

Crop
Production



NÖVÉNYTERMELÉS

63. kötet | 2. szám | 2014. június

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



A nitrogén és réz közötti kölcsönhatások vizsgálata őszi búzában

A humuszellátottság hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére csernozjom és barna erdőtalajú termőhelyeken, különböző évjáratokban

Agrotechnikai tényezők szerepe a kukorica (*Zea mays* L.) termesztésben

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

A Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet kiadásában, a Vidékfejlesztési 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
Agrártudományi Központ
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
4015 Debrecen, Pf. 36.
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:

NAKVI
Kiadói és Dokumentációs Osztály
1223 Budapest, Park u. 2.
Telefon: (06 1) 362-8100
Fax: (06 1) 362-8104
E-mail: info@agrarlapok.hu
www.agrarlapok.hu
www.nakvi.hu

A kiadásért felelős Dr. Mezőszentgyörgyi Dávid,
a Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet főigazgatója.

ISSN 0546-8191
Növényterm 63 (2014) 2
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

63. kötet, 2. szám, 2014. június

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

VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet főigazgatója

A nyomást és kötést a D-Plus Nyomda Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Dr. Csajbók József

Megjelent: 8 (A/5) iv terjedelemben

ISSN 0546-8191

TARTALOM

| | |
|---|----|
| <i>Hermann Tamás–Kismányoky Tamás–Tóth Gergely</i> : A humuszellátottság hatása a kukorica (<i>Zea mays</i> L.) termésére csernozjom és barna erdőtalajú termőhelyeken, különböző évjáratokban | 5 |
| <i>Kádár Imre–Csathó Péter</i> : A nitrogén és réz közötti kölcsönhatások vizsgálata őszi búzában | 27 |
| <i>Pepó Péter–Csajbók József</i> : Agrotechnikai tényezők szerepe a kukorica (<i>Zea mays</i> L.) termesztésben | 45 |
| <i>Seres Emese–Sárvári Mihály</i> : Termesztési tényezők hatása a köles (<i>Panicum miliaceum</i> L.) termésére és minőségére | 69 |
| <i>Török Gábor–Bajnok Márta–Gyuricza Csaba–Kasparné Szél Zsuzsanna–Tasi Julianna</i> : Hasznosítási gyakoriság-vizsgálat különböző típusú magyarországi gyepeken II. – A termőképesség és az időjárási tényezők közötti összefüggések | 83 |

SZEMLE

| | |
|---|-----|
| <i>Rakszegi Marianna</i> : Az amilóz/amilopektin arány hatása a búza feldolgozóipari minőségére | 103 |
|---|-----|

KÖNYVISMERTETÉS

| | |
|--|-----|
| <i>Németh Tamás</i> : Kádár Imre – Szennyvizek, iszapok, komposztok, szerves trágyák a talajtermékenység szolgálatában | 125 |
|--|-----|

CONTENTS

| | |
|---|----|
| <i>T. Hermann–T. Kismányoky–G. Tóth</i> : The impact of the level of humus supply on maize (<i>Zea mays</i> L.) yield on chernozem and brown forest soil in various crop years | 5 |
| <i>I. Kádár–P. Csathó</i> : Examination of the interactions between nitrogen and copper in winter wheat | 27 |
| <i>P. Pepó–J. Csajbók</i> : The role of agrotechnical factors in maize (<i>Zea mays</i> L.) production | 45 |

| | |
|---|----|
| <i>E. Seres–M. Sárvári</i> : The effects of production factors on the yield and quality of millet (<i>Panicum miliaceum</i> L.) | 69 |
| <i>G. Török–M. Bajnok–Cs. Gyuricza–Zs. Kasperné Szél–J. Tasi</i> : Study of utilisation frequency of different Hungarian grassland types II. – Correlations between productivity and weather conditions | 83 |

REVIEW

| | |
|--|-----|
| <i>M. Rakszegi</i> : The effect of amylose/amilopectin ratio on wheat processing quality | 103 |
|--|-----|

BOOK REVIEWS

| | |
|---|-----|
| <i>T. Németh</i> : Imre Kádár – Wastewater, sludge, compost and organic manure at the service of soil fertility | 125 |
|---|-----|

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| <i>T. Херманн–Т. Кишманьоки–Г. Тотх</i> : Влияние обеспеченности гумусом на урожай кукурузы (<i>Zea mays</i> L.) в местах выращивания на чернозёмной и бурой лесной почве, в разные годы | 5 |
| <i>И. Кадар–П. Чато</i> : Исследование взаимовлияний азота и меди в озимой пшенице | 27 |
| <i>П. Пено–Я. Чаубок</i> : Роль агротехнических факторов в выращивании кукурузы (<i>Zea mays</i> L.) | 45 |
| <i>Э. Шереш–М. Шарвари</i> : Влияние факторов выращивания на урожай и качество проса (<i>Panicum miliaceum</i> L.) | 69 |
| <i>Г. Тёрёк–М. Байнок–Ч. Дьюрица–Ж. Кашперне Сел–Я. Таши</i> : Исследование частоты использования на дёрне различного в Венгрии II. – Взаимосвязи между плодородием и погодными факторами | 83 |

ОБЗОР

| | |
|--|-----|
| <i>М. Раксеги</i> : Влияние соотношения амилозы и амилопектина на качество пшеницы в перерабатывающей промышленности | 103 |
|--|-----|

РЕЦЕНЗИЯ КНИГИ

| | |
|--|-----|
| <i>Т. Немет</i> : Кадар Имре – Сточные воды, ил, компост, органические удобрения на службе урожайности почвы | 125 |
|--|-----|

A humuszellátottság hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére csernozjom és barna erdőtalajú termőhelyeken, különböző évjáratokban

¹HERMANN TAMÁS – ²KISMÁNYOKY TAMÁS – ¹TÓTH GERGELY

¹Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability,
Land Resource Management Unit, Ispra, Italy

²Pannon Egyetem Georgikon Kar,
Növénytermesztástani és Talajtani Tanszék, Keszthely

Összefoglalás

Vizsgálatokat végeztünk az I. termőhely csernozjom talajainak és a jellemzően barna erdőtalajokat magában foglaló II. termőhely talajainak humuszellátottságtól függő termékenységének összehasonlítására, két eltérő évjáratból gyűjtött termésadatokkal. Arra a kérdésre kerestük a választ, hogy milyen hatással van a talaj humusztartalma a kukorica terméshozamainak alakulására különböző évjáratokban. A talaj nitrogén-szolgáltató képességének megítélésére a szaktanácsadási rendszerek a kötöttség függvényében kialakított humusz-kategóriákat veszik figyelembe. Mi is ezt a megközelítést használtuk. A különböző kategóriák eltérő hatása a kukorica terméseredményére statisztikailag is kimutatható volt. A vizsgálatokat az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) keretei között begyűjtött, mintegy 380 000 rekordot tartalmazó országos adatbázison végeztük. Mindkét termőhelyen, de különösen a csernozjom talajon nagy hozamkülönbségek mutatkoztak az évjáratok szerint is. Általánosságban jellemző trendként írható le, hogy a talajok növekvő humusztartalma növekvő kukoricahozamokat eredményez. Ugyanakkor az is megfigyelhető, hogy kedvező évjáratban a barna erdőtalajok, illetve kedvezőtlen évjáratban a csernozjom talajok esetében az igen jó humuszellátottságnál termésdepresszió jelentkezik a vizsgált intenzíven művelt (N-P-K>50-50-100 kg/ha) mezőgazdasági táblákon. Eredményeink azt mutatják, hogy kedvező évjáratban már a közepes humusztartalom mellett is magas kukoricahozamok várhatók, cser-

nozzjom és barna erdőtalajon egyaránt. Kedvezőtlen évjárásban viszont a magasabb humusztartalom (jó és igen jó ellátottság) mellett lehet relatíve magasabb termésekkel számolni. Csernozjom talajokon kedvező évjárásban a közepes ellátottságig figyelhető meg a humusztartalom statisztikailag is igazolható termésmenővelő hatása, számszerűen mintegy 15%-os terméstöbbletet eredményezve. A kedvezőtlen évjárásban a humusz-ellátottság növekedésével egészen a jó ellátottságig növekszik a termés, több mint 25%-os hozamnővekedést mutatva az igen gyenge ellátottsághoz képest. Barna erdőtalajokon – a csernozjomokhoz hasonlóan – kedvező évjárásban szintén a közepes humusz-ellátottságig tapasztaltunk statisztikailag szignifikáns hozamnővekedést. Itt a hozamok az igen gyenge ellátottságú táblák hozamaihoz képest átlagosan 23%-kal voltak magasabbak. Ezzel szemben, kedvezőtlen évjárásban statisztikailag is igazolható módon csupán az igen alacsonytól az alacsony ellátottságig tartó humusznővekedésnél mutatható ki a hozamfokozó hatás, összesen 12,4%-os mértékben, további humusztartalom növekedéssel a hozamok már nem növekednek szignifikánsan.

