

Crop
Production

 HERMAN OTTÓ INTÉZET
NONPROFIT KFT.

NÖVÉNYTERMELÉS

66. kötet | 3. szám | 2017. szeptember

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Szász Gábor 90 éves

Klíma­válto­zás
és a műtrágyázás hatása
a kukorica termésére
debreceni tartamkísérletben

Tartamkísérletek mint
a klíma­válto­zás in­dikáto­rai

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

A Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. kiadásában,
a Földművelésügyi Minisztérium támogatásával megjelenő folyóirat
a növénytermesztés, növénynevelés, növénygenetika, növényélettan, agrobotanika
területén magyar és külföldi szerzők által írt, angol és orosz nyelvű összefoglalókkal
ellátott tudományos közleményeket, vitacikkeket, szemlét, könyvismertetést közöl.

**A folyóirat szakmai támogatója az MTA Agrártudományok Osztályának Talajtani,
Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Bizottsága**

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

DEBRECENI EGYETEM MÉK
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
4002 Debrecen, Pf. 400
Telefon: (06 52) 508-310
Fax: (06 52) 508-460
E-mail: novenytermeles@agr.unideb.hu
szelesne@agr.unideb.hu

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
Kiadói Osztály
1223 Budapest, Park u. 2.
Telefon: (06 1) 362-8100
Fax: (06 1) 362-8104
E-mail: info@agrarlapok.hu
www.hoi.hu
www.novenytermeles.hu

A kiadásért felelős Bárányné Erdei Rita,
a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

ISSN 0546-8191
Növényterm 66 (2017) 3
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

66. kötet, 3. szám, 2017. szeptember

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, É. LEHOCZKY,
N. A. MAKARENKO, D. MEZŐSZENTGYÖRGYI, J. NAGY, P. PEPÓ, R. SCHMIDT

FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

A nyomást és kötést az ADU-PRESS Nyomda Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Széles Sándorné

ISSN 0546-8191

TARTALOM

KÖSZÖNTÉS

Nagy János – Loch Jakab: Szász Gábor 90 éves 7

Nagy János: Klímaváltozás és a műtrágyázás hatása a kukorica termésére debreceni tartamkísérletben 11

Pepó Péter: Tartamkísérletek mint a klímaváltozás indikátorai 33

Kassai Mária Katalin – Tarnaava Ákos – Nyárai Horváth Ferenc – Eser, Adnan – Kempf Laura – Jolánkai Márton: A csapadék és a hőmérséklet évijárati hatása őszi búza fajták fehérjetermésére 47

Gombos Béla: A rizs különböző vetési időpontjainak fenológiai modelleken és éghajlati adatbázison alapuló kockázatelemzése 57

Papp-Topa Emőke – Nyeste Erika – Soós Áron – Bódi Éva – Várallyay Szilvia – Czípa Nikolett – Kovács Béla: Egy rektori elképzelés továbbgondolása: egy induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer optimalizálása 75

KÖNYVISMERTETÉS

Jolánkai Márton: Horváth József – Biofilia: Gondolatok a fenntarthatóságról és a fennmaradásról 95

CONTENTS
GREETING

<i>J. Nagy – J. Loch: Gábor Szász is 90 years old</i>	7
<i>J. Nagy: The impact of climate change and fertilisation on maize yield in a long-term field experiment in Debrecen</i>	11
<i>P. Pepó: Long-term experiments as indicators of climate change</i>	33
<i>M. K. Kassai – Á. Tarnaava – F. Nyárai Horváth – A. Eser – L. Kempf – M. Jolánkai: The impact of crop year precipitation and temperature on the protein yield of winter wheat varieties</i>	47
<i>B. Gombos: Risk analysis of different sowing dates of rice based on phenological models and climatic database</i>	57
<i>E. Papp-Topa – E. Nyeste – Á. Soós – É. Bódi – Sz. Várallyay – N. Czípa – B. Kovács: Further thinking of Rector's idea: optimization of inductively coupled plasma optical emission spectrometer</i>	75

BOOK REVIEWS

<i>M. Jolánkai: József Horváth – Biophilia: Thoughts on sustainability and subsistence</i>	95
--	----

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЗДРАВЛЕНИЕ

Я. Надь – Я. Лок: Сасу Габору исполнилось 90 лет 7

Я. Надь: Влияние изменения климата и внесения искусственного удобрения на урожай кукурузы в продолжительном дебреценском опыте 11

П. Пено: Продолжительные опыты как индикаторы изменения климата 33

М. К. Кашишай – А. Тарнава – Ф. Ньарай Хорват – А. Эшер – Л. Кетнф – М. Ёланкай: Влияние осадков и температуры года выращивания на белковую продуктивность сортов озимой пшеницы 47

Б. Гомбош: Анализ риска посева риса в различные сроки, основанный на фенологических моделях и на климатической базе данных 57

Е. Папн-Тона – Е. Ньеште – А. Шоош – Е. Боди – С. Варайай – Н. Ципа – Б. Ковач: Дальнейшее развитие идеи одного ректора: оптимизация оптического эмиссионного спектрометра индуктивно связанной плазмы 75

РЕЦЕНЗИЯ КНИГИ

М. Ёланкай: Ёжеф Хорват – Биофилия: Мысли об устойчивости и о сохранении 95

KÖSZÖNTÉS

Greeting

Szász Gábor 90 éves



Szász Gábor professor emeritus, az MTA doktora, a hazai agrometeorológia meghatározó személyisége, nemzetközileg elismert művelője. Békésen született 1927. szeptember 28-án, elemi és középiskoláit is ott végezte, majd a Debreceni Tudományegyetem földrajz-biológia szakára iratkozott be, ahol 1950-ben szerzett tanári diplomát.

Egyetemi hallgatóként demonstrátorként, a diploma megszerzése után gyakornokként, majd tanársegédként dolgozott. Pályafutását az Egyetem id. Berényi Dénes által vezetett Meteorológiai Tanszékén kezdte. A Tudományos

Minősítő Bizottság döntése alapján 1952–1955 között meteorológus aspiráns volt. A Meteorológiai Tanszéken dolgozta ki a növény szerkezet és az állományklíma közötti kapcsolat tanulmányozására irányuló aspiránsi témáját. A mezőgazdasági (agrometeorológia) tudomány kandidátusa tudományos fokozatot 1957-ben szerezte meg. 1960-ig tudományos munkatársként a Kossuth Lajos Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéken dolgozott.

1960-tól a Debreceni Agrártudományi Főiskolán – a későbbi Agrártudományi Egyetemen – az *'Agrometeorológia'* előadójaként folytatta oktató-kutató munkáját. A graduális képzésben az *'Agrometeorológia'* főtárgy mellett a *'Mezőgazdasági hidrometeorológia'*, *'Éghajlatlan'* és a *'Tájökológia'* című tárgyakat is oktatta. Az *"Agrometeorológia"* c. tankönyv szerzője. Oktatóként mindenkor az oktatás-kutatás egységét és a természettudományos megalapozottság nélkülözhetetlenségét vallotta. Mindvégig feladatának tekintette a növénytermesztés eredményeit befolyásoló tényezők területi és időbeli változékonyságának tanulmányozását egzakt mérések alapján. A növénytermesztést mint energiát felhasználó, átalakító és szolgáltató rendszernek tekinti, ennek folyamatait elemzi.

Nevéhez fűződik az agrár-felsőoktatási intézmények agrometeorológiai tananyagának kidolgozása. Három tankönyve és három országosan használt egyetemi jegyzete jelent meg. Több mint 15 évig volt az *'Agrometeorológia'* c. tantárgy oktatásának országos koordinátora. Mintegy 10 éven keresztül az Országos Tudományos Diákköri Tanács társelnöke a MÉM megbízása alapján. Oktatómunkája során jelentős eredményeket ért el az alap- és szaktárgyak közötti interdiszciplináris kapcsolatok elmélyítésében. Jelentős részt vállalt a Növénytermesztés és Agroökológia PhD program előkészítésében, több speciális, illetve új tárgy tananyagát dolgozta ki.

Kutatói tevékenysége évtizedeken át töretlen és nagyívű volt. Kutatási eredményeivel hazai és nemzetközi elismerést szerzett. Tudományos tevékenységét már gyakornoki éveiben elkezdte, bekapcsolódott az agrometeorológiai kutatásokba. Munkássága elsősorban a víz- és hőgazdálkodás témaköréhez kapcsolódott. A teljesen önálló kutatások 1960-ban indultak meg, az MTA és a MÉM anyagi támogatásával. 1962-ben hozta létre a korábbi éghajlati megfigyelő állomásból az Agrometeorológiai Obszervatóriumot, amely nemzetközi mércével mérve is kiváló felszereltségű mérő- és adatfeldolgozó állomás.

Kezdetől fogva bekapcsolódott Bocz Ernő professzor tápanyag-gazdálkodási kutatásaiba. A műtrágyázás térségi hatásait és az időjárástól való függőségét vizs-

gálták. A műtrágyázás hatásának elemzésével szinte egyidejűleg vált szükségessé a vízellátottság változása által okozott következmények energetikai elemzése.

Szász Gábor több évtizedes a talaj–növény–levegő rendszerben végzett kutatómunkájának eredményei e helyen csak címszavakban foglalhatók össze.

Szabadföldi kísérletekben végzett mérések, megfigyelések alapján módszerrel dolgozott ki a párolgási kényszer, a tényleges evapotranszpiráció, valamint a gyökérszóna által raktározott vízkészlet becslésére. Modellrel dolgozott ki a tényleges növényi tömeggyarapodás becslésére az energia-ellátottság, a hőmérséklet, valamint a talaj-vízpotenciál értéke alapján. Kidolgozta a vízellátás, a tápanyagellátás és a fotoszintetikusán aktív sugárzás paraméterek becslési lehetőségeit. Az egyes éghajlati elemek szélsőértékei, illetve azok gyakorisága alapján elkülönítette hazánk agroklimatológiai körzeteit. Agrárinformációs célokra számos időjárás elemre térségi valószínűségi értékeket állapított meg 120 éves idősorok alapján.

Külön kiemelésre érdemesek Szász professzor távérzékelésben elért eredményei. Terepi, illetve repülőgépes fedélzeti mérésekre alkalmas hordozható spektrofotométert tervezett, melynek segítségével mérhető a növényállományok feletti területi fotoszintézis aktivitás, meghatározható az ún. vegetációs index, becsülhető a növényi tömeg. A N-index segítségével felmérhető egyes növényállományok N-ellátottságának mértéke. Több nemzetközi projektben vett részt eredményesen a saját tervezésű műszerrel. Kutatási eredményeit folyamatosan publikálta hazai és külföldi szaklapokban. 2001-ben megszerezte az MTA doktora címet. Emeritusként is tevékeny, a közelmúltban is jent meg közleménye.

Tudományszervező vezetői tevékenysége is figyelemre méltó. Dr. Szász Gábor több mint két évtizeden át töltött be különböző választott tisztséget. 1970–1980 között a DATE Mezőgazdaságtudományi Kar tudományos dékánhelyettese, 1983-tól 1989-ig az Egyetem rektora, majd három éven keresztül általános rektorhelyettese volt. Több mint tíz évig vezette az Agrofizikai és Agrometeorológiai Tanszéket. Vezetőként tevékeny részt vállalt a képzési rendszer továbbfejlesztésében, az oktatás, kutatás feltételeinek javításában. Kezdeményezője és segítője volt a Regionális Műszerközpont megszervezésének, a kísérleti telepek létrehozásának, a különböző tanszékek, kutatóhelyek együttműködésének. Fáradhatatlanul munkálkodott az intézmény hazai és nemzetközi kapcsolatainak bővítésén. Nevéhez több új beruházás fűződik. Sokat tett az informatika fejlesztése érdekében is.

Aktívan vett részt a tudományos közéletben. Az 1980-as évek közepén kezdeményezője, majd támogatója volt a Debreceni Egyetem újjászervezésének. Több éven át tagja, egy éven át pedig elnöke volt a Debreceni Universitas Egyesülésnek, ez idő alatt érlelődött meg a jelenlegi új egyetemi struktúra alap gondolata.

A Debreceni Egyetem megalakulása után tevékenyen vett részt az Agrártudományi Centrum létrehozásában. Részt vállalt a tudományos továbbképzés új formájának (PhD) előkészítésében és a PhD képzésben is. Professor emeritusként is tevékenyen vett részt az MTA helyi kutatócsoportjának munkájában, az Agrometeorológiai Obszervatórium irányításában és fejlesztésében.

Tudományos közéleti tevékenysége szerteágazó és hosszú időre nyúlik vissza. A Magyar Tudományos Akadémia bizottságaiban, albizottságaiban 1967-től napjainkig hét bizottság és több eseti bizottság munkájában vett részt. Az UNESCO, az INTERKOZMOSZ bizottságaiban tagként, illetve elnökként működött közre. 1981–1990 között elnöke volt a Magyar Meteorológiai Társaságnak, melynek jelenleg is tiszteletbeli tagja. Rektorként részt vett az MTA Agrártudományok Osztályának és a FM bizottságainak munkájában. Az MTA Földtudományi Osztályának bizottságaiban felkérés alapján vett részt. Számos alkalommal volt az MTA különböző nemzetközi delegációinak tagja.

Szász Gábor széleskörű szakmai tevékenységével, lojális emberi magatartásával közmegebecsülést szerzett hazánkban és az országhatárokon túl is. Oktatói, tudományos kutatói és tudományszervezői munkáját számos rangos hazai és nemzetközi kitüntetéssel ismerték el. Elévülhetetlen érdemeiért a jogelőd Agrártudományi Egyetem 1997-ben *'doctor honoris causa'* elismerésben részesítette, 1998-ban professor emeritus címet adományozott részére.

Szász Gábor professzort szakmai tisztelői, barátai és tanítványai nevében nagy tisztelettel és szeretettel köszöntjük 90. születésnapja alkalmából. Kívánjuk, hogy szerettei körében továbbra is derűsen élje az élet hétköznapjait. Őrizze meg a szakma iránti érdeklődését és jusson idő, csak úgy, mint eddig a szakirodalom olvasására. Szívből kívánunk jó egészséget Professor Úr!

Nagy János

Loch Jakab

Klímaváltozás és a műtrágyázás hatása a kukorica termésére debreceni tartamkísérletben

NAGY JÁNOS

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A kutatás során arra kerestük a választ, hogy a talaj termékenysége természetes körülmények között (tápanyag-visszapótlás nélkül) milyen mértékben befolyásolta a termést, illetve a környezeti tényezők közül a téli félévben és tenyészidőben lehullott csapadék, a műtrágyakezelés, valamint a két tényező interakciója milyen hatást gyakorolnak a kukorica terméseredményére.

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén, középkötött mészlepedékes csernozjom talajon 1984-ben alapított többtényezős szántóföldi tartamkísérletben 25 év (1990–2016) figyelembevételével végeztük.

A tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége és a termés között szignifikáns, pozitív kapcsolat igazolódott ($r=0,598$; $P<0,01$). A tenyészidőben lehullott csapadék, az effektív hasznos hőösszeg (EH) és a potenciális evapotranszpiráció (PET) értékek alapján száraz és csapadékos évekre bontottuk a tartamkísérlet tenyészidőszakait. A száraz és csapadékos évek termésátlagai közötti eltérés szignifikáns volt ($P<0,001$), csapadékos években átlagosan 2,142 t/ha-ral volt nagyobb a termés.

A nem műtrágyázott kezelések és a 120 kg N/ha között a kukoricatermesre tekintettel minden évben (függetlenül attól, hogy csapadékos vagy száraz év volt-e az) megbízható különbség volt ($P<0,001$). Az átlagos terméstöbblet 4,022 t/ha.

A műtrágyázás és a csapadék termésre gyakorolt együttes hatásának elemzése igazolta, hogy a műtrágyázás a termés szórásának közel kétszer akkora részét magyarázza, mint a csapadék mennyisége. A 120 kg N/ha műtrágyakezelés csapadékos években szig-

nifikánsan nagyobb termést (2,683 t/ha többlettermés) eredményezett, mint száraz években.

Száraz évjáratban az alacsony talajnedvesség-tartalom gátolja a kijuttatott műtrágya és a talaj természetes tápanyagainak hasznosulását és nagyobbak a talajellenállás értékek. Sekély művelés alkalmazásával növelhető a talaj nedvességtartalmának megőrzése a 25–35 cm-es talajrétegében. Száraz években a talajnedvesség csökkenés miatt a talajellenállás értéke megnő.

Kulcsszavak: kukorica, természetes tápanyaghasznosító-képesség, műtrágyázás, talajnedvesség, talajellenállás

The impact of climate change and fertilisation on maize yield in a long-term field experiment in Debrecen

J. NAGY

University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management,
Institute for Land Utilisation, Regional Development and Technology, Debrecen

Summary

The purpose of this research was to examine the impact of soil fertility on yield under natural circumstances (no nutrient replenishment) and how precipitation in the winter period and the growing season, as well as fertilisation and the interaction of these two affected maize yield.

Examinations were carried out at the Látókép Experiment Site of the University of Debrecen on mid-heavy calcareous chernozem soil in a multifactoral long-term field experiment established in 1984. The long-term experiment covered 25 years (1990–2016).

There was a positive significant correlation between the amount of precipitation in the growing season and yield ($r=0.598$; $P<0.01$). Based on the precipitation during the growing season, the effective heat units (EH) and potential evapotranspiration (PET), the growing seasons of the long-term experiment were classified into dry and wet years. There was a significant difference ($P<0.001$) between the average yields of the wet and dry years and yield was 2.142 t ha^{-1} higher in wet years on average.

There was a significant difference ($P < 0.001$) between non-fertilised treatments and the 120 kg N ha⁻¹ treatment in terms of maize yield (independently of whether the crop year was wet or dry). The average yield surplus was 4.022 t ha⁻¹.

Based on the analysis of the joint effect of fertilisation and precipitation on yield, it was concluded that fertilisation is responsible for nearly twice as much of the standard deviation of yield as precipitation. The 120 kg N ha⁻¹ fertiliser treatment resulted in significantly higher yield (2.683 t ha⁻¹ yield surplus) in wet years than in dry years.

In dry years, low soil moisture content inhibits the conversion of the natural nutrients of the soil and soil resistance values are also higher. Shallow tillage potentially contributes to preserving the soil moisture in the 25–35 cm soil layer. In dry years, soil resistance increases due to the reduction of soil moisture.

Key words: maize, natural nutrient conversion ability, fertilisation, soil moisture, soil resistance

Влияние изменения климата и внесения искусственного удобрения на урожай кукурузы в продолжительном дебреценском опыте

Я. НАДЬ

Дебреценский Университет, Факультет Сельского Хозяйства, Науки о
Пище и Экологического Менеджмента,
Институт Землепользования, Технический и Развития Территорий, Дебрецен

Резюме

В ходе исследования искали ответ на вопрос, что в каком размере влияет на урожай плодородие почвы в естественных природных условиях (без дополнения питательного вещества), а также среди окружающих факторов осадки, выпавшие в зимнее полугодие и в вегетационный период, и внесение искусственного удобрения, и интеракция этих двух факторов какое влияние оказывает на результат урожая кукурузы.

Исследования проводили на Опытной Базе Дебреценского Университета в местечке Латокейп (Látókép), в установленном в 1984-ом году на среднесвязанной с из-

вестковым налётом чернозёмной почве многофакторном пахотном продолжительном опыте, наблюдая за этим в течении 25 лет (1990–2016).

Между количеством осадков, выпавшим в вегетационный период, и количеством урожая подтвердилась значительная, позитивная связь ($r=0,598$; $P<0,01$). На основании величин выпавших в вегетационный период осадков, эффективной полезной суммы тепла(ЕН) и потенциальной эвапотранспирации(РЕТ) разделили вегетационные периоды продолжительного опыта на сухие и дождливые годы. Между средними урожаями сухих и дождливых лет было значительное отличие ($P<0,001$), в дождливые годы в среднем на 2,142 t/ha был больше урожай.

Между необработанными удобрениями и дозами в 120 kg N/ha рассматривая урожай кукурузы в каждом году (независимо от того, что влажный или засушливый год был) была подтверждённая разница ($P<0,001$). Средняя прибавка урожая 4,022 t/ha.

Анализ совместного влияния искусственного удобрения и осадков на урожай подтверждает, что искусственное удобрение влияет на разброску урожая примерно в два раза больше, чем количество осадков. Доза искусственного удобрения в 120 kg N/ha во влажные годы дала значительно больший урожай (2,683 t/ha прибавка урожая), чем в сухие годы.

В сухой год выращивания низкое содержание влаги почвы препятствует усвоению внесённого искусственного удобрения и естественных питательных веществ почвы и больше показатель сопротивления почвы. Применением мелкой обработки можно увеличить сохранность содержания влаги почвы в 25–35 см-ом почвенном слое. В сухие годы из-за уменьшения влажности почвы увеличивается показатель сопротивления почвы.

Ключевые слова: кукуруза, естественное свойство усваивать питательное вещество, внесение искусственного удобрения, влажность почвы, сопротивление почвы

Bevezetés

Az éghajlat nagymértékű változékonysága a termelés egyik legnagyobb kockázati tényezője, amellyel folyamatosan számolni kell a mezőgazdaságban. A változó hőmérséklet és csapadékmennyiség, valamint annak eloszlása közel azonos termesztési technológiák esetén is jelentősen befolyásolja a termés mennyiségét és minőségét, amelyet számos hazai és nemzetközi kutató is meg-

állapított (Láng 1976, Liang et al. 1991, Berzsenyi 1993, Drury és Tan 1995, Márton 2002, Da Silva et al. 2005, Jolánkai és Birkás 2010, Izsáki 2011, Ványiné és Nagy 2012, Ványiné et al. 2012, Jolánkai et al. 2013, Szász 2013, Pepó 2014).

A globális klímaváltozás hatásai Magyarországon is erőteljesen jelentkeznek. Megnőtt az aszályos vagy túlzottan csapadékos évek száma. Mindkettő károsan befolyásolja a kukoricatermesztést és annak tervezhetőségét. Barrov et al. (2000) 1961–1990 közötti időszakban meghatározták a csapadék mennyiségének változását a téli időszakban (+0,4 – +3,6%) és a nyári időszakban (-0,5 – +3,7%).

A víz bonyolult módon játszik szerepet a növények anyagcseréjében. A kukorica növény növekedési üteme sokkal érzékenyebben és gyorsabban reagál a vízellátás változására, mint a környezet bármely más tényezőjének változására. A vegetatív fejlődés alatti vízstressz csökkenti a szár- és levélszövetek növekedését, melynek eredményeképpen csökken a növénymagasság és a levélfelület (Lauer 2003). A címerhányás alatti aszály hatására a termés csökkenés 40–50% is lehet (Claassen és Shaw 1970). A címerhányás és a virágzás alatt fellépő vízhiány csökkenti a soronkénti szemek számát, a megporzás utáni stressz pedig a szemek tömegét, jelentős hozamcsökkenést okozva (Shaw 1977, Lauer 2003). Kiesselbach (1950) szerint a szemtelítődés időszakában szignifikáns hatása van a hőmérsékletnek és a vízellátottságnak. A szemtelítődés során fellépő szárazság általában kisebb szemek kifejlődésében mutatkozik meg (Smith et al. 2004). Kedvezőtlen vízellátottság hatására csökken a szárazanyag-termelődés sebessége és időtartama (Quattar et al. 1987).

A kukoricatermesztés hatékonyságát meghatározza a talaj víz- és tápanyagellátottsága, a talajban történő átalakulási, kimosódási, megkötődési folyamatok, a termesztett hibrid műtrágya-reakciója és a csapadék hatása (Delphin 2000, Nakamura et al. 2004, Körschens 2006). Komoly problémákat okozott az utóbbi években a nagy mennyiségű csapadék és a magas dózisú nitrogénműtrágya kijuttatása miatti nitrátszennyezés – bizonyos területeken – a talajvízben (Ordofiez et al. 1990, Ramos és Varela 1990).

A megbízható szabadföldi műtrágyázási tartamkísérlet műtrágyázás nélküli parcellái megbízható adatokat szolgáltatnak a talaj természetes tápanyag-szolgáltató képességéről, a talajt jellemző paraméterekről, a kukorica hibridek természetes tápanyag-hasznosító képességéről és az évjáratok hatásáról (Berzsenyi és Lap 2003, Megyes et al. 2007, Nagy 2007, Széles et al. 2017).

A tartamkísérlet eredményei továbbá lehetőséget teremtenek a soktényezős kölcsönhatások elemzésére a növénytermesztési és környezetvédelmi kutatásokban (*Körschens* 2006, *Nagy* 2012).

A kutatás során arra kerestük a választ, hogy a talaj termékenysége természetes körülmények között (tápanyag-visszapótlás nélkül) milyen mértékben befolyásolta a termést, illetve a környezeti tényezők közül a téli és tenyészidőben lehullott csapadék, a műtrágyakezelések, valamint a két tényező interakciója milyen hatást gyakorolnak a kukoricatermesre.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén 1984-ben alapított többtényezős szántóföldi tartamkísérletben 25 év (1990–2016) figyelembe vételével végeztük.

A kísérlet elrendezése sávos, egymásra keresztbe elhelyezve a hibridek és a műtrágyakezelések négy ismétlésben. Egy ismétlés mérete: 1260 m², a műtrágyázási parcelláké: 210 m², a kukorica hibrid nettó betakarított területe: 15 m². A növénytűrsűrűség 70 ezer növény/ha. Jelen tanulmány a kísérletben 25 éve semmilyen mesterséges tápanyagot nem kapott (nem műtrágyázott) kezelések eredményeit vizsgálja, ami kiváló lehetőséget biztosít a talaj természetes tápanyagszolgáltató képességének elemzésére, illetve a 120 kg N/ha műtrágyakezelések elemzésére.

A kísérlet beállítását (1984) óta a kukorica termesztése monokultúrában hagyományos agrotechnika alkalmazása mellett történt. A terület őszi – a kukorica szárzúzása és talajba keverése után – 25–30 cm-es szántással elvégzett alpművelésben részesült, melynek az elmunkálása tavasszal került elvégzésre. A műtrágyák teljes mennyisége őszi lett kijuttatva. A termést 15%-os nedvességtartalomra lett átszámítva.

A kísérlet talaja

A kísérletet középkötött mészlepedékes csernozjom talajon végeztük el. A 2012. évi talajvizsgálati eredmények alapján a talaj átlagos pH_{KCl} értéke 6,6 (gyengén savanyú kémhatású), ami a növények tápanyagfelvétele szempontjából optimális. A talaj felső (20 cm) rétegében az Arany-féle kötöttségi szám 39, a vízben oldható sók (anionok és kationok) összes mennyisége 0,04%, amely kis sótartalmat jelent. A szénsavas mésztartalom a talaj felső 80 cm-ében

0% körül van (mészhiányos), de 100 cm-től a 12% (közepesen meszes). A szervesanyag-tartalom a talaj felső 20 cm-es rétegében 2,3%, a 120 cm-es mélységében nem haladja meg az 1,00%-ot. A talaj kálium ellátottsága jó, P-ellátottsága közepes.

Időjárás

Az Egyetem Kutató Telepén a környezeti paramétereket automata adatgyűjtő-állomás folyamatosan méri és rögzíti. A levegő hőmérsékletét (°C), relatív páratartalmát (%), a beérkező sugárzást (W/m²) és a csapadék mennyiségét (mm) (1. ábra) hat másodpercenként mérik 0,5 m, 1 m és 2 m magasságokban, továbbá hat másodpercenként rögzítik a talaj hőmérsékletét (°C) 5, 25 és 50 cm-es mélységekben. Az adatokból nyert statisztikai mutatók (átlag, szórás) negyedórás gyakorisággal kerülnek tárolásra. Az alapadatokhoz fenő-, illetve fitometriai megfigyelések, talajtani vizsgálatok kapcsolódnak.

