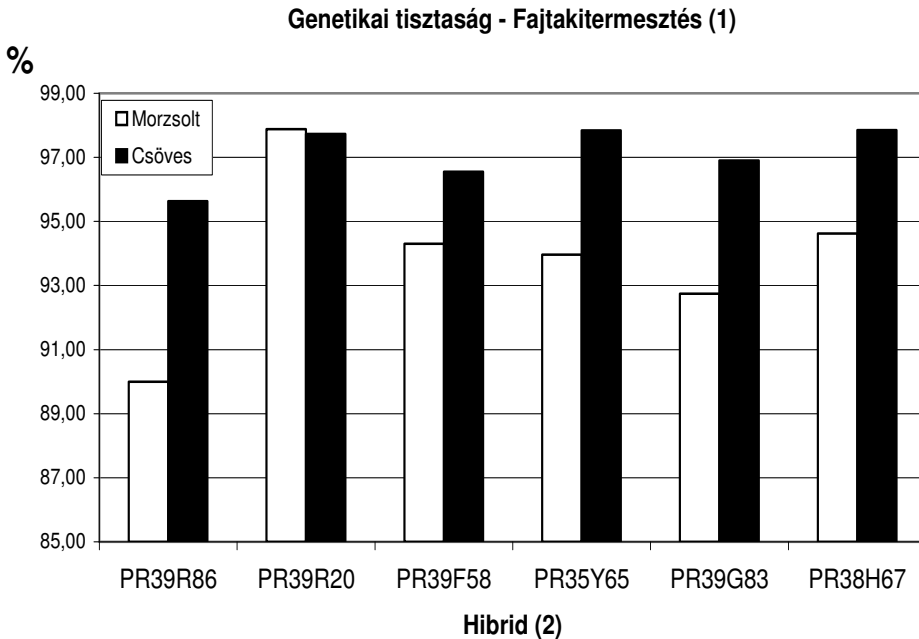


Figure 2. Results of post control in field experiment (Monorierdő 2010) (1) Genetic purity - Post control, (2) Hybrid, (3) Shelled, (4) Ear.

Következtetések

A vizsgálatba vont Pioneer hibridek nagyparcellás kísérletei alapján megállapítható, hogy a két, eltérő betakarítási mód 2010-ben a hibridek többségében a vetőmag csírázását nem befolyásolja szignifikánsan. A parcellák a vetőmag előállítására használt területeken helyezkedtek el, üzemi méretűek voltak (5–10 ha), mellyel célunk az volt, hogy az eredmények közvetlenül átültethetők legyenek a vetőmag-előállítás gyakorlatába.

5. táblázat. *Genetikai tisztaság - Gélelektroforézis*
(Budapest 2009)

Hibrid (1)	Önbeporzott (%)		Idegen beporzott (%)		Genetikai tisztaság (%)	
	(2)		(3)		(4)	
	Morzolt (5)	Csőves (6)	Morzolt (5)	Csőves (6)	Morzolt (5)	Csőves (6)
PR39R86	1,5	05	2	3,5	96,5	96
PR39R20	0	0	3,5	1	96,5	99
PR39F58	0	0	1.5	3	98,5	97
PR35Y65	0	0	1	2	99	98
PR39G83	1	2	3	3,5	96	94,5
PR38H67	1,5	1,5	0,5	2	98	96,5

Table 5. Genetic purity - Electrophoresis Testing (Budapest 2009) (1) Hybrid, (2) Self-pollinated, (3) Cross-pollinated, (4) Genetic purity, (5) Shelled, (6) Ear.

A vizsgálatba vont 8 hibrid közül a PR39R20 és a PR35Y65 hibridek érzékenyebbnak mutatkoztak, mert a morzsolt csoport csírázóképesége szignifikánsan alacsonyabb volt a csöves betakarítású vetőmaghoz képest. Célszerű lenne az eltérő betakarítási mód gyakorlati alkalmazása előtt kisebb parcellán áttekinteni, hogy mely hibridek tolerálják jobban, és melyek kevésbé a szemes betakarítást.

A szemesen történő betakarításnál nem szabad figyelmen kívül hagyni a fajtatisztaság kérdését sem, hiszen itt kimarad a válogatóasztalon a csőszelekció, ami az idegen és beteg csövek kiválogatását biztosítja. Ez egyértelműen a csöves betakarítás előnyeként jelentkezhet, melyet a fajtakitermesztés igazolt. A szaporító táblák idegenelése jelen esetben sokkal nagyobb figyelmet kíván, és nem elhanyagolható a szülői vonalak genetikai tisztasága sem! Gazdaságossági szempontokat (gyorsabb, költségtakarékosabb betakarítás és szárítás, vetőmagüzemi szemvesztés minimalizálása) is figyelembe véve, ha a szemesen betakarított hibridkukorica vetőmag minden tekintetben megfelel a vetőmag forgalmazásához szükséges minőségi feltételeknek, megfontolandó, hogy bizonyos esetekben a termeltetők a vetőmag kukoricát morzsoltan is betakaríthassák. Ezt jelenleg a hazánkban érvényes jogszabály még nem teszi lehetővé.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük Seresné Sallai Orsolya, Tímár Eszter, Radnits Róbertné (MgSzH), Páztorné Kispál Zsuzsa (Pioneer Hi-Bred zRt.), Penzerné Rapai Klára, Béndek Gáborné (Fejér Megyei Kormány Hivatal) segítségét, odaadó munkáját.

Jelen publikáció a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0025 azonosítójú projekt támogatásával valósult meg.

IRODALOM

- Barla-Szabó, G.–Berzy, T.*: 1989. Application of seed vigour tests for corn production. *Georgikon for Agriculture*. 2: 159–165.
- Berzy, T.–Marton, L. Cs.–Fehér, Cs.*: 1996. A frakcionálás hatása a hibridkukorica (*Zea mays* L.) vetőmag életerejére és szemtermésére. *Növénytermelés*. 45. 1: 19–26f
- Bruggink, H.–Kraak, H. L.–Bekendam, J.*: 1991. Some factors affecting maize (*Zea mays* L.) cold test result. *Seed Science & Technology*. 15: 729–740.
- Burris, J. S.*: 1975. The effect of drying temperatures on corn seed quality. *Canadian Journal of Plant Science*. 64: 487–496.
- Eisele, Chr.*: 1981. Die Kalibrierung von Maissaatgut aus der Sicht der Aufbereitung und Vermarktung. *Mais*. 2: 6–7.
- Ertseyne Péregi K.*: 2004. A vetőmag fémzárolása, értékmérő tulajdonságainak vizsgálata. [In: Izsáki Z.–Lázár L. (szerk.) Szántóföldi növények vetőmag-termesztése és kereskedelme.] *Mezőgazda Kiadó*. Budapest. 85–103.
- Fiala, F.*: 1973. Der Einfluss der Saatgutqualität bei Mais auf der Feldaufgang und Ertrag. *Jahrbuch 1972 der Bundesanstalt für Pflanzenbau und Samenprüfung in Wien*. 98–117.
- Gáspár S.*: 1980. A csírázás környezeti szabályozása. [In: Szabó L. G. (szerk.) *A magbiológia alapjai*.] *Akadémiai Kiadó*. Budapest. 164–180.
- Germ, H.*: 1966. Qualitätsprobleme beim Saatgut. *Der Föderungsdienst*. *International Rules for Seed Testing Edition 2010*. ISTA. Switzerland. 14. 2: 43–48.
- Hope, H. J.–Maamari, R.*: 1994. Measurements of maize cold tolerance during germination. *Seed Science & Technology*. 22: 69–77.
- ISTA „Handbook of Variety Testing – Electrophoresis Testing”*: 1992. Individual Least Standard Deviation (LSD) tests were used to determine significant differences between the treatments using the MSTAT-C program. 4. fejezet.
- Loeffler, N. L.–Meier, J. L.–Burris, J. S.*: 1985. Comparison of two cold test procedures for use in drying studies. *Seed Science & Technology*. 13: 653–658.
- Mounsey, K.–Moouwer, K.–Ghaffarzadeh, M.*: 2002. Combine harvest of seed fields – Lasting alternative (Possibilities, quality concerns, and improved technologies). *Agronomy Services*. 51–53.

- MSZ 20476:2008*: 2008. Kisparcellás fajtaazonosító vizsgálat.
- Nijenstein, J. H.*: 1985. Effects of some factors influencing cold test germination of maize. *Seed Science & Technology*. 14: 313–326.
- 48/2004. (IV. 21.) FVM rendelet*: A szántóföldi növényfajok vetőmagvainak előállításáról és forgalomba hozataláról.
- Odiemah, M.*: 1991. Relation of seed testing traits to grain yield of maize hybrids under different environments. *Seed Science & Technology*. 19: 25–32.
- Pásztor K.*: 1962. Különböző frakciójú magvakkal végzett összehasonlító kísérletek eredményei. *Kukoricatermesztési kísérletek 1958–1960*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Shieh, W. J.–McDonald, M. B.*: 1982. The influence of seed size, shape and treatment on inbred seed corn quality. *Seed Science & Technology*. 10: 307–313.
- Thielebein, M.*: 1958. Kornform und Saatgutwert von Mais. *Mitteilungen der DLG*. 47: 1261–1263.
- Van de Venter, H. A.*: 1988. Relative response of maize (*Zea mays* L.) seed lots to different stress conditions. *Seed Science & Technology*. 16: 19–28.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Varga Péter
Fejér Megyei Kormány Hivatal
Növény- és Talajvédelmi Igazgatósága
Vetőmag- és Szaporítóanyag-felügyeleti Osztály
Székesfehérvár
Major u. 18.
H-8000

Dr. Berzy Tamás
MTA Mezőgazdasági Kutató Intézete
Kukoricanevelési Osztály
Martonvásár
Brunszvik u. 2.
H-2462

Dr. Anda Angéla
Pannon Egyetem Georgikon Kar
Meteorológiai és Vízgazdálkodási Tanszék
Keszthely
Deák Ferenc u. 17.
H-8360

SZEMLE

Review

A műtrágyázási szaktanácsadás alapelve és módszere II. Részletes rész

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

Összefoglalás

Előző munkánkban áttekintettük a műtrágyázási szaktanácsadás általános alapelveit és módszereit. Taglaltuk a gyakorlati növénytermesztés szemszögéből fontosabb talajtípusokat a termékenységüket meghatározó tulajdonságaik alapján. Közöltük a trágyaigény elbírálásához szükséges talajfizikai és talajkémiai jellemzőket és azok határkoncentrációit, határértékeit. Érintettük a műtrágyázás és a környezetvédelem összefüggéseit a szakszerűtlen trágyázás kapcsán (Kádár 2011).