Kulcsszavak: AIIR, humusztartalom, évjárathatás, termőhely, kukorica hozam

The impact of the level of humus supply on maize (*Zea mays* L.) yield on chernozem and brown forest soil in various crop years

¹T. HERMANN – ²T. KISMÁNYOKY – ¹G. TÓTH

¹Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability,
Land Resource Management Unit, Ispra, Italy

²University of Pannonia, Georgikon Faculty,
Department of Crop Production and Soil Science, Keszthely

Summary

Examinations were carried out in order to compare the fertility of production site 1 (chernozem soils) and production site 2 (mostly consisting of brown forest soils) which depends on the level of humus supply, using yield data collected from two different

crop years. We were interested in the impact of the soil humus content on maize yield in different crop years. The nitrogen supply ability of the soil is taken into consideration along with the humus categories established in accordance with plasticity. The different impact of each category could also be shown statistically. The examinations were carried out using the country-wide database of the Agrochemical Information and Management System (AIIR) containing around 380 000 entries. On both production sites, but especially on chernozem, there are differences in yield also in terms of different crop years. It is a general tendency that maize yield increases with the increasing humus content of soils. At the same time, it can also be observed that favourable crop years result in yield depression on brown forest soils in the case of especially high humus supply on intensively cultivated agricultural plots (N-P-K>50-50-100 kg ha⁻¹), while the same refers to chernozem soils in unfavourable crop years. The obtained results indicate that high maize yields can be expected even in the case of average humus content in favourable crop years both on chernozem and brown forest soil. However, in the case of unfavourable crop year, higher humus content (good and very good supply level) is expected to result in relatively higher yields. On chernozem soil, the statistically significant yield increasing effect of humus content (resulting in 15% yield surplus) can be observed until average humus supply in favourable crop years. In unfavourable crop years, yield increases with the increase of humus supply until reaching high supply level, resulting in more than 25% yield increase in comparison with very weak supply level. Significant yield increase was observed until average humus supply on brown forest soil – similarly to chernozem – in favourable crop years. On average, yield was 23% higher than those of plots with very weak humus supply. On the contrary, yield increasing effect (12.4% altogether) can only be shown in the case of humus content increase ranging from very low to low supply in unfavourable crop years. There was no significant yield increase with the further increase of humus content.

Key words: AIIR, humus content, crop year effect, production site, maize yield

Влияние обеспеченности гумусом на урожай кукурузы (*Zea mays* L.) в местах выращивания на чернозёмной и бурой лесной почве, в разные годы

¹Т. ХЕРМАНН – ²Т. КИШМАНЬОКИ – ¹Г. ТОТХ

¹Объединённый Исследовательский Центр, Институт Окружающей Среды и Устойчивого развития, Отдел по управлению Земельными Ресурсами, Испра, Италия

²Университет Панония Факультет Георгикон,
Кафедра Растениеводства и Почвоведения, Кестхей

Резюме

Проводили исследования, сравнивая урожайность в зависимости от обеспеченности гумусом почвы I-го места выращивания с чернозёмной почвой и характерно состоящую из бурой лесной почвы II-го места выращивания с собранными данными урожаев в два разные годы выращивания. Искали ответ на вопрос, какое влияние имеет содержание гумуса почвы на формирование урожаев кукурузы в разные годы выращивания. Для оценки способности почвы в обслуживании азотом системы профессионального консультирования учитывают категории гумуса, образованные в зависимости от этой связности. Мы также использовали это. Различное влияние разных категорий на результат урожая кукурузы статистически можно было показать. Исследования проводили в рамках собранной Агрохимической Информационной и Управленческой Системой (AIPR) базы данных страны, содержащей рекордное количество в 380 000 данных. На обоих местах выращивания, но особенно на чернозёмной почве проявились большие различия в урожаях и по годам выращивания. В общем характерным трендом можно описать, что растущее содержание гумуса почв ведёт к увеличению урожаев кукурузы. В то же время можно заметить, что в благоприятный год при хорошей обеспеченности гумусом бурые лесные почвы, а также в неблагоприятный год в случае чернозёмных почв, проявляется депрессия урожая на исследованных, интенсивно обрабатываемых (N-P-K>50-50-100 kg/ha) сельскохозяйственных участках. Наши результаты показывают, что в благоприятный год уже при среднем содержании гумуса также можно ожидать высокие урожаи кукурузы, в равной мере на чернозёмной и бурой лесной почве. Однако в неблагоприятный год при более высоком содержании гумуса (хорошее и очень хорошее обеспечение) можно рассчитывать на сравнительно более высокие урожаи.

На чернозёмных почвах в благоприятный год до средней обеспеченности можно проследить увеличивающее урожай влияние содержания гумуса, статистически доказуемое, дающее 15%-ную прибавку урожая. В неблагоприятный год с ростом обеспеченности гумусом до хорошей обеспеченности урожай увеличивается, показывая более чем 25%-ый рост урожая по сравнению со слабой обеспеченностью. На бурых лесных почвах – как и на чернозёмных – в благоприятный год также до средней обеспеченности гумусом обнаружили статистически значительный рост урожая. Здесь урожаи по сравнению с урожаями участков со слабой обеспеченностью в среднем на 23% были выше. В отличие от этого, в неблагоприятный год можно показать статистически доказуемый эффект роста только в пределах от очень низкой до низкой обеспеченности гумусом, всего в размере 12,4%, с дальнейшим ростом содержания гумуса урожаи уже не увеличились значительно.

Ключевые слова: AIR, содержание гумуса, влияние года выращивания, место выращивания, урожай кукурузы

Bevezetés

Az elmúlt időszakban sokat változott a hazai tápanyag-visszapótlás gyakorlata. A '70-es évektől kezdődően a N-műtrágya használat komoly N-túlsúlyt eredményezett, majd a rendszerváltás után ez visszaesett, a N-műtrágya felhasználás mintegy 1/4-ére csökkent. A termés hozamokban ekkor még nem történt nagy változás, ugyanis a minimálisan szükséges N tápanyag-visszapótlás mellett, a talajok elegendő tápanyag tartalékkal bírtak az egyéb elemekből, viszont a talajok tápanyag-ellátottsága nem sokkal később már csökkenni kezdett, negatív tápanyag-mérlegeket eredményezve (Kádár 1987b, Csathó 1994). A nitrogén tápanyag-visszapótlása is nagyon megcsappant, csupán a 2000-es években kezdődött egy újabb növekvő N műtrágya használat, ami mára újra pozitív irányba mozdította a N-mérlegeket.

A kukorica a termesztett kultúrnövényeink közül a legtrágyaigényesebb növények közé tartozik, viszont a trágyázást, különösképpen a N-trágyázást kiugró terménymérettel hálálja meg, a makrotápanyagok közül a nitrogénnek van a legnagyobb hatása kukorica szemtermésére (Balláné 1960, Latkoviczné 1963, Németh és Buzás 1991, Kádár 1987a, Debreczeni és Debreczeni 1994).

A talajban lévő szervesanyagok agrokémiai szempontból elsősorban a talaj nitrogén-szolgáltató képességét határozzák meg, természetesen mindemellett kedvező hatást gyakorolnak a talaj egyéb termékenységet befolyásoló tulajdonságára, mint például a talaj vízgazdálkodására (Makó és Tóth 2007), továbbá a talaj szervesanyag tartalma jelentősen és pozitívan befolyásolja a talaj víztartó képességét, a felvehető víz mennyiségét és a morzsa stabilitást is (Dunai et al. 2013).

A talaj N-ellátottságát a jelenlegi trágyaigény-számítási módszerekben többségében a humusztartalom alapján ítélik meg. Jelen dolgozatban is a humusztartalom különböző szintjeinek vizsgálatán keresztül számszerűsítjük az egyes termőhelyeken (csernozjom és barna erdőtalajok), eltérő évjáratokban (kedvező, kedvezőtlen) tapasztalt terméshozam különbségeket, amiket elsősorban, de nem kizárólag a humuszban tárolt és onnét felszabaduló nitrogén hatása okoz. Ezt támasztja alá *Kismányoky és Tóth (2012)* megfigyelése is, miszerint barna erdőtalajokon kukorica tartamkísérletekben a parcellák N szolgáltató képessége szoros kapcsolatban volt a talaj szervesanyag (humusz%) tartalmával.

Alaptételként megfogalmazhatjuk, hogy kis humusztartalmú talajokból kevés nitrogén mineralizálódik, így itt a magasabb hozamok eléréséhez nagyobb trágyaadag szükséges. Érdekes ugyanakkor azt is megvizsgálni, hogy hasonló trágyázás mellett milyen hatása van a talajok humuszellátottságának. Mivel a humusztartalom általában a talajok szerkezetét, vízháztartását is befolyásolja, az évjáratos hatások vizsgálatakor erre is figyelemmel kell lenni.

A termőhelyekhez és várható hozamokhoz igazított, okszerű trágyázás érdekében hazánkban országos talajerő-gazdálkodási rendszer került kialakításra, aminek fontos részét képezték a tápanyagellátottsági vizsgálatok (MÉM 1976). A talajvizsgálati eredményeket, trágyázási és hozamadatokat a '70-es évek végétől az Agrokémiai Irányítási és Információs Rendszer (AIIR) adatbázisában gyűjtötték, tárolták. A kijuttatott trágya területi megoszlása ugyanakkor, hazánknak ebben az intenzív mezőgazdasági időszakában is jelentős különbségeket mutatott, ami a talajok tápanyagellátottságában is érvényesült. Míg például a '80-as évek közepén, Hajdú-Bihar megyében a szántóterületek 12%-a volt igen jó nitrogén ellátottságú, addig Baranyában csak 0,4%-a. Az igen gyenge ellátottságú talajok aránya Békésben volt a legkisebb, 1,1%-os részese-déssel, Somogyban pedig a legnagyobb 34,7%-os aránnyal (Baranyai et al. 1987).