1. ábra. *Tenyésziidőszakban lehullott csapadékmennyiség (Debrecen, 1990–2016)*

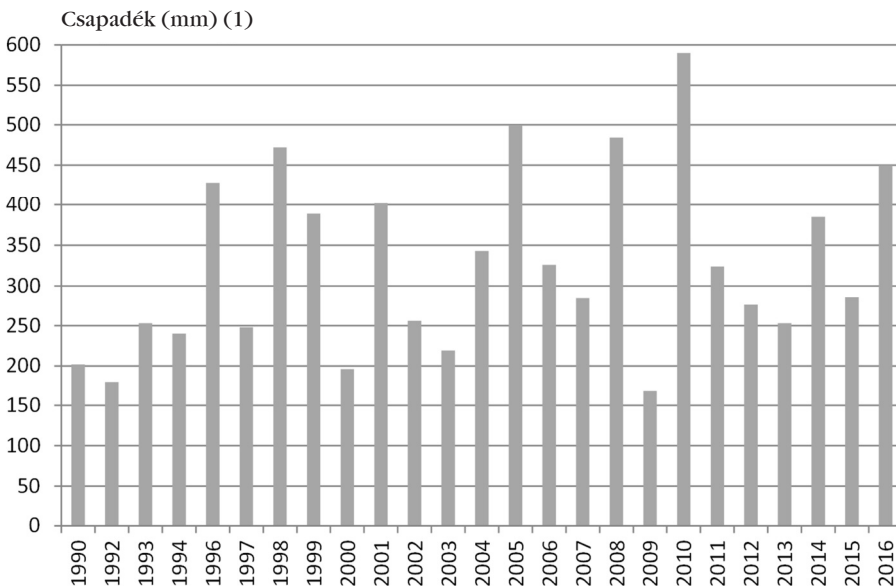


Figure 1. Amount of precipitation in the growing season (Debrecen, 1990–2016). (1) Precipitation (mm)

A teljes tenyészidőszakra vonatkoztatott hasznos hőösszeg kiszámítását az alábbi képlet alapján végeztük el:

$$\text{hőösszeg (Heat Unit)} = \sum_{i=1}^n \frac{(T_{\max} - T_{\min})}{2} - T_{\text{bázis}}$$

ahol: T_{\max} - napi maximális hőmérséklet, a T_{\min} - napi minimális hőmérséklet, $T_{\text{bázis}}$ - az a hőmérséklet, mely alatt a fejlődési folyamatok annyira lelassulnak, hogy nem érdemes számításba venni az ez alatti értékeket. A kukorica esetében ez az érték 10 °C.

A PET értékének meghatározására Szász (1973) módszerét alkalmaztuk, amely nagy pontosságú becslést biztosít. A módszer a víz párolgását döntő módon meghatározó légköri elemeket és folyamatokat - a levegő hőmérsékletét, a vízgőz relatív nedvességtartalmát, a szélesebséget és mikroadvekciós hatásokat - veszi figyelembe:

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

ahol: PET - a potenciális evapotranspiráció (mm/nap), T - a napi középhőmérséklet (°C), R - a relatív páratartalom, $f(v)$ - a szélesebség hatásfüggvénye, β - az óázishatás kifejezésére szolgáló tényező.

Statistikai eljárások

A téli félévben, valamint a tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyiségének termésre gyakorolt hatását a változók közötti korrelációs koefficiens meghatározásával elemeztük. Az időjárási adatok alapján hierarchikus klaszteranalízist alkalmaztunk vizsgált évek csoportosítására. A klaszteranalízis eredményeképpen azonosított két csoport közötti különbséget, - a termésre gyakorolt hatás szempontjából - variancia-analízissel elemeztük. A műtrágyázás kukoricatermesre való hatását Kruskal-Wallis nemparaméteres próbával vizsgáltuk. A kezeléslagok közötti eltérések megállapítására páronkénti Mann-Whitney U-próbát alkalmaztunk, Bonferroni korrekcióval.

Elemeztük a műtrágyakezelések termésre gyakorolt hatását minden egyes évben, továbbá külön a száraz és csapadékos években, illetve a csapadék hatását különböző műtrágyaszinteken. Majd a vizsgált éveket hierarchikus klaszteranalízissel kategorizáltuk a termés szempontjából (nagyon rossz, rossz, jó és nagyon jó és kiváló).

Eredmények és következtetések

A téli félévben és a tenyészidőben lehullott csapadék kukoricatermesre gyakorolt hatása

A Pearson-féle korrelációs együttható értéke (kétoldali próbával) alapján igazolódott, hogy pozitív ($r=0,598$; $P<0,01$) kapcsolat van a tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége és a termés között (2. ábra). A téli félévben lehullott csapadék mennyisége és a termés között nem volt igazolható összefüggés, így a továbbiakban csak a tenyészidőszak adatai és a termés közötti kapcsolat összefüggéseit elemeztük.

A tenyészidőszakban lehullott csapadék mennyisége, az EH és a PET értékek alapján hierarchikus klaszteranalízissel homogén csoportokba rendeztük az éveket (3. ábra). Az egyik csoport a száraz évek (1990, 1992, 1993, 1994, 1997, 2000, 2002, 2003, 2007, 2009, 2010, 2012, 2013, 2015), a másik a csapadékos évek (1996, 1998, 1999, 2001, 2004, 2005, 2006, 2008, 2011, 2014, 2016) elnevezést kapta. (A tartamkísérlet 25 évéből a 1991-es és az 1995-ös éveket a kapott kiugró értékek miatt a statisztikai vizsgálatok „érzékenysége” végett kizártuk az elemzésből.)

A tenyészidőszakban lehullott (április–szeptember) átlagos csapadékmennyiség száraz években 261 mm, csapadékos években 409 mm volt. A potenciális evapotranszpiráció a tenyészidőszak alatt a száraz években átlagosan 660 mm, csapadékos években átlagosan 674 mm volt.

A csapadékos és száraz évek kukorica termésátlagai között szignifikáns ($P<0,001$) volt az eltérés. Száraz években a termésátlag 6,956 t/ha volt, a csapadék által biztosított vízellátás jelentős mértékben (2,142 t/ha-ral) növelte a kukorica termését.

2. ábra. A tenyészedőszakban lehullott csapadék és a termés közötti összefüggés (Debrecen, 1990–2016)

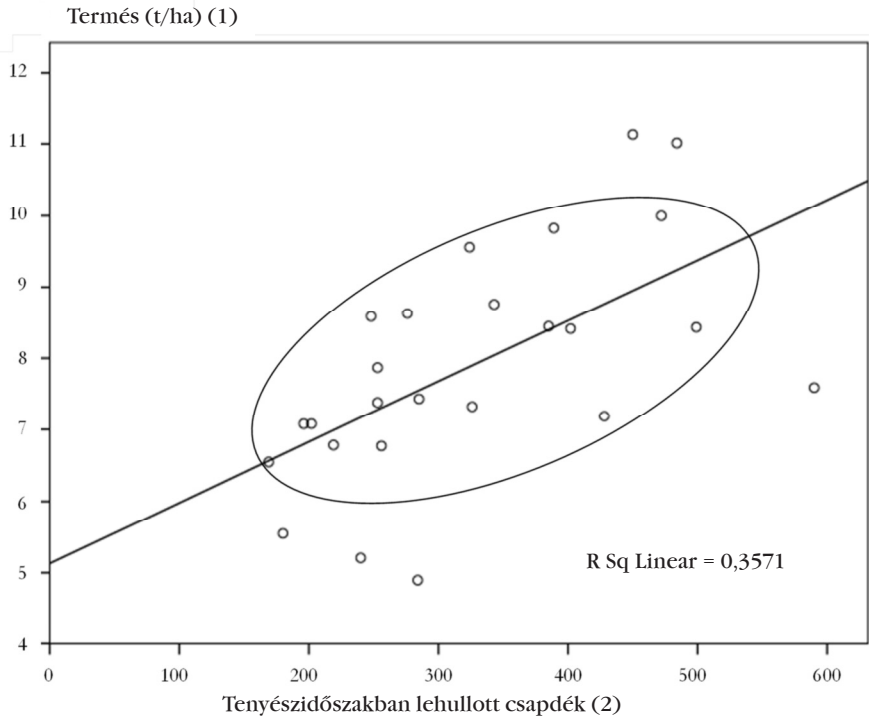


Figure 2. Correlation between the amount of precipitation during the growing season and yield (Debrecen, 1990–2016). (1) Yield t ha⁻¹, (2) Precipitation during the growing season (mm)

A tartamkísérlet 25 éve alatt az évenkénti termésátlagok nagymértékben változtak. Száraz években műtrágyázás nélkül a kukorica átlagtermése 5,183 t/ha volt, csapadékos években 6,785 t/ha (4–5. ábra). A legalacsonyabb kukorica átlagtermés a 2007-es száraz évben volt (4,896 t/ha), és legnagyobb termést (11,130 t/ha) a 2016-as csapadékos évben takarítottunk be (6–7. ábra).

A műtrágyázás hatása a kukorica termésére

A műtrágyázás termésre gyakorolt hatásának értékelése előtt megvizsgáltuk a kísérleti terület eltérő tápanyagellátottságú parcelláinak vetés előtti 0–200 cm-es szelvényének nitrát-N mennyiségét 1990–2008 között.

3. ábra. A tenyészidőszak csapadéka, a HU és a PET értéken alapuló hierarchikus klaszteranalízis dendogramja

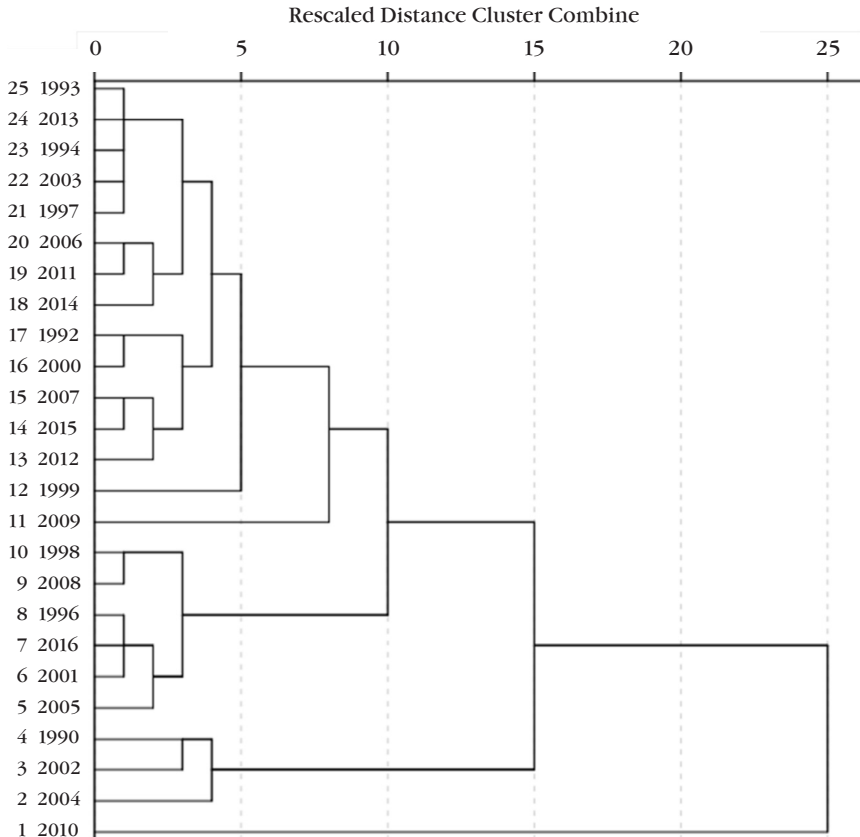


Figure 3. Hierarchical Cluster Analysis Dendrogram based on the precipitation, HU and PET during the growing season

Műtrágyázás nélkül a talaj vizsgált rétegeiben talált nitrát-N mennyisége csekély (2–7 mg) volt. A szelvényen belüli eloszlás egyenletes volt, a felalajtól a mélyebb rétegek irányába kismértékű emelkedést tapasztaltunk. A vizsgálat időszakában a nitrát-N mennyisége, szelvényen belüli eloszlása nem különbözött.

4. ábra. A kukorica természetes tápanyag-hasznosító képessége száraz években
(Debrecen, 1999–2016)

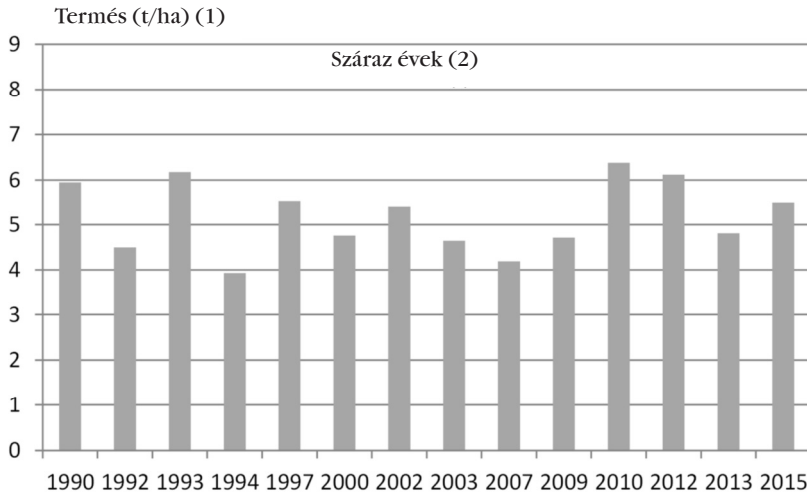


Figure 4. Nutrient conversion ability of maize in dry years (Debrecen, 1999–2016). (1) Yield t ha⁻¹, (2) Dry years

5. ábra. A kukorica természetes tápanyag-hasznosító képessége csapadékos években
(Debrecen, 1999–2016)

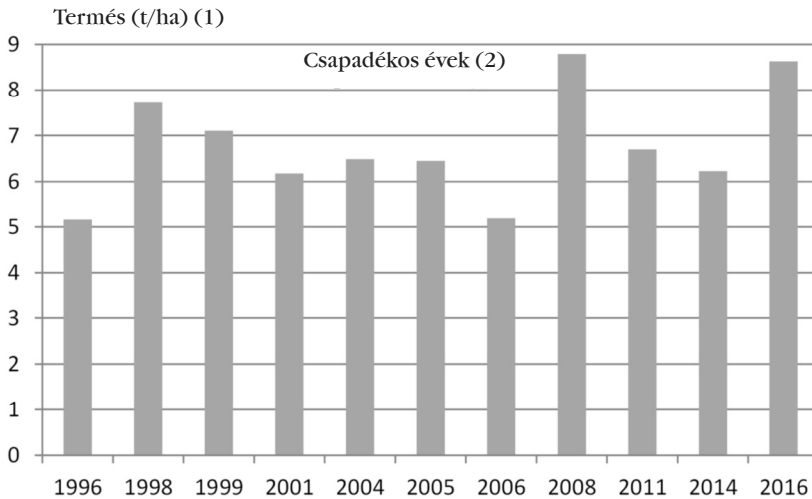
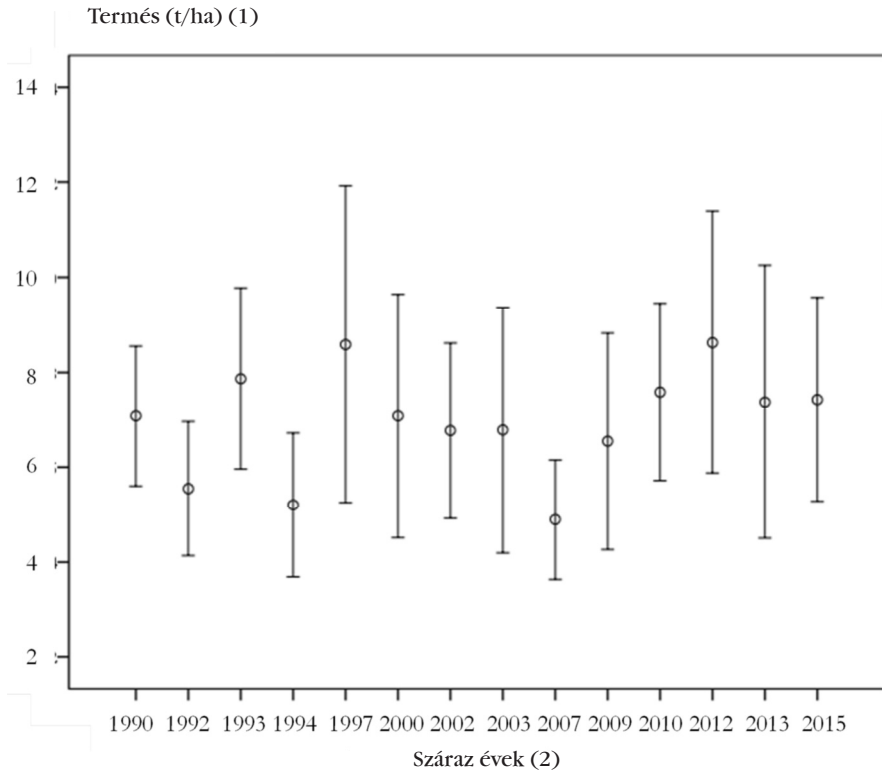


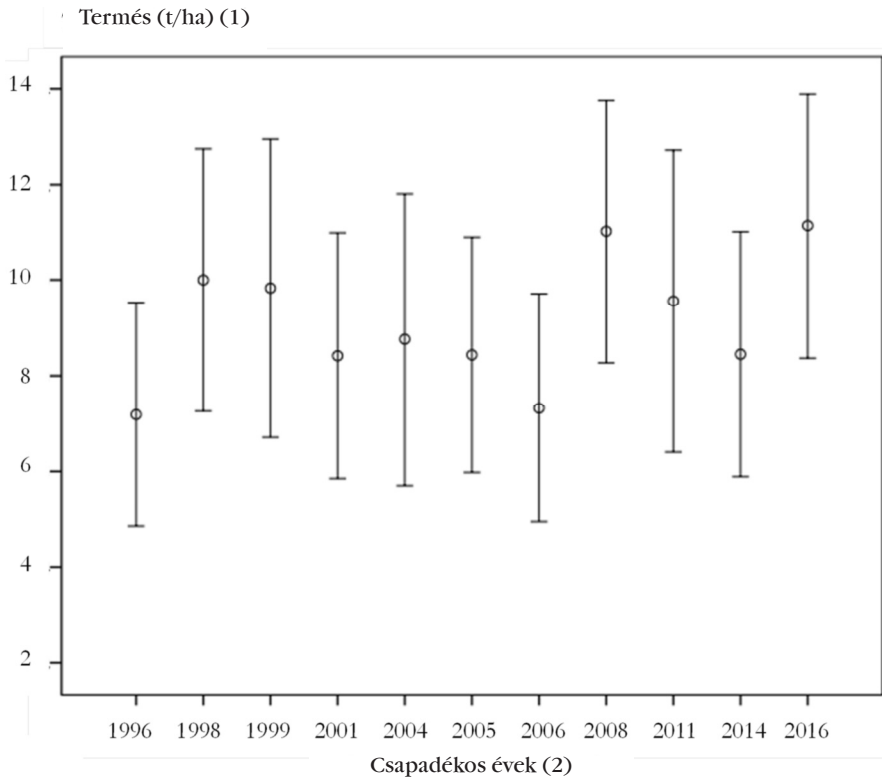
Figure 5. Nutrient conversion ability of maize in wet years (Debrecen, 1999–2016). (1) Yield t ha⁻¹, (2) Wet years

6. ábra. A kukorica termésátlaga száraz években

Figure 6. Average yield of maize in dry years. (1) Yield t ha⁻¹, (2) Dry years

A trágyázott parcellákon a trágyázás mértékétől és az évektől függően a szelvény teljes mélységében - 120 kg N/ha: 4-30 mg/kg - eltérések alakultak ki. Ősszel, a betakarítást követően kijuttatott nitrogén a mintavétel időpontjában a talaj felső rétegében kumulálódott (8. ábra). A felhalmozódási zóna a 120 kg N/ha műtrágyadózis esetén azonos mélységben helyezkedett el. A felhalmozódási zóna alatt jelentősen csökkent a talajszelvény nitrát-N tartalma, a talaj 100-130 cm-es rétegében az évektől függően 5-12 mg/kg-ot mértünk, és a 140-200 talajrétegben az egyes trágyakezelések nyomán kialakult nitrát-N tartalom szignifikánsan nem különbözött a trágyázatlan kontroll parcellák adatától.

7. ábra. A kukorica termésátlaga csapadékos években

Figure 7. Average yield of maize in wet years. (1) Yield t ha⁻¹, (2) Wet years

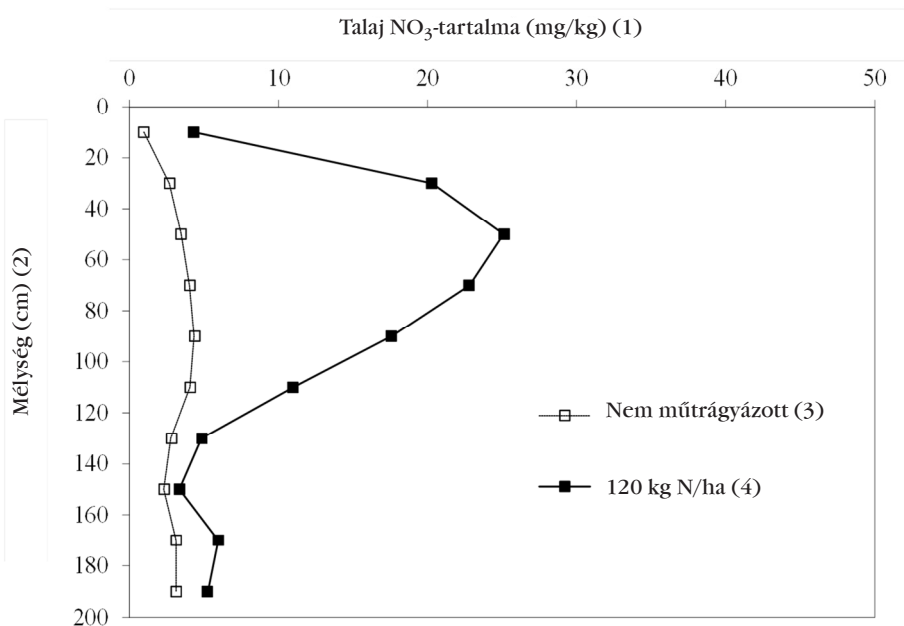
A nem műtrágyázott kezelések és a 120 kg N/ha műtrágyázott kezelések között a kukoricatermesre tekintettel minden évben (függetlenül attól, hogy csapadékos vagy száraz év volt-e az) megbízható különbség volt ($P < 0,001$). A terméstöbblet 4,022 t/ha (9. ábra).

A műtrágyázás és a csapadék hatása a kukorica termésére

A két független változó (1: műtrágyázás, 2: csapadék) együttes hatását a kukorica termésére többszemponτος variancia elemzéssel vizsgáltuk. A statisztikai elemzés alapján mind a két faktornak szignifikáns volt a hatása a termésre ($P < 0,001$), az MQ érték alapján a műtrágyázásnak hatása sokkal jelentősebb volt, mint a csapadéké. A két faktor interakciójának hatása is szignifikánsnak

bizonyult ($P < 0,001$). Az R^2 mutató értéke alapján a független változók 58,4%-ot magyaráznak a függő változó varianciájából, azaz a két tényező a kukorica terméseredményét 58,4%-ban magyarázza.

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



Forrás: Ványiné et al. (2012)

Figure 8. Nitrate N stock of the soil in different fertilisation treatments in the presowing period (Debrecen, 2008). (1) NO₃ content of the soil mg kg⁻¹, (2) Depth, cm, (3) Non-fertilised, (4) 120 kg N ha⁻¹, Source: Ványiné et al. (2012)

A műtrágya-kezeléseknek a termésre gyakorolt hatását az egyszempontos ANOVA nemparaméteres megfelelőjével elemeztük (Kruskal-Wallis), és megállapítottuk, hogy a hatás mind száraz mind csapadékos években szignifikáns volt ($P < 0,001$). Száraz években a 120 kg N/ha műtrágyakezelés - a nem műtrágyázott kezelésekhez viszonyítva - 3,547 t/ha-ral nagyobb termést eredményezett, míg csapadékos években a terméstöbblet 4,628 t/ha volt.

9. ábra. A műtrágyázás hatása a kukorica termésére
(Debrecen, 1990–2016)

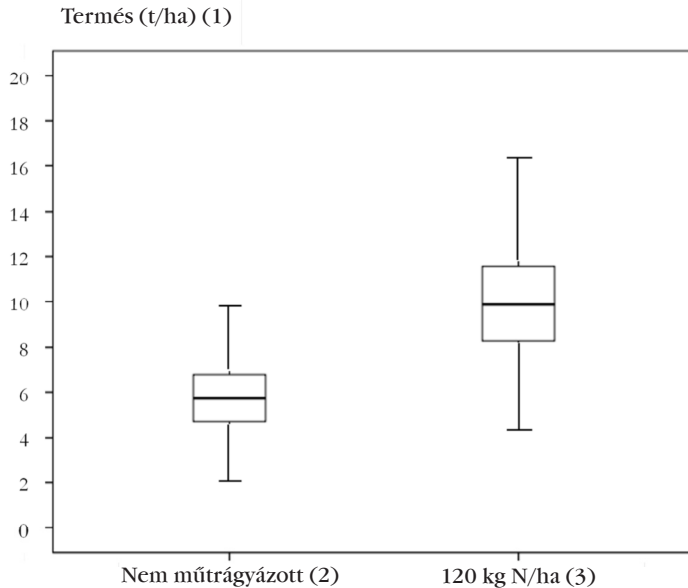


Figure 9. The impact of fertilisation on maize yield (Debrecen, 1990–2016). (1) Yield t ha⁻¹, (2) Non-fertilised, (3) 120 kg N ha⁻¹

Műtrágya-kezelésenként variancia-analízissel elemeztük a csapadék hatását a termésre. Nem műtrágyázott és a 120 kg N/ha esetén is szignifikánsan befolyásolta a csapadékmennyiség a termést ($P < 0,001$), és csapadékosabb években megbízhatóan ($P < 0,001$) magasabb volt a termésmennyiség. Nem műtrágyázott kezelés termése csapadékos években 1,602 t/ha-ral, valamint 120 kg N/ha műtrágyakezelésben 2,683 t/ha-ral volt magasabb, mint a szárazabb években.

A termésátlag szerint az éveket összevonáson alapuló hierarchikus klaszteranalízissel öt csoportba soroltuk. A vizsgált 25 évből nagyon rossz termés három évben volt, 11 évben rossz, hat évben jó, három évben nagyon jó és kettő évben kiváló volt a termés (10. ábra).