Jelen munkánkban a részletes szaktanácsadást mutatjuk be főbb növényenként, illetve növénycsoportonként, döntően az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézetében végzett fél évszázados szabadföldi kísérletek eredményeire támaszkodva. Targyaljuk a kalászos kultúrák, kukorica, őszi káposztarepce, napraforgó, burgonya és a telepített pillangós nélküli gyepterület trágyaigényességét, a tartamkísérletek konkrét példáin bemutatva a hatásmechanizmusokat. Fontos, hogy az olvasó a gazda felismerje pl. a talajsavanyúság (pH, CaCO_3) vagy a foszfor és kálium ellátottság ($\text{AL-P}_2\text{O}_5$ mg/kg) és a trágyahatások közötti kapcsolatokat. Vagy azt, hogy a talaj kimerülhet, elszegényedhet és a trágyahatások időfüggők és egymással is összefüggnek. Tehát nem csúcsterméseket mutatunk be, nem az abszolút termésszintek fontosak, hanem tanulságokat, törvényszerűségeket, melyek időtállóak és orientálnak.

A tartamkísérletek tanulságaira építő, tudományos igényű szaktanácsadás helyébe a kereskedelmi cégek ajánlásai léptek. Mindez irracionális, ésszerűtlen műtrágyázáshoz

vezethet, mely esetleg drámai termésesökkenést és vele együtt környezetszennyezést, bevételekiesést eredményez. Erre is mutatunk be példát. Közlemény a szaktanácsadásban érintettek számára íródott útmutató.

Kulcsszavak: szaktanácsadás, alapelvek, módszerek, kultúrák

The basic principle and method of fertilisation consultancy II. Detailed part

I. KÁDÁR

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of
the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

In our previous work, we summed up the general basic principles and methods of fertilisation consultancy. We described the soil types that are essential from the aspect of practical crop production on the basis of their characteristics which determine their fertility. We published the physical and chemical characteristics needed to decide about the fertiliser need, as well as their limit concentrations and limit values. We described the correlations between fertilisation and environmental protection concerning unprofessional fertilisation (Kádár 2011).

In this study, we are going to present the detailed consultancy for each main crop and crop group, mostly on the basis of the 50-year-long field experiments conducted in the Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences. We survey the fertiliser need of cereals, maize, winter coleseed, sunflower, potato and planted grass without legumes by showing the modes of action through specific examples of the long-term experiments. It is important for the reader to realise the correlations between soil salinity (pH, CaCO_3) or phosphorus and potassium supply ($\text{AL-P}_2\text{O}_5$ mg kg^{-1}) and fertiliser effects. It also has to be acknowledged that soil could be exhausted and that fertiliser effect depends on the time when the fertilisation is done and they are connected to each other. Therefore, we do not present any peak yield, as it is not the absolute yield level which is important, but the morals of production, as well as principles which are lasting and directed.

The scientific consultancy based on the morals of long-term experiments are substituted by the recommendations of companies. All these led to irrational and unreasonable fertilisation which could result in a dramatic yield decrease, environmental pollution and profit loss. This phenomenon will also be shown through an example. This publication is a guide for those involved in consultancy.

Key words: fertilizer recommendation, principle, methods, crops

Основной принцип и метод рекомендаций по применению искусственных удобрений II. Подробно

И. КАДАР

Исследовательский Институт Почвоведения и Агротехники Венгерской Академии Наук,
Будапешт

Резюме

В предыдущей нашей работе мы рассмотрели общие основные принципы и методы рекомендаций (сельскохозяйственного консультирования) по применению искусственных удобрений. Обсуждали с точки зрения практического растениеводства более важные типы почв на основе свойств, определяющих их плодородие. Сообщили необходимые для определения потребности в удобрениях нужные физические и химические характеристики почвы и их крайние концентрации, крайние показатели. Затронули взаимосвязи применения искусственного удобрения и окружающей среды в связи с непрофессиональным их применением (Kádár 2011).

В данной работе мы показываем подробные рекомендации по главным растениям, и группам растений, в основном опираясь на результаты полувековых грунтовых опытов, проведённых в Исследовательском Институте Почвоведения и Агротехники Венгерской Академии Наук. Обсуждаем потребность в удобрении колосовых культур, кукурузы, озимого капустного рапса, подсолнечника, картофеля и высаженного без бобовых газона, показав механизмы их действия на конкретных примерах продолжительных опытов. Важно, чтобы читатель, хозяин узнал, например, кислотность почвы (pH, CaCO₃) или связи между обеспеченностью фосфором и кали-

ем ($AL-P_2O_5$ mg/kg) и действием удобрений. Или то, что почва может истощиться, обеднеть и влияния удобрения зависят от времени и связаны друг с другом. Значит мы показываем не максимальные урожаи, не абсолютные уровни урожая важны, а выводы, закономерности, которые проверены временем и являются ориентирами.

Вместо научных, основанных на уроках продолжительных опытов, рекомендаций (сельскохозяйственного консультирования) пришли советы торговых компаний. Всё это может привести к иррациональному, неразумному применению искусственных удобрений, которое может привести к драматическому сокращению урожая и вместе с этим к загрязнению окружающей среды, убыткам. Об этом также покажем пример. Статья является указателем для занимающихся сельскохозяйственным консультированием.

Ключевые слова: рекомендации по внесению удобрений, принципы, методы, культуры

I. Kalászosok

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

Átlagos, kötöttebb talajon a kalászosok nem különösebben reagálnak a K-trágyázásra. A búza viszont jórészt kiszorította a rozst a laza, homokos talajokról. A K-igény főként e talajokon kifejezett. A Duna-Tisza közti karbonátos homoktalajok általában mindhárom fő tápelemben szegények (N, P, K). A rozs termését itt trágyázással 2–3 t/ha-ra tudtuk növelni. Lássuk a búza hogyan reagált a műtrágyázásra egyik tartamkísérletünkben. A *1. táblázatban* bemutatott eredmények szerint a trágyázatlan kontroll talajon mért 1,3 t/ha szemtermést az NP együttes trágyázás 2,0–2,5-szeresére, a szalma hozamát 2,5–3,5-szeresére növelte. A K-trágyázás további 0,6 t/ha szem, illetve 1,0–1,2 t/ha szalma többletet eredményezett. Az őszi búza igényelte az AL-oldható P_2O_5 -tartalom 150–200 mg/kg, valamint az AL- K_2O tartalom 100–150 mg/kg jelenlétét a szántott rétegben. A nitrogénnel, foszforral és káliummal egyaránt kielégítően ellátott

kezelésekben a kontrollhoz viszonyított szemtermés több, mint 3-szorosára, a szalmatermés közel 5-szörösére emelkedett (Kádár 2008).

A savanyú homoktalajaink általában mind az öt makro-tápelemben szegények: N, P, K, Ca, Mg. Hazánk egyik legrégebbi műtrágyázási tartamkísérlete a Nyírségben található. A több évtizedes tapasztalatainkat összefoglalva megállapítottuk, hogy a trágyahatások időfüggők, idővel változnak. A talaj kimerülhet, elszegényedhet bizonyos elemekben. Kísérletünk első 10 évében (1963–1972) érdemi trágyahatásokat, terméstöbbleteket csak a N-trágyázás okozott. A második évtizedben (1973–1982) a N-hatások fokozatosan lecsökkentek a trágyázatlan kontroll szintjére. A N-trágya önmagában nem hatott, mert minimumba került a P és fokozatosan a K tápelem.

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

Műtrágyázás			AL-oldható		Légszáraz termés 1991			
kg/ha/év			mg/kg		t/ha			
(1)			(2)		(3)			
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Szem (4)	Szalma (5)	Pelyva (6)	Összesen (7)
0	0	0	54	76	1,3	1,2	0,3	2,8
80	60	0	46	117	2,6	3,1	0,8	6,5
80	60	100	61	118	2,7	3,2	0,6	6,5
80	60	200	81	124	2,8	3,6	0,8	7,1
80	60	300	99	109	3,2	4,0	0,8	8,0
160	120	0	45	177	3,6	4,5	1,0	9,1
160	120	100	58	205	4,2	5,3	1,0	10,6
160	120	200	86	208	4,0	5,2	1,0	10,2
160	120	300	111	179	4,3	5,7	1,1	11,1
160	120	400	133	183	4,2	5,8	1,2	11,2
SzD _{5%} (8)			14	52	0,4	1,0	0,2	1,3

Table 1. The effect of fertilisation on the AL-soluble PK content of the ploughed layer of the soil and the yield of winter wheat in the 24th year of the experiment (calcareous sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Órbottyán) (Kádár 2008). (1) Fertilisation, kg ha⁻¹ year⁻¹, (2) AL-soluble, mg kg⁻¹, (3) Air-dry yield, 1991, t ha⁻¹, (4) Grain, (5) Straw, (6) Chaff, (7) Total, (8) LSD_{5%}.