A különböző trágyázási szaktanácsadási rendszerek a termőhelyek és megcélzott termésszint mellett legtöbb esetben a talajok tápanyag-ellátottsági ér-

tékeit veszik figyelembe (*Jordan-Meille et al.* 2012). A tápanyagellátottság és trágyázás kölcsönhatásainak, de mindenekelőtt a trágyázás hozamképzésben betöltött szerepének vizsgálata az elmúlt évtizedek agrokémiai és növénytermesztéstani kutatásainak kitüntetett témája volt (*Debreczeni és Debreczeni* 1994, *Debreczeni és Németh* 2009, *Németh* 1996). A talajok tápanyagellátottságának a termésképzésben betöltött – trágyázástól független – szerepét itthon kevesebben vizsgálták. Ilyen jellegű vizsgálatokat a '80-as évek közepén rendelkezésre álló AIIR adatok feldolgozásával, búza jelzőnövénnyel végzett *Baranyai et al.* (1987), majd az újabb talajvizsgálati és hozamadatokat is tartalmazó későbbi AIIR adatbázissal, szintén búza jelzőnövénnyel *Hermann és Tóth* (2011). A kapott eredmények azt mutatják, hogy a búza termésmennyisége a humusztartalom függvényében termőhelyenként és évjáratonként is különböző dinamikát mutat. További, a témát érintő eredményeket hozott *Kismányoky és Debreczeni* (2001) kutatásai, akik az OMTK kísérleti hálózat több évtizedes kukorica kísérleteinek feldolgozásakor a műtrágyázás nélküli kontrollkezelésekben csernozjom talajon (Luvic Pheosem, Hajdúböszörmény) az évek átlagában igen jó humusz ellátottság mellett 7,5 t/ha termést, barna erdőtalajon (Eutric Cambisol, Keszthely) közepes humusz ellátottság esetén 4,5 t/ha szemterméseket mértek.

Jelen vizsgálataink célja a humusztartalom és kukorica termés hozamok kapcsolatának feltárása illetve a különböző humuszellátottságú talajok várható termés hozama közötti különbségek statisztikai vizsgálata volt.

Anyag és módszer

Az eltérő humusz-szintek hatásának értékelésekor a trágyázási kutatások (*Debreczeni és Debreczeni* 1994, *Kádár* 1992, *Kovács és Csathó* 2005) nyomán kidolgozott szaktanácsadási rendszerek elméleti alapjából indultunk ki (*Antal et al.* 1987, *Csathó et al.* 2005, *Németh* 2005). Ennek megfelelően a különböző szántóföldi termőhelyek (*Antal et al.* 1987) egyes ellátottsági kategóriák szerinti értékelését végeztük el. A termőhelyek és a termőhelyek tápanyagellátottsági viszonyainak csoportosítását a MÉM NAK (*Antal et al.* 1987) munkabizottság által kialakított módszer alapján végeztük. A vizsgálatunk során felhasznált szaktanácsadási rendszerben a más szakértői rendszerektől (pl. *MÉM NAK* 1979, *Antal et al.* 1987, *Csathó* 2002) eltérő határértékek szerepelnek, ezért a későbbiekben érdemes lehet a különböző rendszerek szerint is meg-

vizsgálni a humusztartalom kategóriák hatását, ugyanakkor jelen munkánkban erre területi korlátok miatt sem vállalkozhattunk.

Vizsgálati adatbázisunk az 1980-as években az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) keretei között begyűjtött, mintegy 380 000 rekordot tartalmazó országos adatbázis volt. A parcella részletességű országos adatbázis 5 év (1985–1989), évenként mintegy 4 millió hektár szántóföld, átlagosan 80 000 művelt táblájának talajtani-, trágyázási-, tápanyagvizsgálati- és termés hozam adatait tartalmazza (*Baranyai et al.* 1987). Az adatbázis idősoros adatai három nagy csoportba oszthatók: (1) tábla törzsadatok, (2) talajvizsgálati adatok, (3) talajművelési és növénytermesztési adatok. Az AIIR adatbázis részletes ismertetését *Baranyai et al.* (1987) adják. Az adatok a Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóságának (MgSZH-KNTAI; a vizsgálatok ideje alatt: Budapest Fővárosi Növény- és Talajvédelmi Szolgálat) kezelésében vannak. Az MgSZH-KNTAI jogelődje, a Budapest Fővárosi Növény- és Talajvédelmi Szolgálat bocsátotta rendelkezésünkre az 1980-as évek technikai szintjét jellemző MS-DOS alapú formátumban, nagy alakú mágneslemezekben tárolt adatokat. Az adatokat többszörös konverziós eljárást követően MS Excel táblázatokba rendeztük és korszerű adathordozókra mentettük .xls és .mdb formátumokban. Az így tárolt adatokat importáltuk statisztikai feldolgozásra az SPSS szoftvercsomagot használva, majd tároltuk a továbbiakban .sav formátumban is.

Az AIIR adatbázisból jelen vizsgálatunkhoz a csernozjom és barna erdőtalajok termőhelyein lévő szántó területek kukorica tábláit, azok hozamait és humuszvizsgálati eredményeit vizsgáltuk. Ehhez a kukoricatáblák talajait termőhelyi típusokba osztottuk, majd a kiválasztott, szűrt, 8573 rekordot tartalmazó állomány adatait humusztartalmak szerint csoportosítottuk.

Az adatelőkészítés első lépéseként az AIIR adatbázisban szereplő talajokat, azok genetikai talajosztályozás típus, altípus egységei alapján, illetőleg néhány egyéb meghatározó talajtulajdonság alapján osztottuk a megfelelő szántóföldi termőhelyi típusba.

Második lépésben a táblák tápanyagvizsgálati eredményei, termőhely és Arany-féle kötöttsége alapján, a MÉM NAK (*Antal et al.* 1987) által megállapított határértékek szerinti 6 ellátottsági kategóriába (*1. táblázat*) osztottuk a tápanyagokra vonatkozó adatokat (igen alacsony, alacsony, közepes, kielégítő, jó, igen jó).

1. táblázat. *Csernozjom (I. termőhely) és barna erdőtalajok (II. termőhely) humusztartalom határértékei*

| Termőhelyi kategória (1) | Arany- féle kötöttség (2) | Humusztartalom (%) | | | | | |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|------------------|-----------|-------------------|
| | | Igen alacsony (4) | Alacsony (5) | Közepes (6) | Kielégítő (7) | Jó (8) | Igen jó (9) |
| I. csernozjom (10) | <42 | <1,5 | 1,51-1,8 | 1,81-2,3 | 2,31-2,8 | 2,81-3,25 | <1,5 |
| | >42 | <2,0 | 2,01-2,3 | 2,31-2,8 | 2,81-3,3 | 3,31-3,75 | <2,0 |
| II. barna erdőtalaj (11) | <38 | <1,0 | 1,01-1,25 | 1,26-1,6 | 1,61-2,0 | 2,01-2,5 | <1,0 |
| | >38 | <1,25 | 1,26-1,5 | 1,51-2,0 | 2,01-2,5 | 2,51-3,0 | <1,25 |

Table 1. Humus content limit values of chernozem (production site 1) and brown forest soil (production site 2). (1) Production site category, (2) Arany's plasticity index, (3) Humus content (%), (4) Very low, (5) Low, (6) Medium, (7) Satisfactory, (8) Good, (9) Very good, (10) Chernozem (production site 1), (11) Brown forest soil (production site 2).

Az így kialakított termőhelyi csoportokkal, illetve humuszellátottsági kategóriákkal végeztük a további vizsgálatainkat a humusztartalom hatás szám-
szerűsítésére, kukorica jelzőnövényvel, azoknak a tábláknak az adatait figye-
lembe véve, ahol legalább 50 kg/ha nitrogén, 50 kg/ha foszfor és 100 kg/ha
kálium műtrágya került az adott évben kijuttatásra. Ezek a dózisok – melyek az
OMTK kísérletek legkisebb kezelése (*Debreczeni B.-né és Dvoracsek 2009*) –
szemléltetik azt a minimálisan kijuttatott tápanyagmennyiséget, amitől kezdő-
dően intenzíven művelt mezőgazdasági táblákról beszélhetünk, az extenzív
művelésű (trágyázás nélküli, vagy alacsony trágyázású) területek értékelése
nem volt a jelen vizsgálat célja. A minimális trágyadózisok kiszűrésével azokat
a mezőgazdasági táblákat távolítottuk el az adatbázisból, melyek az átlagos me-
zőgazdasági termelési színvonalától elmaradnak.

Az adatbázis idősoros adatai közül két év adatait választottuk ki. A kukorica
termésadatait elemezve a legkisebb átlagos terméseket az 1988-as évben talál-
tuk, melyet így a kukorica szempontjából kedvezőtlen évnek tekintettünk, a
legnagyobb átlagos termések pedig az 1985-ös évből kerültek ki, melyet így a
kukorica szempontjából kedvező évnek vettünk.

A két eltérő évjárat meteorológiai jellemzéseként az Országos Meteorológiai Szolgálat hosszú idősoros adatbázisából az ország négy különböző részéről gyűjtött csapadék és hőmérséklet adatait vizsgáltuk havi felbontásban (OMSZ 2014).