A kijuttatott műtrágya és a talaj természetes tápanyagainak hasznosulása csak megfelelő talajnedvesség mellett érhető el. Ványiné *et al.* (2012) aszályos évben a felszíntől (8,5–9,5 v/v%) a mélyebb rétegek felé növekvő nedvesség-

profilot mutatott ki (15–20 v/v%), csapadékos évre ezzel ellentétes nedvességprofil volt jellemző. Száraz évben a kukorica R1 növekedési szakaszában az átlagos talajnedvesség érték 86%-os csökkenést mutatott a csapadékos év talajnedvesség értékéhez viszonyítva, a felső 1,2 m-es talajrétegben (11. ábra), amely jelentős termésnövekedéshez vezetett.

10. ábra. Összevonáson alapuló hierarchikus klaszteranalízis a kukorica termésátlaga alapján (Debrecen, 1990–2016)

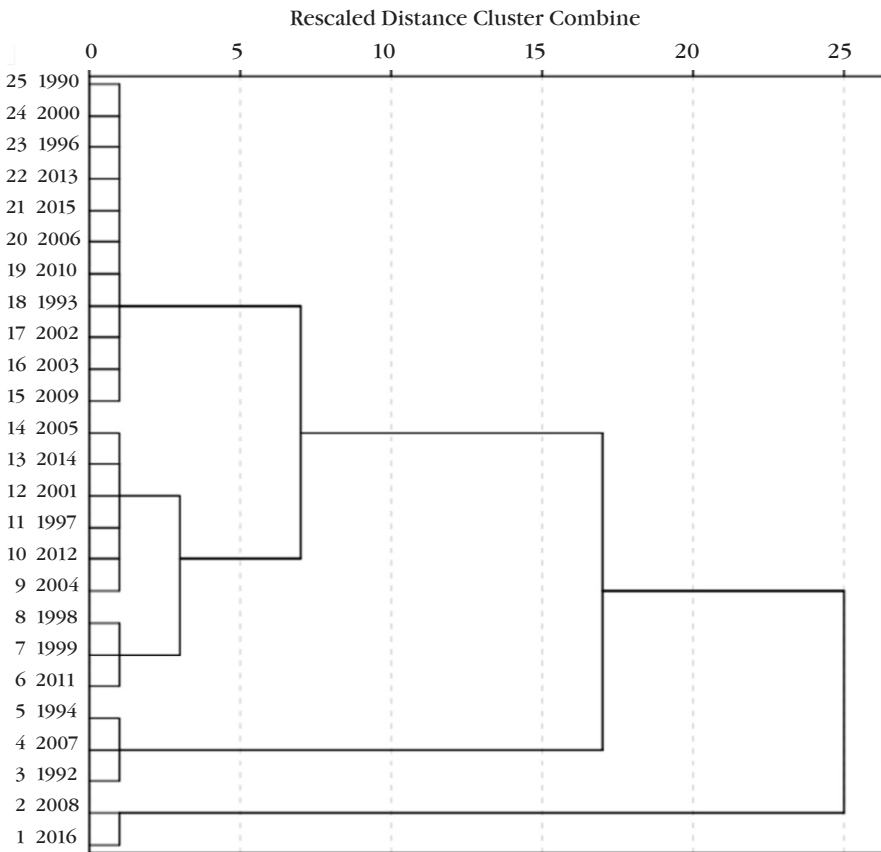
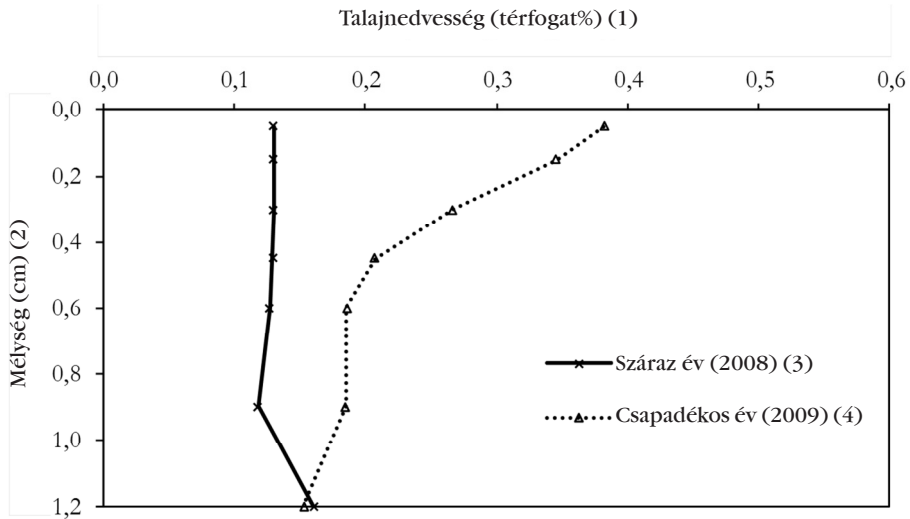


Figure 10. Combination-based hierarchical cluster analysis based on the average yield of maize (Debrecen, 1990–2016)

11. ábra. A talaj nedvességtartalma kukorica R1 növekedési szakaszában



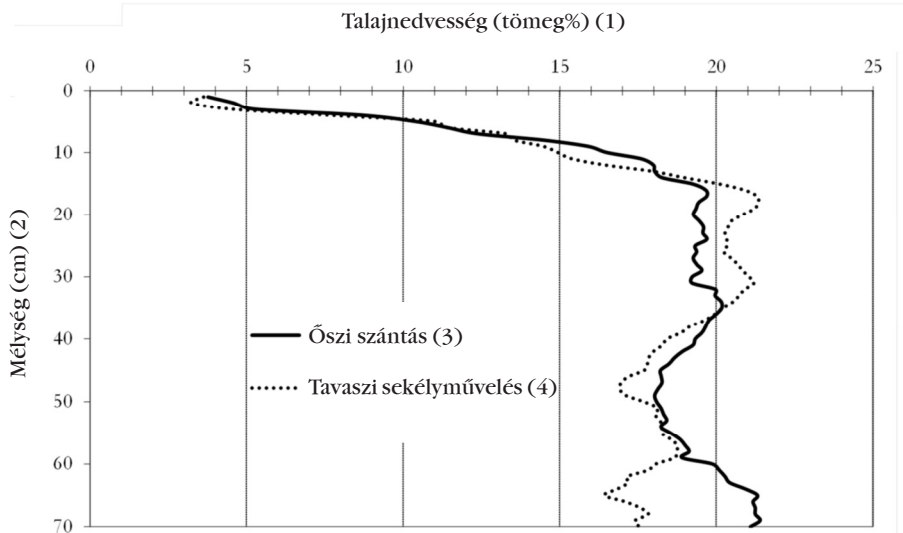
Forrás: Ványiné et al. (2012)

Figure 11. Moisture content of the soil in the R1 growth stage of maize. (1) Soil moisture, volume%, (2) Depth, cm, (3) Dry year, 2008, (4) Wet year, 2009, Source: Ványiné et al. (2012)

A talajnedvesség megfelelő talajművelési módszerek alkalmazásával, megfelelő időben való elvégzésével a nedvesség könnyebben megtartható. A sekély művelés talajnedvesség megőrző hatása a nagyobb talajnedvességi értékekben nyilvánult meg a 25–35 cm-es talaj mélységben (Rátonyi et al. 2007) (12. ábra).

A talaj nedvességtartalma jelentős mértékben befolyásolja a talajjellenállás értéket. A talajnedvesség tartalom csökkenésével a talajjellenállás értéke megnő. Az alpművelés végrehajtásának mélységétől függően a művelt rétegben látható a művelő eszközök talajlazító hatása. Szántásos alpművelés esetében 0–30 cm mélységben a sekély művelés eredményeképpen a 0–10 cm talajmélységben a művelő eszközök talajlazító hatása kimutatható. Rátonyi et al. (2007) egyezően több (Birkás 1999, Krisztián 1999, Birkás et al. 2012, Gyuricza et al. 2015, Várallyay 2015) kutató eredményével megállapította, hogy a rendszeresen művelt talajréteg alatt magasabb talajjellenállás értékek igazolják a tárcsatalp illetve eketalp-réteg jelenlétét. A rendszeres sekély tavaszi művelés eliszapolja a feltalajt talajtömörítő hatása a legkifejezettebb (13. ábra).

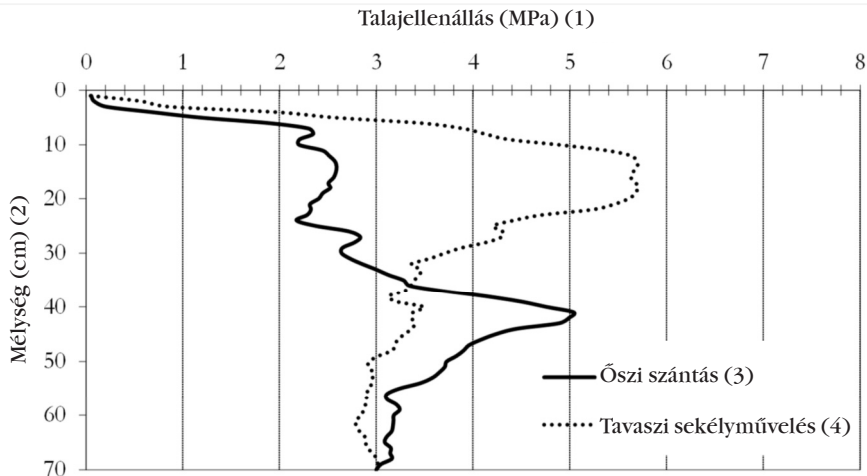
12. ábra. A talajművelés hatása a talaj nedvességtartalmára



Forrás: Rátonyi et al. (2007)

Figure 12. The impact of tillage on the moisture content of the soil. (1) Soil moisture, volume%, (2) Depth, cm, (3) Autumn ploughing, (4) Spring shallow tillage, Source: Rátonyi et al. (2007)

13. ábra. A talajművelés hatása a talaj penetrációs ellenállásra



Forrás: Rátonyi et al. (2007)

Figure 13. Effect of tillage on the penetration resistance of the soil. (1) Soil resistance, MPa, (2) Depth, cm, (3) Autumn ploughing, (4) Spring shallow tillage, Source: Rátonyi et al. (2007)

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikációt GINOP-2.2.1-15-2016-00001 azonosító számú 'Üzemméret-től független komplex precíziós szaktanácsadási rendszer kialakítása' c. projekt támogatta.

Irodalom

- Barrov, E. M.–Hulme, M.–Semenov, M. A.–Brooks, R. J.*: 2000. Climate change scenarios. [In: Downing, T. E. et al. (eds) Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe.] European Commission. Brussel.
- Berzsenyi Z.*: 1993. A N-műtrágyázás és az évjárat hatása a kukoricahibridek (*Zea mays* L.) szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletekben az 1970–1991. években. Növénytermelés. 42. 1: 49–63.
- Berzsenyi Z.–Lap, D. Q.*: 2003. A N-műtrágyázás hatása a kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletben. Növénytermelés. 52. 3–4: 389–408.
- Birkás M.*: 1999. A talajtömörödés a hazai szakirodalomban. Mezőgazdasági Technika. 40. 10: 28–30.
- Birkás M.–Kalmár T.–Kisic, I.–Jug, D.–Smutny, V.–Szemők A.*: 2012. A 2010. évi csapadék jelenségek hatása a talajok fizikai állapotára. Növénytermelés. 61. 1: 7–36.
- Claassen, M. M.–Shaw, R. H.*: 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain components. Agron. J. Madison. 62: 652–655.
- Da Silva, P. R. F.–Strieder, M. L.–Da Silva-Coser, R. P.–Rambo, L.–Sangoi, L. Argenta, G.–Da Silva, A. A.*: 2005. Grain yield and kernel crude protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dressing. Scientia Agricola. 62. 5: 487–492.
- Delphin, J. E.*: 2000. Estimation of nitrogen mineralization in the field from an incubation test and from soil analysis. Agron. Sustain. Dev. 20: 349–361.
- Drury C. F.–Tan C. S.*: 1995. Long-term (35 years) effects of fertilization, rotation and weather on corn yields. Canadian Journal of Plant Science. 75. 2: 355–362
- Gyuricza, C.–Smutny, V.–Percze, A.–Pósa, B.–Birkás, M.*: 2015. Soil condition threats in two seasons of extreme weather. Plant Soil and Environment. 61. 4: 151–157.
- Izsáki, Z.*: 2011. Relationship between the N min content of the soil and the quality of maize (*Zea mays* L.) kernels. Research Journal of Agricultural Science. 43. 3: 77–86.
- Jolánkai M.–Birkás M.*: 2010. Szárazosodás, aszály, növénytermelés. Klíma 21 Füzetek. 59: 26–31.
- Jolánkai, M.–Balla, I.–Pósa, B.–Tarnawa, Á.–Birkás, M.*: 2013. Annual precipitation impacts on the quantity and quality manifestation of wheat and maize yield. Acta Hydrologica Slovaca. 14. 2: 446–450.

- Kiesselbach, T. A.*: 1950. Progressive development and seasonal variation of corn crop. University of Nebraska Bulletin. 166.
- Körschens, M.*: 2006. The importance of long-term experiments for soil science and environmental research – a review. Plant Soil Environ. Special Issue. 52: 1–8.
- Krisztián J.*: 1999. Talajpusztulási folyamatok hatása a szántóföldi növények termesztésére. Gyakorlati Agrofórum. 10. 9: 7–8.
- Láng G.*: 1976. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Lauer, J.*: 2003. What happens within the corn plant drought occurs. University of Wisconsin Extension. <http://www.uwex.edu/ces/ag/issues/drought2003/corneweffect.html>
- Liang, B. C.–Mackenzie, A. F.–Kirby, P. C.–Remillard, M.*: 1991. Corn production in relation to water inputs and heat units. Agronomy Journal. 83: 794–799.
- Márton L.*: 2002. Az évhatás elemzése az északkelet-magyarországi, nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérletben. A természetes csapadék és a tápanyagellátottság hatása a burgonya (*Solanum tuberosum* L.) termésére. Növénytermelés. 51. 1: 71–87.
- Megyes, A.–Rátonyi, T.–Sulyok, D.*: 2007. Evaluation of nitrogen dynamics and crop yield in a long-term experiment. Cereal Res. Commun. 35. 2: 769–772.
- Nagy J.*: 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Nagy J. (szerk.)*: 2012. Versenyképes Kukoricatermesztés: A jövedelmezőség kulcstényezői a szántóföldi gyakorlatban. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Nakamura, K.–Harter, T.–Hirono, Y.–Hirono, H.–Mitsuno, T.*: 2004. Assessment of root zone nitrogen leaching as affected by irrigation and nutrient management practices. Vadose Zone J. 3: 1353–1366.
- Ordofiez, R.–Giraldez, J. V.–Gonzalez, P.*: 1990. Nitrogen use on irrigated farms in the Guadalquivir Valley: approach to a rational design after soil column leaching experiments. [In: Calvet, R. (ed.) Nitrate-Agriculture-Eau. Proc.] International Symposium. Paris. 437–443.
- Pepó P.*: 2014. A kukorica öntözéssel termesztése. Agrárium. 24. 3: 30–32.
- Quattar, S.–Jones, R. J.–Crookston, R. K.–Kajelou, M.*: 1987. Effects of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. Crop Science. 27: 730–735.
- Ramos, C.–Varela, M.*: 1990. Nitrate leaching in two irrigated fields in the region of Valencia (Spain). [In: Calvet, R. (ed.) Nitrate-Agriculture-Em. Proc.] International Symposium. Paris. 335–345.
- Rátonyi T.–Megyes A.–Sulyok D.*: 2007. A talaj tömődöttségének penetrométeres vizsgálata. Acta Agronomica Óváriensis. 49. 2: 445–449.
- Shau, R. H.*: 1977. Climatic requirement. [In: Sprague, G. F. (ed.) Corn and corn improvement.] Amer. Soc. Agron. Inc. Publisher. Madison. Wisconsin. 774.
- Smith, W. C.–Betrán, J.–Runge, E. C. A. (eds.)*: 2004. Corn. Origin, History, Technology, and Production. Hoboken. NJ: John Wiley. 949.
- Szász G.*: 1973. A potenciális párolgás meghatározásának új módszere. Hidrológiai Közl. 9: 435–442.

- Szász, G.*: 2013. Agrometeorological research and its results in Hungary (1870–2010). *Időjárás*. 117. 3: 315–358.
- Széles, A. – Ragán, P. – Nagy, J.*: 2017. Abiotic stress impacts caused by weather and nutrient replenishment on the yield of maize (*Zea mays* L). *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 4. 1: 39–44.
- Ványiné Széles, A. – Megyes, A. – Nagy, J.*: 2012. Irrigation and nitrogen effects on the leaf chlorophyll content and grain yield of maize in different crop years. *Agricultural Water Management*. 107: 133–144.
- Ványiné Széles, A. – Nagy, J.*: 2012. Effect of nutrition and water supply on the yield and grain protein content of maize hybrids. *Australian Journal of Crop Science*. 6. 3: 381–390.
- Várallyay, G.*: 2015. Soils, as the most important natural resources in Hungary (potentialities and constraints) – A review. *Agrokémia és Talajtan*. 64. 2: 321–338.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
nagyjanos@agr.unideb.hu

Tartamkísérletek mint a klímaváltozás indikátorai

PEPÓ PÉTER

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A Debreceni Egyetem tartamkísérletei az elmúlt évtizedekben széleskörű adatbázist szolgáltatottak a hazánkban termesztett legfontosabb növények esetében a klímaváltozás helyi hatásaira. Megállapítottuk, hogy az elmúlt 25 évben 580 mm csapadékhiánnyal kellett számolnunk. A tartamkísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy a klímaváltozás hatással van a genotípus megválasztására, a szántóföldi növények tápanyag-ellátására, állománysűrűségére és egyéb agrotechnikai tényezőire. A tartamkísérleteink bizonyították, hogy szoros interaktív hatás állapítható meg a szántóföldi növényfajok víz- és tápanyag-ellátásában. A kumulatív terméselemzés alapján bizonyítottuk, hogy őszi búzánál a kontroll kezelés termés kiesése 53,8 t/ha volt 1986–2015 években. A klímaváltozás kedvezőtlen hatásait a talajok diszponibilis vízkészlete részben ellensúlyozni tudja, melyet a talaj vízkészlet-dinamikai vizsgálatai bizonyítottak. A klímaváltozás kedvezőtlen hatásait a termőhelyre és fajtára adaptált technológiákkal eredményesen tudjuk mérsékelni.

Kulcsszavak: klímaváltozás, tartamkísérletek, genotípus, agrotechnikai elemek

Long-term experiments as indicators of climate change

P. PEPÓ

University of Debrecen Faculty of Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management, Institute of Crop Sciences, Debrecen

Summary

The long-term experiments carried out by the University of Debrecen provided an extensive database in relation to the local impacts of climate change in the case of the most important crops produced in Hungary during the last decades. It was concluded that there was 580 mm precipitation shortage in the last 25 years. The long-term experiment results showed that climate change has an impact on the selection of genotype, the nutrient supply of field crops, as well as their population density and other agrotechnical factors. The performed long-term experiments showed a close interactive effect on the water and nutrient supply of field crops. Based on the performed cumulative yield analysis, it was concluded that the yield drop of the control treatment of winter wheat was 53.8 t ha⁻¹ between 1986–2015. The unfavourable impacts of climate change can be partially counterbalanced by the available water of soil, as shown by the water stock dynamics analyses of the soil. The unfavourable impacts of climate change can be successfully mitigated by technologies adapted to production site and variety.

Key words: climate change, long-term experiments, genotype, agrotechnical elements

Продолжительные опыты как индикаторы изменения климата

П. ПЕПО

Дебреценский Университет, Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и
Экологического Менеджмента, Институт Ботаники, Дебрецен

Резюме

Продолжительные опыты Дебреценского Университета за прошедшие десятилетия служили обширной базой данных о местном влиянии изменения климата в случае

наиболее важных выращиваемых растений в Венгрии. Установлено, что за прошедшие 25 лет надо учитывать недостаток осадков в размере 580 mm. Результаты наших продолжительных опытов подтверждают то, что изменение климата влияет на выбор генотипа, на обеспечение питательными веществами пахотных культур, на густоту их насаждения и на другие агротехнические факторы. Наши продолжительные опыты доказали, что можно установить тесное интерактивное влияние в обеспечении сортов пахотных растений водой и питательными веществами. На основе кумулятивного анализа урожая доказали, что у озимой пшеницы в контрольной обработке недополучение урожая было 53,8 t/ha в 1986–2015 годы. Неблагоприятные влияния изменения климата частично может сбалансировать доступный запас воды почвы, который подтверждают исследования динамики водного запаса почвы. Неблагоприятные влияния изменения климата можем успешно уменьшить адаптированными к месту выращивания и сорту технологиями.

Ключевые слова: изменение климата, продолжительные опыты, генотип, агротехнические элементы

Bevezetés

A szántóföldi növénytermesztésben az ökológiai, a biológiai és agrotechnikai tényezők bonyolult kölcsönhatást gyakorolnak a termesztett növény termésmennyiségére, termésbiztonságára, a növényállományok különböző paramétereire. Ezeknek a tényezőknek a hosszú távú hatásai leghatékonyabban tartamkísérletekben tanulmányozhatók. A világ legrégebbi tartamkísérleteit 130–150 évvel ezelőtt létesítették (Rothamsted 1843, Grignon 1875, Illinois 1876, Halle 1878 stb.). A tartamkísérletek értékes eredményeket szolgáltatnak részben az agrotechnikai tényezők adott növény termésére gyakorolt hatásairól, a talaj tulajdonságainak változásáról, valamint a környezeti tényezők (éghajlat) hatásáról és a környezetvédelmi összefüggésekről (Johnston 1997, Körschens 2006, Hejzman és Kunzová 2010).

Anyag és módszer

A tartamkísérletek beállítása 1983. évben történt mészlepedékes csernozjom talajon. A tartamkísérletek Debrecentől 15 km-re, a Hajdúságban található

(É. sz. 47° 33', K. h. 21° 27'). A kísérletek beállításakor végzett kiindulási talajvizsgálati eredmények azt bizonyították, hogy a csernozjom talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, valamint vízgazdálkodási paraméterei rendkívül kedvezőek.

A kísérleti terület művelt rétegének a humusztartalma 2,6–2,8%, a talaj $\text{pH}_{\text{KCl}}=6,36\text{--}6,58$, azaz csak enyhén savanyú. A talaj kedvező N-szolgáltató képességű, az AL-oldható P_2O_5 -tartalma közepes (133 mg/kg), az AL-oldható K_2O -tartalma pedig jó (240 mg/kg). A csernozjom talaj tápanyag-ellátottsága (N, P_2O_5 , K_2O) jelentősen változott az elmúlt évtizedek alatt a tartamkísérletekben alkalmazott agrotechnikai elemek (trágyázás, öntözés, vetésváltás) hatására. A kísérlet talaja kedvező talajfizikai tulajdonságokkal (középkötött, vályog típus) jellemezhető. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai kedvező vízbefogadó és jelentős víztartó képességet bizonyítanak. A tartamkísérletben termesztett növények vízellátása szempontjából mértékadó talajszelvényben (0–2 m) a talaj mintegy 580–600 mm vizet képes megtartani, tárolni, amelynek kb. 50%-a a diszponibilis víz mennyisége. A kísérleti területen a talajvíz átlagos mélysége 3–5 m, amely miatt a növények vízellátásában csak mérsékelt szerepet játszik.

A tartamkísérletben a növényfajok termésmennyisége szempontjából legfontosabb agrotechnikai elemek vizsgálatát végezzük.

Polifaktoriális tartamkísérlet (LTE 1)

- vetésváltás
 - monokultúra: kukorica
 - bikultúra: kukorica – búza váltás évenként
 - trikultúra: borsó – búza – kukorica vetési sorrend
- trágyázás

Öt tápanyagkezelés (kontroll, alap dózis N=50 kg/ha, $\text{P}_2\text{O}_5=35$ kg/ha, $\text{K}_2\text{O}=40$ kg/ha), valamint az alap dózis 2, 3, 4-szeres mennyisége.

A műtrágyák közül a foszfor és a kálium mennyiségének 100%-át, a nitrogénnek 50%-át őszelel juttatjuk ki, a maradék 50% nitrogént kora tavasszal fejtrágyaként alkalmaztuk.
- vízellátás

Három eltérő vízellátottsági változat szerepel a tartamkísérletben.

 - öntözés nélkül (Ö_1)
 - féladagú öntözés (a vízhiány 50%-át pótoljuk öntözéssel) (Ö_2)
 - teljes adagú öntözés (a vízhiány 100%-át pótoljuk öntözéssel) (Ö_3)

- egyéb agrotechnikai elemek
 - növényvédelem (búza)
 - állománysűrűség (kukorica)
 - vetésidő (borsó)

Szántóföldi növényfajok genotípus × tápanyag × egyéb agrotechnikai elemek közötti interaktív hatások vizsgálata (LTE 2)

- őszi búza genotípusok
- kukorica genotípusok
- napraforgó genotípusok

Eredmények és értékelés

Hazai és nemzetközi összehasonlításban is rendkívül nívós és eredményes kutatás folyik a Debreceni Egyetemen található tartamkísérletekben. Ezen kísérletek több szempontból is kivételesek, unikálisak nemzetközi összehasonlításban is. Egyrészt azért, mert eltérő talajadottságokkal jellemezhetők (Látókép - kiváló mészlepedékes csernozjom, Debrecen - átlagos kilúgzott csernozjom, Hajdúböszörmény - réti talaj). Másrészt ezek a kísérletek többtényezős, ún. polifaktoriális kísérletek, amelyek a vizsgált tényezők egyedi hatása mellett több tényező kölcsönhatásának a vizsgálatára nyújtanak kiváló lehetőséget. Harmadrészt ezeknek a kísérleteknek jelentős része öntözhető (napjainkban öntözéses tartamkísérlet csernozjom talajon csak néhány található a világon). Negyedrészt pedig azért különlegesek, mert interdiszciplináris kutatási feltételeket tesznek lehetővé más tudományterületek számára.

A tartamkísérletek hosszú idősoros adatai kitűnő lehetőséget nyújtanak a globális klímaváltozás növénytermesztési hatásainak meghatározására. Tájékozódásunkban, Debrecenben a meteorológiai mérések kezdete óta az évi csapadék mennyisége 100-130 mm-rel csökkent, az évi középhőmérséklet pedig +0,4-0,6 °C-kal nőtt, jelentős évi ingadozásokkal. Csak a legutolsó 25 év csapadéknak a sokévi átlagtól vett eltérésének összege (588 mm) meghaladja a tájkerületünkben lehulló éves csapadékmennyiséget (1. ábra). Ezzel a kevesebb és rendkívül szeszélyes csapadékmennyiséggel kell úgy gazdálkodnunk, hogy több termést és jobb minőséget állítsunk elő a szántóföldi növényeinkkel. A nemesítés eredményeként egyre jobb adaptációs képességű új genotípusok kerülnek köztermesztésbe. Több mint 30 éves tartamkísérleti eredményeink

adott őszi búzafajtáknál (GK Öthalom) bizonyították, hogy az évjáratnak igen jelentős mind a kontroll, mind az N_{opt}+PK műtrágya kezelésben a termésre gyakorolt hatása. A kontroll kezelés átlagtermése 3973 kg/ha, az N_{opt}+PK átlagtermése 6717 kg/ha volt. A termésmaximumok a vizsgálati 31 év alatt 4343–8862 kg/ha között változtak, azaz a kedvező (2015. év) és a kedvezőtlen (2003. év) évjárat terméskülönbsége kétszeres volt (2. ábra).