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

A talaj termékenysége megőrizhető, amennyiben biztosítjuk a 120–150 mg/kg AL-P₂O₅ és AL-K₂O tartalmat a feltalajban, illetve 0,5–1,0 t/ha/év körüli meszezőanyagot (dolomitport) alkalmazva fenntartjuk az 5,5–6,0 pH(KCl) értéket és megfelelő 100 kg/ha/év N-trágyázásról is gondoskodunk. Amint a 2. táblázatban látható, a kedvező 2004. évben a savanyú nyírségi homoktalajon a szem és szalma termése 6 t/ha fölé emelkedett. Ugyanakkor 2005-ben csak a vegetatív szalma tömege többszöröződött meg a trágyázatlanhoz képest, a magtermés elenyésző maradt. A túl száraz és a túl nedves évek egyaránt kis terméseket eredményeztek. Öntözést, növényvédelmet nem végzünk a kísérletben, így az évhatások, termésingadozások nagyok. A szemtermés és a szalmatermés esetenként 1–2 t/ha mennyiséget alig érhet el, ilyenkor a trágyázás hatástalan maradhat, mivel más tényező korlátozza a termésképződést (Kádár *et al.* 2007).

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

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

kor a fentalaj AL-oldható P-tartalma nemkívánatosan egy nagyságrenddel emelkedett. Kísérleteinkben a melléktermés is rendre elkerül a tábláról, illetve parcellákról.

II. Kukorica

A talajművelés, növényszám, öntözés, trágyázás és e tényezők kölcsönhatásait átfogóan és kísérletesen Nagy (1995, 1996) elemezte, így ezek taglalásától eltekintünk. Tanulmányozásukhoz Nagy és munkatársai dolgozatait, illetve a Nagy János (2007) monográfiáját ajánljuk. A továbbiakban csak a növény tápelemigényével összefüggő eredményeinkre utalunk röviden.

2. táblázat. *Műtrágyázás és a meszezés hatása a talaj szántott rétegére és a tritikálé termésére a kísérlet 42–43. éveiben*
(Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)
(Kádár et al. 2007)

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

Megjegyzés: N 100, P₂O₅ 120, K₂O 120, CaCO₃ 500, MgCO₃ 140 kg/ha évente átlagosan.

¹ Szem és szalma 2004-ben, ² szem és szalma 2005-ben.

Table 2. The effect of fertilisation and liming on the ploughed layer of the soil and the triticale yield in the 42nd-43rd years of the experiment ("kovárvány" brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos, Nyírség) (Kádár et al. 2007). (1) Treatment code, (2) AL-soluble mg kg⁻¹, (3) Triticale yield t ha⁻¹, (4) Grain¹, (5) Straw¹, (6) Control, (7) LSD_{5%}. Note: average yearly doses (kg ha⁻¹): N 100, P₂O₅ 120, K₂O 120, CaCO₃ 500, MgCO₂ 140. ¹ Grain and straw in 2004, ² Grain and straw in 2005.

Közismert, hogy míg a kalászosok főként N és P iránt igényesek, a kukorica N és K trágyázásra reagál jobban. Különösen a N-nel és K-mal gyengén/közepesen ellátott termőhelyeken. A P-trágyázás általában csak a kimondottan P-szegény talajon hatékony, míg a P-túladagolás idővel Zn-hiányt eredményezhet a karbonátos talajokon. Az indukált Zn-hiány levélanalízissel biztonságosan diagnosztizálható és Zn sók alkalmazásával megszüntethető. A Duna-Tisza közti karbonátos homoktalajon beállított NPK műtrágyázási tartamkísérlet 25. évében, 1995-ben a kukoricát teszteltük. Eredményeinket a 4. táblázat foglalja össze.

3. táblázat. *Műtrágyázás hatása a búza szemtermésére az 1980–2004. években az OMTK kísérletben*
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)
(Kádár és Márton 2005)

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

Megjegyzés: N₁=50–100, N₂=100–150, N₃=150–200 kg/ha/év N; P₁=60 kg/ha/év P₂O₅; P₂=120 kg/ha/év P₂O₅; K₁=100 kg/ha/év K₂O. Forgó: búza, kukorica, borsó.

Table 3. The effect of fertilisation on the grain yield of wheat between 1980–2004 in the experiment conducted by the OMTK (Calcareaous chernozem adobe soil, Nagyhörcsök, Mezőföld) (Kádár and Márton 2005). (1) Treatment code, (2) Air-dry grain yield at harvesting, t ha⁻¹, (3) Control, (4) LSD_{5%}. Note: yearly doses (kg ha⁻¹): N₁=50–100, N₂=100–150, N₃=150–200 N; P₁=60 P₂O₅; P₂=120 P₂O₅; K₁=100 K₂O. Crop rotation: wheat, maize, pea.

Főbb tanulságok:

A tartós PK-műtrágyázás nyomán az AL-P₂O₅ és AL-K₂O tartalom a kielégítő 150–200 mg/kg tartományba jutott, melyhez a nagyobb termések kötődtek.

Az együttes NP-trágyázás érdemben nem volt képes javítani a terméskilátásokat a K-szegény talajon. Alapvetően a kiegészítő K-trágyázással sikerült a kukorica szemtermését 3,7-ről 5,8 t/ha-ra, a szártermését 2,4-ről 5,0 t/ha-ra emelni ezen a kukorica termesztésére nem igazán kedvező termőhelyen (Kádár és Radics 2008).

4. táblázat. Műtrágyázás hatása a szántott réteg AL-oldható PK tartalmára és a kukorica termésére 1995-ben
(Duna-Tisza közti karbonátos homoktalaj, Örbottyán)
(Kádár és Radics 2008)

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

*Csutkával együtt

Table 4. The effect of fertilisation on the AL-soluble PK content of the ploughed layer of the soil and the maize yield in 1995 (calcareous sandy soil in the Danube-Tisza mid-region, Örbottyán) (Kádár and Radics 2008). (1) Fertilisation, kg ha⁻¹ year⁻¹, (2) AL-soluble mg kg⁻¹, (3) Air-dry yield 1995 t ha⁻¹, (4) Grain, (5) Stem, (6) Total* (7) LSD_{5%}. *With cobs.

A már korábban említett OMTK kísérletben a kukorica utáni kukorica szemtermése az 5. táblázatban közöltek szerint alakult az 1978–2005. években. Látható, hogy az önmagában adott 100 kg/ha/év N-adag termésnövelő. E feletti N-adag már termésveszteséggel jár. Az extrémén aszályos 1990-ben a

legnagyobb szemtermést (2,5 t/ha) a 23 éve nem trágyázott talajon kaptuk. Trágyázással 1 t/ha termésvesztés lépett fel, mert az itt képződött nagyobb vegetatív hajtás/szár tömege a talaj vízkészletét kimerítette virágzás idejére. A július 15.–augusztus 15. közötti kritikus időszak csapadéka 15–20%-át tette ki a kedvező évjáratokénak.

5. táblázat. *Műtrágyázás hatása a kukorica utáni kukorica szemtermésére az 1978–2005. években az OMTK kísérletben (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld) (Kádár és Márton 2007)*

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

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

Table 5. The effect of fertilisation on the grain yield of maize after maize as a previous crop between 1978–2005 in the experiment conducted by the OMTK (Calcareous chernozem adobe soil, Nagyhörcsök, Mezőföld) (Kádár and Márton 2007). (1) Treatment code, (2) Air-dry grain yield, t ha⁻¹, (maize after maize), (3) Control, (4) LSD_{5%}. *Maize after wheat. Yearly doses (kg ha⁻¹ year⁻¹): N₁=100, N₂=200, N₃=300, N; P₁=60, P₂=120, P₂O₅; K₁=200 K₂O.

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

150–200 mg/kg oldható PK-készlete fenntartható, a talaj termékenysége megőrizhető volt (Kádár és Márton 2007).

III. Repce

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

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

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

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

A kontinentális, forró és száraz nyarú tájakon a tenyészidő generatív szakasza lerövidül, az érés gyorsul és a magtermés lecsökken. Aszály esetén kényszerérés következik be, a vegetatív részek (gyökér, szár, lomb) mobilizálható tápelemkészlete nem juthat a magba. Ilyenkor csökken a megtermékenyülés is, tehát nemcsak kisebb, hanem kevesebb mag képződik. Itthon más fajtákra van szükség, más agrotechnikát, trágyázást kell folytatnunk. A Ny-európai tapasztalatok nem vehetők át minden további nélkül. Hazai viszonyaink között pl. a mag és a melléktermék aránya tágga válik, alföldi jellegű vidékeken a szalma+becő tömege a maghozam 4–6-szorosa is lehet. Ebből adódóan eltérő lesz a növény fajlagos tápelemtartalma, illetve trágyaigénye stb.

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

Mezőföldi karbonátos csernozjom talajon a kísérlet 11. évében, 1984-ben Yet Neuf francia erukasav-szegény repcét termesztettünk. Kora tavasszal törzssás korban az együttes NPK trágyázással a repce borítottsága megkétszereződött és ezzel együtt a gyomborítás közel a felére csökkent. Érés kezdetén, július elején igazolható volt a gyomfajsám mérséklődése, ezzel együtt a pótlólagos K-trágyázás eredményeképpen némileg nőtt az elágazások száma, illetve kifejezettebben a növényenkénti becők száma emelkedett. A 6. táblázat adataiból az is kiolvasható, hogy az önmagában folytatott N-trágyázás nem vezetett eredményre.

Az aratáskori fő- és melléktermés hozamát közel a kétszeresére tudta növelni az intenzívebb együttes NPK adagolás. A virágzástól a teljes érésig tartó száraz idő miatt kényszerérés következett be és kis magtermések képződtek. Ebből adódóan a szár/mag tömögáránya 6–8 közöttire tágult. A növekvő egyoldalú N-trágyázás a mag olajtartalmát mérsékelte. Az együttes NPK kezeléssel az olajhozam a kontrollon mért 336-ról 738 kg/ha-ra emelkedett.

Igazolható terméstöbbleteket a 150–200 mg/kg AL-P₂O₅, illetve AL-K₂O ellátottság felett már nem kaptunk. Igaz, hogy a túlzottnak minősített együttes NPK-trágyázás sem okozott termésnövekedést vagy minőségromlást, sőt némi termés és olajhozam többlettel járt (Kádár *et al.* 2001a).