Ezek alapján az 1988-as kedvezőtlen (2. táblázat) évről megállapítható, hogy a korán jött tavaszi meleg (január-február) elősegítette a vetés előtt a talajok párolgását, vízvesztését, továbbá a június-júliusi viszonylag meleg időjárás (véltetően légköri aszály is előfordult) kedvezőtlenül hatott a címerhánynás-nővirágzás időszakában a kukorica fejlődésére. Az 1988-as évben a tenyészidőszak csapadéka kevesebb volt, mint 1985-ben. Az 1988. év szeptemberében jelentkező csapadékbőség már a termést nem befolyásolta jelentősen. A tenyészidőszak csapadéka kevesebb volt a sokévi átlagnál.

2. táblázat. *Kedvezőtlen évjárat (1988. év) havi középhőmérséklet (°C) és havi csapadék összeg (mm) adatai*

| Hónapok (1) | Havi középhőmérséklet (°C) (2) | Csapadék havi összege (mm) (3) |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Január (4) | 2,5 | 38,0 |
| Február (5) | 2,9 | 43,6 |
| Március (6) | 4,4 | 50,1 |
| Április (7) | 10,2 | 65,2 |
| Május (8) | 16,4 | 67,1 |
| Június (9) | 18,4 | 61,9 |
| Július (10) | 22,3 | 32,5 |
| Augusztus (11) | 20,6 | 77,1 |
| Szeptember (12) | 15,7 | 70,8 |
| Október (13) | 9,9 | 20,1 |
| November (14) | -0,2 | 19,0 |
| December (15) | 1,5 | 42,5 |

Forrás: OMSZ (2014)

Table 2. Monthly mean temperature (°C) and monthly mean precipitation sum (mm) data of an unfavourable crop year (1988). (1) Months, (2) Monthly mean temperature (°C), (3) Monthly mean precipitation sum (mm), (4) January, (5) February, (6) March, (7) April, (8) May, (9) June, (10) July, (11) August, (12) September, (13) October, (14) November, (15) December, Source: OMSZ (2014).

Az 1985-ös évben (3. táblázat) a hőeloszlás és csapadékeloszlás is egyenletes és kedvező volt a kukorica számára. A tenyészidőszak csapadéka az átlagosnál kedvezőbb volt. A jelentős májusi csapadékmennyiség (országos átlag: 107,5 mm) a talajt feltöltötte és így a kritikus időszakban, június-július hónapokban elegendő víz állt rendelkezésre a kukorica fejlődéséhez, ráadásul még az ezen időszakban lehullott csapadék mennyisége is kedvező volt.

3. táblázat. *Kedvező évjárat (1985. év) havi középhőmérséklet (°C) és havi csapadék összeg (mm) adatai*

| Hónapok (1) | Havi középhőmérséklet (°C) (2) | Csapadék havi összege (mm) (3) |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Január (4) | -6,0 | 17,7 |
| Február (5) | -5,1 | 24,4 |
| Március (6) | 4,3 | 44,5 |
| Április (7) | 10,9 | 31,4 |
| Május (8) | 16,8 | 107,5 |
| Június (9) | 16,6 | 56,4 |
| Július (10) | 20,8 | 52,1 |
| Augusztus (11) | 20,5 | 69,6 |
| Szeptember (12) | 15,9 | 15,9 |
| Október (13) | 9,8 | 10,5 |
| November (14) | 3,7 | 99,3 |
| December (15) | 3,8 | 36,7 |

Forrás: OMSZ (2014)

Table 3. Monthly mean temperature (°C) and monthly mean precipitation sum (mm) data of an unfavourable crop year (1985). (1) Months, (2) Monthly mean temperature (°C), (3) Monthly mean precipitation sum (mm), (4) January, (5) February, (6) March, (7) April, (8) May, (9) June, (10) July, (11) August, (12) September, (13) October, (14) November, (15) December, Source: OMSZ (2014).

A meteorológiai adatok elemzését követően az AIIR adatbázis kukorica termésadatainak összefüggéseit a két kiválasztott termőhely (csernozjom és barna erdőtalaj) vonatkozásában varianciaanalízissel vizsgáltuk. Az egyes humuszellátottsági szinteknél mért hozamok különbségeinek elemzéséhez SPSS statisztikai elemző szoftvert használtunk.

Az alkalmazott módszerrel számszerűsíteni tudtuk az egyes humuszellátottsági szintek kukoricatermésekre gyakorolt átlagos hatását. Az átlagos termés-különbségek természetesen tartalmazzák a hozamokra ható egyéb tényezők hatását is, ugyanis a kukorica terméseinek alakulását a humusztartalom változásán kívül sok egyéb (pl. egyéb talajjellemzők, agrotechnikai, stb.) tényező is befolyásolja. Ugyanakkor jelen vizsgálat során csak a humuszellátottságok hatásának számszerűsítésére törekedtünk. Az elemzés során használt adatbázis nagyszámú adatot tartalmazott, melyek adattömeg lehetőséget nyújtott a termőhelyekhez tartozó táblák talajváltozatosságából és az agrotechnikai színvonalban meglévő esetleges különbségekből adódó hatásoktól független, a termőhelyekre általánosan jellemző humuszhatás vizsgálatokra.

Eredmények értékelése

Az I. és II. termőhelyekbe tartozó talajok, kukorica produkciót befolyásoló, különböző humusztartalom kategóriákhoz tartozó hozamértékeit az *1. ábra* (I. termőhely – csernozjom talajok,) és *2. ábra* (II. termőhely – barna erdőtalajok) szemlélteti. A termőhelyek különböző humusztartalmú táblái közötti hozamok átlagos eltéréseit pedig a *4–7. táblázatok* mutatják be.

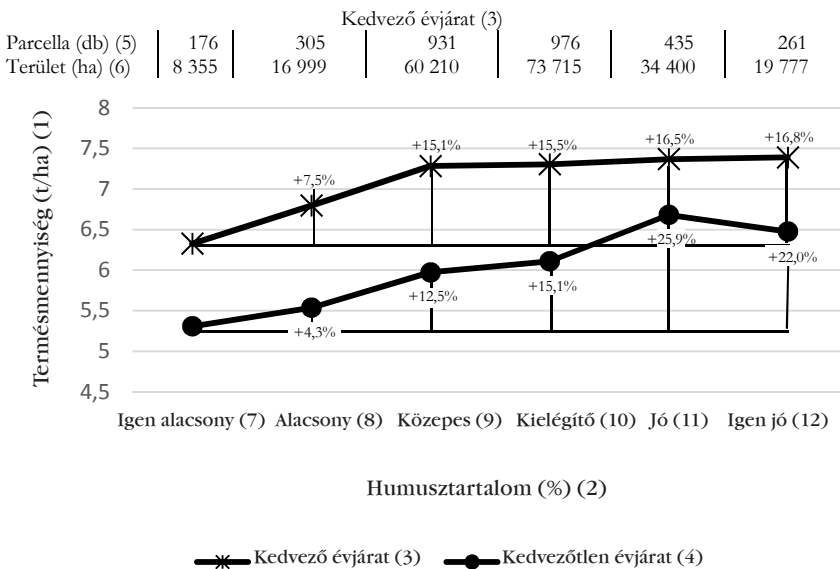
Az I. szántóföldi termőhely esetében (*1. ábra*) a kukorica termésszintek a kedvező és a kedvezőtlen évjárat esetén különböző ütemű növekedési pályát mutatnak a talaj emelkedő humusztartalmának megfelelően, de mindkét vizsgált évjárat esetén a kukoricatermés maximuma a relatíve magasabb (jó és igen jó) humuszellátottságoknál figyelhető meg.

A kedvező évjáratban csernozjom talajon az igen alacsony humusztartalmat követően határozott és egyenletes növekedést találunk a termésszintek alakulásában. Az alacsony humusztartalomnál már 7,5%-os terméstöbbletet tapasztaltunk a legalacsonyabb humusztartalomhoz képest, ami tovább erősödik a következő, közepes humuszellátottságnál, újabb mintegy 15,1%-os termésnövekményt eredményezve. A leírtakból következően a legkisebb humusztartalomnál tapasztaltuk a legalacsonyabb terméseredményeket, mely egyértelműen megállapítható már az *1. ábra* grafikonját szemlélve is. A kedvező évjáratban tapasztalható terméskülönbségek alátámasztására a *4. táblázatban* láthatjuk a talaj egyes humuszellátottsági szintjeihez kötődő átlagtermések közötti szignifikáns különbségeket. Az adatokból megállapítható, hogy a legkisebb humusztartalomhoz képest statisztikailag is igazolható különbség a

második humuszkategóriánál, tehát az alacsony humuszellátottságnál még nem jelentkezik, csak az annál magasabb szinteken. Az igen alacsony humuszellátottsághoz képest mind a közepes, a kielégítő, a jó és az igen jó humuszellátottságnál statisztikailag szignifikánsan magasabb termés hozam jelentkezik.

A statisztikailag is igazolható termésszint-növekedés kedvező évjáratban, csernozjom talajon a közepes humuszellátottságig mutatható ki, az igen alacsony humuszellátottsághoz képest 15,1%-os növekedést eredményezve. Hiába van az igen jó humuszellátottság mellett még nagyobb termésszint, ez nem jelent statisztikailag is igazolható hozamnövekedést.