1. ábra. Vízellátottsági hiány időbeli változása az elmúlt 25 évben
(Debrecen-Látókép, 1991–2015)

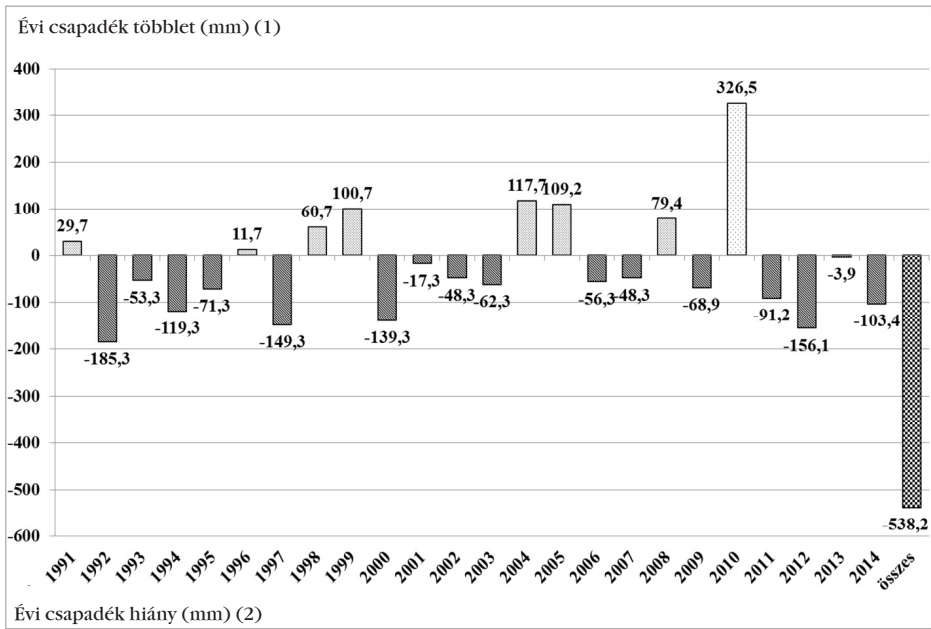


Figure 1. Temporal change of water shortage during the last 25 years (Debrecen-Látókép, 1991–2015). (1) Yearly surplus precipitation (mm), (2) Yearly precipitation shortage (mm)

A klímaváltozás más agrotechnikai elemre is hatással volt, ami azt jelenti, hogy az eddigi megszokott technológiai gyakorlatot időről időre át kell tekinteni és a szükséges módosításokat el kell végezni. Tartamkísérleteink eredményei a klímaváltozás vetéstechnológiai elemekre gyakorolt hatásait bizonyították kukoricánál és napraforgónál.

2. ábra. Az évjárat hatása a GK Óthalom őszi búza fajta termésére
(Debrecen, csernozjom talaj, 1986–2015)

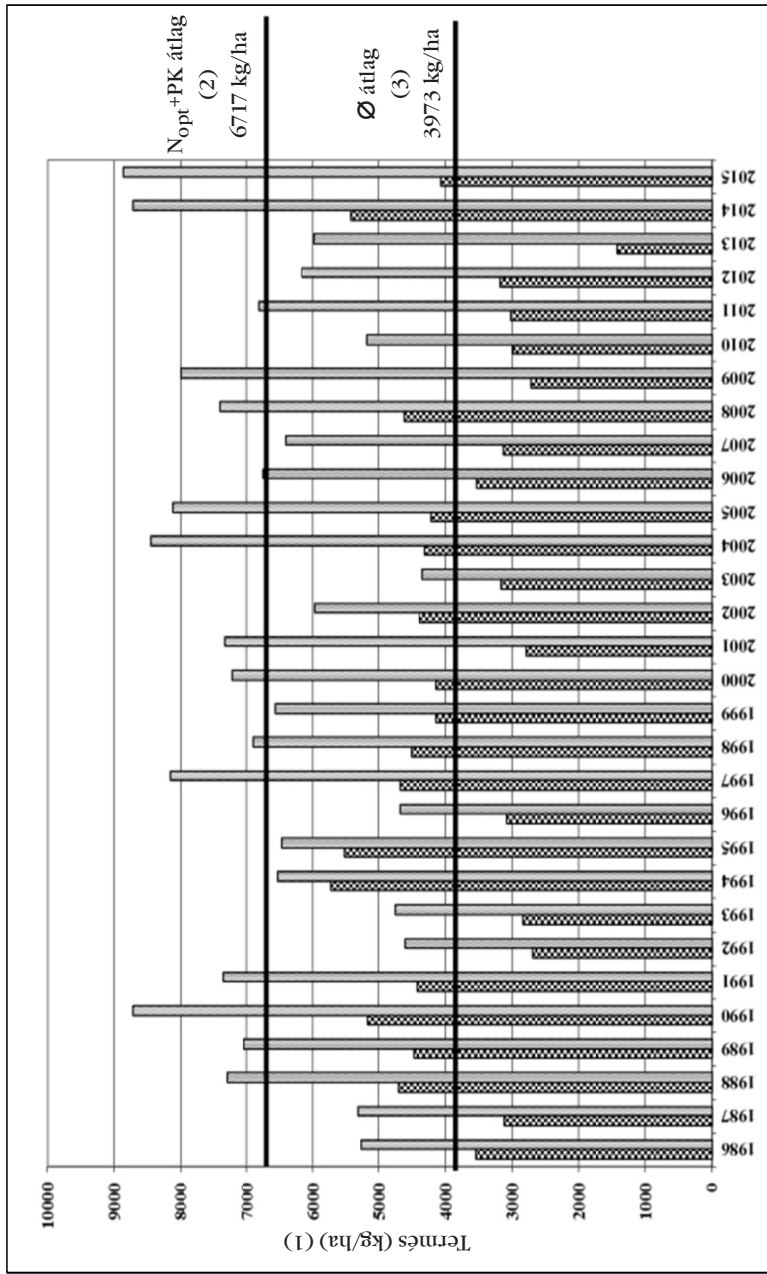
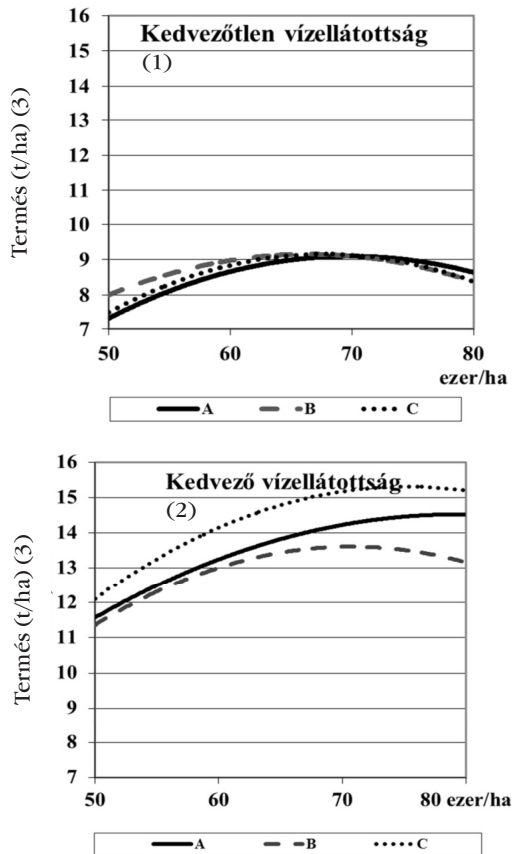


Figure 2. The impact of crop year on the yield of the winter wheat variety GK Óthalom (Debrecen, chernozem soil, 1986–2015). (1) Yield (kg ha⁻¹), (2) N_{opt}+PK average (kg ha⁻¹), (3) Average (kg ha⁻¹)

Kukorica esetében száraz évszázban a kisebb tőszám (60–64 ezer/ha) bizonyult optimálisnak, míg ugyanazon kukorica genotípusoknál kedvező vízellátottság esetében az állománysűrűséget növelni lehetett (67–76 ezer/ha). Száraz évszázban a kukorica hibridek tőszám optimuma gyakorlatilag alig különbözött, míg kedvező vízellátottságú évszázban a genotípusok közötti különbségek markánsan megjelentek (3. ábra).

3. ábra. A tőszám, az évszáz és a genotípus hatása a kukorica termésére (Debrecen, csernozjom talaj)



Megjegyzés: A - tőszám, B - évszáz, C - genotípus

Figure 3. The impact of crop density, crop year and genotype on maize yield (Debrecen, chernozem soil). (1) Unfavourable water supply, (2) Favourable water supply, (3) Yield (t ha⁻¹). Note: A - crop density, B - crop year, C - genotype

Tartamkísérleteink lehetőséget nyújtanak különböző szántóföldi növényfajok (őszi búza, napraforgó, kukorica) tápanyag-reakciójának egzakt meghatározásához. Az agronómiailag optimalizált, környezetbarát, költséghatékony trágyázáshoz szükséges a fajták/hibridek természetes tápanyag-hasznosító képességének, trágyareakciójának, az optimális NPK adagnak, valamint a trágyareakció-görbéknek az ismerete. Az őszi búza fajták természetes tápanyag-hasznosító képessége jelentősen eltérhet egymástól (2015. évben a kontroll kezelésben 3500–5900 kg/ha termések, azaz 2400 kg/ha különbség a vizsgált fajták között), de ilyen nagy terméskülönbséget lehetett megállapítani a búzafajták termésmaximumában is (2015. évben 7800–10700 kg/ha, azaz 2900 kg/ha különbség), valamint az optimális N+PK igényében (N=60–150 kg/ha +PK között változott) (4. ábra).

A tartamkísérletek idősoros adatai lehetőséget nyújtanak a trágyakezelések kumulatív terméselemzésére is. Ezzel bizonyítani lehet, hogy a nem megfelelő (optimálisnál kevesebb vagy több) műtrágya mennyiség alkalmazása esetén évtizedek során mennyi terméskiesés következett be, ill. milyen volt a különböző műtrágya adagok hatékonysága. Őszi búza tartamkísérletben, kiváló tulajdonságú csernozjom talajon műtrágya használata nélkül („jó talajon elég, ha nem felejtünk el vetni” mondás mennyire nem igaz!) a 30 év alatt a terméskiesés 53,8 t/ha volt. A különböző műtrágya adagok esetében kapott kumulatív terméstöbblet egymástól nem tért el jelentősebb mértékben, ami azt jelenti, hogy a búza esetében az $N_{90-120}+PK$ kezelés tekinthető optimálisnak (15,5–16,7 t/ha termésnövekmény) (5. ábra).

A tartamkísérletek különösen alkalmasak a talaj vízháztartási folyamatainak, valamint a növények vízhasznosításának a tanulmányozására. A szántóföldi növények vízháztartása szempontjából a felső 0–200 cm-es talajréteg tekinthető mérvadó talajrétegnak. E talajréteg vízkészletének dinamikai változását folyamatosan nyomon követjük a tenyészidőszakban, de a vegetációs perióduson kívül is. Ez utóbbi különösen fontos a tavaszi vetésű növények technológiájának kialakítása szempontjából. Az induló tavaszi vízkészlet számos agrotechnikai elemre (vetésidő, tőszám, tavaszi műtrágya adag, annak megosztása, gyomirtás stb.) gyakorol meghatározó hatást. Az őszi és téli hónapokban lehulló csapadék mennyisége döntő jelentőségű az induló tavaszi vízkészlet szempontjából. Ebben a vonatkozásban igen jelentős különbségeket találunk az egyes évek között a tartamkísérleteinkben.

4. ábra. Őszi búza genotípusok tápanyag-reakciója (Debrecen, 2015)

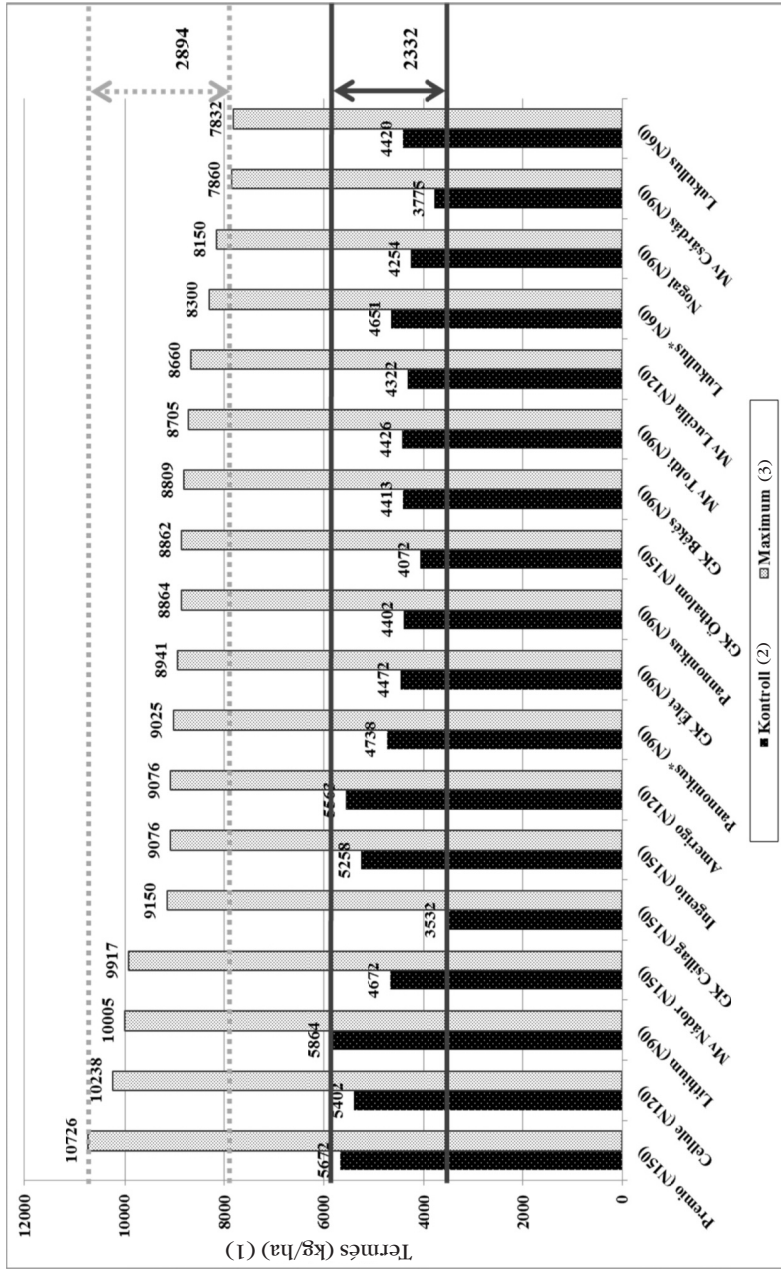


Figure 4. Nutrient response of winter wheat genotypes (Debrecen, 2015). (1) Yield (kg ha⁻¹), (2) Control, (3) Maximum

5. ábra. A trágyázási kezelések kumulatív hatása az őszi búza (GK Öthalom) termésére tartamkísérletben (Debrecen, csernozjom talaj, 1986–2015)

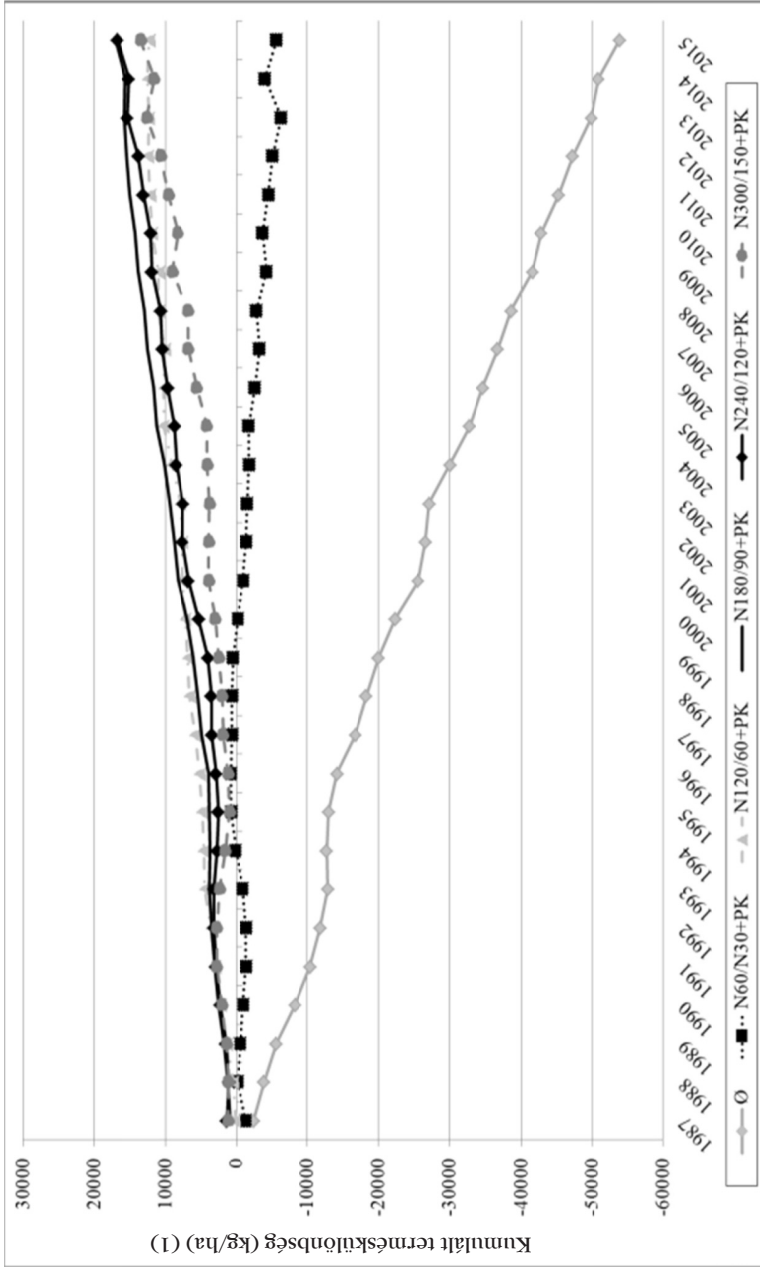


Figure 5. The cumulative impact of fertiliser treatments on the yield of winter wheat (GK Öthalom) in a long-term experiment (Debrecen, chernozem soil, 1986–2015). (1) Cumulative yield difference (kg ha⁻¹)

Száraz őszi és téli hónapokat követően (2007. év) a 0–200 cm-es talajréteg vízhiánya 150–200 mm, míg kedvező csapadékmennyiség esetén (2006. év) a VK_{\min} (szántóföldi vízkapacitás) értékekhez viszonyított vízhiány 0–35 mm között változott előveteménytől függően (6. ábra).

6. ábra. Őszi és téli félév csapadékanak hatása a talaj vízkészletére (Debrecen, csernozjom talaj)

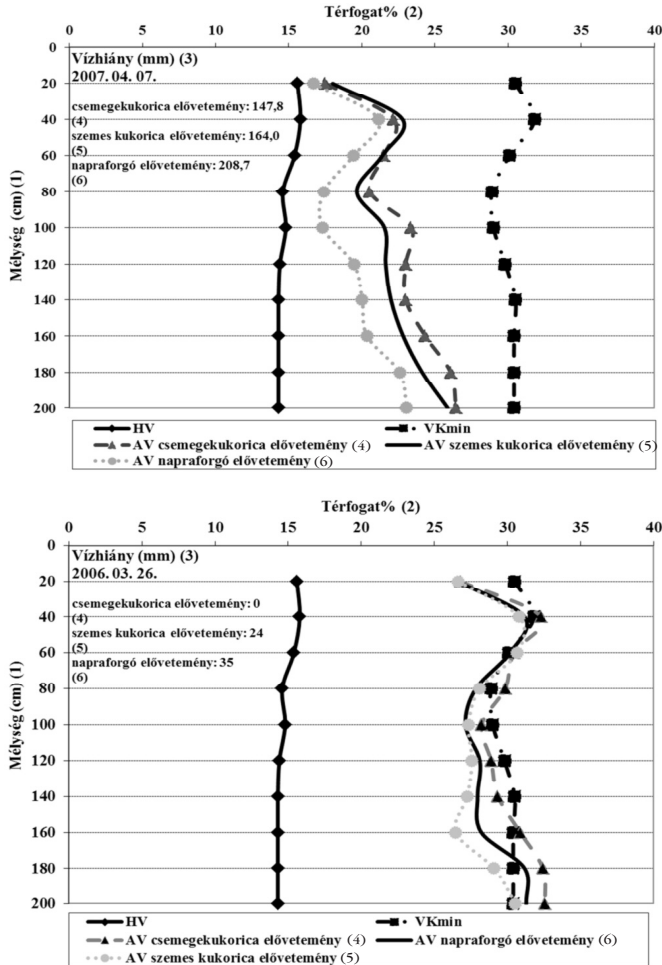


Figure 6. The impact of precipitation in the autumn and winter period on the water stock of the soil (Debrecen, chernozem soil). (1) Depth (cm), (2) Volume%, (3) Water shortage (mm), (4) Sweet maize as previous crop, (5) Grain maize as previous crop, (6) Sunflower as previous crop

Összefoglalóan megállapítható, hogy a tartamkísérletek olyan interdiszciplináris kutatások komplex megvalósítását teszik lehetővé, amelyek kiemelkedően járulnak hozzá a szántóföldi növénytermesztési technológiák folyamatos továbbfejlesztéséhez, azok termőhely- és fajtaspecifikus adaptációjához, ugyanakkor más tudományterületek számára biztosítják az interaktív kutatási feltételeket. A tartamkísérletek évtizedes adatsorai, tudományos eredményei rendkívül értékesek a környezetvédelem és klímakutatás szempontjából is.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- Hejzman, M.–Kunzová, E.*: 2010. Sustainability of winter wheat production on sandy-loamy Cambisol in the Czech Republic: Results from a long-term fertilizer and crop rotation experiment. *Field Crops Research*. 115: 191–199.
- Johhston, E. A.*: 1997. The value of long-term experiments in agricultural, ecological and environmental research. *Advances in Agronomy*. 59: 291–333.
- Körschens, M.*: 2006. The importance of long-term field experiments for soil science and environmental research – a review. *Plant Soil Environ*. 52 (Special Issue): 1–8.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Pepó Péter
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
pepopeter@agr.unideb.hu

A csapadék és a hőmérséklet évjárat hatása őszi búza fajták fehérjeprodukcójára

KASSAI MÁRIA KATALIN - TARNAWA ÁKOS - NYÁRAI HORVÁTH FERENC -
ESER, ADNAN - KEMPF LAURA - JOLÁNKAI MÁRTON
Szent István Egyetem
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Gödöllő

Összefoglalás

Agrotechnikai és környezeti kölcsönhatások fehérjeprodukcóra gyakorolt hatását vizsgáltuk három őszi búza fajtán hat N szinten két egymást követő, eltérő csapadékeloszlású és hőmérsékletű évjáratban. Vizsgáltuk a kísérleti tényezők termésre, termés-elemekre és a minőségre gyakorolt hatását. A kapott eredmények alapján megállapítható volt, hogy a csapadék mennyisége és megoszlása összefüggésben a búza fejlődési fenofázisaival meghatározó volt a fajták fehérjeprodukcójára. Kedvező évjáratban a búza fajlagos fehérjehozama mintegy kétszerese volt a kedvezőtlen évjáratéhoz képest.

Kulcsszavak: őszi búza, fehérje, csapadék, hőmérséklet, évjárat hatás

The impact of crop year precipitation and temperature on the protein yield of winter wheat varieties

M. K. KASSAI – Á. TARNAWA – F. NYÁRAI HORVÁTH –

A. ESER – L. KEMPF – M. JOLÁNKAI

Szent István University

Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Gödöllő

Summary

Agronomic and environmental impacts were studied in a field experiment to determine water availability and protein formation interrelations. Three winter wheat varieties and six nitrogen application levels were applied in two crop years representing different precipitation and temperature patterns to evaluate yield, yield components and quality manifestation. The results obtained suggest that precipitation patterns in relation with the different wheat development phenophases had profound influence on the protein formation of wheat crop. Protein yield of wheat crop was almost double in favourable crop years in comparison to that of the unfavourable crop year.

Key words: winter wheat, protein, precipitation, temperature, crop year effect

Влияние осадков и температуры года выращивания на белковую продуктивность сортов озимой пшеницы

М. К. КАШШАИ – А. ТАРНАВА – Ф. НЬАРАИ ХОРВАТ – А. ЭШЕР –

Л. КЕМПФ – М. ЁЛАНКАИ

Университет им.Св. Иштвана

Факультет Сельского Хозяйства и Экологии, Гёдёллё

Резюме

Исследовали влияние, оказанное на белковую продуктивность агротехнических и экологических взаимодействий в трёх сортах озимой пшеницы на шести уровнях N

в двух, следующих друг за другом, различных по распределению осадков и температуре годах выращивания. Исследовали влияние, оказанное исследуемыми факторами на урожай, элементы урожая и на качество. На основании полученных результатов можно было установить, что количество осадков и их распределение во взаимосвязи с фенофазами развития пшеницы было решающим в продуктивности белка этих сортов. В благоприятный год выращивания удельный урожай белка пшеницы был в два раза больше по сравнению с неблагоприятным годом выращивания.

Ключевые слова: озимая пшеница, белок, осадки, влияние температуры года выращивания

Bevezetés

Az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termésmennyiségét, valamint a betakarított termés minőségét nagymértékben befolyásolják az adott évi időjárási viszonyai, különös tekintettel a csapadék mennyiségére és eloszlására, valamint a hőmérséklet alakulására (Grimwade et al. 1996, Győri 2008, Pepó 2010). Az időjárási körülmények aszerint ítélték kedvezőnek vagy kedvezőtlennek, hogy milyen mértékben képesek biztosítani optimális viszonyokat a növény fenofázisai során (Lásztity 1999, Ragán et al. 2016). Csapadék szempontjából a legkritikusabb időszakok az őszi búza számára a kalászás, a virágzás és a szemtelítődés fenofázisai (Keller-Baggiolini NOPQ, Zadoks 51–70). Hőmérséklet tekintetében kritikus a vernalizáció időszaka, valamint az érés fenofázisa (Keller-Baggiolini AD illetve RW, Zadoks 10–13 illetve 71–99), (Pollhamerné 1981, Kismányoky és Ragasits 2003).

A termésmennyiséget és -minőséget az alkalmazott agrotechnikai beavatkozások közül legnagyobb mértékben a tápanyagellátás befolyásolja. Az N-trágyázás mennyisége és kijuttatásának megoszlása általában érdemi hatással van a búza minőségére, ezen belül is a fehérjeprodukción (Vida et al. 1996, Győri 2006, Pepó 2010)

Anyag és módszer

A kísérletet a Szent István Egyetem Növénytermesztési Intézetének kísérleti terén, Nagygyomboson egy tartamkísérleti sorozat részeként végeztük el. Jelen dolgozatban két kísérleti év (2014–2015, illetve 2015–2016) adatait, illetve

eredményeit dolgoztuk fel. A kísérletben vizsgált búza fajták az Alföld-90, az Mv Karéj, és az Mv Toborzó voltak. Az alkalmazott hat N-tápanyagellátási szint a következő volt: kezeletlen kontroll, 80, 80+40, 120, 120+40 és 160 kg/ha. A nitrogén kijuttatása fejtrágyaként történt.