Az aratáskori földfeletti repce (mag+szár) a túlzott NPK trágyázásban részesült talajon kapott maximális termésével tekintélyes mennyiségű tápelemet vont ki a talajból: 238 kg N, 230 kg K₂O, 210 kg CaO, 98 kg P₂O₅, 65 kg MgO, 39 kg Na, 1 kg Fe, 600 g Mn, 170 g Zn és 29 g Cu hektáronként. Megemlítjük, hogy a N 36%-a, P 61%-a, Mg 70%-a, Na és Ca 90%-a, illetve a K 92%-a a melléktermés szárban akkumulálódott, és így el sem került a tábláról kombájn betakarítást követően. Az 1,8 t/ha magtermmel „csak” 93 kg N, 27 kg P₂O₅, 20 kg CaO, 17 kg K₂O, 15 kg MgO és 4 kg Na hektáronkénti mennyiséggel szegényedett a talaj. Kielégítően ellátott termőhelyen tehát elégséges a N és P magtermmel elvont mennyiségeit pótolni. Az egyéb elemek pótlása rövidtávon nem indokolt. Kielégítő N-ellátottságot hasonló talajon a 0–60, illetve 0–90 cm talajréteg 100–150, illetve 150–200 kg/ha NO₃-N készlete is biztosíthatja, melyet vetés előtt vagy korai tavasszal állapítunk meg (Kádár *et al.* 2001b).

IV. Napraforgó

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

A tápanyagszegény és rossz vízgazdálkodású homoktalajokon viszont ez a növény rendkívül trágyaigényessé és aszályérzékennyé válik. A nyírségi, nyírlugosi tartamkísérletünk 22. évében termesztettünk napraforgót. A kedvező csapadékeloszlású 1984. évben az együttes NPKCaMg trágyázással a kontrollhoz viszonyított kaszattermés és az olajhozam 3,5-szeresére nőtt. Emlékeztetőül, a termőhely mind az 5 fontos főtápelemben (N, P, K, Ca, Mg) elszegényedett.

6. táblázat. *Műtrágyázás hatása a repce fejlődésére, termésére, minőségére és olajhozamára 1984-ben*

(*Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld*)

(*Kádár et al. 2001b*)

Kezelés kódja (1)	¹ Növényborítottsági % (2)		Gyomfaj db (5)	³ Repcető db/fm (6)	³ Elágazás db/növény (7)	³ Becő db/növény (8)
	Repce (3)	Gyomok (4)				
Kontroll (9)	36	7,0	7,1	17	3,0	37
N ₁	41	6,4	7,8	15	3,5	40
N ₂	40	6,0	6,8	15	3,9	57
N ₃	40	6,4	7,5	16	3,1	45
N ₁ P ₁	55	5,3	5,5	15	4,8	48
N ₂ P ₂	60	6,2	5,4	14	4,4	51
N ₃ P ₃	57	5,7	5,9	13	4,2	37
N ₁ P ₁ K ₁	80	4,8	4,9	18	5,4	67
N ₂ P ₂ K ₂	82	3,3	4,6	18	5,6	88
N ₃ P ₃ K ₃	80	4,0	4,0	20	6,4	101
SzD _{5%} (10)	14	3,0	2,0	3	1,6	22

Kezelés kódja (1)	³ Szár t/ha (11)	³ Mag t/ha (12)	³ Gyökér t/ha (13)	Összesen t/ha (14)	Olaj % (15)	Olajhozam kg/ha (16)
Kontroll (9)	5,5	0,7	0,7	7,0	42,0	336
N ₁	6,9	1,0	0,9	8,8	41,2	412
N ₂	6,3	1,0	0,9	8,2	39,7	397
N ₃	6,1	1,1	0,9	8,1	39,6	436
N ₁ P ₁	7,5	1,4	1,2	10,1	41,0	574
N ₂ P ₂	8,8	1,7	1,3	11,8	41,0	697
N ₃ P ₃	9,7	1,7	1,2	12,6	41,0	697
N ₁ P ₁ K ₁	7,8	1,5	1,3	10,6	41,0	615
N ₂ P ₂ K ₂	9,2	1,7	1,3	12,2	41,2	700
N ₃ P ₃ K ₃	10,5	1,8	1,3	13,6	41,0	738
SzD _{5%} (10)	2,2	0,4	0,3	2,6	0,5	131

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

Table 6. The effect of fertilisation on the development, yield, quality and oil yield of rape in 1984 (Calcareaous chernozem adobe soil, Nagyhörcsök, Mezőföld) (Kádár et al. 2001b). (1) Treatment code, (2) Crop coverage %, (3) Rape, (4) Weeds, (5) Number of weed species, (6) Number of rape stems per running meter, (7) Number of offshoots per crop, (8) Number of husks per crop, (9) Control, (10) LSD_{5%}, (11) Stem t ha⁻¹, (12) Grain t ha⁻¹, (13) Root t ha⁻¹, (14) Total t ha⁻¹, (15) Oil %, (16) Oil yield kg ha⁻¹. ¹ At the rosetta stage on 27th March, ² At the beginning of the ripening period on 3rd July, ³ At total ripening on 23rd July. Kg ha⁻¹ year⁻¹ doses: N₁=100, N₂=200, N₃=300 N; P₁=average supply, P₂=satisfactory supply, P₃=oversupply; K₁=average supply K₂=satisfactory, K₃=oversupply.

A 7. táblázat eredményei szerint az évenkénti 120 kg/ha N-trágyázás önmagában nem növelte a termésjellemzőket. Sőt az NP vagy NK kezelés sem volt eredményes. Az együttes NPK kezelésben már a kaszat tömege megduplázódik. A Ca hozzáadásával 2,5-szörösére, Mg pótlásával 3-szorosára volt emelhető a kaszattömeg.

7. táblázat. *Műtrágyázás hatása a napraforgó fejlődésére, termésére és olajhozamára 1984-ben*
(Kovárványos erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)
(Kádár és Vass 1988)

Kezelés jele (1)	Tőszám db/3 sor (2)	Nagyság cm (3)	Tányér \varnothing cm (4)	Kaszat db/cm ² (5)	Kaszat t/ha (6)	Olaj % (7)	Olajhozam kg/ha (8)
Kontroll (9)	68	92	11	2,6	0,75	44,8	336
N	60	60	11	2,7	0,64	41,9	268
NP	69	75	11	2,9	0,95	42,4	402
NK	69	74	11	2,3	0,76	41,2	314
NPK	73	110	13	3,8	1,43	43,8	626
NPKCa	75	141	15	5,3	1,85	44,8	827
NPKMg	80	140	15	5,0	2,27	45,3	1028
NPKCaMg	82	157	16	5,1	2,64	45,6	1206
SzD _{5%} (10)	8	35	2	1,2	0,54	2,2	217

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

Table 7. The effect of fertilisation on the development, yield and oil yield of sunflower in 1984 ("kovárvány" brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos, Nyírség) (Kádár and Vass 1988). (1) Treatment code, (2) Number of stems per three rows, (3) Size (cm), (4) Head diameter (cm), (5) Achene number per cm², (6) Achene t ha⁻¹, (7) Oil %, (8) Oil yield kg ha⁻¹, (9) Control, (10) LSD_{5%}. Note: average yearly doses (kg ha⁻¹ year⁻¹): N 120, P₂O₅ 120, K₂O 120, CaCO₃ 500, MgCO₃ 140.

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

sával és a megfelelő 100–150 kg/ha/év N-ellátásról is gondoskodunk (Kádár és Vass 1988).

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

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

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

V. Burgonya

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

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

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

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

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

A továbbiakban saját kísérletünkben vizsgáljuk a műtrágyázás és a termés, a minőség, valamint az eltarthatóság összefüggéseit. Bemutatjuk a betakarítást követően vett talajminták elemzésének adatait is.

A mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított NPK műtrágyázási kísérletünk 5. évében, 1978-ban vizsgáltuk a műtrágyázás hatását a Desiré fajtájú burgonya termésére, minőségére, keményítőhozamára és elemfelvételére. A 8. táblázat eredményeit tanulmányozva arra a következtetésre juthatunk, hogy az egyoldalú N-adagolás, sőt az együttes és növekvő NP-trágyázás sem javította érdemben a termést, minőséget vagy a keményítő hozamát. A kiegészítő K-trágyázással viszont igazolhatóan emelkedett a gumók tövenkénti átlagos száma és tömege. A gumótermés 2,5-szeresére, míg a keményítő hozama csaknem a 3-szorosára. A K tehát a termés tömegét és mennyiségét egyaránt előnyösen befolyásolhatja.

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

Kezelés jele (1)	Gumó db/tő (2)	Gumó g/db (3)	Gumó g/tő (4)	Gumó t/ha (5)	Kemé- nyítő % (6)	Kemé- nyítő t/ha (7)	Bio- massza t/ha (8)
Kontroll (9)	2,4	189	366	13,4	16,0	2,1	16,0
N ₁	2,5	194	380	16,8	16,0	2,7	18,0
N ₂	2,5	190	378	16,2	16,0	2,6	18,0
N ₃	2,7	209	404	20,0	15,0	3,0	24,0
N ₁ P ₁	2,6	194	388	18,9	16,4	3,1	20,0
N ₂ P ₂	2,6	196	400	18,5	16,0	3,0	18,9
N ₃ P ₃	2,7	200	412	20,8	15,2	3,2	23,0
N ₁ P ₁ K ₁	2,8	225	497	24,0	17,4	3,9	27,0
N ₂ P ₂ K ₂	2,8	242	650	27,9	18,2	4,9	34,0
N ₃ P ₃ K ₃	3,1	266	891	32,6	18,4	5,9	41,1
SzD _{5%} (10)	0,4	30	74	2,6	0,8	1,1	4,2

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

Table 8. The effect of fertilisation on the yield, quality and starch yield of Desiré potato in 1978 (Calcareous chernozem adobe soil, Nagyhörcsök, Mezőföld) (Kádár et al. 2000). (1) Treatment code, (2) Root number per stem, (3) Root weight, g, (4) Root weight per stem, g, (5) Root weight per ha, t, (6) Starch %, (7) Starch, t ha⁻¹, (8) Biomass, t ha⁻¹, (9) Control, (10) LSD_{5%}. Note: kg ha⁻¹ year⁻¹ doses: N₁=100, N₂=200, N₃=300 N; P₁=average supply, P₂=satisfactory supply, P₃=oversupply; K₁=average supply K₂=satisfactory, K₃=oversupply.