A kísérletek vetése, növényápolása és betakarítása egységes agrotechnikai módszerekkel történt Wintersteiger parcellagépekkel. A termésminták feldolgozását a Szent István Egyetem Növénytermesztési Intézetének laboratóriumában végeztük szabványok szerint (MSZ 1998, EK 2000). Az értékelés során az OMSZ, illetve a KDVVIZIG releváns havi időjárás adatait használtuk fel. Az eredmények statisztikai feldolgozása Microsoft 2003 programcsomaggal történt (Horváth 2014).

Az 1. ábra az őszi búza fenofázisait mutatja be két nemzetközileg használt skála alapján.

1. ábra. Az őszi búza fejlődési szakaszai
(a Keller-Baggiolini és a Zadoks skála)

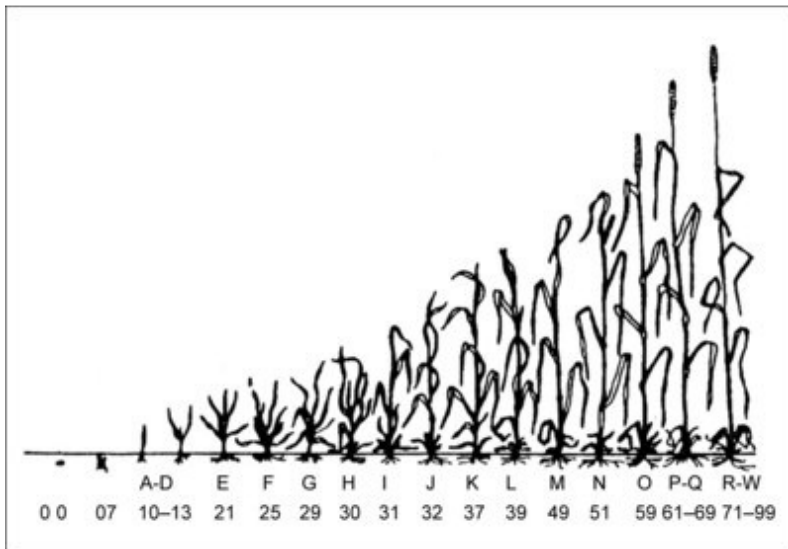


Figure 1. Phenophases of winter wheat crop (Keller-Baggiolini and Zadoks scale)

Az 1. táblázat a fenológiai szempontból kedvező, illetve a kedvezőtlen évjáratok hőmérséklet-, illetve csapadékadatainak sokéves átlagtól való eltéréseit mutatják be a tenyészidő folyamán.

1. táblázat. A havi csapadék és hőmérsékleti adatok alakulása a kísérleti téren kedvező és kedvezőtlen években (Nagygyompos 2014–2015, 2015–2016)

Hónap (1)	Csapadék (mm) (2)	*Sokéves átlag (mm) (3)	D	Hőmérséklet (°C) (4)	*Sokéves átlag (°C) (5)	D
2014–2015 (kedvezőtlen évjárat) (6)						
Szeptember (8)	100	43	57	16,4	15,5	0,9
Október (9)	57	45	12	11,6	10,1	1,5
November (10)	25	54	-29	6,9	4,0	2,9
December (11)	48	45	3	2,7	0,3	2,4
Január (12)	60	35	25	1,5	-1,2	2,7
Február (13)	17	33	-16	1,7	0,7	1,0
Március (14)	21	33	-12	6,2	5,1	1,1
Április (15)	6	44	-38	10,4	10,1	0,3
Május (16)	65	62	3	15,6	15,5	0,1
Június (17)	26	73	-47	19,6	18,5	1,1
Július (18)	38	59	-21	22,9	20,3	2,6
Augusztus (19)	76	54	22	22,8	19,9	2,9
2015–2016 (kedvező évjárat) (7)						
Szeptember (8)	80	43	37	17,0	15,5	1,5
Október (9)	95	45	50	9,5	10,1	-0,6
November (10)	27	54	-27	6,2	4,0	2,2
December (11)	4	45	-41	2,4	0,3	2,1
Január (12)	54	35	19	-1,7	-1,2	-0,5
Február (13)	106	33	73	5,2	0,7	4,5
Március (14)	30	33	-3	6,5	5,1	1,4
Április (15)	18	44	-26	12,0	10,1	1,9
Május (16)	76	62	14	15,6	15,5	0,1
Június (17)	52	73	-21	20,3	18,5	1,8
Július (18)	130	59	71	21,5	20,3	1,2
Augusztus (19)	54	54	0	19,7	19,9	-0,2

Megjegyzés: *sokéves átlag=1971–2000, Forrás: KDVVIZIG (2016)

Table 1. Monthly precipitation and temperature records on the experimental site in favourable and non-favourable crop years (Nagygyompos 2014–2015, 2015–2016). (1) Month, (2) Precipitation (mm), (3) Long term precipitation mean (mm), (4) Temperature (°C), (5) Long term temperature mean (°C), (6) 2014–2015 (unfavourable crop year), (7) 2015–2016 (favourable crop year), (8) September, (9) October, (10) November, (11) December, (12) January, (13) February, (14) March, (15) April, (16) May, (17) June, (18) July, (19) August, Note: *long term mean=1971–2000, Source: KDVVIZIG (2016)

Az egyes hónapok értékelése során a sokéves átlagtól számított legalább 20%-os csapadékeltérést, illetve a legalább 1 °C hőmérsékletkülönbséget vettük alapul.

Eredmények

A két egymást követő évjárat búzatermesztés szempontjából nagymértékű eltéréseket mutatott.

A 2014–2015. év általánosságban száraznak volt ítélni a kísérleti területen (539 vs 580 mm). Az aktuális kumulált csapadékhiány -7%-os volt mindössze, azonban a fenofázisok tükrében ez nagyon kedvezőtlen eloszlást mutatott. Egyetlen tavaszi hónap kivételével a csapadékhiány mértéke -12% és -47% között ingadozott a bokrosodástól a virágzásig tartó élettanilag legkritikusabb fenofázisokban. Ezzel párhuzamosan a hőmérsékleti adatok átlagosan 1,6 °C-kal voltak nagyobbak a sokévi átlagnál. Ez különösen a vernalizáció időszakában negatív hatással lehetett a búzanövények későbbi fejlődésére.

A 2015–2016. év a búza szempontjából kedvező volt. Az átlagos csapadék 25,1%-kal haladta meg a sokéves átlagot. A hőmérséklet alakulása, ha szerényebb mértékben is, 1,3 °C-kal melegebb volt a sokéves átlagnál.

A 2–3. *ábra* adatai foglalják össze a két évjárat, a kedvezőtlen 2015-ös és a kedvező 2016-os év területegységre vetített nyersfehérje-hozamait fajtánként. Az eredmények három tényezőre világítanak rá.

Az egyik az összes fehérjehozam évenkénti szintjének eltérése. Míg 2015-ben a hektáronkénti fehérjehozam 220–610 kg közötti tartományban mozgott, addig a kedvező 2016-os évben ez 650–1220 kg közötti értékek között változott, vagyis csaknem kétszerese volt az előző évinek.

A másik jellemző az alkalmazott N-tápanyagszintek közötti különbség volt. Ez a kedvező évben jelentősen nagyobb volt, mint a kedvezőtlenben, értelemszerűen a virágzás és a szentelítődés időszakának eltérő csapadékosága okán.

A harmadik jellemző a fajták közötti különbség volt. Lényegében a három vizsgált fajta, az Alföld 90, az Mv Karéj és az Mv Toborzó mindegyike növelte az összes fehérjetermését az emelkedő N-dózisok hatására, ugyanakkor évjáratonként ez is kismértékben eltérő volt. A kedvezőtlen 2015-ös év vezető fajtája az Mv Toborzó volt, míg a kedvező 2016-os évben a fajták eredménye eltérő volt; alacsonyabb tápanyagszinteken az Alföld 90 és az Mv Karéj megelőzte az Mv Toborzót, a legnagyobb adagú kezelésekben viszont ennek fordítottja volt igazolható.

2. ábra. A nyersfehérje-hozam alakulása eltérő N-szinteken kedvezőtlen évjáratban (Nagygombos, 2015)

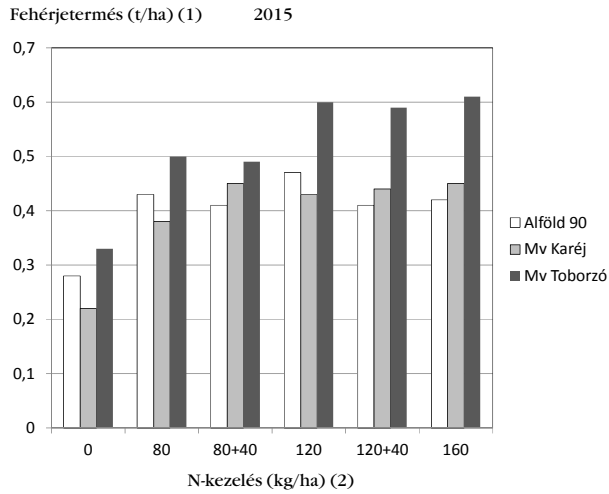


Figure 2. Protein yields by respective N applications in non favourable crop year (Nagygombos, 2015). (1) Protein yield (t ha⁻¹), (2) N treatment (kg ha⁻¹)

3. ábra. A nyersfehérje-hozam alakulása eltérő N-szinteken kedvezőtlen évjáratban (Nagygombos, 2016)

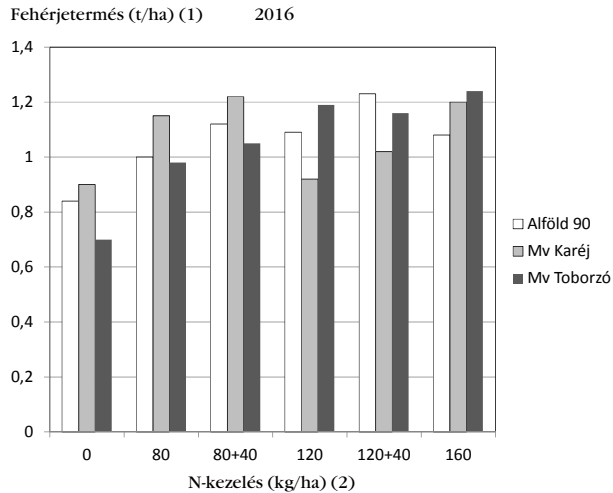


Figure 3. Protein yields by respective N applications in non favourable crop year (Nagygombos, 2016). (1) Protein yield (t ha⁻¹), (2) N treatment (kg ha⁻¹)

A 2. táblázat adatai szemléltetik a vizsgált kísérleti tényezők korrelációs adatait. A jobb megértés végett a táblázatban nem csak a termés és a fehérjehozam összefüggéseit mutatjuk be, hanem a terméskomponensek (hektoliter tömeg, illetve ezerszemtömeg), illetve fehérje alapú néhány egyéb mutató, így a nedvessikér-tartalom és a Zeleny szedimentációs érték korrelációit is.

2. táblázat. A csapadék, a hőmérséklet, a nitrogénkezelés, a fajta és a fehérjehozam korrelációja (Nagygombos, 2015–2016)

Korreláció r-értéke (1)	Csapadék (2)	Hőmér- séklet (3)	N-kezelés (4)	Fajta (5)	Fehérje- termés (6)
Csapadék (2)	1				
Hőmérséklet (3)	0,156	1			
N-kezelés (4)	0,378	-0,023	1		
Fajta (5)	0,453	0,234	0,571	1	
Fehérjetermés (6)	0,886	-0,317	0,912	0,566	1

Table 2. Correlation between precipitation, temperature, N applications, variety and protein yield (Nagygombos, 2015–2016). (1) Correlation r value, (2) Precipitation, (3) Temperature, (4) N application, (5) Variety, (6) Protein yield

Az összefüggések alapján megállapítható, hogy a területegységre eső fehérjehozam és a tápanyagellátás mutatta évjáratról és fajtáról függetlenül a legszorosabb összefüggést. Ugyanakkor ez az összefüggés a kedvező évben erősebb és egyúttal kiegyenlítettebb volt. A fajta és a fehérjehozam, illetve a fajta és a nitrogénkezelés ugyancsak pozitív összefüggést mutatott, de mindkét évben elmaradt a csapadék korrelációs értékeitől.

Tanulsága a vizsgálatnak, hogy kedvező évjáratban a búza igen jelentős fehérjetermésre képes. 2016-ban – a trágyázatlan kontroll kivételével – a hektáronkénti fehérjehozam elérte, egyes fajták esetében pedig meg is haladta az 1200 kg-ot. Ez az érték összességében elérheti, esetenként pedig meg is haladhatja a szója vagy a borsó által elérhető fehérjeproduktumot.

Köszönetnyilvánítás

Jelen dolgozat az NVKP és a VKSZ pályázatok által támogatott kutatás eredményein alapul.

Irodalom

- Grimwade, B.-Tatham, A. S.-Freedman, R. B. – Shewry, P. R. – Napier, J. A.:* 1996. Comparison of the expression patterns of wheat gluten proteins and proteins involved in the secretory pathway in developing caryopses of wheat. *Plant Molecular Biology*. 30: 1067–1073.
- Győri Z.:* 2006. A trágyázás hatása az őszi búza minőségére. *Agrofórum*. 17. 9: 14–16.
- Győri, Z.:* 2008. Complex evaluation of the quality of winter wheat varieties. *Cereal Res. Commun.* 36. 2: 1907–1910.
- Horváth, Cs.:* 2014. Storage proteins in wheat (*Triticum aestivum* L.) and the ecological impacts affecting their quality and quantity, with a focus on nitrogen supply. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 1. 2: 57–75.
- Kismányoky, T.-Ragasits, I.:* 2003. Effects of organic and inorganic fertilization on wheat quality. *Acta Agronomica Hungarica*. 51. 1: 47–52.
- Lásztity, R.:* 1999. *Cereal Chemistry*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- MSZ 6383:1998:* 1998. Búza minőségi szabványok.
- 824/2000/EK:* 2000. Búza minőség szabványok.
- Pepó, P.:* 2010. Adaptive capacity of wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.) crop models to ecological conditions. *Növénytermelés. Suppl.* 59: 325–328.
- Pollhamer E.:* 1981. A búza és a liszt minősége. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Ragán, P.-Nagy, J.-Széles, A.:* 2016. Evaluation of the impact of crop year and fertilisation on maize yield using a novel method. *Növénytermelés. Suppl.* 65: 31–35.
- Vida Gy.-Bedő Z.-Jolánkai M.:* 1996. Agronómiai kezeléskombinációk őszi búzafajták sütőipari minőségére gyakorolt hatásának elemzése főkomponens-analízissel. *Növénytermelés*. 45. 6: 453–462.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Kassai Mária Katalin – Dr. Tarnawa Ákos – Dr. Nyárai Horváth Ferenc –
Eser Adnan – Kempf Laura – Dr. Jolánkai Márton

Szent István Egyetem
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Gödöllő
Páter Károly u. 1.
H-2100

*kassai.katalin@mkk.szie.hu

A rizs különböző vetési időpontjainak fenológiai modelleken és éghajlati adatbázison alapuló kockázatelemzése

GOMBOS BÉLA

Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar,
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Szarvas

Összefoglalás

A magyarországi rizstermesztésben az alacsony hőmérséklet jelenti a fő éghajlati kockázatot. A hidegstressz két típusa okozhat termés kiesést (1. bugasterilitást, 2. a tenyészidőszak káros megnyúlását eredményező), melyek minimalizálásában kulcskérdés a vetésidő helyes megválasztása.

A kutatás alapját az 1976–2007 időszak napi szarvasi éghajlati (hőmérsékleti) adatbázisa és hőösszeg típusú fenológiai modelleink képezték. Minden évre ötnaponkénti vetési időpontokból kiindulva számítottam a kelés, a virágzás és az érés időpontját, így becsülve az elhúzódozó kelés és a nem megfelelő beérés valószínűségét. Külön vizsgáltam a virágzási időpont és az éghajlati szempontból legkedvezőbb időszak egybeesését a steril típusú hidegstressz vonatkozásában.

A legkorábbi javasolt vetésidő április 20., ami kedvező talajhőmérséklet és várható időjárás esetén maximum egy héttel hozható előbbre. A korai vetés előnye csak a hosszú tenyészidejű fajtáknál érvényesülhet. Rövid tenyészidejű fajtáknál előnyösebb a május eleji vetés. A legkésőbbi vetési idő javasolt határdátuma erősen fajtafüggő, korai virágzású fajtáknál éréstípustól függően május 15–20., késői virágzású fajtáknál május 1–10. közötti.

Kulcsszavak: rizs, hőösszeg, fenológiai fejlődés, vetésidő, éghajlati kockázat

Risk analysis of different sowing dates of rice based on phenological models and climatic database

B. GOMBOS

Szent István University Faculty of Agricultural and Business Studies,
Institute of Water and Environmental Management, Szarvas

Summary

Low temperature is the main climatic risk in Hungarian rice production. There are two forms of cold stress, one of which can cause yield loss due to panicle sterility and the other appears due to elongation of the vegetation period. Optimization of sowing date is a key factor to minimize cold stress.

Our research is based on thermal time phenological models and daily temperature data (1976–2007) of Szarvas. Dates of emergence, flowering and maturity were calculated starting from different sowing dates (5-day steps from the 1st of April until 30th of May) for each year. This allowed us to determine the risk of unfavorably long emergence time and unfavorably late maturity date. Additionally, the flowering period was evaluated regarding the sterile-type cold stress.

According to our results the earliest sowing date recommended is generally 20th of April. Sowing can be done maximum one week earlier if soil temperature is favorable and a persisting warm weather period is forecast. However, only late maturity varieties can profit from early sowing. For early maturity varieties it is advantageous to shift sowing date towards May. The latest advised sowing dates are between the 15th and 20th of May for the early flowering type cultivars and between the 1st and 10th of May for the late flowering type cultivars, according to the maturity type (intensity of water loss at maturity).

Key words: rice, thermal time model, phenological development, sowing date, climatic risk

Анализ риска посева риса в различные сроки, основанный на фенологических моделях и на климатической базе данных

Б. ГОМБОШ

Университет им.Св.Иштвана, Факультет Аграрных и Экономических Наук,
Институт Воды и Экологического Менеджмента, г.Сарваш

Резюме

В выращивании риса в Венгрии главным климатическим риском является низкая температура. Два типа стресса холода могут причинить выпадение урожая (1. стерилизация метёлки, 2. вызывает вредное затягивание вегетационного периода), в минимизации которого ключевым вопросом является правильный выбор срока посева.

Основу исследования составили база данных дневных температур в Сарваше периода 1976–2007 годов и наши фенологические модели суммы тепла. Начиная от срока посева на каждый год на каждые пять дней высчитывали время всхождения, цветения и созревания, оценивая таким образом возможность затянувшегося всхождения и не-соответствующего созревания. Отдельно изучали срок цветения и с климатической точки зрения совпадение наиболее благоприятного периода в отношении стресса холода стерильного типа.

Предлагаемый самый ранний срок посева - 20-ое апреля, который в случае благоприятной температуры почвы и ожидаемой погоды можно перенести максимально на одну неделю раньше. Преимущество раннего посева может проявиться только у сортов с длинным вегетационным периодом. У сортов с коротким вегетационным периодом преимущественнее срок посева в начале мая. Предлагаемый самый поздний срок посева сильно зависит от сорта, в зависимости от типа созревания сортов раннего цветения – это 15–20-го мая, у сортов позднего цветения – это 1–10-го мая.

Ключевые слова: рис, сумма тепла, фенологическое развитие, срок посева, климатический риск

Bevezetés

A szántóföldi növénytermesztés jelentős mértékben kitett az időjárási hatásoknak. Alapvetően az egyes évek eltérő időjárási viszonyaira vezethető vissza az ún. évjáráthatás, mely egyértelműen megmutatkozik a termésátlagok változékonyságában (pl. trendértéktől való eltérés).

A rizs esetében a tenyészidőszak hőmérsékleti és sugárzási viszonyai a fő termés-meghatározó tényezők (Szász 1961). A csapadék a velejárási lehűléssel, a felhős időjárás révén, valamint az árasztóvíz hűtésével közvetett módon összességében negatív hatással bír. Mindez jelentős eltérés az öntözetlen szántóföldi kultúrákhoz képest, ahol – hazai körülmények között – a termésre legnagyobb hatást jellemzően a csapadék, illetve a vízellátás gyakorolja.

A hazai termőterületek jelentik a rizstermesztés európai északi határát, így kiemelkedő jelentősége van az alacsony hőmérsékletből adódó termelési kockázatnak. Az időjárást nem tudjuk megváltoztatni, nem tudjuk pontosan előre jelezni (csupán legfeljebb 7–10 napra), de az éghajlati viszonyok (hőmérsékleti klíma) ismeretében lehetőség nyílik ezen káros hatás mérséklésére.

A hazai rizstermesztés szempontjából az egyik kritikus pont a vetésidő helyes megválasztása, hiszen éghajlati sajátosságainkból adódóan viszonylag rövid az optimális vetési időszak. A túl korai vetés, az alacsony talajhőmérséklet miatt a kelés nagymértékű elhúzódtásához és heterogén, gyakran gyenge állomány kialakulásához vezet. A későbbi vetések többnyire egyenletesebb és erőteljesebb állományt eredményeznek, azonban ebben az esetben a későbbre toldó érés jelent egyre növekvő kockázatot (Simoniné 1979, 1983; Caton *et al.* 1998). Egyes években számottevő termés kiesést eredményez a virág-, illetve bugasterilitást okozó „klasszikus” hidegstressz, amelyet a kritikus fenológiai fázisok idején fellépő rövid ideig – néhány napig, egy hétig – tartó alacsony hőmérséklet okoz (Satake 1976, Simoniné 1979, 1983). A termelők mindezeket személyes tapasztalataik alapján figyelembe veszik a vetési időpont megválasztásánál.

A fenológiai fejlődés sebességét, ezáltal a tenyészidőszak hosszát számos tényező befolyásolja. Adott fajta esetében, megfelelő víz- és tápanyagellátás mellett azonban a hőmérséklet az elsősorú tényező. Ez teszi lehetővé az ún. hőösszeg módszerek eredményes alkalmazását a rizs fejlődésének kvantitatív leírására. A módszer lényege, hogy a napi hőegységeket kell összegezni és az adott fenológiai állapot (pl. kelés, virágzás, érés) elérése az adott fajra, fajtára meghatározott hőösszeg értéknél várható.

A hőegység (HE) kiszámításának legegyszerűbb, hagyományos formája a következő:

$$HE = T_k - T_{\text{bázis}}$$

ahol: T_k (°C) - a napi középhőmérséklet, $T_{\text{bázis}}$ (°C) - a bázishőmérséklet, továbbá $HE=0$, ha $T_k < T_b$.

A bázishőmérséklet azt a hőmérsékletet jelenti, amely alatt a növény fejlődési sebessége nullának tekinthető (Narval *et al.* 1986, McMaster és Smika 1988, Kirby 1995). A napi középhőmérséklet meghatározása a mezőgazdasági gyakorlatban korábban a napi maximum és minimum hőmérséklet átlagolásával történt, újabban a hőmérsékleti adatgyűjtők óránkénti, 10 percnkénti, vagy akár még sűrűbb mérései alapján határozzák meg a „valódi” napi középhőmérsékletet.

A bázishőmérséklet növényfajonként és -fajtánként eltérő és változhat a növény fejlődése során. Gyakran nem a „tényleges”, fiziológiai bázishőmérséklet (ami alatt nulla a fejlődési sebesség) szerepel az egyenletben, hanem valamilyen statisztikai módszerrel meghatározott paraméter. Kontrollált hőmérsékleti viszonyok között végzett kísérletek adataiból $T_{\text{bázis}}$ értékét többnyire a hőmérséklet és a fejlődési sebesség közötti feltételezett lineáris kapcsolat extrapolációjával határozzák meg (Warrington és Kanemasu 1983ab, Scott *et al.* 1984, Wiese és Binning 1987). Fluktuáló (szabadföldi) hőmérséklet mellett lehetőség, hogy megkeressék azt a $T_{\text{bázis}}$ értéket, amellyel legkisebb a hőösszeg módszer hibája, valamely statisztikai indikátor szerint (Yang *et al.* 1995, Steinmaus *et al.* 2000).

A hőösszeg módszer normál változata a fejlődéshez optimális hőmérséklet felett túlbecsüli a fejlődési sebességet. Ez korrigálható egy felső hőmérsékleti küszöb ($T_{\text{felső}}$ v. T_{opt}) modellbe történő beépítésével. $T_{\text{felső}}$ felett a hőmérséklet-fejlődési sebesség (T-FS) kapcsolatot konstans, vagy lineárisan csökkenő függvény, illetve ezek kombinációja írhatja le (Gilmore és Rogers 1958, Baker és Reddy 2001, Soltani *et al.* 2006).

A hőösszeg-módszer alkalmazásánál igen fontos a modell korlátainak figyelembe vétele. Rizs esetében a fotoperiódus azokon a területeken lehet akár meghatározó tényező, ahol a hőmérséklet a teljes tenyészidőszakban közel állandó (Fukai 1999). Ez esetben célszerű a hőmérséklet és a fotoperiódus együttes hatásának leírására alkalmas, a hőösszegen túlmutató modellek alkal-

mazása (*Yin et al.* 1997ab). A hazai rizstermesztésben a változó nappalhosszúság kisebb jelentőségű, mivel többnyire a fotoperiódusra alig érzékeny japonica fajták termesztése folyik (*Simonné* 1983), továbbá a hőmérséklet széles tartományban változik.

A nem-árasztott körülmények között termesztett rizs esetén a bugafejlődés alatt esetlegesen kialakuló vízhiány a virágzás késését eredményezi (*Tsuda és Takami* 1991, *Fukai et al.* 1999). A szárazság mértékének növekedésével a virágzás egyre későbbre tolódik (*Lilley és Fukai* 1994). A vegetatív szakaszban jelentkező – nem jelentős – szárazság hatására a virágzás csak elhanyagolható mértékben késik (*Boonjung és Fukai* 1996). A tápanyaggal általánosan gyengén ellátott területeken a rizs lassabban fejlődik. A tápanyag-utánpótlás hatására nem csupán a növények növekedése, hanem az egyedfejlődés sebessége is fokozódik (*Wonprasaid et al.* 1996). Jó tápanyagellátottságú, árasztott rizs esetén a hőösszeg modellek megbízhatóságát nem csökkentik ezen tényezők.

A rizs fejlődését közvetlenül nem a léghőmérséklet, hanem bizonyos növényi szervek (növekedési pont) hőmérséklete határozza meg. A két érték közötti szoros korreláció miatt a hőösszeg módszer alkalmazhatósága általában nem csorbul, de árasztott rizs esetében lehetséges a fenológiai modell pontosítása a vízhőmérséklet modellezésével és annak a hőösszeg módszerbe történő beépítésével (*Confalonieri et al.* 2007).

A rizs fejlődését magyarországi viszonylatban (fajta, klíma, talaj, termesztéstechnológia) jól leíró modell paraméterezéséhez hazai vizsgálatok szükségesek. Szarvason *Ipsits* (1993) számításai szerint kilenc rizsfajta átlagában a vetés-bugahányás időszak effektív hőösszege az 1986–1989 időszakban meglehetősen egységesen, 767 és 842 °C nap között alakult. Az éréshez szükséges (aktív) hőösszeg-igény *Simonné* (1983) szerint 2600–3000 °C nap, a legkorábbi fajtáknál 2300 °C nap. *É. Kiss* (1980) a virágzástól érésig szükséges napok számát vizsgálta. Megállapítása szerint az aktív hőösszeg helyett az effektív hőösszeg segítségével kapunk pontosabb eredményeket. 8 °C-os bázishőmérséklettel számolva 500–560 °C napra van szükség az éréshez, mely júliusi virágzásnál 36–39, augusztus 10.-inél 44, augusztus 20.-inál 54 napot jelent átlagosan. Ennél későbbi virágzás esetén az évek jelentős részében már nem érik be a rizs.

Saját kutatásaink során azt tapasztaltuk, hogy eltérő hőösszeg-módszer alkalmas a vetés–kelés fenofázis (kelési idő) és a kelés–virágzás fázis hosszának becslésére. Előbbire a hagyományos módszer (*Gombos és Simon-Kiss* 2008),

utóbbira egy bilineáris modell (*Gombos és Simon-Kiss 2005*) adott pontosabb eredményt.

A rizs optimális vetési idejének meghatározásában fontos lépés a csírázás-hoz, illetve keléshez szükséges minimális hőmérséklet vizsgálata. *É. Kiss és Hadnagy (1965)* megállapítása szerint 6 °C-on csupán megduzzadnak a magvak, de egy fajta esetében sincs csírázás. 10 °C-on a fajták nagy részénél megindul a csírázás, de nem alakul ki normális csíra. A 12 °C-os hőmérsékletet találták választóvonalnak, ugyanis egyes fajták már jól csírásznak. *Simonné (1979)* a kritikus hőmérsékleti értéktartományt 11–13 °C-ban határozta meg a rizsszem aktivizációs szakaszától kezdődően. E kutatási eredmények hatására a hazai termesztők, illetve kutatók jellemzően a 12 °C-ot tartják a rizs keléséhez szükséges minimális hőmérsékletnek. A termesztéstechnológiai útmutatás szerint a rizs vetése akkor ajánlott, amikor a talaj felső rétegének (5 cm) hőmérséklete tartósan átlépi a 12 °C-ot. *Lajtos (1967)* korábbi tanulmányában ennél 1 °C-kal magasabb, 13 °C-os határt javasolt.

A hidegstressz okozta virág-, illetve bugasterilitás a mérsékelt övi rizstermő területek nagy részén veszélyt jelent (Magyarország, Észak-Olaszország, Észak-Kína, Észak-Japán, Észak-Korea, Chile, Dél-Ausztrália). A károkozáshoz szükséges hideghatás mértéke nehezen számszerűsíthető, mivel:

- a növény érzékenysége változik az egyedfejlődése során,
- a növény különböző szervei a levegőtől eltérő hőmérsékletűek,
- változó hőmérséklet mellett többféle hőmérsékleti paraméterrel (átlag, minimum, index) jellemezhető a hideghatás mértéke,
- a hideghatás tartama is fontos tényező.

Külföldi vizsgálatok valószínűsítik, hogy az éjszakai hőmérséklet szerepe nagyobb, mint a nappali hőmérsékleté, vagy a napi átlagé. *Farrell et al. (2006a)* szerint a toleráns fajtáknál kevéssel 13 °C alatt van a kritikus érték. A melegebb nappalok némileg képesek enyhíteni az éjszakai hideghatást (*Shibata et al. 1970, Yoshida 1981*). *Shimono et al. (2005)* kísérleteiben a napi középhőmérséklet a napi minimumnál jobb prediktornak bizonyult és a modell javulását eredményezte, amikor a bugakezdemény hőmérsékletét az elhelyezkedése és a vízmagasság viszonya alapján a víz- vagy a léghőmérséklet értékével azonosították. További fontos megállapítás, hogy a bugakezdemény kialakulását megelőző vegetatív fejlődési szakasz hőmérsékleti viszonyai is hatással vannak a reprodukív fázisban mutatkozó hidegérzékenységre (*Shimono et al. 2007*).

Simonné (1979) szerint a virágszervek képződésének kezdeti stádiumában (termő és pollen sejtosztódása) a 15–17 °C-ra csökkenő és 5–6 napig tartó lég-hőmérséklet a buga teljes sterilitását okozza. E fázis ideje a bugázást megelőző 10–11. napra tehető.

Részleges, de nagyarányú bugasterilitást (30–40%) okoz a pollenfejlődés későbbi fázisában, vagy a virágzás idején 5–6 napig tartó 18–20 °C-ra csökkenő hőmérséklet. Mivel az egyes növények és így az állomány virágzási ideje is elhúzódik, a rövidebb idejű lehűlés kisebb arányú sterilitást (20–25%) idéz elő. Javaslat szerint a fajta- és vetésidő megválasztásával törekedni kell arra, hogy a virágzás lehetőleg a július 20-tól augusztus 5-ig terjedő időszakra essen, mivel sokévi átlagban ez a legmelegebb időszak Magyarországon.

Kutatásunkkal éghajlati adatbázisra és hőösszeg típusú fenológiai modellekre alapozva végeztük el a bemutatott három hidegstressz hatás komplex kockázatelemzését a vetésidő függvényében. Az így nyert kvantitatív információkkal kívánunk hozzájárulni a rizs vetésidő optimalizációjához. A vizsgálat kulcsa az a reális feltételezés, hogy a sokéves múltbéli relatív gyakorisági értékek a jövőre vonatkozó valószínűségi értékeknek tekinthetők. Ez vonatkozik mind a rizs szempontjából kritikus hőmérsékleti paraméterekre, mind a különböző fenológiai állapotok számított értékeire.

Anyag és módszer

Kutatásunk során azt vizsgáltuk, hogy a vetési időpont függvényében hogyan változik a hidegstressz különböző formáinak kockázata. A kockázatelemzés fő elemei a következők voltak:

- a hidegstresszhez kapcsolódó kritikus hőmérsékleti és fenológiai paraméterek beazonosítása (irodalmi adatok alapján),
- a kritikus hőmérsékleti paraméterek gyakoriság-vizsgálata az éghajlati adatbázis alapján,
- a rizs fenológiai fejlődésének vizsgálata az egyes években a hőösszeg modellekkel,
- a kedvezőtlen hatások gyakorisági vizsgálata a számított fenológiai paraméterek és az azokhoz kapcsolódó „kritikus” értékek alapján.

Vizsgálatainkhoz a Szarvas külterületén (É.sz. 46° 52', K.h. 20°32') elhelyezkedő meteorológiai állomás 1976–2007 közötti napi hőmérsékleti adatait használtuk fel. 2000-ig hagyományos mérések folytak az Országos Meteorológiai

Szolgálat Szarvasi Agrometeorológiai Observatóriumában, majd automata állomás szolgáltatva az adatokat (OMSZ és TSF közös üzemeltetés). A mérőhely kiválóan reprezentálja a Békés és Jász-Nagykun-Szolnok megyében összpontosuló hazai rizstermő területeket.

A bugasterilitás összefüggésben van a maximum-, illetve középhőmérséklettel, de legszorosabb összefüggést a napi minimum hőmérsékletekkel mutatja (*Shibata et al.* 1970, *Farrell et al.* 2006b), így az képezte statisztikai vizsgálatunk tárgyát. Meghatároztuk, hogy az egyes pentádokban (napenkénti csúsztatással a július–augusztus időszakban) a 32 év során milyen gyakorisággal fordult elő a kritikusnak tekinthető 14 °C alatti érték. Az érési időszakra (szeptember–október) hasonlóan végeztünk gyakorisági vizsgálatot a maximum hőmérséklet 20 °C alatti pentád átlagaira.

A kelési idő meghatározására a saját kutatásunkon alapuló (hazai fajták, hazai körülmények) lineáris hőösszeg modellünket alkalmaztuk, ahol az effektív hőösszeg igény $EHI=70\text{ °C}$ nap, a bázishőmérséklet $T_{\text{bázis}}=10\text{ °C}$. Ezek a „kerékített” paraméterek az összes vizsgált fajtára megfelelő pontosságúak, amennyiben jó kelési erélyű vetőmagokról van szó. A modellt megalapozó kutatások szerint a fejlődési sebesség – hőmérséklet kapcsolat lineárisára vonatkozó elvárás is teljesül a vizsgált $14\text{–}34\text{ °C}$ tartományban, öt hazai fajtára (*Gombos és Simon-Kiss* 2008).

A kelés–virágzás időszak hosszának becslésére a szarvasi szántóföldi kísérletek fenológiai megfigyelésein alapuló három különböző karakterisztikájú bilineáris hőösszeg modellünk is alkalmas. Ezek közül a parametrizációra kevésbé érzékeny, szimmetrikusan „emelkedő-csökkenő” változatot használtuk fel a kutatásunk során. A napi hőegység kiszámítása az 1. táblázatban bemutatott módon történik, $T_{\text{bázis}}=8,5\text{ °C}$ és $T_{\text{opt}}=23,1\text{ °C}$, $EHI=760\text{ °C}$ nap értékek mellett, ugyanis ezen paraméterek esetén volt legkisebb a kelés–virágzás időszak hőösszegének variációs koefficiense ($CV=2,7\%$) a vizsgált rövid tenyészidejű „Ringola” hazai rizsfajtára (*Gombos és Simon-Kiss* 2005).

A virágzástól az érésig szükséges napok számát *É. Kiss* (1980) lineáris hőösszeg módszerével határoztuk meg a vizsgált 32 év hőmérsékleti adatai alapján. Rövidebb érési idejű fajtákra (I. érési típus) 500 °C nap, hosszabb érési idejű fajtákra 560 °C nap (II. érési típus) a szükséges effektív hőösszeg igény, 8 °C -os bázishőmérséklet mellett. *Simonné* (1983) munkája alapján a megfelelő beérés határnapjának október 10.-ét jelöltük meg, a vetési idő értékelésénél ezt vettük figyelembe.

1. táblázat. A napi hőegység kiszámítása a kelés-virágzás fenofázisban

Hőmérsékleti tartomány (1)	Napi hőegység kiszámítása (2)
$T_k \leq T_{\text{bázis}}$	0
$T_{\text{bázis}} < T_k \leq T_{\text{opt}}$	$T_k - T_{\text{bázis}}$
$T_{\text{opt}} < T_k < 2 \cdot T_{\text{opt}} - T_{\text{bázis}}$	$2 \cdot T_{\text{opt}} - T_{\text{bázis}} - T_k$
$T_k \geq 2 \cdot T_{\text{opt}} - T_{\text{bázis}}$	0

Megjegyzés: T_k - napi középhőmérséklet, $T_{\text{bázis}}$ - bázishőmérséklet, T_{opt} - optimális hőmérséklet.

Table 1. Calculation of daily heat unit in the phenophase of emergence-flowering. (1) Temperature interval, (2) Daily heat unit, Note: T_k - daily mean temperature, $T_{\text{bázis}}$ - base temperature, T_{opt} - optimal temperature

A hőösszeg számításokat napi középhőmérsékleti adatokból kiindulva a Microsoft Excel táblázatkezelő szoftver segítségével végeztük el. A vetés-kelés, kelés-virágzás, virágzás-érés fázisokra az előzőekben bemutatott eltérő modelleket (illetve paramétereket) egymásra épülve alkalmaztuk a 32 év április 1.-május 30. közötti ötnaponkénti vetési időire. Ugyanezt a szoftvert alkalmaztuk a különböző meteorológiai paraméterek meghatározására (pl. a hőmérséklet csúsztatott pentád átlagai), illetve a gyakorisági vizsgálatokra.

Eredmények

Az alacsony hőmérséklet hatására az elhúzódó kelés, a részleges bugasterilitás, illetve a nem megfelelő beérés okozhat termés kiesést.

A kelést leíró lineáris hőösszeg modell felhasználásával számszerűen meghatároztuk az 1976–2007 időszak minden évére, hogy április 1., 10., 15., 20., 25. és április 30.-i vetésidők esetén hány nap múlva következett volna be a kelés (2. táblázat). Megállapítható, hogy a vetés időpontjának függvényében számottevően változik a keléshez szükséges idő, természetesen a későbbi vetéseknél a rövidebb. Ez azt jelenti, hogy hiába vetünk korábban, a rizs nem kel ki lényegesen előbb. Például egy esetleges április 10.-i és április 25.-i vetés esetén a kelési időpont átlagosan csupán öt nappal tér el.

A termelői gyakorlat szerint a három hétnél hosszabb kelési idő hátrányosan befolyásolhatja az állomány beállítását, az egy hónapon túli pedig igen kedvezőtlen. Ez alapján az április 10.-i vetés kizárható (68%-ban három hétnél későbbi kelés). A 15.-i sem ajánlott, hiszen 50%-os eséllyel csak három hét után,

illetve kb. 20% eséllyel egy hónap után kezdődik a kelés. Április 20.-tól jellemzően egyre kedvezőbbé válik az időjárás, de még így is átlagosan kb. három-évente egyszer túl hosszú a kelési idő (legalább három hét). Az április 25.-i vetés kockázata már elfogadható nagyságú, a vetést meg lehet kezdeni, bár a későbbi vetések természetesen még kedvezőbb körülményeket biztosítanak (ebben a fenofázisban). Eredményünk összhangban van a hazai szakirodalomban ajánlott április 20.–május 5. közötti ajánlott vetésidővel. Más megközelítés szerint a rizst akkor lehet vetni, ha a talajhőmérséklet vetési mélységben tartósan eléri a 12 °C (Simonné 1983), illetve a 13 °C értéket. Az áprilisi pentád középhőmérsékleteket elemezve viszont megállapítottuk, hogy a hónap elejéhez képest a 3. dekád kissé hűvösebb (32 év átlagában is). Több évben előfordulhat, hogy a hónap eleji kedvező időjárás miatt a talajhőmérséklet eléri a vetéshez megfelelő értéket. Kutatásunk szerint azonban nagy az éghajlati kockázata az elhúzódó kelésnek.

2. táblázat. A számított kelési idő (KI) átlagos hossza (nap), illetve a három hetet és egy hónapot elérő kelési idő előfordulási gyakorisága 32 év (1976–2007) alatt különböző vetési időpontok esetén

	04. 01.	04. 10.	04. 15.	04. 20.	04. 25.	04. 30.
KI átlaga (nap) (1)	31	26	22	19	16	14
KI ≥ 21 nap (esetszám) (2)	30	22	16	11	5	3
KI ≥ 30 nap (esetszám) (3)	14	8	6	2	1	0

Table 2. Calculated emergence time (in days) and the number of cases during 32 years (1976–2007) when the emergence time exceeded 3 weeks and 1 month, in case of different sowing dates. (1) Average emergence time in days, (2) Number of cases when ET ≥ 21 days, (3) Number of cases when ET ≥ 30 days

A virág-, illetve bugasterilitás kialakulási esélyének csökkentése érdekében már a vetésnél figyelemmel kell lennünk arra is, hogy a legérzékenyebb fejlődési stádiumok az éghajlatilag legkedvezőbb időszakokra essenek. A hőmérsékleti minimumok pentád-átlagának 14 °C alatti előfordulásának relatív gyakorisága (1. ábra) július vége–augusztus közepe közötti időszakban a legkisebb (20% alatt), azon belül augusztus első pentádjában van minimuma 10% alatti

értékkel. Augusztus 20.-a után már az évek jelentős részében kedvezőtlenek a hőmérsékleti viszonyok, de július első felében is viszonylag gyakran előfordulnak hűvösebb periódusok. A bugasterilitás kialakulásának komplexitása miatt ezek a százalékos arányok nem a károsodás mértékét, illetve gyakoriságát adják meg, hanem csupán a kedvező–kedvezőtlen időszak beazonosítására szolgálnak.

1. ábra. A minimum hőmérséklet pentád átlag $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti értékeinek relatív gyakorisága (Szarvas, 1976–2007)

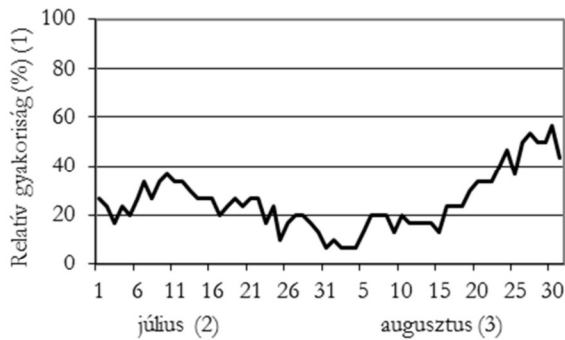


Figure 1. Relative frequency of 5-day-average of lower than $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ minimum temperatures (Szarvas, 1976–2007). (1) Relative frequency, (2) July, (3) August

A modellekkel (korai virágzású fajtákra) számított virágzási időpontok sokéves átlagáról megállapítható, hogy azok éppen a legkedvezőbb időszakra esnek (április 15.-i vetés esetén július 19., május 25.-i vetés esetén augusztus 8.), amennyiben a vetési időpont a gyakorlatban is szokásos intervallumon belül van (3. táblázat). A vetésidő függvényében lényegesen változik a virágzási idő szórása, a korai vetéseknél tapasztalható nagy eltérések az egyes évek között. Az áprilisi vetés tehát akár július első felébe eső virágzást eredményezhet, ami bugasterilitás szempontjából nem jelent előnyt, hiszen ekkor gyakoribb a káros lehűlés, mint a hónap végén, illetve augusztus elején. Ez a korai virágzású fajták áprilisi vetés ellen szól. Május közepi vetés esetén is legkésőbb augusztus első dekádjára esik a virágzás (32 évből 14 évben (44%) augusztus eleje, 18 évben (56%) július), ami még kedvező. Kiemelendő, hogy még május 25.-i vetés mellett sem tolódik a virágzás az augusztus 20. utáni egyre hűvösebb időszakra. A kései virágzású fajták viszont jellemzően 10–15 nappal később virágoznak (Simonné 1983), ezeknél emiatt (is) fontos a május 15. előtti vetés.

3. táblázat. A virágzási idő hőösszeg-modellekkel számított átlagos, legkorábbi és legkésőbbi időpontja 32 év (1976–2007) alatt különböző vetési időpontok esetén

Vetésidő (1)	04. 15.	05. 01.	05. 05.	05. 10.	05. 15.	05. 20.	05. 25.
Átlagos virágzási időpont (2)	07. 19.	07. 24.	07. 26.	07. 29.	08. 01.	08. 04.	08. 08.
Legkorábbi virágzás időpont (3)	07. 03.	07. 09.	07. 12.	07. 18.	07. 24.	07. 26.	07. 29.
Legkésőbbi virágzási időpont (4)	08. 07.	08. 08.	08. 09.	08. 11.	08. 11.	08. 13.	08. 17.

Table 3. Average, earliest and latest date of flowering calculated by thermal time models in case of various sowing dates, based on a 32-year-long period (1976–2007). (1) Sowing date (2) Average flowering date, (3) Earliest flowering date, (4) Latest flowering date

Átlagosnál hűvösebb tenyészidőszak esetén, késői vetésnél, hosszabb tenyészidejű fajtáknál reális kockázat az érési időszak oly mértékű kitolódása, amely veszélyezteti a termés megfelelő beérését, illetve a betakaríthatóságot. *Simonné* (1983) által kritikus érési határdátumként megjelölt október 10. létjogosultságát saját vizsgálataink is megerősítették. A szarvasi 30 éves éghajlati adatbázis alapján október 10. után az időjárási kockázat jelentőssé válik (>60%) és október 20. után már nagyon kicsi az esélye (0–5%) az érés szempontjából megfelelő, pentád átlagban 20 °C feletti maximum hőmérsékletnek (*Gombos* 2007). A termelési gyakorlat során nem fogadható el olyan agrotechnika (vetésidő, fajta), amely október 10. utáni érést valószínűsít.

Számításaink szerint a korai virágzású fajták május 1.-i vetésű állománya még minden évben beérik a kritikus időpontként megjelölt október 10.-ig (4. táblázat). Május 15.-én elvégzett vetés esetén a 32-ből két évben nem érne be a rizs október 10.-ig, az 1976–2007-es évek éghajlati jellemzői alapján. Az I. érési típusnál a május 25.-i vetés, a II. típusú fajtáknál a május 20.-i vetés viszont már közel 20% valószínűséggel (átlagosan 5 évből egyszer) nem érik be. Ez a kockázat még vállalható lehet annak tudatában, hogy többletköltséggel (szárítás) és többletveszteséggel (betakarítás) a problémás eset megoldható. A május 20.-i, illetve május 15.-i vetés viszont már csupán elhanyagolható kockázatú (6%), ez ajánlható legkésőbbi vetési dátumként.

4. táblázat. *A kedvezőtlenül kitolódó érés (a rizs nem érik be október 10-ig) relatív gyakorisága (%) az utóbbi 32 évre (1976–2007) vonatkozóan különböző vetésidők esetén*

Vetésidő (1)	05. 01.	05. 05.	05. 10.	05. 15.	05. 20.	05. 25.
Korai virágzás I. érési típus (2)	0	3	6	6	6	16
Korai virágzás II. érési típus (3)	6	6	6	6	22	28
Kései virágzás I. érési típus (4)	6	6	12	31	43	59
Kései virágzás II. érési típus (5)	12	19	31	43	66	81

Table 4. Relative probability (%) of unfavorably late maturity time (rice does not ripe before 10 October) in case of various sowing dates, based on a 32-year-long period (1976–2007). (1) Sowing date, (2) Early flowering, maturity type I. (3) Early flowering, maturity type II. (4) Late flowering, maturity type I. (5) Late flowering, maturity type II.

A kései virágzású (a koraiaknál 10 nappal későbbi) gyorsabb, illetve lassabb vízleadású fajtáknál, május 15.-i vetéssel 31%, illetve 43% valószínűséggel tolik ki kedvezőtlenül az érés. Ez elfogadhatatlan nagyságú kockázatot jelent. Az I. típusú fajták vetését célszerű május 10.-e környékén, a II. típusú fajtákét május 1.-ig befejezni (így 12% alatt marad a kedvezőtlen érés kockázata).

Megjegyezzük, hogy az eredményeinkben szereplő dátumok talajba vetésre és teljes beérésre vonatkoznak. Vízbe, illetve felszínre vetésnél, előre beáztatott vetőmag felhasználásával a vetésidő néhány nappal kitolható.

Következtetések

A vetési időpontjának megválasztásához célszerű figyelembe venni a sokéves éghajlati adatokon alapuló kockázatelemzésünket. Ez részben megerősíti, részben kissé módosítja, finomítja a korábbi (irodalmi) ajánlásokat. Különösen fontos többletet jelentenek a nem szokványos vetési időpontokhoz kapcsolódó valószínűségi információk, amelyek segítik az optimálistól eltérő időpontok megítélését.

Vizsgálatunk alapvetően megerősíti, hogy a rizst április 20.-a után célszerű elvetni. Ezt annyival egészíthetjük ki – figyelembe véve az időjárás kb. egyhetes előrejelezhetőségét –, hogy kedvező talajhőmérséklet és prognosztizált tartós meleg esetében ettől maximum egy héttel korábban elkezdhető a vetés. Rövid tenyészidejű fajtáknál nem érdemes a vetést siettetni, az évek többségében előnyösebb a május eleji vetés. Áprilisi vetésnél érdemes előnyben részesíteni a hosszabb tenyészidejű, nagyobb terméspotenciálú fajtákat. A legkésőbbi vetési idő határdátuma erősen fajtafüggő. Alapvetően a megfelelő beéréshez kell igazodni, ezzel a virágzás már az éghajlatilag kedvező időszakra esik. Mindemellett természetesen előfordul, hogy egyes években a virágzás idei hűvös időjárás a terméslimitáló tényező. Korai virágzású fajtáknál érési-pustól függően május 15–20., késői virágzású fajtáknál május 1–10. a biztonsággal javasolható határdátum. Korai virágzású, gyors érésű fajtákkal még a május 25.-i környéki vetés is vállalható a beérés és virágsterilitást okozó hidegstressz kockázata tekintetében.

Irodalom

- Baker, J. T.–Reddy, V. R.:* 2001. Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. *Annals of Botany*. 87: 605–613.
- Boonjung, H.–Fukai, S.:* 1996. Effects of soil water deficit at different growth stages on rice growth and yield under upland conditions. 2. Phenology, biomass production and yield. *Field Crops Research*. 48: 47–55.
- Caton, B. P.–Foin, T. C.–Gibson, K. D.–Hill, J. E.:* 1998. A temperature-based model of direct-, water-seeded rice (*Oryza sativa*) stand establishment in California. *Agricultural and Forest Meteorology*. 90: 91–102.
- Confalonieri, R.–Acutis, M.–Donatelli, M.–Genovese, G.–Mariani, L.–Gusberti, D.–Trevisiol, P.–Rodolfi, M.–Picco, A. M.–Cerrani, I.–Bellochi, G.:* 2007. WARM a new model for paddy rice simulations. 4th International Temperate Rice Conference 2007. June 25–28 2007. Novara. Italy. 126–127.
- É. Kiss I.:* 1980. A fajtaösszetétel és az éghajlati elemek hatása a hazai rizstermesztésgokra. Kandidátusi értekezés. Országos Mezőgazdasági Fajtakísérleti Intézet. Budapest. 141.
- É. Kiss I.–Haadnagy Á.:* 1965. Rizsfajták csírázásának vizsgálata különböző hőmérsékleten. Kísérletügyi Közlemények. Növénytermesztés. LVIII/A. 1: 91–98.

- Farrel, T. C.–Fox, K. M.–Williams, R. L.–Fukai, S.*: 2006a. Genotypic variation for cold tolerance during reproductive development in rice: screening with cold air and cold water. *Field Crops Research*. 98: 178–194.
- Farrel, T. C.–Fukai, S.–Williams, R. L.*: 2006b. Minimising cold damage during reproductive development among temperate rice genotypes. I. Avoiding low temperature with the use of appropriate sowing time and photoperiod-sensitive varieties. *Australian Journal of Agricultural Research*. 57. 1: 75–88.
- Fukai, S.*: 1999. Phenology in rainfed lowland rice. *Field Crops Research*. 64: 51–60.
- Fukai, S.Pantuwan, G.–Jongdee, B.–Cooper, M.*: 1999. Screening for drought resistance in rainfed lowland rice. *Field Crops Research*. 64: 61–74.
- Gilmore, E. C.–Rogers, J. S.*: 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agronomy Journal*. 50: 611–615.
- Gombos B.*: 2007. A rizs tenyésztésének hőmérsékleti szempontból kritikus szakaszai Magyarországon. XIII. Ifjúsági Tudományos Fórum. 2007. március 22. Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar. Keszthely. CD kiadvány.
- Gombos, B.–Simon-Kiss, I.*: 2005. Bilinear thermal time models for predicting flowering time of rice. *Cereal Res. Commun.* 33. 2–3: 569–576.
- Gombos, B.–Simon-Kiss, I.*: 2008. Study and modelling the emergence of five Hungarian rice cultivars. *Cereal Res. Commun.* 36. 3: 501–510.
- Ipsits Cs.*: 1993. Esőztető öntözéssel termesztett rizs agronómiai és morfológiai sajátosságainak vizsgálata. Kandidátusi értekezés. Budapest. 118.
- Kirby, E. J. M.*: 1995. Factors affecting rate of leaf emergence in barley and wheat. *Crop Science*. 35: 11–19.
- Lajtos J.*: 1967. A fajta, mint a rizstermesztés tényezője. *Öntözéses Gazdálkodás*. 5. 2: 23–37.
- Lilley, J. M.–Fukai, S.*: 1994. Effect of timing and severity of water deficit on four diverse rice cultivars. III. Phenological development, crop growth and grain yield. *Field Crops Research*. 37: 225–234.
- McMaster, G. S.–Smika, D. E.*: 1988. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central Great Plains. *Agricultural and Forest Meteorology*. 43: 1–18.
- Narwal, S. S.–Poonia, S.–Singh, G.–Malik, D. S.*: 1986. Influence of sowing dates on the growing degree days and phenology of winter maize (*Zea mays* L.). *Agricultural and Forest Meteorology*. 38: 47–57.
- Satake, T.*: 1976. Sterile-type cool injury in paddy rice plants. *Climate and Rice*. International Rice Research Institute. Manila. 281–300.
- Scott, S. J.–Jones, R. A.–Williams, W. A.*: 1984. Review of data analyses methods for seed germination. *Crop Science*. 24: 1192–1199.
- Shibata, M.–Sasaki, K.–Shimazaki, Y.*: 1970. Effects of air-temperature and water-temperature at each stage of the growth of lowland rice: I. Effect of air-temperature and water-temperature on the percentage of sterile grains. (In Japanese, with English abstract.) *Proceedings of Crop Science Society of Japan*. 39: 401–408.