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

A nyírlugosi savanyú homoktalajon folyó kísérletünk 15. és 17. éveiben, 1977-ben és 1979-ben termesztettünk Desiré fajtájú burgonyát. A kedvezőtlen 1979. évben a trágyázatlan parcellák termése lezuhant, mindössze 1/4-e volt az 1977. évben mértnek. Hatékony volt ekkor a N és az NPK adagolás, a meszezési Ca, Mg kiegészítő kezelések azonban további terméstöbblettekkel nem jártak. A nagyobb termésű 1977-ben viszont érvényesült az NP, NK, NPK és az NPKCaMg együttes trágyázás, így az akkori országos termésátlagokat 2-szeresen meghaladó terméseket tudtunk elérni (9. táblázat).

A burgonya termésmaximumait azon parcellákban kaptuk, ahol a talaj extrém savanyúságát meszezéssel megszüntettük és a pH(KCl) 5 körüli értékre emelkedett. A talaj továbbra is enyhén savanyú tartományban maradt, mely kedvező a burgonya számára és ugyanakkor kielégíthette Ca és Mg elemszükségletét. A Ca döntően a lombfejlődést segítheti és több mint 90–95%-a a levélzetbe épült be. A kielégítő P- és K-ellátottságot a szántott réteg 140–150 mg/kg Al-oldható P₂O₅, illetve K₂O tartalma jelentette. Összességében megállapítható, hogy a nyírségi savanyú homoktalajok megfelelő trágyázással termékkennyé tehetőek a burgonyatermesztés számára és a kedvezőtlen évjáratok terméscsökkentő hatása is ezzel érdemben mérsékelhető, ellensúlyozható a 9. táblázatban összefoglalt eredményeink szerint (Szemes és Kádár 1990).

VI. Gyeppek

A trágyázás hatása a gyepéken más, mint a szántón. Másként hat az egyes összetevőire, mint a füvekre, pillangósokra és a gyomokra. A zöld vegetatív növényi részek érzékenyen reagálnak a víz- és tápelem kínálatra. A műtrágyázás drasztikus beavatkozást jelent a talajba, mely tükröződik a takarmány összetételén.

A szakszerűtlen műtrágyahasználat idővel katasztrofális következményekkel járhat a takarmányt fogyasztó állat számára. Felléphet a fűtetánia, sterilitás, csontdeformáció és egyéb rendellenességek. A talaj-növény-állat-ember sorsa összefügg. Az élettani anomáliák végső soron megjelenhetnek az állati eredetű termékeket (tej, hús, tojás, stb.) fogyasztó emberen civilizációs betegségeket előidézve.

9. táblázat. *Műtrágyázás és meszezés hatása a talajra és a burgonya termésére (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok Nyírlugos, Nyírség) (Kádár és Szemes 1990)*

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

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

Table 9. The effect of fertilisation and liming on the soil and the potato yield ("kovárvány" brown forest soil, acidic sand, Nyírlugos, Nyírség) (Kádár and Szemes 1990). (1) Treatment code, (2) AL-soluble, mg kg⁻¹, (3) Root of the Desiré variety, t ha⁻¹, (4) Average, (5) Control, (6) LSD_{5%}, Note: average yearly doses (kg ha⁻¹ year⁻¹): N 160, K₂O 240, P₂O₅ 80, CaCO₃ 250, MgCO₃/CaCO₃ 500.

A mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalajon folyó kísérletünk 27. évében, 2001-ben telepítettük 9 komponensű, réti csenkesz vezérnövényű pilangós nélküli gyepet. Példaképpen bemutatjuk a műtrágyázás hatását 2005. és 2006. évi 1. és 2. kaszálás széna tömegére a 10. táblázatban. Ezek a kísérlet 29. és 30. évei. Az adatok arra utalnak, hogy a N-trágyázás önmagában is meg-többszörözheti a trágyázatlan kontroll szénahozamait. A kiegészítő P-trágyázás

2006-ban az 1. kaszálás idején +2 t/ha körüli, az NPK kezeléssel újabb +2 t/ha körüli terméstöbblet jelentkezett. A két kaszálás összegeit tekintve, 2006-ban az NPK adagok nyomán a szénahozam 5,5-szörösére volt növelhető. Terméscsökkenés, depresszió nem volt megfigyelhető.

10. táblázat. *Műtrágyázás hatása a telepített pillangósnélküli gyep termésére (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld) (Kádár 2010)*

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

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

Table 10. The effect of fertilisation on the yield of planted grass without legumes (Calcareaous chernozem adobe soil, Nagyhörscök, Mezőföld) (Kádár 2010). (1) Treatment code, (2) in 2005, straw t ha⁻¹, (3) in 2006, straw t ha⁻¹, (4) 1st mowing, (5) 2nd mowing, (6) Total, (7) Control, (8) LSD_{5%}. Treatments: N₁=100, N₂=200, N₃=300 kg ha⁻¹ year⁻¹ N; P₁=average supply, P₂=satisfactory supply, P₃=oversupply; K₁=average supply K₂=satisfactory, K₃=oversupply.

A kontroll, önmagában adott 100 kg/ha/év N-adag, valamint az emelkedő NPK ellátottság hatását tanulmányozhatjuk a 2002-ben termelt gyepszéna termésére és elemfelvételére a *11. táblázatban*. A kontroll termését 5,1-szeresére növelte a bőséges N₃P₃K₃ szintű kínálat. A K₂O 362 kg, N 168 kg, CaO és a P₂O₅ 49–50 kg, MgO és a S 22–23 kg maximális felvételt mutatott hektáronként. Hasonló 8–9 t/ha szénahozamokkal a talaj K és N készlete gyorsan kimerül-

het. A gyepek esetében nem is beszélhetünk „túlzott” PK ellátottságról, bár a P₃ szintet 542 mg/kg AL-P₂O₅, a K₂ szintet 390 mg/kg AL-K₂O tartalom jelentette a szántott rétegben ezekben az években (Kádár 2006).

11. táblázat. A növekvő NPK ellátottság hatása a gyepszéná termésére és elemfelvételére 2002-ben a két kaszálás összegében (Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörösök, Mezőföld) (Kádár 2006)

Termés, ill. elemek (1)	Mértékegység (2)	NPK ellátottsági szintek (3)					SzD _{5%} (4)
		N ₀	N ₁	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₂ K ₂	N ₃ P ₃ K ₃	
Széna (5)	t/ha	1,7	6,7	7,0	7,3	8,7	2,0
K ₂ O	kg/ha	41	134	180	224	362	88
N	kg/ha	15	57	101	99	168	36
CaO	kg/ha	11	39	38	48	49	11
P ₂ O ₅	kg/ha	9	21	32	39	50	18
MgO	kg/ha	5	22	17	22	23	7
S	kg/ha	5	13	14	19	22	8
Na	kg/ha	0,3	6,9	5,7	3,3	2,6	2,6
Fe	kg/ha	0,3	0,6	0,7	0,8	0,9	0,4
Mn	kg/ha	0,1	0,7	0,7	0,9	1,0	0,3
Zn	g/ha	20	80	50	54	213	60
B	g/ha	11	31	25	34	29	8
Cu	g/ha	5	20	29	35	54	20
Mo	g/ha	1	9	3	2	2	2

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

Table 11. The effect of increasing NPK supply on the yield and element uptake of grass straw in 2002, the total of two mowings (Calcareaous chernozem adobe soil, Nagyhörösök, Mezőföld) (Kádár 2006). (1) Yield and elements, (2) Measurement unit, (3) NPK supply levels, (4) LSD_{5%}, Treatments: N₁=100, N₂=200, N₃=300 kg ha⁻¹ year⁻¹ N; P₁=average supply, P₂=satisfactory supply, P₃=oversupply; K₁=average supply K₂=satisfactory, K₃=oversupply.

A 11. táblázatban az is megfigyelhető, hogy a kontrollon mért Na felvett mennyisége a N-adagolással 23-szorosára ugrott, majd újra kevesebb mint félére esett. A N szinergistaként serkenti a Na beépülését míg a K antagonistaként gátolja. Hasonló jelenséget tapasztalunk a Mo esetében. Már a gyepek kísérletünk első évében megállapítottuk, hogy... ”a tartós NPK műtrágyázás drasztikusan,

akár egy nagyságrenddel megváltoztathatja a takarmányszéna elemösszetételét és elemarányait az elemek között létrejött szinergizmusok és ionantagonizmusok nyomán. Az 1. kaszálásnál pl. a szénában mért elemekben az alábbi minimum-maximum koncentrációk jelentkeztek: N 0,9–3,0; Ca 0,4–0,7; S 0,14–0,32; P 0,12–0,30; Mg 0,10+0,24%. Az egyéb elemekben: Na 70–700, Fe 100–288, Al 45–250, Mn 71–130, Zn 7–14, B 4–8, Mo 0,04–0,44 mg/kg.” Növényelemzésel a takarmányok összetétele ellenőrizhető. A bőséges P-trágyázás Zn-hiányt, az együttes NPK trágyázás Mo-hiányt okozott a gypszénában kísérletünkben.