- Shimono, H.–Hasegawa, T.–Moriyama, M.–Fujimura, S.–Nagata, T.*: 2005. Modeling spikelet sterility induced by low temperature in rice. *Agronomy Journal*. 97: 1524–1536.
- Shimono, H.–Okada, M.–Kanda, E.–Arakawa, I.*: 2007. Low temperature-induced sterility in rice: Evidence for the effects of temperature before panicle initiation. *Field Crops Research*. 101: 221–231.
- Simonné K. I.*: 1979. A hazai rizstermesztés problémái. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium. Agroiinform. Budapest. 36.
- Simonné K. I.*: 1983. A rizs termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 293.
- Soltani, A.–Robertson, M. J.–Torabi, B.–Tousefi-Diaz, M.–Sarparast, R.*: 2006. Modelling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. *Agricultural and Forest Meteorology*. 138: 156–167.
- Steinmaus, S. J.–Prather, T. S.–Holt, J. S.*: 2000. Estimation of base temperatures for nine weed species. *Journal of Experimental Botany* 51: 275–286.
- Szász G.*: 1961. A rizs termesztésének időjárási feltételei a fő termőtájakon. *Növénytermelés*. 10. 2: 193–206.
- Tsuda, M.–Takami, S.*: 1991. Changes of heading time and panicle weight in rice subjected to water stress during the early stage of panicle development. *Japanese Journal of Crop Science*. 60: 241–246.
- Warrington, I. J.–Kanemasu, E. T.*: 1983a. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation, and anthesis. *Agronomy Journal*. 75: 755–761.
- Warrington, I. J.–Kanemasu, E. T.*: 1983b. Corn growth response to temperature and photoperiod. II. Leaf-initiation and leaf-appearance rates. *Agronomy Journal*. 75: 749–754.
- Wiese, A. M.–Binning, L. K.*: 1987. Calculating the threshold temperature of development for weeds. *Weed Science*. 35: 177–179.
- Wonprasaid, S.–Khunthasuvon, S.–Sittisuang, P.–Fukai, S.*: 1996. Performance of contrasting rice cultivars selected for rainfed lowland conditions in relation to soil fertility and water availability. *Field Crops Research*. 47: 267–275.
- Yang, S.–Logan, J.–Coffey, D. L.*: 1995. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. *Agricultural and Forest Meteorology*. 74: 61–74.
- Yin, X.–Kropff, M. J.–Horie, T.–Nakagawa, H.–Centeno, H. G. S.–Zhu, D.–Goudriaan, J.*: 1997a. A model for photothermal responses of flowering in rice. I. Model description and parameterization. *Field Crops Research*. 51: 189–200.
- Yin, X.–Kropff, M. J.–Goudriaan, J.*: 1997b. Changes in thermal sensitivity of development from sowing to flowering in rice. *Crop Science*. 37: 1787–1794.
- Yoshida, S.*: 1981. Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute. Los Banos. Philippines. 269.

A szerző levelezési címe - Address of the author:

Dr. Gombos Béla
Szent István Egyetem AGK
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet
Szarvas
Szabadság út 1-3.
H-5540
gombos.bela@gk.szie.hu

Egy rektori elképzelés továbbgondolása: egy induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer optimalálása

PAPP-TOPA EMŐKE - NYESTE ERIKA - SOÓS ÁRON - BÓDI ÉVA -

VÁRALLYAY SZILVIA - CZIPA NIKOLETT - KOVÁCS BÉLA

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Élelmiszertudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Napjainkban nagyon fontos elvárás a minél több minta minél rövidebb idő alatti elemzése. A Debreceni Egyetem MÉK Élelmiszertudományi Intézet laboratóriumában jelentős számú növényi- és élelmiszerminta elemanalitikai vizsgálata folyik. Ezen vizsgálatokhoz egy Thermo iCAP 6300 típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert (ICP-OES) használunk. A minták többségében az elemek egy része csak nagyon kis koncentrációkban van jelen, míg mások több nagyságrenddel nagyobb tartományban fordulnak elő. Az alkalmazott készülék változtatható paramétereinek beállítási értékei minden elem vizsgálatára egyszerre vonatkoznak. Ezért célunk volt a változtatható paraméterek vizsgálatával megállapítani azon beállítási értékeket, melyek az összes elem meghatározásához a lehető legkedvezőbb mérési körülményeket és a legkisebb kimutatási határokat eredményezik.

Az általunk vizsgált változtatható paraméterek a kicsatolt teljesítmény, a perisztaltikus pumpa sebessége, a porlasztógáz- és a segédgáz áramlási sebessége voltak. Ezek a tényezők nem függetlenek egymástól, mivel összetett módon hatnak a plazma teljesítő képességére, ezáltal a kimutatási határra is.

A mérések során narancs/fehér 0,64 mm belső átmérőjű pumpacsövet használtunk. Az optimaláláshoz Merck multieleemes, 1000 mg/dm³-es törzsoldatból készített 10 mg/dm³-es oldatot használtunk. Ez a standard oldat az Al, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg,

Mn, Na, Ni, Pb, Sr és Zn elemeket tartalmazta. A háttér meghatározásához nagy tisztaságú ionmentes víz (MilliQ) intenzitását határoztuk meg. A kapott eredményekből a jel-háttér (nettó jel) és a jel/háttér értékeket számoltuk ki. A maximális nettó jelnél a legkedvezőbb precizitás értékeket kapjuk, míg a maximális jel/háttér esetén a legjobb kimutatási határok érhetők el. Vizsgálataink során két paramétert a korábban általánosan javasolt értékekre állítottuk be, míg a harmadik paraméter változtatásával mértük az intenzitásokat. A mérések során axiális megfigyelésben 20 sec, radiális megfigyelésben pedig 10 sec integrálási időt használva kétszeres ismétlésben végeztük el a vizsgálatokat.

Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy az optimális paraméterek a következők: perisztaltikus pumpa sebessége 75 fordulat/min (rpm), a porlasztógáz áramlási sebessége: 0,75 dm³/min, a segédgáz optimális áramlási sebessége pedig 1 dm³/min. A kicsatolt teljesítmény esetén a makroelemeknél a 950 W-ot, a többi elem esetén az 1350 W-ot találtuk optimálisnak.

A mérési eredményeket összegezve találtunk olyan optimális paramétereket, amelyekkel a különböző növényi- és élelmiszerminták összetételét az eddigieknél kisebb, ezáltal kedvezőbb kimutatási határok mellett tudjuk meghatározni.

Kulcsszavak: optimalálás, ICP-OES, induktív csatolású plazma, spektrometria

Further thinking of Rector's idea: optimization of inductively coupled plasma optical emission spectrometer

E. PAPP-TOPA – E. NYESTE – Á. SOÓS – É. BÓDI –

SZ. VÁRALLYAY – N. CZIPA – B. KOVÁCS

University of Debrecen Faculty of Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management,
Institute of Food Science, Debrecen

Summary

Nowadays it is very important to analyze as many samples as possible in the shortest amount of time. In the laboratory of the Institute of Food Science at the University of

Debrecen, a lot of plant and food samples are studied. For these tests Thermo iCAP 6300 inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES) is being applied. In most samples there are some elements present only at very low concentrations, while others can be found in a larger scale. The settings of the instrument apply to each element, but can be changed as well. Therefore, our intention was to determine the optimal measurement settings for all elements with the lowest detection limits, by examining the variable parameters.

We have studied the following variable parameters: the RF power, the velocity of the peristaltic pump, the flow rate of the nebuliser- and auxiliary gases. These factors are not independent of each other as they have a complex effect on the plasma performance and thus on the detection limit. During the measurements, an orange/white 0.64 mm inner diameter tube was used. For optimization, a 10 mg/dm³ multi-element solution was used diluted from a 1000 mg/dm³ Merck stock solution. This standard solution contains Al, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr and Zn elements. To determine the background (blank), high purity deionized water was used (MilliQ). During our investigations two parameters were adjusted to the values as they were used in the previous, usual routine measurements. The intensity was measured by changing the third parameter. During the measurements 20 sec integration time by axial view and 10 sec integration time by radial view were used, in duplicate.

The results show that the optimal settings for all elements are 75 revolutions/min (rpm) speed of the peristaltic pump, 0.75 dm³/min nebuliser gas flow rate and 1 dm³/min auxiliary gas flow rate. The RF power resulted as an optimum 950 W for the macroelements and 1350 W for other elements.

Summarizing the results of measurements we have found the optimal parameters to determine the composition of different plant and food samples with lower detection limits.

Key words: optimization, ICP-OES, inductively coupled plasma, spectrometry

Дальнейшее развитие идеи одного ректора: оптимизация оптического эмиссионного спектрометра индуктивно связанной плазмы

Е. ПАПП-ТОПА – Е. НЬЕШТЕ – А. ШООШ – Е. БОДИ –

С. ВАРАЙАИ – Н. ЦИПА – Б. КОВАЧ

Дебреценский Университет, Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и

Экологического Менеджмента,

Институт Продуктов Питания, Дебрецен

Резюме

В наши дни очень важным требованием является проанализировать как можно больше образцов за менее короткое время. В лаборатории Института Продуктов Питания Дебреценского Университета проводится изучение аналитики элементов большого количества растительных и продовольственных образцов. Для этих исследований используем плазменный оптический эмиссионный спектрометр индуктивного подключения типа «Thermo iCAP 6300» (ICP-OES). Часть элементов в большинстве образцов присутствует только в очень малых концентрациях, другие элементы встречаются в значительно больших количествах. Установочные показатели изменяемых параметров использованного прибора относятся одновременно к исследованию каждого элемента. Поэтому нашей целью было исследованием изменяемых параметров установить такие установочные величины, которые дают по возможности самые благоприятные измерительные обстоятельства и самые малые границы показаний для определения всех элементов.

Изучаемые нами изменяемые параметры были расцеплённая мощность, скорость перистальтического насоса, скорость потока распыляемого газа и вспомогательного газа. Эти факторы не независимые друг от друга, поскольку сложным образом влияют на мощность плазмы, поэтому и на величины показателей.

В ходе измерений использовали оранжево-белый шланг насоса внутренним диаметром 0,64 mm. Для оптимизации использовали «Merck» мультиэлементный, приготовленный из 1000 mg/dm³ маточного раствора, 10 mg/dm³ раствор. Этот стандартный раствор содержал следующие элементы: Al, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr и Zn. Для установления фона определили интенсивность большой чистоты деионизированную воду (MilliQ). Из полученных резуль-

татов высчитали показатели показатель-фон (нетто показатель) и показатель/фон. У максимального нетто показателя получаем самые благоприятные точные показатели, а в случае максимального показателя/фон можно получить самые лучшие границы показателей. В ходе наших исследований установили два параметра на обычно предлагаемые ранее показатели, а изменением третьего параметра измерили интенсивность. В ходе измерений, используя интегральное время в осевых наблюдениях 20 сек, а в радиальных наблюдениях 10 сек, в двухразовых повторениях проводили исследования.

На основании результатов установили, что оптимальные параметры следующие: скорость перистальтического насоса 75 оборот/минуту (rpm), скорость потока расширяемого газа: $0,75 \text{ dm}^3/\text{min}$, а оптимальная скорость потока вспомогательного газа $1 \text{ dm}^3/\text{min}$. В случае расцеплённой мощности у макроэлементов нашли оптимальным 950 W, в случае других элементов нашли оптимальным 1350 W.

Обобщив результаты измерений обнаружили такие оптимальные параметры, с которыми состав различных растительных образцов и образцов продуктов питания можем установить в более маленьких, чем до этого рамках, в более благоприятных исследовательских величинах.

Ключевые слова: оптимизация, ICP-OES, индуктивно связанная плазма, спектрометрия

Bevezetés

Éppen 30 évvel ezelőtt Szász Gábor professzor úr, a Debreceni Agrártudományi Egyetem akkori rektora egy külföldi útja alkalmával szembesült azzal a felismeréssel, hogy az egyetemünkön az elemtartalmi vizsgálatok kivitelezésének az egyik leghatékonyabb lehetősége az, ha az egyre nagyobb számú és a legkülönbözőbb típusú növény- és talajminták elemtartalmának vizsgálatára egy induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert (ICP-OES) alkalmazunk. Véleményünk szerint, ez a Rektor úrnak nagyszerű felismerése volt, sőt ezt a felismerést tettek is követték, megrendelte/megrendeltette az egyetemünkre az első ICP-OES (LABTAM 8440M) (Kovács 1998, Kovács et al. 1998) készüléket, amely 1988 februárjában installálásra is került. Szász Gábor professzor úr áldásos tevékenysége eredményeként azóta is több százezer minta és több millió mérési adat került elemzésre az első, a második (OPTIMA

3300), majd a jelenleg is rendelkezésre álló Thermo iCAP 6300 típusú induk-tív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel.

Az elmúlt 30 év alatt sem változott sokat a helyzet a rutin analitikai mérés-technika területén, ugyanis az egyre növekvő analitikai igényt olyan multi-elemes minta-előkészítő és -mérő módszerek képesek teljesíteni, melyek vi-szonylag gyors és egyszerű mintakezelést tesznek lehetővé, valamint megfelelő megbízhatósággal és kimutatási határral rendelkeznek, továbbá a lehetőségek-hez mérten kedvező üzemelési költségek jellemzik. A Debreceni Egyetem, Me-zőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán igen nagy-számú növény-, talaj- és élelmiszerminta vizsgálatára van igény. A minták több-ségében az elemek egy része csak nagyon kis koncentrációban van jelen, míg mások esetleg több nagyságrenddel nagyobb tartományban fordulnak elő. Mivel a minták elemzésével szembeni igények egyre nőnek, ezért egyre kor-szerűbb és fejlettebb mérőeszközökre van szükség, melyekkel gyors és pon-tos mintaelemzés lehetséges. Napjainkban tehát nagyon fontos elvárás a minél több minta, minél rövidebb idő alatti elemzése. Ezért a műszeres analitika elé szá-mos követelmény állt. Olyan berendezésekre van szükség, melyekkel gyor-san, precízen és lehetőleg költséghatékonyan lehessen elvégezni a vizsgálá-tokat. A legkülönbözőbb növény-, talaj-, víz-, és élelmiszermintákban jelen lévő elemek kimutatására rendkívül alkalmas, a több évtizedes múlttal rendelkező készülék, az ICP-OES. Az Intézetünk laboratóriumában Thermo iCAP 6300 Dual típusú műszer áll rendelkezésre az ilyen jellegű minták vizsgálatához. A készülék optimalását úgy kell elvégezni a változtatható paraméterek megfelelő beállítása segítségével, hogy valamennyi elemre (makro-, mikro- és toxikus elemekre) a lehető legkisebb kimutatási határokat érhessük el.

Irodalmi áttekintés

Az első szikra-készülékeket kémiai elemzésre 1776-ban használta Alessandro Volta. Felfedezte, hogy egy statikus elektromos töltés elég erős ahhoz, hogy szikrákat hozzon létre. Végül megállapította, hogy a különböző szilárd anyagok különböző spektrumú szikrákat hoznak létre.

A 18. század végén, 19. század elején néhány tudós a Nap és a bolygók spekt-rumát hasonlították a lángok/szikrák által kibocsátott színképhez. Talbot a kí-sérletei alapján megállapította, hogy a különböző ásványi sók milyen színek-ben festik meg a lángot.

1859-ben Bunsen és Kirchhoff azt feltételezte, hogy a lángok éles spektrumi nem molekuláktól, hanem atomoktól származnak. 1860 és 1864 között négy elem (Cs, Rb, Tl és In) emissziós spektroszkópiai vizsgálatát dolgozták ki (Csányi *et al.* 1974, Erdey és Mázor 1974, Mika *et al.* 1974, Papp 1985).

A 20. század elejéig az analitika hajtóereje az ív- és szikragerjesztés volt. Ennek hátránya, hogy szinte csak szilárd minták vizsgálatára tudták használni. Az 1960-as években a főként folyékony minták elemzésére alkalmas atomabszorpciós spektroszkópia (AAS) használata került előtérbe (Tomcsányi 1986, Papp 1995).

Mint ahogyan a legtöbb új technikában, az eredeti optikai emissziós vizsgálatok sem adtak látványos eredményeket. De a lángatomabszorpciós analízisnél már jobb volt, mivel néhány elemnél több lehetőséget adott az analitikusoknak.

A ma használatos ICP-OE spektrométer nagyon sokban hasonlít az 1970-es években leírt módszerre, melyet Velmer Fassel kutatómunkája eredményezett (Dickenson és Fassel 1969). Fassel Dickenson munkájának felhasználásával optimalizálta az ICP-OES paramétereit. Ezek alapján 1974-ben került forgalomba az első spektrométer. Mint korábban említettük, a manapság ismert elem-analitikai meghatározási eljárások közül a leggyakoribb ez a technika (Gauglitz és Vo-Dinh 2003, Kovács és Csapó 2015).

1972-ben Boumans és De Boer 50 MHz-es RF-generátort használva vizsgálták az emissziós intenzitás változását. A teljesítmény növelésének hatására az intenzitás is nőtt, viszont a porlasztógáz áramlási sebességétől már kevésbé függött és maximum görbét mutatott. Berman és McLaren (1978) tanulmánya ugyanezt bizonyította, de a jel-háttér (nettó jel) elért egy maximumot, majd folyamatosan csökkent a porlasztógáz sebességének növelése hatására.

Boumans és De Boer 1977-ben a háttér és jel adataiból már jel-háttér (nettó jel) és jel/háttér arányt is vizsgált. A kicsatolt teljesítményt 0,8 és 2,2 kW közötti tartományban változtatták. Az intenzitás először minden elem esetében nőtt, majd a CdII, MnII, ZnI, CdI vonalak állandó értéket értek el, míg a LiI, BaI, MnI vonalak esetében csökkenést mutattak. Boumans 1978-as publikációjában a különböző sajátságú vonalakat elnevezte ún. „hard” és „soft” vonalaknak. „Hard” vonalak azok, amelyek a teljesítmény növelésével növekvő intenzitást mutatnak és „soft” vonalak, amelyek ezekkel szemben csökkenő értékűek. A jel/háttér értékei nagyok voltak a kis teljesítménynél és egyre csökkentek a növelés hatására. Az optimális kimutatási határok 1,0 és 1,2 kW közötti tartományban voltak mérhetőek.

Edmonds és Horlick (1977) is két különböző csoportba sorolta a vonalakat. Az egyik csoportban a vonalak (Ca, Ba, Sr, Cr, Ti) intenzitás maximuma csökken a teljesítmény növelésével, a másik csoport vonalainak intenzitása nem változik. A kétféle viselkedés visszavezethető arra, hogy atomoktól („soft”) vagy ionoktól („hard”) származnak a vonalak. Ugyanakkor a tanulmányban nem hagyták figyelmen kívül, hogy egyes elemek (Cu, Ag) atomvonalai ionvonal viselkedést mutatott.

Boumans és De Boer 1977-es tanulmányában említést tesz a pumpasebességről. Optimálisnak a 3,0 cm³/min sebességet találta, ahol a plazma még stabilan működik.

Anyag és módszer

Az általunk optimalizált készülék egy iCAP 6300 Dual típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer, mely számos elem (például: Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, Zn) egyidejű meghatározására képes axiális és radiális megfigyelésben is.

Az 1. táblázatban a készülék paraméterei és a mintabeviteli rendszer jellemzői találhatók.

1. táblázat. Az ICP-OES tulajdonságai

Gyártó (1)	Thermo Electron Corporation
Készülék (2)	iCAP 6300 Dual ICP-OES
Detektor (3)	CID szilárd test detektor (9)
Optikai rendszere (4)	Echelle elrendezésű (10)
Porlasztó típusa (5)	koncentrikus (11)
Ködkamra típusa (6)	ciklonos (12)
Plazma megfigyelés (7)	axiális és radiális (13)
Hullámhossz tartomány (8)	166–847 nm

Table 1. ICP-OES characteristics. (1) Manufacturer, (2) Device, (3) Detector, (4) Optical system, (5) Nebuliser type, (6) Spray chamber type, (7) Plasma view, (8) Wavelength range, (9) CID solid-state detector, (10) Echelle arrangement, (11) Concentric, (12) Cyclonic, (13) Axial and radial

A készülék optimalálásához Merck multielemes, 1000 mg/dm³-es törzsoldatból készített 10 mg/dm³-es oldatot használtunk. Ez a standard oldat tartalmazza az Al, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr és Zn elemeket.

A háttér meghatározásához nagy tisztaságú ionmentes vizet használtunk (MilliQ). Vizsgálataink során két paramétert a korábbi, ún. rutin mérésekhez használt értékekre állítottuk be és a harmadik paraméter változtatásával mértük az intenzitásokat. A mérések során axiális megfigyelésben 20 sec, radiális megfigyelésben 10 sec integrálási időt használva kétszeres ismétlésben végeztük el a vizsgálatokat. A minta betáplálásához narancs/fehér pumpacsövet használtunk, melynek belső átmérője 0,64 mm. Az ICP-OES vezérlő program (iTEVA 2.8.0.97) lehetőséget ad a teljesítmény, a segéd- és porlasztógáz, valamint a pumpa-, azaz a mintabetáplálási sebesség változtatására (2. táblázat).

2. táblázat. Az ICP-OES vizsgált változtatható paramétereit

Teljesítmény (1)	750–1350 W
Porlasztógáz áramlási sebessége (2)	0,25–1,3 dm ³ /min
Segédgáz áramlási sebessége (3)	0,5–1,5 dm ³ /min
Mintabetáplálási sebesség (4)	25–125 rpm

Table 2. The observed adjustable parameters of ICP-OES. (1) Reflected power, (2) Flow rate of nebuliser gas, (3) Flow rate of auxiliary gas, (4) Sample uptake rate

Ezek a tényezők nem függetlenek egymástól, mivel összetett módon hatnak a plazma teljesítőképességére, ezáltal a kimutatási határra is. Vizsgálataink során a következő beállításokat alkalmaztuk:

1. A *kicsatolt teljesítmény* alsó értékének választottuk a 950 W-ot, felső korlátjának a program által is megengedett legmagasabb értéket az 1350 W-ot. Az irodalmak 400–800 W-os és 1600 W-nál nagyobb teljesítményt is leírnak, ám figyelembe véve az általunk használt készülék tulajdonságait, ezeket az értékeket találtuk ideálisnak. Bár a készülékünk 750 W-os teljesítményen is képes mérni, de túl instabil, a plazma könnyen kialszik. Ezek alapján 950, 1150 és 1350 W értékekre állítottuk be. Értékét nem rögzítettük egy adott teljesítményre, hanem az egyéb változtatható paraméterek módosításakor mindhárom kicsatolt teljesítményen elvégeztük a méréseket.

2. A *mintabetáplálási- vagy pumpasebesség* változtatásával a plazmába jutott minta mennyiségét próbáltuk változtatni. A lehetséges 0–150 fordulat/min (rpm) tartományon belül a 25, 50, 75, 100 és 125 rpm sebességet választottuk. A 25 rpm értéknél kisebb sebességen nem képződik elég aeroszol, a 125 rpm-

nél nagyobb sebességnél pedig a plazmába érkező nagy mennyiségű minta lehűti azt, ezáltal jelentősen megváltoztatja a plazma hőmérsékletét. Méréseink során a porlasztó- és segédgázt $1 \text{ dm}^3/\text{min}$ értéken rögzítettük.

3. A *porlasztógáz vagy mintagáz* a torch belső csövében áramlik, feladata az oldat porlasztása, valamint a képződött aeroszol szállítása a plazmába. Áramlási sebességének változtatásával a plazmába juttatott minta mennyiségét változtatjuk. Értékét a szoftver által felkínált tartományon belül a 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25 és $1,3 \text{ dm}^3/\text{min}$ -nek választottuk. Ez alatt a segédgázt $1 \text{ dm}^3/\text{min}$, a pumpasebességet 50 rpm értéken tartottuk.

4. A *segédgáz* a torch középső és belső csöve között áramlik, elsődleges feladata a torch védelme. Megemeli a plazmát, ezzel megakadályozva a torch összeolvadását. Áramlási sebességének változtatásával a plazma stabilitását változtatjuk. Vizsgálatainkhoz a vezérlő program által felkínált tartományon belül a 0,5, 1,0 és $1,5 \text{ dm}^3/\text{min}$ értéket választottuk. Ez alatt a mintagázt $1 \text{ dm}^3/\text{min}$, a pumpasebességet 50 rpm értéken tartottuk.

Az ICP-OES készülékvezérlő szoftver (iTEVA) lehetőséget ad a paraméterek változtatására, amelyekkel be tudjuk állítani a méréseinkhez szükséges optimális paramétereket. Ezen optimális paraméterek megtalálásához nem csak maximális bruttó jel intenzitást kell meghatároznunk, hanem vizsgálni kell a vonalak jel-háttér (nettó jel) és a jel/háttér értékét is.

A mérések során 18 elem 31 vonalát vizsgáltuk meg (3. táblázat). Mértük a háttér és a bruttó jel intenzitás értékeit, majd ezekből számoltuk és grafikonon ábrázoltuk a jel-háttér (nettó jel) illetve a jel/háttér értékeket. Szakirodalmak alapján a maximális bruttó jel megkeresése helyett kedvezőbb a jel/háttér maximumhoz tartozó paraméterek beállítása (Boss és Fredeen 1984, Montaser és Golightly 1987).

Eredmények és értékelés

A kimutatási határok a betáplálási sebességtől, a teljesítménytől, a porlasztógáz- és a segédgáz áramlási sebességtől nagymértékben függenek. Ezek a tényezők nem különíthetők el egymástól, mivel összetett módon hatnak a plazma teljesítőképességére és a minél jobb kimutatási határok elérésére.

3. táblázat. *A mérésekhez használt standard elemei és az általunk kiválasztott vonalak tulajdonságai (*I: atomvonal; II: ionvonal)*

Elem (1)	Vonaltípus* (2)	Hullámhossz (nm) (3)	Elem (1)	Vonaltípus* (2)	Hullámhossz (nm) (3)
Al	I	308,2	K	I	766,4
Al	I	396,1	K	I	769,8
B	I	208,9	Li	I	670,7
B	I	249,7	Mg	I	202,5
Ba	II	233,5	Mg	II	279,5
Ca	II	184,0	Mg	I	285,2
Ca	II	315,8	Mn	II	257,6
Ca	II	317,9	Mn	II	259,3
Cd	I	228,8	Mn	II	294,9
Co	II	228,6	Na	I	588,9
Cr	II	205,5	Na	I	589,5
Cr	I	359,3	Na	I	818,3
Cu	I	324,7	Ni	I	232,0
Fe	II	238,2	Pb	II	220,3
Fe	II	259,9	Sr	II	407,7
			Zn	I	213,8

Table 3. Standard elements used for measurements and the characteristics of the selected lines (*I: atomic line; II: ionic line). (1) Element, (2) Line type, (3) Wavelength (nm)

A mintabetáplálási sebesség változtatása

Az ioncserélt víz beporlasztása során a készülék által mért jel érdemben nem változik, azaz a háttér értéke stagnál valamennyi vonal esetén, mind a három teljesítményen. A standard oldat beporlasztásával a mért jel nagysága a kisebb hullámhosszú elemeknél kismértékű csökkenés után gyakorlatilag változatlan. Ez mindhárom alkalmazott teljesítmény értékre igaz. Ezzel szemben a könnyen ionizálható elemek (alkálifémek) vonalintenzitásai monoton növekedést mutatnak. Ábrázolva a jel/háttér értékeket a kisebb hullámhosszú elemeknél (mint pl. a B) az 50 rpm értéktől kezdődően egy állandó értéket (*1. ábra*), míg a könnyen ionizálható elemeknél (mint pl. a Na) egy maximum lefutású görbét kapunk (*2. ábra*). Ezek alapján megállapítható, hogy a kisebb hullámhosszú elemek esetén az 50 rpm-nél nagyobb pumpasebesség bármelyike megfelelő,

de az alkálifémeknél (magasabb hullámhosszaknál) tapasztalt növekvő majd csökkenő értékek miatt célszerű a 75 rpm (2,33 cm³/min) pumpasebességet választani.

1. ábra. A B jel/háttér hányadosa a teljesítmény és a pumpasebesség függvényében

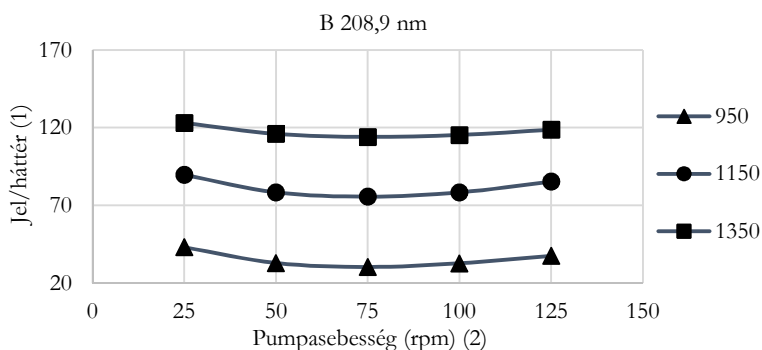


Figure 1. The signal/background ratio of B against performance and pump speed. (1) Signal/ background, (2) Pump speed (rpm)

2. ábra. A Na jel/háttér hányadosa a teljesítmény és a pumpasebesség függvényében

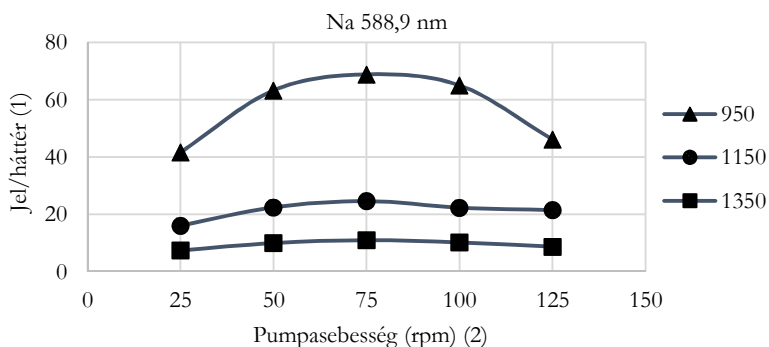


Figure 2. The signal/background ratio of Na against performance and pump speed. (1) Signal/ background, (2) Pump speed (rpm)

A porlasztógáz áramlási sebességének változtatása

Az ioncserélt víz beporlasztásánál azt tapasztaltuk, hogy a háttér/jel nagysága folyamatosan csökken és körülbelül 0,75 dm³/min értéknél stabilizálódik, azaz a háttér intenzitása annál nagyobb, minél kisebb a porlasztógáz áramlási

sebessége. A standard oldat beporlasztása során számos elemnél (mint pl. a Zn) azt tapasztaltuk, hogy a jel értéke a porlasztógáz sebességének növekedésével növekedett, majd egy maximum érték után rohamosan csökkent (3. ábra). Ennek a maximumnak a helye elemenként változó, de az elemek nagy részénél a 0,5–0,75 dm³/min tartományba esik. Kivételt képeznek az alkálifémek (mint pl. a K), ahol a jel nagysága folyamatosan növekszik, itt exponenciális jellegű függvényt kaptunk (4. ábra).

3. ábra. A Zn jel/háttér hányadosa a teljesítmény és a porlasztógáz áramlási sebességének függvényében

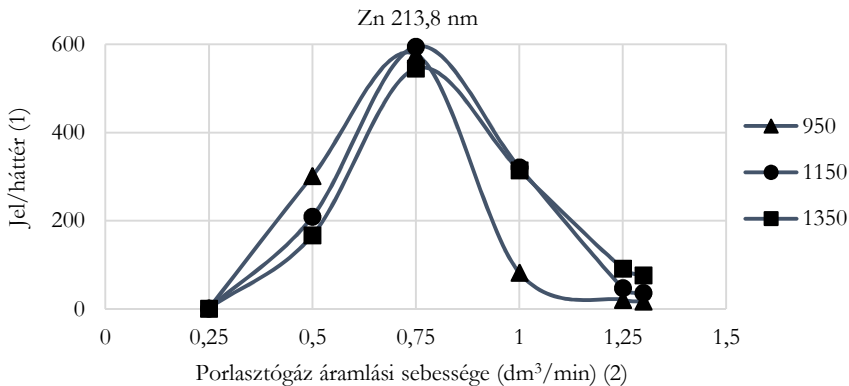


Figure 3. The signal/background ratio of Zn against performance and the flow speed of nebuliser gas. (1) Signal/background, (2) Flow speed of nebuliser gas (dm³/min)

A mérési adatokból számított jel/háttér értékekből megállapíthatjuk, hogy a 0,75 dm³/min porlasztógáz áramlási sebesség értéke a legmegfelelőbb az elemek többségénél. Az alkálifémek esetében a nagyobb sebességek jobbak lennének, de a mintákban ezek az elemek általában viszonylag nagy koncentrációban fordulnak elő, így a mikroelemek szempontjából kedvezőbb értéket kell beállítanunk, azaz a 0,75 dm³/min-t.

A segédgáz áramlási sebességének változtatása

Az áramlási sebességnek 0,5, 1,0 és 1,5 dm³/min értékeket választottuk ki vizsgálatainkhoz, miközben a pumpasebesség 50 rpm, a mintagáz áramlási sebessége pedig 1 dm³/min volt. Az ioncserélt víz beporlasztásának eredményeként azt találtuk, hogy a háttér értékében érdemi változás nem következett be,

kivéve az alkálifémeket, különösen a K esetét. A standard oldat beporlasztásánál az áramlási sebesség növelésével a jel csökkenését tapasztaltuk szinte valamennyi elemnél. Az alkálifémek itt is kivételt képeztek, ugyanis jelentős növekedést tapasztaltunk, különösen a kisebb teljesítményeken. Különös viselkedést mutat a kálium, melynek bruttó jel értékeinek változása ellentétes irányú a kisebb, illetve a nagyobb teljesítményeken. A mérések alapján megrajzolt grafikonokat megvizsgálva, figyelembe véve az elemek eltérő viselkedését, az 1 dm³/min áramlási sebességet tartottuk a legmegfelelőbbnek. Példaként az 5–8. ábrákon lévő jel, illetve jel/háttér értékeket mutatjuk.

4. ábra. A K jel/háttér hányadosa a teljesítmény és a porlasztógáz áramlási sebességének függvényében

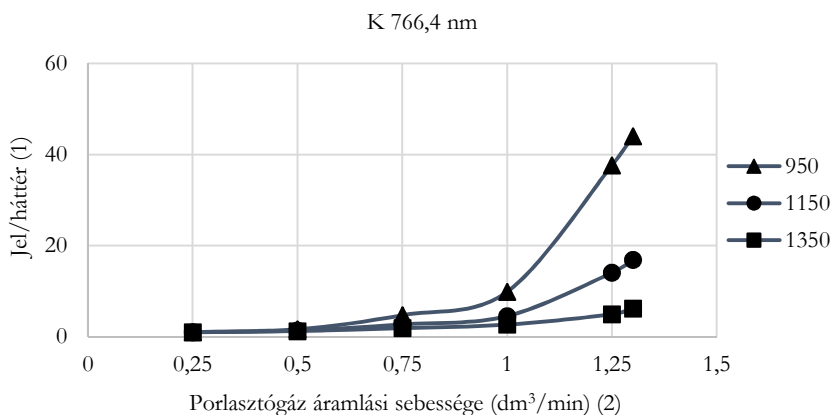


Figure 4. The signal/background ratio of K against performance and the flow speed of nebuliser gas. (1) Signal/background, (2) Flow speed of nebuliser gas (dm³/min)

Következtetések és javaslatok

Elemelve a kapott mérési adatokat és az ebből megrajzolt grafikonok alapján az alábbiakra következtethetünk.

Az iCAP 6300 Dual ICP-OES készülék optimalásához szükséges mérések (jel-háttér (nettó jel) és jel/háttér) alapján, az elemek kimutatási határa leginkább a kicsatolt teljesítménytől, a mintabetáplálási-, a porlasztógáz áramlási- és a segédgáz áramlási sebességétől függ.

5. ábra. A Cr jel/háttér hányadosa a teljesítmény és a segédgáz áramlási sebességének függvényében

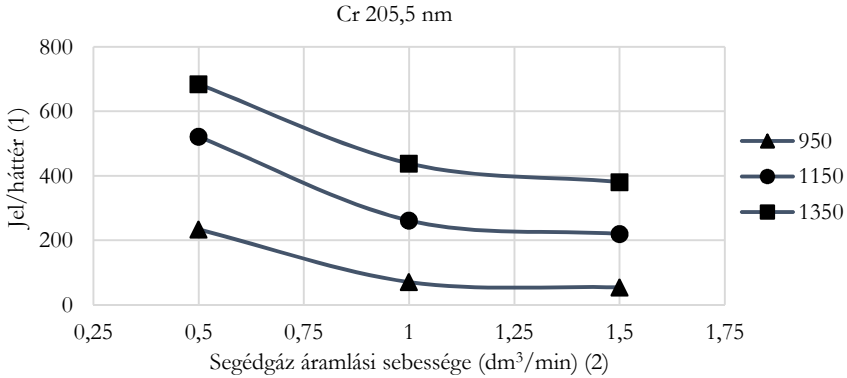


Figure 5. The signal/background ratio of Cr against performance and the flow speed of auxiliary gas. (1) Signal/background, (2) Flow speed of auxiliary gas (dm³/min)

6. ábra. Az Al jel/háttér hányadosa a teljesítmény és a segédgáz áramlási sebességének függvényében

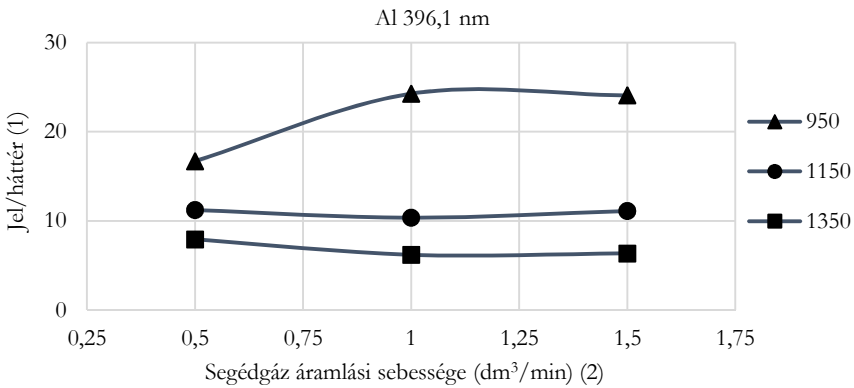


Figure 6. The signal/background ratio of Al against performance and the flow speed of auxiliary gas. (1) Signal/background, (2) Flow speed of auxiliary gas (dm³/min)

1. Először a pumpa sebességét változtattuk 25 és 125 rpm között 950 W, 1150 W és 1350 W kicsatolt teljesítményen. Az alkálifémek kivételével szinte minden elem esetén minimális volt az értékek közötti különbség. Így az axiális megfigyelésű vonalaknál 50–125 rpm közötti értékek bárme-

lyike megfelel, de a radiális megfigyelésű vonalak (K, Li, Na) esetén a növekvő, majd csökkenő tendencia miatt a 75 rpm értéket találtuk optimálisnak.

7. ábra. A K bruttó jele a teljesítmény és a segédgáz áramlási sebességének függvényében

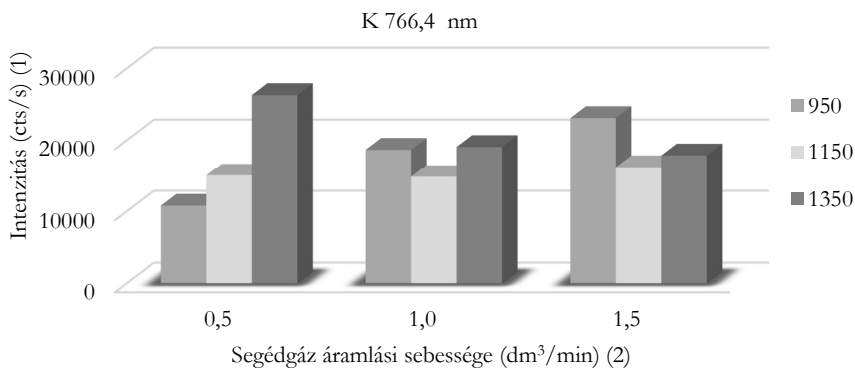


Figure 7. Gross signal of K against performance and the flow speed of auxiliary gas. (1) Intensity (cts/s), (2) Flow speed of auxiliary gas (dm³/min)

8. ábra. A K jel/háttér hányadosa a teljesítmény és a segédgáz áramlási sebességének függvényében

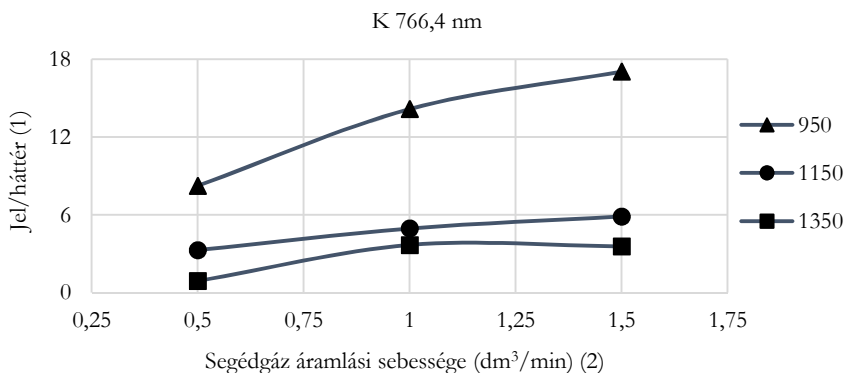


Figure 8. The signal/background ratio of K against performance and the flow speed of auxiliary gas. (1) Signal/background, (2) Flow speed of auxiliary gas (dm³/min)

2. A porlasztógáz áramlási sebességének vizsgálatánál 0,25–1,25 dm³/min közötti értékeken mértünk, szintén három teljesítményen (950 W, 1150 W, 1350 W). Tapasztalataink alapján az 50 rpm pumpasebesség és az 1 dm³/min sebességű segédgáz mellett a legjobb porlasztógáz áramlási sebesség 0,75 dm³/min.
3. A segédgáz áramlási sebességét a 0,5–1,5 dm³/min közötti értékeken mértük. Néhány elem kivételével minden esetben az áramlási sebesség növelésével az intenzitás csökkent. A kivételes elemek esetében éppen ellenkezőleg, ha növeltük a sebességet, nőtt az intenzitás is. Az eredmények alapján az 1 dm³/min sebességet találtuk optimálisnak valamennyi elemre és vonalra nézve.

Összefoglaltuk az iCAP 6300 típusú ICP-OE spektrométer optimális paramétereit.

- A kicsatolt teljesítmény alkálifémek esetén 950 W, a mikroelemek esetén 1350 W.

A Debreceni Egyetem MÉK Élelmiszertudományi Intézet laboratóriumában vizsgált mintatípusokban általában az alkálifémek nagy koncentrációban fordulnak elő, ezért a mikroelemek szempontjából az 1350 W teljesítményt tartjuk kedvezőbbnek a mérésekhez.

- Pumpasebesség: 75 rpm.
- Porlasztógáz áramlási sebesség: 0,75 dm³/min.
- Segédgáz áramlási sebesség: 1 dm³/min.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönik Prof. dr. Szász Gábor professzor úrnak, hogy 30 évvel ezelőtt, az akkori Debreceni Agrártudományi Egyetem rektoraként úgy döntött, hogy érdemes az Egyetemnek beruházni egy induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer (ICP-OES) beszerzésére, mely készülékkel és az ő elgondolásának folytatásaként beszerzett további két ICP-OE spektrométerrel több százezer minta és több millió mérési adat kerülhetett elemzésre, ezáltal is nagymértékben (növekedhetett) növelte az egyetemünkön az elemtartalmi vizsgálatokra épülő kutató munkák potenciálját.

Irodalom

- Berman, S. S.–Mclaren, J. W.:* 1978. Establishment of compromise conditions for multielement analysis by inductively coupled plasma emission spectrometry: a preliminary report. *Appl. Spectrosc.* 32: 372–377.
- Boss, C. B.–Fredeen, K. J.:* 1989. Concepts, instrumentation, and techniques in inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. Perkin Elmer. USA.
- Boumans, P. W. J. M.–De Boer, F. J.:* 1972. Studies of flame and plasma torch emission for simultaneous multielement analysis/I. preliminary investigations. *Spectrochim. Acta.* 27B: 391–414.
- Boumans, P. W. J. M.–De Boer, F. J.:* 1977. An experimental study of a 1-kW, 50-MHz RF inductively coupled plasma with pneumatic nebulizer, and a discussion of experimental evidence for a non-thermal mechanism. *Spectrochim. Acta.* 32B: 365–395.
- Boumans, P. W. J. M.:* 1978. Invited lecture presented at 25th Canadian Spectroscopy Symposium. *Mont Gabriel. ICP Information Newslett.* 4: 305.
- Csányi L.–Farsang Gy.–Szakács O.:* 1974. *Műszeres analízis.* Tankönyvkiadó. Budapest.
- Dickenson, G. W.–Fassel, V. A.:* 1969. Emission spectrometric detection of elements at nanogram per milliliter levels using induction coupled plasma excitation. *Anal. Chem.* 41: 1021–1024.
- Edmonds, T. E.–Horlick, G.:* 1977. Spatial profiles of emission from an inductively coupled plasma source using a self-scanning photodiode array. *Appl. Spectrosc.* 31: 536–541.
- Erdey L.–Mázor L.:* 1974. *Analitikai kézikönyv.* Műszaki Könyvkiadó. Budapest.
- Gaughtitz, G.–Vo-Dinh, T.:* 2003. *Handbook of Spectroscopy.* Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Weinheim.
- Kovács B.–Csapó J.:* 2015. *Az élelmiszervizsgálatok műszeres analitikai módszerei.* Debreceni Egyetem. Debrecen.
- Kovács, B.–Dániel, P.–Győri, Z.–Loch, J.–Prokisch, J.:* 1998. Studies on Parameters of Inductively Coupled Plasma Spectrometer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 29. 11–14: 2035–2054.
- Kovács B.:* 1998. *Mintaelőkészítési és plazmaemissziós paraméterek optimalizálásának értékelése növények elemtartalmának meghatározásához.* Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem. Debrecen.
- Mika J.–Török T.–Gegus E.:* 1974. *Emissziós színképelemzés. Gyakorlati rész.* Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Montaser, A.–Golightly, D. W.:* 1987. *Inductively coupled plasmas in analytical atomic spectrometry.* VCH Publishers, New York.
- Papp L.:* 1985. *Műszeres analitikai kémiai előadások ábra és képletgyűjteménye.* Kossuth Lajos Tudományegyetem. Debrecen.

Papp L.: 1995. Környezeti minták analitikai vizsgálata. Kossuth Lajos Tudományegyetem. Debrecen.

Tomcsányi L.: 1986. Atomabszorpciós praktikum. Műszaki könyvkiadó. Budapest.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Papp-Topa Emőke – Nyeste Erika – Soós Áron – Bódi Éva – Várallyay Szilvia –

Dr. Czipa Nikolett – *Dr. Kovács Béla

Debreceni Egyetem MÉK

Élelmiszertudományi Intézet

Debrecen

H-4032

*kovacsb@agr.unideb.hu

KÖNYVISMERTETÉS

Book reviews

Horváth József: „Biofilia: Gondolatok a fenntarthatóságról és a fennmaradásról”

(Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, 336. p.)

Horváth József akadémikus rendhagyó szakma-filozófiai munkát adott közre, amely joggal tarthat számot az agrárium összes szereplőjének és résztvevőjének érdeklődésére. A mű invokációját maga a szerző a Mayer fivérek idézetének mottójával vezeti be: *„Csak kevés tudós gondolja, hogy az agrártudomány a tudományok csúcsa vagy annak mintaképe. Valójában sokan egyáltalán nem is tekintik tudománynak. Pedig ez volt az első tudomány, a tudományok anyja, és ez marad az a tudomány, amely lehetővé teszi az emberi életet, és az is marad, mielőtt e század véget ér, és az összes tudomány eredményessége vagy kudarca azon fog múlni, hogy az agrártudományok sikeresek vagy sikertelenek lesznek-e”.*

Ténylegesen az agrártudományok szerepe, társadalmi megítélése, elvárt haszna, valamint jelentősége mind-mind különböző. Az agrárium az emberi lét α -ja és ω -ja, amely nélkül nincs társadalom, hiszen egyre növekvő létszámú sokaságunk élelmezése, alapanyagokkal történő ellátása, valamint környezetének kialakítása volt és lesz az elsődleges feladata. Másrésről, az agrárium és így az agrártudomány társadalmi reputációja kellőképpen alacsony csakúgy, mint minden nehéz – orcánk verejtékével – végzett munkáé.

A kötet didaktikus rendben tekinti át az agrártudományok kialakulását és fejlődését kronologikus, illetve tematikus egymásutániséggel. A 336 oldalas mű 13 fejezetben dolgozza fel az egyes témaköröket.

Az első fejezet, amely a *'Szellemi forradalom'* címet viseli, áttekintést ad az agrokémiai és a műszaki fejlődés történetéből. A második fejezetet a szerző a növénynemesítésnek szentelte Mendel Gregortól napjainkig, bemutatva a hazai klasszikus és molekuláris nemesítés történetét két konkrét növény, a búza és a kukorica nemesítésének példáján. Ebben a fejezetben kaptak helyet a jövő megalapozását jelentő tudományterületek; a biodiverzitás, a génmegőrzés és a génbanki tevékenység is.

A harmadik fejezet kritikus elemzését adja a növénytermesztési módszertan aktuális területeinek, így az ökológiai gazdálkodásnak, a biológiai növényvédelemnek, az integrált termesztési és védekezési módszereknek, a fenntartható gazdálkodásnak, valamint a precíziós növénytermesztésnek.

Külön fejezet foglalkozik a GMO helyzetével, annak tudományos, módszertani, gazdasági és társadalmi vonatkozásaival. Részben a megelőző fejezetek bázisán alapul az ötödik fejezet, amely terjedelmileg egyúttal a leghosszabb is; az élelmiszer és az élelmiszerlánc, valamint a takarmány és a takarmánylánc biztonságát összefoglaló szakasz. Ebben a fejezetben ad számot a szerző az élelmezés globális kérdéseiről, az élelmiszer és az élelmezésbiztonságról, a fizikai, kémiai, és biológiai kockázatokról. A hatodik fejezet az energetikai kérdéseket foglalja össze, áttekintést adva a fosszilis, a megújuló, valamint a nukleáris energetika történetéről és jelen helyzetéről.

A 7. és a 8. fejezetek az oktatás és a kutatás szféráiba engednek bepillantást. Megismerkedhet az olvasó a magyar agrár-felsőoktatás és -kutatás történetével, sikereivel, kudarcaival, problémáival, de egyszersmind a kiútkeresés is megjelenik ebben a részben.

A 9. fejezettől kezdődően a szerző mérleget von a történelmi nagy világváltsóságok agronómiai vonzatairól az Osztrák-Magyar Monarchia összeomlásától egész napjaink legaktuálisabb gazdaságpolitikai eseményéig, a brexit-ig. A 10. *'Föld csúcsok'* című fejezet kronologikus bemutatása a világ útkeresésének, Rachel Carson környezetvédelmet megalapozó emblemikus kötetétől a Római klubon keresztül, az ENSZ konferenciáinak áttekintésével Riótól Párizsig, továbbá a jelentősebb hazai kezdeményezések, pl. a VAHAVA program, vagy akár a Tudomány Ünnepe sorozat célkitűzéseinek és eredményeinek vázlatos ismertetésével. Ehhez kapcsolódik a tudományos jövőképet, a talaj, víz és a növény kutatásával kapcsolatos paradigmaváltást bemutató 11. fejezet.

A könyv szakma-filozófiai mondanivalója lényegében a 12. fejezetben jut el a kifejtésig. A fenntarthatóság, illetve a fenntarthatatlan fejlődés ütköztetése napjaink legégetőbb problémáit veszi górcső alá. Jellemző módon a 13. fejezet, a záró szakasz, amely az *'Epilógus, záró gondolatok'* címet viseli, nem konklúziókat fogalmaz meg, hanem a megoldást, a jövő esélyeit mérlegeli tudományos, szakmai, társadalmi és végül, de nem utolsósorban erkölcsi-etikai kitekintéssel. Jogosan, hiszen globális problémáink csak lokálisan oldhatók meg, és ennek egyetlen aktív szereplője van – az ember. Nem véletlen, hogy a szerző Madách optimista gondolatával zárja művét: „*Mondottam ember: küzdj és bízva bízzál!*”

Szólni kell még a könyv egy másik erényéről is, a roppant precíz bibliográfiai feldolgozásról, amely a kötetet egyszersmind kézikönyvi erényekkel is felruházza. A közel 800 irodalmi forrás, amely ráadásul precíz indexálással párosul, auditálja a szerző elemző munkáját, és túlmenően az elolvasásához kapcsolódó szellemi élményen, az agráriumban való gyakorlati használatra is alkalmassá teszi a kötetet, amely az Agroinform Kiadó gondozásában jelent meg.

Jolánkai Márton



NAGY JÁNOS főszerkesztő
a Magyar Tudományos Akadémia doktora,
Debreceni Egyetem prorektora,
Széchenyi-díjas egyetemi tanára, az Aradi, a Nagyváradi
és a Kaposvári Egyetem „Honoris causa doktora”
az Ukrán Agrártudományi Akadémia külföldi tagja
Szakterülete: növénytermesztés, földművelés

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika