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

Amint a 12. táblázatban látható a P-kínálat nyomán a növényi részek P-tartalma megnőtt, a Zn-koncentráció pedig visszaesett. Irodalmi és korábbi saját vizsgálataink szerint a fiatal hajtásban 50–150 közötti tartományban van az ideális P/Zn arány. A 200 feletti P-túlsúly terméscsökkenést indukál, amennyiben a növénybeni Zn-tartalom 20 mg/kg alá süllyed. Ebben az évben a N és K trágyák hatása mérsékelt maradt vagy nem is volt igazolható, bemutatásuktól eltekintettünk. Megemlítjük még, hogy a P-túlsúly gyomnövelő tényezőnek mutatkozott. A korai gyomfelvételezésünk szerint a kontrollon mért 2,5%-os gyomborítottság közel a 4-szeresére nőtt a P-trágyázás hatására, főként az *Amaranthus* és más nagytestű kétszikű gyomok nyomán. A kísérletet részletesen már ismertettük (Kádár 2004).

Megjegyezzük, hogy a témában járatlan (nem akadémikus) növénytermesztő vagy kereskedelmi szakemberek „ajánlásai” e talajra meghökkentőek. Így pl. „igen jó” ellátottságot emlegetnek 250–450 mg/kg AL-P₂O₅ tartalomnál, ahol hasonló évben a kukorica vagy más Zn-érzékeny kultúra kipusztulhat. És itt még a tervezett termés közel teljes P-igényével végzett P-trágyázást írják elő. Ott, ahol hosszú évekip szüneteltetni kellene a P-adagolást, illetve Zn-trágyázást kellene foganatosítani. Sajnos az újabb növénytermesztési és egyetemi szakönyvek is e szellemben íródtak (Antal 2005). Íróik úgy tűnik képtelenek el-

szakadni a múlt század '70-es éveinek elvárásaitól: „több műtrágya, több termés” álmokat kergetve.

VII. Lucerna

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

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

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

12. táblázat. A foszfor túltrágyázás hatása a kukoricára 1993-ban
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)
(Kádár 2004)

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

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

Table 12. The effect of phosphorus overfertilisation on maize in 1993 (Calcareous chernozem adobe soil, Nagyhorcsök, Mezőföld) (Kádár 2004). (1) Examined characteristics, (2) AL-P₂O₅ mg kg⁻¹ in the soil (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Yield characteristics, (6) Shoot t ha⁻¹, (7) Grain t ha⁻¹, (8) Stem t ha⁻¹, (9) Grain+stem t ha⁻¹, (10) Stem number, 1000 stems per ha, (11) thousand grain weight, g, (12) Phosphorus in the crop, P%, (13) Shoot, (14) Grain, (15) Stem, (16) Zinc in the crop, Zn mg kg⁻¹, (17) The ratio of P: Zn in the crop. Note: shoot at the 4–6 leaf stage, grain, stem, stem number and thousand grain weight at harvesting. Optimal P/Zn ratio in the shoot: 50–150. In the case of P oversupply above 200, yield decrease could occur because of the Zn loss, if the Zn concentration drops below 20 mg kg⁻¹ based on own data and other researchers' findings. The effect of N and K fertilisation stayed moderate or it could not be detected.

A lucerna szárazságtűrése nem hasonlítható össze pl. a köles szárazságtűrésével. A köles transpirációs együtthatója 250 liter/kg sz. a., míg a lucernáé 844 liter/kg sz.a. Mengel és Kirkby (1987) szerint. A lucerna óriási mennyiségű vizet, talajvizet tud elpárologtatni és eközben sófelvétele is tetemes lehet. Jakuskin (1950) példaképpen említi, hogy a 6 évig tartó öntözött gyapottermést követően a talaj 1 m rétegében talált 82 t/ha sómennyiség 28 t/ha-ra csökkent mélyebb rétegekbe távozva a lucernatermés után. Egyidejűleg 3%-ról 10%-ra emelkedett a vízálló morzsák aránya, a beázás mélysége 60 cm-ről 100 cm-re nőtt. A gyökér tömege az 1. évben 4,5 t/ha, a 2. évben 6,3 t/ha, a 3. évben 8,0 t/ha mennyiséget ért el összesen, bár a gyökerek több mint felét a szántott rétegben találták a 3. év végén is.

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

A Duna-Tisza közti karbonátos homoktalajon, az MTA TAKI Őrbottyán Kísérleti Telepén, valamint a mezőföldi mészlepedékes csernozjom vályogtalajon egyaránt azt találtuk, hogy a 200 mg/kg körüli $AL-P_2O_5$, illetve 200 mg/kg körüli $AL-K_2O$ ellátottságú talaj kielégítheti a lucerna foszfor és kálium igényét. A továbbiakban bemutatjuk, hogy milyen mérvű elemfelvétel, elvonás, talajkimerülés jelentkezhet egy kedvező periódus alatt és ez mennyiben veszélyeztetheti a talajtermékenység megőrzését.

A Duna-Tisza közti Őrbottyán Telepen beállított kísérletben a lucerna telepítése előtt 400 kg/ha P_2O_5 és 600 kg/ha K_2O adaggal feltöltő trágyázást végeztünk. Évente megosztva ősszel és tavasszal 50–50 kg/ha N-t is adtunk. 2001–2004 között aszályos évünk nem adódott, részben ezért és a talaj jó tápelem-tőkénének hála az állomány 5 éven át képes volt fennmaradni és kielégítő terméseket adni. A lucerna szénahozamáról és elemfelvételéről évenként és a vizsgált 5 év összegéről a 13. táblázat tájékoztat.

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

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

Megjegyzés: As, Hg 0,1 g/ha méréshatár körül vagy alatt. A felvett N döntően a levegőből származott.

Table 13. The element uptake and straw yield of alfalfa per year and between 2004–2008 (Calcareous sandy soil, Órbottyán, Danube-Tisza mid-region) (Kádár 2012). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) 3 mowings in 2004, (4) 4 mowings in 2005, (5) 4 mowings in 2006, (6) 3 mowings in 2007, (7) 3 mowings in 2008, (8) Total between 2004–2008, (9) Straw. Note: As, Hg 0,1 g ha⁻¹ around or below the measurement level. The N taken up by the crop mostly originated from the air.

Az 5 év alatt a lucerna 1,58 t/ha N-t épített földfeletti hajtásába. Nem tudjuk mennyi maradt a N-ben gazdag gyökerekben. Mivel évente a N adagja 100 kg/ha volt, megállapítható, hogy a lucerna a felvett N több mint 2/3-át a levegőből fedezte.

A Ca-felvétel 1,18 t/ha mennyiséget ért el. A felvett K tömege 744 kg/ha (893 K₂O kg/ha) volt, de mint láttuk az utóbbi 2–3 évben a talaj nem volt képes fedezni megfelelően a lucerna K-igényét. A talajkimerülés kérdését komolyan kell a lucerna telepítése előtt fontolóra venni. A talaj K és Ca elemekben egy 5 éves periódus alatt, hasonló körülmények között akár 1 t/ha mennyiséggel szegényedhet. A laza K-hiányos termőhelyen a K, a kilúgzott Ca-ban szegény talajon a Ca pótlásáról gondoskodni kell (Kádár 2012).

Az 1 t tervezhető szénatermés úgynevezett fajlagos elemtartalma 34–41 kg N; 25–30 kg Ca; 13–27 kg K; 3–4 kg Mg, S és P tartományban ingadozott az évek függvényében. Az 5 év átlagában ezen a termőhelyen 37–7–22–39–5=N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO fajlagost kaptunk. A hazai szaktanácsadásban elfogadott irányszámokhoz viszonyítva, kísérleti körülményeink között emelkedett N, K, Mg fajlagosok adódnak. A tárgyalt irodalmi optimális összetétel alapján ez azonban nem tűnik valóban emelkedettnek, hiszen a N és Mg túlsúlya nem volt megállapítható. A K-tartalom pedig kifejezett hiányra utalt. Korábbi adatainkat is figyelembe véve a hazai szaktanácsadás irányszámait javasoljuk módosítani 35–7–25–30–5=N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO kg/t tartalomra.

A nemzetközi, általunk is ellenőrzött növénydiagnosztikai optimumokkal összevetve az állomány ezen a termőhelyen hiányt jelzett Zn, Cu, Mo mikroelemekben és a 4., illetve 5. évben kifejezetté vált a K hiánya is. A széna K-tartalma fokozatosan az 1% körüli értékre süllyedt a „kielégítőnek” tekintett 2% feletti K-koncentrációval. A lucernaszéna tápelemellátottsági határkoncentrációit *Simkins et al.* (1970) és *Bergmann* (1992) összeállítására alapján közöljük a 14. táblázatban.

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

Elem (1)	Mérték- egység (2)	Hiányos (3)	Alacsony (4)	Kielégítő (5)	Magas (6)	Túlzott (7)
K	%	1,8 alatt	1,8–2,0	2,0–3,5	3,5–5,0	5,0 felett
Ca	%	1,0 alatt	1,0–1,8	1,8–3,0	3,0–4,0	4,00 felett
Mg	%	0,2 alatt	0,2–0,3	0,3–1,0	1,0–2,0	2,00 felett
P	%	0,2 alatt	0,2–0,3	0,3–0,7	0,7–1,0	1,00 felett
S	%	0,2 alatt	0,2–0,3	0,3–	?	?
Fe	mg/kg	20 alatt	20–30	30–250	250–400	400 felett
Al	mg/kg	?	?	–200	200–400	400 felett
Mn	mg/kg	20 alatt	20–30	30–100	100–250	250 felett
B	mg/kg	20 alatt	20–30	30–80	80–100	100 felett
Zn	mg/kg	10 alatt	10–20	20–70	70–100	100 felett
Cu	mg/kg	5 alatt	5–10	10–30	30–50	50 felett
Mo	mg/kg	0,5 alatt	0,5–1	1–5	5–10	10 felett

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

Table 14. The nutrient supply limit concentrations of alfalfa stray (Upper 20 cm shoot, budding before flowering) (*Simkins et al. 1970*). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) Shortage, (4) Low, (5) Satisfactory, (6) High, (7) Oversupply. Note: According to *Bergmann* (1992), the satisfactory supply is 3.5–5.0% N; 2.5–3.8% K; 1.0–2.5% Ca; 0.3–0.8% Mg; 0.3–0.6% P; 30–100 mg Mn; 35–80 mg B; 25–70 mg Zn; 6–15 mg Cu and 0.5–2.0 mg Mo in one kg dry matter.

IRODALOM

- Antal J.*: 1987. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
Antal J. (szerk.): 2005. Növénytermesztéstan 1–2. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
Bergmann, W.: 1992. Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag. Jena-Stuttgart-New York.
Cserháti S.: 1901. Általános és különleges növénytermelés. II. köt. Czéh Sándor-féle Könyvnyomda. Magyar-Óvár.
Geisler, G.: 1988. Pflanzenbau. Verlag Paul Parey. Berlin und Hamburg. 358.
Jakuskin, I. V.: 1950. Növénytermelés. I. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

- Kádár I.–Vass E.: 1988. Napraforgó műtrágyázása és meszezése savanyú homoktalajon. *Növénytermelés*. 37. 4: 541–547.
- Kádár I.–Márton L.–Horváth S.: 2000. A burgonya (*Solanum tuberosum* L.) műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 49. 2: 291–306.
- Kádár I.–Németh T.–Réti Á.–Radics L.: 2001a. A repce (*Brassica napus* L.) műtrágyázása karbonátos vályog talajon. I. *Növénytermelés*. 50. 4: 559–573.
- Kádár I.–Németh T.–Lukács D.-né: 2001b. A repce (*Brassica napus* L.) műtrágyázása karbonátos vályog talajon. II. *Növénytermelés*. 50. 4: 575–591.
- Kádár I.–Lukács D.-né–Vörös J.–Szilágyi J.: 2001c. A napraforgó (*Helianthus annuus* L.) műtrágyázása mészlepedékes vályog csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 50. 2: 297–308.
- Kádár I.: 2001. A napraforgó (*Helianthus annuus* L.) tápelemfelvétele mészlepedékes vályog csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 50. 2: 285–295.
- Kádár I.: 2004. A műtrágyázás hatása a silókukorica termésére karbonátos csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 53. 3: 285–297.
- Kádár I.–Márton L.: 2005. Búza műtrágyázása a mezőföldi OMTK kísérletben 1968–2004. között. *Növénytermelés*. 54. 1–2: 111–122.
- Kádár I.: 2006. Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepen. *Ásványi elemfelvétel. Gyepgazd. Közl.* 4: 109–120.
- Kádár I.–Márton L.: 2007. Kukorica utáni kukorica trágyareakciója a mezőföldi OMTK kísérletben 1970–2006 között. *Növénytermelés*. 56. 5–6: 307–319.
- Kádár I.–Márton L.–Németh T.–Szemes I.: 2007. Meszezés és műtrágyázás hatása a talajra és a növényre a 44 éves nyírlugosi tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 56: 255–270.
- Kádár I.: 2008. A műtrágyázás hatása az őszi búzára karbonátos homoktalajon. *Növénytermelés*. 57. 1: 49–58.
- Kádár I.–Radics L.: 2008. Műtrágyázás hatása a kukoricára karbonátos homoktalajon. *Növénytermelés*. 57. 3: 305–317.
- Kádár I.: 2010. Műtrágyahatások értékelése tartamkísérletben telepített gyepen. *Agrokémia és Talajtan*. 59. 2: 295–314.
- Kádár I.: 2011. A műtrágyázási szaktanácsadás alapelve és módszere. *Növénytermelés*. 60. 2: 137–155.
- Kádár I.: 2012. A lucerna (*Medicago sativa* L.) elemfelvételének vizsgálata karbonátos homoktalajon. *Növénytermelés*. 61. In print
- Késmárki I.: 2005. Lucerna. [In: Antal J. (szerk.) *Növénytermesztés*tan 2.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 357–385.
- Mathers, A. C.–Stewart, B. A.–Blair, B.: 1975. Nitrate-nitrogen removal from soil profiles by alfalfa. *J. Environ. Qual.* 4: 403–405.
- Mengel, K.–Kirby, E. A.: 1987. Principles of plant nutrition. 4th Edition. International Potash Institute. Bern. Switzerland.
- Nagy J.: 1995. A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Növénytermelés*. 44. 2: 251–260.

- Nagy, J.*: 1996. Interactions between fertilization, irrigation, and plant density of maize (*Zea mays* L.) Cereal Res. Commun. 24: 85-92.
- Nagy J.*: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Nielsen, D. R.-Biggar, J. W.-Mac Intyre, J.-Tanji, K. K.*: 1980. Field investigation of water and nitrate-nitrogen movement in Yolo soil. [In: Soil nitrogen as fertilizer or pollutant.] Int. Atomic Energy Agency. Vienna. 145-168.
- Radics L.*: 1994. Szántóföldi növénytermesztéstan. KÉE Kertészeti Kar. Budapest.
- Simkins, C. A.-Overdahl, C. J.-Grava, J.*: 1970. Fertilizer for alfalfa. Univ. of Minnesota. Extension Folder 255. St. Paul. Minnesota. USA.
- Szemes I.-Kádár I.*: 1990. Műtrágyázás és meszezés tartamhatásának vizsgálata savanyú homoktalajon. Növénytermelés. 39. 2: 147-155.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Kádár Imre
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet
Budapest
Herman O. u. 15.
H-1022

ÉVFORDULÓ

Anniversary

Németh Tamás 60 éves

A laudatio minden bizonnyal a világ egyik legnehezebb műfaja, ugyanis kétoldalú veszélyt is rejt magában; egy életmű számbavétele sosem lehet teljes, egy alkotó ember bemutatása pedig sosem eléggé pontos és elfogulatlan. A számvetés azonban mindenképpen hasznos, hiszen az életkor diktálta mér-földkövek nem csak az egyén, hanem a szakmai közösség számára is egyaránt fontosak.

Németh Tamás 1952. március 7-én született Szombathelyen. A vasvári, majd a keszthelyi gyermekkor, az empatikus értelmiségi családi háttér egyértelmű szerepet játszott az életpálya elindításában. Középiskoláit a keszthelyi Vajda János Gimnáziumban végezte, majd – a kor szokásának megfelelően – egyéves katonai szolgálatot követően tanulmányait a Keszthelyi Agrártudományi Egyetemen folytatta. 1976-ban kitüntetéses agrárkémikus agrármérnöki diplomát kapott. Egyidejűleg növényvédelmi szakképesítést is szerzett.

Az egyetem elvégzését követően a NEVIKI Mezőgazdaság Kemizálási Szolgálatának keszthelyi telepe volt első munkahelye, ahol tudományos segédmunkatársi munkakörben dolgozott. 1977-ben az akkori MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ megkeresésére a MÉM NAK Tápanyaggazdálkodási Osztályára került főmunkatársként. 1979-ben áthelyezték a Zala megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomásra, ahol agrokémiai csoportvezetői beosztásban dolgozott. Az agrárkemizálási gyakorlati szakterületen eltöltött idő, amely egybeesett a kötelező talajvizsgálati rendszer országos bevezetésével, a gyakorló szakemberek felkészítésével, és az egységes szaktanácsadási rendszer kidolgozásával, meghatározó volt későbbi életpályája során.

1981–82-ben az agrárkormányzat által szervezett egyéves farmgyakorlaton vett részt az Egyesült Államokban, Oregon államban. Gyakorlati munkát végzett egy nagygazdaság termelési, gazdálkodási, növényvédelmi és agrokémiai feladatainak ellátásában. A külföldi munka a szakmai tapasztalatokon túl megalapozta angol nyelvtudását is.

1983-ban kezdte meg kutatómunkáját az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében. Nyolc éven át különböző kutatói beosztásokban dolgozott az intézet izotóplaboratóriumában. 1991-től ellátta az intézet tudományos igazgatóhelyettesi beosztását, és egyúttal az Agrokémiai és Növény táplálási Osztály vezetését is. 1997 és 2008 között az intézet igazgatója volt. 2008-ban első alkalommal, majd 2011-ben ismételen megválasztották a Magyar Tudományos Akadémia főtitkárának.

Tudományos pályafutását megszerzett fokozatai tükrözik. Egyetemi doktori értekezését „*Az agrokemikáliák hatása néhány gyomnövény és kultúrnövény N-, P-, K-, Ca-, Mg- és Na-tartalmára tenyészedényes és kisparcellás kísérletekben*” címmel készítette el, és 1982-ben védte meg summa cum laude minősítéssel alma materében, a Keszthelyi Agrártudományi Egyetemen. Kandidátusi értekezését „*A nitrogénellátottság szerepe az őszi káposztarepce termesztésében*” tárgy körében 1989-ben sikeresen megvédte, és elnyerte a mezőgazdasági tudomány kandidátusa címet. Az MTA doktora tudományos címet 1997-ben nyerte el „*Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma*” című dolgozatával. Az MTA levelező tagjává 2001-ben, rendes tagjává 2007-ben választották.

Évtizedeken keresztül végez tudományos, illetve tudományos szervezési munkát a hazai és nemzetközi testületekben. MTA közgyűlési doktor képviselő volt 1995–2001 között. 2001-től egy cikluson át az MTA Élettudományi Kuratórium elnökhelyettese volt. 2002-től két cikluson át ellátta az MTA Agrártudományok Osztálya elnökhelyettesi feladatkörét. 1990-től tagja az MTA Talajtani és Agrokémiai Bizottságának, illetve a bizottság jogutódának, az MTA Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Bizottságának. 2008-tól tagja és elnöke az MTA Környezettudományi Elnöki Bizottságnak.

Számos hazai tudományos szervezet és testület tagja. A teljesség igénye nélkül: tagja a Magyar Agrártudományi Egyesületnek, az Agrárkémikus Társaságnak, a Talajtani Társaságnak. Tagja, illetve tisztségviselője volt az elmúlt évtizedekben az agrár- a környezetügyi, valamint az oktatási kormányzat szakmai és tudományos bizottságainak, testületeinek. A nemzetközi tudományos szervezetekben

végzett tevékenységei közül kiemelendő az 1992–1997 közötti a CIEC ügyvezető főtitkári, majd 1997-től megválasztott főtitkári megbízatása (több mint 10 szimpózium és 4 világkonferencia szervezésében vett részt). Az Agricultural Water Management Board tagja, és az OECD 4.3. téma national correspondentje volt, a Nemzetközi Talajtani Társaság (ISSS, majd 1998-tól IUSS) tagja, valamint a társaság Magyar Nemzeti Bizottságának, valamint számos más testületnek tagja. Alapító tagja az Alpok-Adria Tudományos Együtműködésnek.

Részt vesz a hazai agrár felsőoktatásban, a szaktanácsadásban, a tudományos továbbképzésben és a doktori képzésben. 1992-től címzetes egyetemi tanár, a Növénytaplálási Kihelyezett Tanszék vezetője, illetve 1998-tól habilitált doktor a keszthelyi Pannon Agrártudományi Egyetemen. Jelenleg a Károly Róbert Főiskolán, a Pannon Egyetemen, a SZIE-n, valamint a Debreceni Egyetemen oktat. Két cikluson át tagja volt a SZIE Gazdasági Tanácsának. A VITUKI nemzetközi hidrológiai továbbképző tanfolyamán angol nyelven oktatott, s egyben tárgyfelelős volt. Szakmai továbbképző tanfolyamoknak rendszeres előadója. Külföldi egyetemeken meghívottként tart előadásokat, rendszeresen szervez és vesz részt hazai és nemzetközi tudományos rendezvényeken Munkakapcsolatban áll a USSL (Riverside, USA), a Genti Egyetem (Belgium) és a sevillai CSIC Kutató Intézet (Spanyolország) kutatócsoportjaival. A Genti Egyetem (Belgium) és a Pretoriai Egyetem (Dél-Afrika) doktori képzésében vállalt témavezetést.

Kutatói pályája során jelentős hazai (OTKA, OMFB, FVM, KTM, NKFP, JEDLIK) és nemzetközi (USDA-PSTC, INCO-COPERNICUS, EU FP6, FP7) kutatási témák vezetője és közreműködője volt, illetve jelenleg is résztvevője és irányítója ilyen projekteknek.

Aktív szerepet vállal a hazai és a nemzetközi tudományos folyóiratok szerkesztésében. Szerkesztőbizottsági tagja az Agrokémia és Talajtan folyóiratnak, korábban a European Journal of Soil Science-nek, és az Agricultural Water Management-nek. Tagja az ESF Governing Council-jának.

Tudományos elismerései közül kiemelkedőek: 1998-ban megválasztották a Svéd Királyi Mezőgazdasági és Erdészeti Akadémia külső tagjának. 2002-ben a Debreceni Egyetem, 2003-ban a Veszprémi Egyetem, 2010-ben a Corvinus Egyetem, 2011-ben a Gyöngyösi Főiskola és a Nyugat-magyarországi Egyetem Doctor Honoris Causa kitüntetésében részesült. Tudományterületének egyik jelentős nemzetközi díját (J. Beton Jones Jr. Award) 2009-ben nyerte el. 2010-ben megkapta a Széchenyi Díjat.

Tudományos közleményeinek száma igen jelentős. Az MTMT közhiteles adatbázisa e laudatio megírásának időpontjában 648 közleményét tartja nyilván, melyek közül 18 könyv és 38 könyvrészlet szerzője. Tudományos folyóiratban megjelent dolgozatainak száma 139. Közleményeinek 1016 független hivatkozása ismert.

Nem lenne teljes a kép, ha nem esne szó Németh Tamásról, az emberről. Nyílt, közvetlen személyiségű, aki bármilyen beosztású, rangú, társadalmi osztályú emberrel megtalálja a közös hangot. Kedveli a társaságot, az utazást. Korábban aktívan, mostanában hobbiszerűen sportol, kedveli a futballt. És szerencsés ember is; egy szerető, és támogató családi kötelékben éli életét.

Hatvanadik születésnapjára a szakmai közösség, a barátok, a tisztelők, a tanítványok nevében minden jót kívánunk.

Jolánkai Márton

NEKROLÓG

Obituary

DERERA MIKLÓS (NICHOLAS F. DERERA)
(1919-2011)



Derera Miklós 1919. január 5-én született Budapesten és 2011. október 7-én halt meg az ausztráliai Sydney Westmead kórházában 92 éves korában. A Református Gimnáziumban érettségizett Kecskeméten, majd József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mezőgazdasági karán diplomázott. Ezt követően fiatal növénynemesítőként először a Monori Magnál, később Mauthner Ödön vetőmag vállalatánál tevékenykedett. Akkoriban ezek a cégek igen jelentős helyet foglaltak el a magyar vetőmag szakmában. Később, az ötvenes évek elején vezető állásokban a Földművelésügyi Minisztérium különböző vállalatainál volt alkalmazásban. Ő irányította Székkutason a gyapotnemesítési kutatásokat, mely tapasztalatok oly fontosakká váltak későbbi életében.

A forradalmat és szabadságharcot követően 1957 szeptemberében érkezett Ausztráliába, mint menekült. Új hazájában először gyári munkás, majd laboratóriumi asszisztensként dolgozott. Innen került New South Wales (NSW) Föld-

művelésügyi Minisztériumának Intézetébe kutató agronómusként, hogy kidolgozza, hol és hogyan lehetne gyapotot termelni a régióban. Az állam északnyugati területén sikeresen szervezte meg a gyapottermelést, s ez a tevékenység igen jelentős profitot hozott az ott élőknek, s magának az államnak is. A fiatal Derera ezzel nevet és elismerést szerzett magának a farmerek, az állam irányítói és a tudományos körökben egyaránt. Ebben az időben a Nandewar-hegylánc fedezte föl a róla elnevezett gyapotfajt (*Gossypium nandewarensis* Derera). Rövid idő alatt nagy népszerűsége tett szert, s a farmerek Nick Derera-ként hívták. A Sydney-i Egyetem meghívására 1961-ben a NSW állam északi részén lévő Narrabri-ban abban az évben alapított búzanemesítési intézetben (North West Wheat Research Institute, mai nevén I. A. Watson Wheat Research Centre) kezdte meg 20 éves búzanemesítői pályafutását, és 1973-tól 1981. évi nyugdíjba vonulásáig igazgatója is volt az intézetnek. A búzakupatásokban is a gyapotéhoz hasonló sikereket ért el. Munkatársaival több, mint 10 új búzafajtát állított elő a bő húsz év során, melyek közül számos terjedt el nagy területen a természetben, közülük több fajtát használnak a világban a nemesítők programjaikban (Mendos, Gamut, Gamset, Timgalen, Gatcher, Songlen, Shortim, Timson, Sunkota, Suneca, Sunstar). Ezen évek során a sikeres fajta-előállítás mellett intézetében jelentős módszertani fejlesztéseket is végeztek, melyet az egész világon megismerhettek, és több helyen alkalmaztak is a nemesítők. Forradalmasították, gépesítették a tömegszelekciót (Mechanical Mass Selection /MMS/ system), világszerte vezettek be korai szelekciós technikákat a kalászban csírázás (Preharvest Sprouting) elleni nemesítésben. A búza szárazságtűrésében jelentős élettani bélyegeket (szálkázottság) az elsők között kutatta munkatársaival. Derera a hetvenes évek elején egy nemzetközi együttműködést indított a kalászban való csírázás problémájának leküzdésére, ez volt elindítója a négyévente több száz résztvevőt vonzó tudományos konferenciának, az *“International Symposium on Pre-Harvest Sprouting in Cereals”*-nak is, a szervező bizottságnak haláláig tiszteletbeli elnöke volt. Több mint száz publikációt írt, ő szerkesztette a *“Preharvest Field Sprouting in Cereals”* című, 1989-ben megjelent alapmunkát (CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, US).

1981-ben, 62 évesen ment nyugdíjba, és azóta is rendkívül aktív volt. Aktivitására jellemző volt, hogy az elmúlt években is több paprika és dísznövény fajtája kapott Ausztráliában állami elismerést. Volt munkahelyén nyilvános rendkívüli egyetemi tanárként dolgozott még nyolcvanas éveiben is, emellett tudományos tanácsadóként tevékenykedett, elsősorban kertészeti területen.

Munkásságát számos elismerés kísérte: Fellow of the Australian Institute of Agricultural Science (1977); Certificate of Appreciation for Services to the Community from the RSL (1979) NSW Branch; Farrer Memorial Medal (1981) (FMM); Rotary Award for Vocational Excellence (1983); Silver Medal by the International Biographical Centre Cambridge (1999). Munkájának talán legnagyobb elismerése volt, amikor a Brit Királynő 1994 júniusában az Ausztrál Rend tagjává fogadta: Member of the Order of Australia (1994) in the Queen's Birthday List (AM).

Derera Miklós egyike volt azon '56-os menekülteknek – ma már méltán mondhatjuk nagy generációs nemzedéknek –, akik új hazájukban az állampolgárság mellé hírnevet és dicsőséget szereztek maguknak, és az óhazának is. A Sydney melletti Winston Hills-ben példás családi életet élő magyar származású kutató igen gazdag pályát futott be. Tartalmas élete során Ő volt a világban az egyik legismertebb magyar származású növénynemesítő. Nyugdíjas korában is évtizedekig, szinte haláláig dolgozott, és a világban sokakkal, így velünk, magyar kutatókkal is tartotta a kapcsolatot. Feleségével, Dódival 1946 óta tartó boldog házasságukban sok örömet éltek meg közösen fiukkal, négy unokájukkal és dédunokájukkal. Derera Miklóstól főhajtással és tisztelettel búcsúznak a magyar nemesítők és agrárszakemberek.

Dr. Bóna Lajos–Dr. Somogyi Norbert