1. ábra. Humusztartalom hatása a kukorica termésére különböző évjáratokban (I. termőhely – csernozjom talaj)



Megjegyzés: a százalékos értékek az igen alacsony humusztartalmú talajokhoz képest mért hozamtöbbletet jelzik (n=parcella elemszám, t=összes terület).

Figure 1. The effect of humus content on maize yield in various crop years (production site 1 - chernozem soil). (1) Yield (t ha⁻¹), (2) Humus content (%), (3) Favourable crop year, (4) Unfavourable crop year, (5) Plot (no.), (6) Area (ha), (7) Very low, (8) Low, (9) Average, (10) Satisfactory, (11) Good, (12) Very good. Note: the percentage values represent the yield surplus compared to very low humus content soils (n=plot sample size, t=total area).

4. táblázat. Az egyes humusz-ellátottsági kategóriáknál számított kukorica átlagtermések közötti különbségek (t/ha, I. termőhely – csernozjom talajok, kedvező évjárat)

| Humusz-ellátottság (1) | Igen alacsony (2) | Alacsony (3) | Közepes (4) | Kielégítő (5) | Jó (6) | Igen jó (7) |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|------------------|---------------|----------------|
| Igen alacsony (2) | - | -0,47 | -0,96* | -0,98* | -1,04* | -1,06* |
| Alacsony (3) | | - | -0,49* | -0,51* | -0,57* | -0,59* |
| Közepes (4) | | | - | -0,02 | -0,09 | -0,11 |
| Kielégítő (5) | | | | - | -0,06 | -0,08 |
| Jó (6) | | | | | - | -0,02 |
| Igen jó (7) | | | | | | - |

Megjegyzés: *SzD_{5%}

Table 4. Differences between the average maize yields calculated for each humus supply category (t ha⁻¹, production site 1 – chernozem soils, favourable crop year). (1) Humus supply, (2) Very low, (3) Low, (4) Average, (5) Satisfactory, (6) Good, (7) Very good, Note: *LSD_{5%}.

A terméskülönbséget számszerűsítve a 4. táblázat adataiból következtetve megfogalmazhatjuk, hogy az I. szántóföldi termőhelyen, csernozjom talajok esetében, kedvező évben a kukorica legalacsonyabb termése (igen alacsony humuszellátottság mellett) átlagosan 1,06 t/ha-ral kevesebb a legmagasabb termést adó humusztartalom szinthez (az igen jó ellátottsághoz) képest.

A kedvező évjáratban tapasztalt trendhez képest a kedvezőtlen évjárat esetén kissé más tendencia figyelhető meg a humusztartalom függvényében tapasztalt terméshalakulásokkal kapcsolatban. Az igen alacsony humuszellátottságot követően fokozatos, de nem túl egyenletes növekedés tapasztalható a jó humuszellátottságig, majd a legmagasabb humusztartalom, az igen jó humuszellátottság esetén az addigra elért terméshezam jelentősen visszaesik. A humusztartalom növekedésével először egy kismértékű 4,3%-os hozamnövekedés tapasztalható, ami 95%-os statisztikai megbízhatóság mellett viszont nem jelent igazolható terméstöbbletet. Az igen alacsony humuszellátottsághoz képest, igazolható különbségek a közepes humuszellátottságnál jelentkeznek először, mely a jó ellátottságnál található 25,9%-os terméstöbbletet jelentő termésmaximumon keresztül a legnagyobb humusztartalomig megfigyelhető, azonban a jó ellátottságot követően már termésviszacsés tapasztalható. Feltételezünk szerint az igen jó humuszellátottságnál jelentkező termésdepresszió a

magas humusztartalomból feltáródó és a kijuttatott trágyaadagok együttes hatásából eredeztethető túlzott N-kínálatból következhet. Mindazonáltal valószínűsíthető az is, hogy a kis elemszám miatti torzító hatásról is szó lehet. A jó és igen jó ellátottság közötti 0,21 t/ha differencia vélhetően a hibahatáron belül van, a kettő között szignifikáns differencia sem mutatható ki.

Kedvezőtlen évhatást figyelembe véve (5. táblázat), a I. szántóföldi termőhelyen, csernozjom talajok esetében a kukorica legalacsonyabb termése (igen alacsony ellátottsági szinten) 1,37 t/ha-ral kevesebb a legmagasabb termést adó humusztartalomhoz (a jó ellátottsági szinthez) képest.

5. táblázat. Az egyes humusz-ellátottsági kategóriáknál számított kukorica átlagtermések közötti különbségek (t/ha, I. termőhely – csernozjom talajok, kedvezőtlen évjárat)

| Humusz-ellátottság (1) | Igen alacsony (2) | Alacsony (3) | Közepes (4) | Kielégítő (5) | Jó (6) | Igen jó (7) |
|---------------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------|----------------|
| Igen alacsony (2) | - | -0,23 | -0,67 | -0,80 | -1,37 | -1,17 |
| Alacsony (3) | | - | -0,44 | -0,57 | -1,14 | -0,94 |
| Közepes (4) | | | - | -0,14 | -0,71 | -0,50 |
| Kielégítő (5) | | | | - | -0,57 | -0,37 |
| Jó (6) | | | | | - | 0,21 |
| Igen jó (7) | | | | | | - |

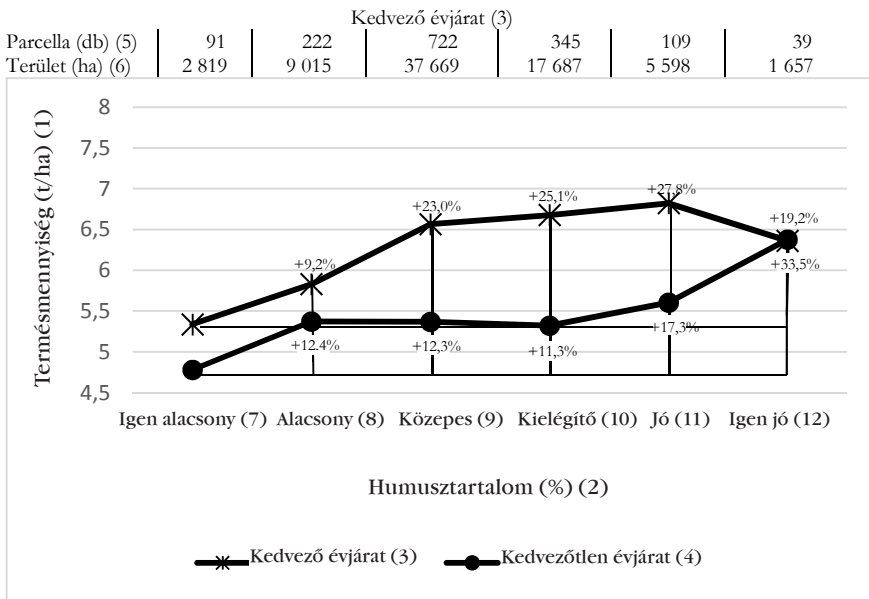
Megjegyzés: *SzD_{5%}

Table 5. Differences between the average maize yields calculated for each humus supply category (t ha⁻¹, production site 1 – chernozem soils, unfavourable crop year). (1) Humus supply, (2) Very low, (3) Low, (4) Average, (5) Satisfactory, (6) Good, (7) Very good, Note: *LSD_{5%}.

Az eltérő meteorológiai év hatása leginkább abban nyilvánul meg, hogy míg a kedvező évjárat esetén folyamatos a termésnövekedés a legnagyobb humusztartalom szintjéig, addig aszályos körülmények között (kedvezőtlen évjáratban) a legmagasabb termésszintet (a jó ellátottságot) egy hirtelen és jelentős termésdepresszió követi az igen jó humuszellátottságnál. Ugyanakkor ezen a szinten (igen jó ellátottság mellett) a termésnövekedés következtében is még 0,94 t/ha hozamkülönbséget tapasztaltunk az igen alacsony humuszellátottsághoz képest.

A II. szántóföldi termőhely (barna erdőtalajok) esetében a két, eltérő évjárat hatásmechanizmusában több különbséget is találunk, ugyanis a 2. ábrán látható módon, a kukorica termésszintek alakulásában ellentétes hatások érvényesülnek a kedvező és a kedvezőtlen évjáratok esetében.

2. ábra. Humusztartalom hatása a kukorica termésére különböző évjáratokban
(II. termőhely – barna erdőtalaj)



Megjegyzés: a százalékos értékek az igen alacsony humusztartalmú talajokhoz képest mért hozamtöbbletet jelzik (n=parcella elemszám).

Figure 2. The effect of humus content on maize yield in various crop years (production site 2 – brown forest soil). (1) Yield (t ha⁻¹), (2) Humus content (%), (3) Favourable crop year, (4) Unfavourable crop year, (5) Plot (no.), (6) Area (ha), (7) Very low, (8) Low, (9) Average, (10) Satisfactory, (11) Good, (12) Very good. Note: the percentage values represent the yield surplus compared to very low humus content soils (n=plot sample size).

A két évjárat közötti ellentétes hatás az igen jó humuszellátottságnál érzékelhető a legjobban, mikor a nagy nitrogénszolgáltató képesség a kedvező évjáratban termésviszacsesést, a kedvezőtlen évjáratban viszont hirtelen termésnövekedést von maga után. Érdekes összefüggésként állapítható meg tehát, hogy

a legmagasabb humusztartalomnál eltűnik az évjáráthatás, mind kedvező, mind pedig kedvezőtlen évjárat esetén hasonló kukoricatermésekkel számolhatunk.

Kedvező évjáratban a kukorica termése a humusztartalom növekedésével jelentősen, már a közepes ellátottságnál viszonylag magas terméstöbbletet (23%) mutat, a humusztartalom további emelkedése pedig kisebb intenzitással ugyan, de szintén hozamnövekedéssel jár. A kukorica termésátlagainak növekedése egészen a jó humuszellátottságig emelkedik, 27,8%-os terméstöbbletet eredményezve, majd egy hirtelen termésdepressziót figyelhetünk meg, mintegy 6,7%-os visszaeséssel a jó ellátottsághoz képest. A maximálisan elért terméstöbbletet kedvező évjáratban 1,48 t/ha plusz kukorica hozamot eredményez az igen alacsony humuszellátottságnál tapasztaltakhoz képest (6. táblázat).

6. táblázat. Az egyes humusz-ellátottsági kategóriáknál számított kukorica átlagtermések közötti különbségek (t/ha, II. termőhely – barna erdőtalajok, kedvező évjárat)

| Humusz-ellátottság (1) | Igen alacsony (2) | Alacsony (3) | Közepes (4) | Kielégítő (5) | Jó (6) | Igen jó (7) |
|---------------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|---------------|----------------|
| Igen alacsony (2) | - | -0,49 | -1,23* | -1,34* | -1,48* | -1,03 |
| Alacsony (3) | | - | -0,74* | -0,85* | -0,99* | -0,53 |
| Közepes (4) | | | - | -0,11 | -0,26 | 0,20 |
| Kielégítő (5) | | | | - | -0,14 | 0,31 |
| Jó (6) | | | | | - | 0,46 |
| Igen jó (7) | | | | | | - |

Megjegyzés: *SzD_{5%}

Table 6. Differences between the average maize yields calculated for each humus supply category (t ha⁻¹, production site 2 – brown forest soils, favourable crop year). (1) Humus supply, (2) Very low, (3) Low, (4) Average, (5) Satisfactory, (6) Good, (7) Very good, Note: *LSD_{5%}.

A közepes, a kielégítő és a jó ellátottság mentén a kukoricatermések minden esetben 20% feletti többlettel rendelkeznek, sőt a hirtelen termésdepresszió ellenére az igen jó humuszellátottsághoz kapcsolható terméstöbblet is csak kevéssel marad el ettől a szinttől (+19,2%). A jelzett kiemelkedő, 20% feletti terméstöbbletek mindhárom humuszellátottság esetében (közepes, kielégítő, jó) statisztikailag is igazolható különbséget mutatnak a legalacsonyabb humusztartalom mellett adódó hozamokhoz képest. A három legmagasabb

terméseredmény mindazonáltal nem csak a legkisebb humusztartalomnál számolt termésátlagnál, hanem az eggyel magasabb (alacsony ellátottságnál számolt) kukoricaterméshez képest is szignifikáns differenciát mutat.

Kedvezőtlen évjárat esetén a humusztartalom növekedésével először egy kismértékű, 12,4%-os hozamemelkedés tapasztalható, majd e termésszintet követően a humusztartalom további növekedésével (a közepes és kielégítő szinteken) nem keletkezik már terméstöbblet. Sőt, a termésátlagok egyszerű összehasonlításából kismértékű csökkenés is megfigyelhető, de ezek a differenciák már nem szignifikánsak. Viszonylag nagyobb termésnövekedést csak a jó ellátottságnál érünk el, 17,3%-os hozamemelkedéssel számolva a legkisebb humusztartalomhoz képest. Az igazán nagy változás az igen jó humuszellátottságnál jelentkezik, amikor a hozamnövekmény 33,5%-os emelkedést mutat az igen alacsony humuszellátottsághoz képest, ami számszerűen kifejezve 1,6 t/ha extra termésmennyiséget jelent (7. táblázat).

7. táblázat. Az egyes humusz-ellátottsági kategóriáknál számított kukorica átlagtermések közötti különbségek (t/ha, II. termőhely – barna erdőtalajok, kedvezőtlen évjárat)

| Humusz-ellátottság (1) | Igen alacsony (2) | Alacsony (3) | Közepes (4) | Kielégítő (5) | Jó (6) | Igen jó (7) |
|---------------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|---------------|----------------|
| Igen alacsony (2) | - | -0,59* | -0,59* | -0,54 | -0,82* | -1,6* |
| Alacsony (3) | | - | 0,00 | -0,05 | -0,23 | -1,01 |
| Közepes (4) | | | - | -0,05 | -0,24 | -1,01 |
| Kielégítő (5) | | | | - | -0,28 | -1,06 |
| Jó (6) | | | | | - | -0,77 |
| Igen jó (7) | | | | | | - |

Megjegyzés: *SzD_{5%}

Table 7. Differences between the average maize yields calculated for each humus supply category (t ha⁻¹, production site 2 – brown forest soils, unfavourable crop year). (1) Humus supply, (2) Very low, (3) Low, (4) Average, (5) Satisfactory, (6) Good, (7) Very good, Note: *LSD_{5%}.

A kukorica terméseit vizsgálva a kedvezőtlen évjárat esetén csupán az alacsony, a közepes, a jó és az igen jó humuszellátottságoknál tudjuk egyértelműen kijelenteni, hogy ezen esetekben nagyobb hozamok érhetők el az igen alacsony humuszellátottságú talajokhoz képest. A többi humuszellátottság-

kombináció között nincs statisztikailag is igazolható különbség, így a legnagyobb humusztartalomhoz képest sem tapasztaltunk szignifikáns differenciát más, gyengébb humusztartalmakhoz képest, hiába találunk itt kiugróan magas kukorica átlagtermés eredményt.

Az ismertetett eljárással évjáratí típusonként (kedvező, kedvezőtlen) számszerűsítettük két eltérő termőhelyi kategóriában a humuszellátottság hatását a kukorica terméshozamára. A két termőhelyi kategóriába tartozó talajtípusok jellemzéséből kitűnik, hogy mind a csernozjom talajokon (I. termőhely), mind pedig a barna erdőtalajon (II. termőhely) kedvező és kedvezőtlen évjáratban is komoly hatása van a magasabb humusztartalomnak.

A kapott eredményekből arra következtethetünk, hogy kedvező évjáratban a csernozjom és a barna erdőtalajokon, már a közepes humuszellátottság esetén viszonylag nagy (az elérhető maximumhoz közeli) terméstartással számolhatunk, míg kedvezőtlen évjáratban a relatíve nagyobb kukoricaterméseket csak a jó (csernozjom), illetve az igen jó (barna erdőtalaj) humuszellátottság biztosítja.

Természetesen az egyes talajfélések évjáráthatásának összevetését, abból a szempontból fenntartással kell kezelnünk, hogy az egyes talajtípusok földrajzi elterjedése különböző, ezért az évjáratok is másképpen érvényesülnek. Ugyanakkor az egyes talajtípusokon tapasztalt szélső értékek, földrajzi előfordulástól függetlenül is jó támpontot adnak az adott talajok évjáratonkénti minősítéséhez.

Következtetések

Bár a legnagyobb évjáratbeli különbséget a barna erdőtalajon tapasztaltuk, ki-elégítő humuszellátottság esetén (1,36 t/ha differenciával), de ettől függetlenül további következtetésként fogalmazható meg, hogy barna erdőtalajon, átlagosan kisebb az évjáráthatás, mint a csernozjom talajok esetében. Igaz, ez nem feltétlenül a talajok tulajdonságaival van kapcsolatban, hanem valószínűleg, klimatikus eredetű különbözőség. Mivel a csernozjom talajok főként az Alföld kontinentális klímája alatt alakultak ki, míg az erdőtalajok a Dunántúl főként maritim klímája mellett, a Dunántúlon pedig kisebbek az évingadozások is, az évek kiegyenlítettebbek. Például az OMTK hálózatban 34 év átlagában, a kukorica tenyészidőszakában Keszthelyen (Dunántúlon, barna erdőtalajon), 64,7% volt száraz év, 20,6% átlagos év, 14,7%-ban pedig nedves év fordult elő,

míg Hajdúböszörményen (Alföldön, csernozjom talajon) a száraz-átlagos-nedves évek aránya 79,4%-17,6%-2,9 % volt (*Debreczeni B.-né* 2009).

Míg barna erdőtalajok esetében átlagosan 0,80 t/ha a két évjárat közötti különbség, figyelembe véve az összes humuszellátottságnál számított átlagos hozamértékeket, addig a csernozjom talajok vonatkozásában ez az átlagos differencia 1,07 t/ha nagyságú. Ezt a különbséget némiképp torzítja, hogy a barna erdőtalajok esetében, az igen jó humuszellátottságnál, a kedvező évjáratban hirtelen termésdepresszió, a kedvezőtlen évjáratban pedig ugyanitt hirtelen termésmegemelés volt tapasztalható. A kedvező évjárat legmagasabb humusztartalmánál fellépő termésdepresszió a csernozjom talajokéhoz hasonlóan valószínűleg a túlzott nitrogén kínálatnak, illetve a kis elemszámból adódó hibának tudható be. A kedvezőtlen évjáratban pedig a legmagasabb humusztartalom hirtelen termésmegemelő hatása a megemelkedett humusztartalmú termőtalaj kedvezőbb víztartó-képességének köszönhető.

Nem meglepő módon a vizsgált növény és termőhelyek esetében a legmagasabb termés elérése a csernozjom talajokon lehetséges igen jó humuszellátottság mellett kedvező évjáratban, a legalacsonyabb termés pedig a barna erdőtalajokon igen alacsony humuszellátottság és kedvezőtlen évjárat esetén. A megfelelő szervesanyag ellátottság nagymértékben hozzájárul a termés stabilitásához, mindazonáltal az évjárat hatásának csökkentéséhez is.

Összességében kijelenthetjük, hogy a talajok humusztartalma, annak nitrogén-szolgáltató képességének és vízgazdálkodást befolyásoló tulajdonságainak köszönhetően nagyban meghatározza az elért hozamnagyságokat a vizsgált évjáratok és ellátottsági variánsok bármelyikén.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki a vizsgálatunkhoz nyújtott segítségükért Máté Ferencnek, Debreczeni Bélánénak, Makó Andrásnak és Tóth Zoltánnak.

IRODALOM

- Antal J.-Buzás I.-Debreczeni B.-Fekete A.-Nagy M.-Patócs I.*: 1987. Új műtrágyázási irányelvek. MÉM NAK. Budapest. 102.
- Balla A.-né*: 1960. A trágyázás hatása a kukorica termésére és táplálóanyag tartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. 9: 307-322.

- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.*: 1987. A magyarországi tápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 189.
- Csathó P.*: 1994. A magyarországi talajok NPK mérlegei 1990-ben és 1991-ben. Növénytermelés. 43: 551–561.
- Csathó P.*: 2002. Az AL-P korrekciós modell értékelése a hazai szabadföldi őszi búza P kísérletek adatbázisán, 1960–2000. Agrokémia és Talajtan. 51: 351–380.
- Csathó P.–Árendás T.–Németh T.*: 2005. Új, költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer. [In: Németh T.–Magyar M. (szerk.) Üzemi szintű tápanyagmérleg számítási praktikum.] MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Budapest. 21–30.
- Debreczeni B.-né*: 2009. Évjáráthatások vizsgálata az OMTK kísérletek növényeinek termésére. [In: Debreczeni B.-né–Németh T. (szerk.) Az OMTK kísérletek kutatási eredményei.] Akadémia Kiadó. Budapest. 353–391.
- Debreczeni B.–Debreczeni B.-né*: 1994. Trágyázási kutatások 1960–1990. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Debreczeni B.-né–Dvoracsek M.*: 2009: Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek leírása. [In: Debreczeni B.-né–Németh T. (szerk.) Az OMTK kísérletek kutatási eredményei.] Akadémia Kiadó. Budapest. 105–106.
- Debreczeni B.-né–Németh T.*: 2009. Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967–2001). Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Dunai, A.–Tóth, Z.–Jolánkai, P.–Kismányoky, T.*: 2013. Organic fertilization and soil fertility. Növénytermelés. Supplement. 62: 264–272.
- Hermann, T.–Tóth, G.*: 2011. Evaluating the Effect of Nutrient Levels of Major Soil Types on the Productivity of Wheatlands in Hungary. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42. 13: 1497–1509.
- Jordan-Meille, L.–Rubæk, G. H.–Ehlert, P. A. I.–Genot, V.–Hofman, G.–Goulding, K.–Recknagel, J.–Provolo, G.–Barraclough, P.*: 2012. An overview of fertilizer-P recommendations in Europe: Soil testing, calibration and fertilizer recommendations. Soil Use and Management. 28. 4: 419–435.
- Kádár I.*: 1987a. A kukorica ásványi tápanyag-ellátása. Növénytermelés. 36: 57–66.
- Kádár I.*: 1987b. Földművelésünk ásványi tápanyagforgalmáról. Növénytermelés. 36: 517–526.
- Kádár I.*: 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 398.
- Kismányoky, T.–Debreczeni, B.*: 2001. The optimal nutrition of maize in the Hungarian national long - term field experimental network. Archives of Agronomy and Soil Science. 46. 3–4: 251–265.
- Kismányoky, T.–Tóth, Z.*: 2012. Mineral and Organic Fertilization to improve soil fertility and increase biomass Production and N utilization by Cereals. [In: Wahlen, J. K. (ed.) Soil fertility improvement and integrated nutrient management. Global perspective.] 183–201

- Kovács G. J.–Csathó P. (szerk.):* 2005. A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. Agronómiai és környezetvédelmi tanulságok. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Budapest. 235.
- Latkovics Gy.-né:* 1963. A kukorica trágyázása és tápanyagfelvétele. MTA Agrártud. Oszt. Közleményei. 12: 423–429.
- Makó A.–Tóth B.:* 2007. A talajok vízgazdálkodása és a talajtermékenység. Agronapló. 11. 2: 46–47.
- MÉM NAK:* 1976. A mezőgazdasági és élelmiszerügyi miniszter 5/1978. (V. 26.) NÉM számú rendelete a gazdálkodó szervezetek talaj-tápanyagvizsgálói kötelezettségéről. Mezőgazdasági és Élelmiszerügyi Értesítő. 29. 12: 387–388.
- MÉM NAK (szerk. Buzás I.–Fekete A.):* 1979. Műtrágyázási irányelvek és a műtrágyázás üzemi számítási módszere.
- Németh, T.:* 1996. Nitrogen balances in long-term field experiments. Fertilizer Research. 43: 13–19.
- Németh T.:* 2005. A hatékony tápanyag-gazdálkodás tényezői. [In: Németh T.–Magyar M. (szerk.) Üzemi szintű tápanyagmérleg számítási praktikum.] MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Budapest. 1–9.
- Németh T.–Buzás I.:* 1991. Nitrogéntrágyázási tartamkísérletek humuszos homok- és mészlepedékes csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 40: 399–408.
- OMSZ:* 2014. Országos Meteorológiai Szolgálat – Éghajlati Adatsorok 1901–2000. (Web Adatbázis).

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Hermann Tamás–Tóth Gergely
Joint Research Centre
Institute for Environment and
Sustainability Land Resource Management Unit
Ispra (VA) – Via Fermi 2749
Italy – 21027

Kismányoky Tamás
Pannon Egyetem Georgikon Kar
Növénytermesztéstan és Talajtani Tanszék
Keszthely
Deák F. u. 16.
H-8360

A nitrogén és réz közötti kölcsönhatások vizsgálata őszi búzában

KÁDÁR IMRE - CSATHÓ PÉTER

MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a N×Cu elemek közötti kölcsönhatásokat 1989-ben őszi búzával. Termőhely talaja a szántott rétegben 3% humuszt, 5% körüli CaCO₃-ot, 20% körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, közepes N, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13–15 m mélyen található, a terület aszály-érzékeny. A kísérletet 4N×3Cu=12 kezelés×3 ismétlés=36 parcellával állítottuk be. A N 0, 100, 200, 300 kg/ha, a Cu 0, 50, 100 kg/ha adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve CuSO₄ formájában. Az árpilis, május és a július hónapokat aszály jellemezte.

Főbb eredmények:

- A N-trágyázással a bokrosodás végén mért légszáraz hajtás és az aratáskor mért szalma tömege 24%-kal emelkedett a N-kontrollhoz viszonyítva. A szemtermés igazolható többletet már nem jelzett. A Cu-trágyázás a terméstömeget nem befolyásolta. Összesen 12,4 t/ha légszáraz biomassa képződött melyből a fő-és melléktermés 50–50%-ban részesedett. A biomassa közel 2/3-át a generatív szakasz 50 napja alatt (virágzás kezdetétől aratásig) halmozta fel a búza. A búza szemtermés mennyiségét sem a N, sem a Cu trágyázás nem növelte igazolhatóan ezen a közepes N-, és kielégítő Cu ellátottságú talajon. A N hatások elmaradásának oka a két évvel korábban alászántott lucerna gyökértömeg pótlólagos, második évi N szolgáltatása is lehetett.
- A N-kínálattal általában emelkedett a növényi szövetek N, K, Ca, Mg, Na elem tartalma, tehát a N-bőség serkentette a főbb kationok beépülését. A N×Cu kezelések eredményeképpen a Cu koncentrációja 50–100%-kal nőtt a fiatal növények haj-

- tásában, illetve gyökerében. A gyökér átlagosan 2-szer gazdagabb Cu-ben, mint a hajtás. A gyökér volt az egyéb mikroelemek és a Mg akkumulációs szerve.
- A bokrosodás végén mért hajtás összetétele alapján megállapítható, hogy az állomány kielégítően ellátott volt N, P, K, Mn, Cu elemekben. A Ca és Mg az irodalmi optimumhoz viszonyítva ezen a meszes talajon emelkedett, míg a Zn alacsony koncentrációt mutatott.
 - A búza fajlagos, azaz 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés elemtartalma 24 kg N, 14–15 kg K₂O, 9 kg P₂O₅, 4 kg CaO, 3–4 kg MgO mennyiségnek felelt meg. Adataink felhasználhatók a tervezett termés elemszükségletének megállapításakor a szaktanácsadásban.
 - A 0–60 cm talajréteg NO₃-N készlete 1989 tavaszán tükrözte a N-kezeléseket 42, 84, 135, 180 kg/ha NO₃-N tartalommal. Az adott N mintegy 45%-a volt átlagosan kimutatható a vizsgált 0–60 cm rétegben. Nem ismert a mélyebb rétegekbe mosódott, illetve esetleg a denitrifikációval fellépő veszteség.

Kulcsszavak: N×Cu kölcsönhatások, szabadföldi kísérlet, búza

Examination of the interactions between nitrogen and copper in winter wheat

I. KÁDÁR-P. CSATHÓ

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

Summary

Interactions between N×Cu in a winter wheat field experiment established on calcareous chernozem were examined in 1989. The soil of the production site contained 3% humus, 5% CaCO₃ and 20% clay in the ploughed layer. Based on soil analyses, the area Ca, Mg, K and Mn level of the area is high, the Cu content is satisfactory, the N level is average and the P and Zn level was weak-average. Groundwater level is at 13–15 m and the area is drought sensitive. The experiment was established with 4 N×3 Cu=12 treatments×3 replications=36 plots. 0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ N and Cu 0, 50 and 100 kg ha⁻¹ Cu were applied in the forms of Ca ammonium nitrate and CuSO₄, respectively. There was drought in April, May and July.

Main results:

- The weight of air-dry shoot measured at the end of tillering and the weight of straw measured at harvesting increased by 24% as a result of N fertilisation in comparison with the N control treatment. There was no significant surplus in grain yield. Yield was not affected by Cu fertilisation. Altogether, 12.4 t ha⁻¹ air-dry biomass was formed, of which the proportion of primary and secondary yield was 50–50%. Nearly two thirds of biomass was accumulated during the 50 days of the generative phase (from the beginning of anthesis until harvesting). The grain yield of wheat was not significantly increased either by N or by Cu on this soil which has average N and satisfactory Cu content. The reason for the lacking N effects were the supplementary N supply in the second year after ploughing the alfalfa root mass back into the soil.
- In general, the N, K, Ca, Mg and Na content of the plant organs increased with the increasing N supply; therefore, N abundance facilitated the incorporation of the main cations. As a result of N×Cu treatments, the concentration of Cu increased by 50–100% in the shoot and root of young plants. On average, the root was twice as rich in Cu as the shoot. The root was the accumulation organ of other microelements and Mg.
- Based on the composition of shoot measured at the end of tillering, it can be concluded that the crop stand had a satisfactory supply of N, P, K, Mn and Cu. Compared to the optimal supply levels in technical literature, the Ca and Mg levels increased in this calcareous soil, while Zn had a low concentration.
- The specific element content of maize (1 t grain + its secondary yield is equal to 24 kg N, 14–15 kg K₂O, 9 kg P₂O₅, 4 kg CaO and 3–4 kg MgO. Our data can be used in determining the element need of the planned yield during consultancy.
- The NO₃-N stock of the 0–60 cm soil layer in the spring of 1989 reflected the N treatments with 42, 84, 135 and 180 kg ha⁻¹ NO₃-N content. On average, around 45% of the applied amount of N could be detected in the examined 0–60 cm soil layer. The loss leached into the deeper layers or as a result of denitrification is unknown.

Key words: N×Cu interactions, field trial, wheat, mineral elements uptake

Исследование взаимовлияний азота и меди в озимой пшенице

И. КАДАР – П. ЧАТО

Венгерская Академия Наук (МТА АТК), Институт Почвоведения и Агрохимии,
Будапешт

Резюме

В установленном грунтовом опыте на чернозёмной с известковым налётом суглинистой почве исследовали взаимовлияния между элементами N×Cu в 1989 году с озимой пшеницей. Почва места выращивания в пахотом слое содержала 3% гумуса, около 5% CaCO₃, около 20% глины. На основании анализа почвы территория была хорошо обеспечена Ca, Mg, K, Mn, удовлетворительно обеспечена Cu, средне N, и слабо-средне обеспечена P и Zn. Грунтовая вода расположена на глубине 13–15 м, территория чувствительна к засухе. Опыт установили в 4N×3Cu=12 дозах×3 повторения=на 36 парцеллах. N 0, 100, 200, 300 kg/ha, и Cu 0, 50, 100 kg/ha означали дозы в форме Ca-нитрат аммония, и в форме CuSO₄. Апрель, май и июль месяцы были засушливыми.

Главные результаты:

- С внесением удобрения N измеренная в конце кущения масса воздушно-сухого стебля и измеренная во время жатвы масса соломы увеличилась на 24% по сравнению с контрольным N. Урожай зерна не показал подтвержденную прибавку. Удобрение Cu не повлияло на массу урожая. Всего образовалось 12,4 t/ha воздушно-сухой биомассы, из которой главный и побочный продукт составляли по 50%. Пшеница набрала около 2/3 биомассы за 50 дней генеративного периода (с начала цветения до жатвы). Количество урожая зерна пшеницы доказуемо не увеличило ни удобрение N, ни удобрение Cu на этой среднеобеспеченной N, и удовлетворительно обеспеченной Cu почве. Причиной отсутствия влияния N возможно было дополнительное второгоднее обслуживание N запаханной два года назад массы корней люцерны.
- С предложением N обычно увеличилось содержание элементов N, K, Ca, Mg, Na органами растений, значит избыток N стимулировало строение главных катионов. Результатом доз N×Cu увеличилась концентрация Cu на 50–100% в побегах молодых растений и в их корнях. Корень в среднем в 2 раза богаче Cu-

ом, чем побег. Корень был аккумуляционным органом Mg и других микроэлементов.

- На основе состава побегов, измеренного в конце кушения, можно установить, что насаждение было удовлетворительно обеспечено элементами N, P, K, Mn, Cu. Ca и Mg по сравнению с указанным в литературе оптимумом на этой известковой почве вырос, а Zn показал низкую концентрацию.
- Удельное содержание элементов пшеницы, т.е. 1 t зерна + относящийся к нему побочный продукт соответствовал количеству 24 kg N, 14–15 kg K₂O, 9 kg P₂O₅, 4 kg CaO, 3–4 kg MgO. Наши данные можно использовать для определения потребности в элементах планируемого урожая в профессиональном консультировании.
- Наличие NO₃-N в слое почвы 0–60 см весной 1989 года отражало обработки N 42, 84, 135, 180 kg/ha с содержанием NO₃-N. Всего 45% данного N было в среднем показано в исследованном 0–60 см слое почвы. Неизвестны потери, смытые в более глубокие слои, а также потери, связанные с денитрификацией.

Ключевые слова: взаимовлияния N×Cu, грунтовый опыт, пшеница, приём минеральных элементов

Bevezetés

A rézet, mint fémek régóta széleskörűen hasznosítjuk, ezért szóródása és akkumulációja nyomon követhető a környezeti elemekben. Komló és szőlő kultúrákban a talajok Cu-készlete a feltalajban akár nagyságrenddel megnőhet a Cu-tartalmú növényvédőszeres tartós használata miatt. Először Franciaországban 1882-ben kezdték a CuSO₄ 5%-os oldatát alkalmazni gyomirtószerként Bordeaux város közelében, ezért vált „bordói” léként ismertté. Később a 0,1–0,2%-os mésztejes oldata is elterjedt mint gombaölő szer. A Cu-toxikózis mérsíkelhető szervestrágyázással, meszezéssel, illetve az antagonista P, Fe, Mo elemek bevitelével. A Cu-többletre különösen érzékeny lehet a lucerna, herefélék és a mák.

A Cu esszencialitását 1925-ben igazolták először *Pais* (1980) szerint. A Cu hiánya is elterjedt. A gabonafélék tőzeges talajon gyakran nem fejlesztenek kalciumot. Ez az úgynevezett „művelési betegség”. Felléphet másodlagos vagy indukált Cu-hiány rétláp talajokon a Mo-felesleg miatt. *Tölgyesi* (1965) vizsgálatai

rámutattak, hogy pl. a keszthelyi lápon termett növényekben egyidejűleg fennállhat a Cu hiánya és a Mo többlete. A szerves anyagban gazdag talajok ugyanis Mo-ban is gazdagok, míg a rezet megkötik. Az élettanilag kívánatos 5–10 körüli Cu/Mo arány a takarmányban akár 0,1–0,2 értékre szűkülhet Mo-toxikózist okozva. A legeltetett juh és marha anémiás lépbetegségét a Cu-hiányra, illetve a Mo-bőségre vezetik vissza.

A Cu közismerten komplexképző tulajdonsággal rendelkezik, a talajkolloidokhoz és a humuszvegyületekhez erősen kötődik. Ezért védett a kilúgzástól a talajban. A kétértékű kationok adszorpciós energiája az alábbi sorrendben csökken: $\text{Cu} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Co} > \text{Zn} > \text{Ca}$. A Cu növénybeni mozgása is gátolt, így a tenyészidő során fellépő esetleges Cu-hiány a fiatal hajtásokban, levelekben jelentkezik. A Cu szerepet játszik a fehérjesszintézisben. A bőséges N-trágyázáskor a Cu-igény megnő, illetve gyakrabban felléphet a Cu-hiány. Különösen száraz években a Cu-szegény homokos, lápos és az erősen meszes, humuszos talajokon. *Bergmann* (1979) szerint a Cu hiányára fokozottan érzékenyek a kalászos kultúrák és a napraforgó. A növényi felvétel a termésszinttől, növényfajtól és a talaj Cu-kínálatától függően 20–150 g/ha/év mennyiség között változhat.

A Cu biogeokémiai körforgalma gátolt, védett a kimosódástól. *Bowen* (1979) szerint a Cu a talajban átlagosan 26 mg/kg, a felszíni édesvizekben 3 µg/l míg a tengervízben csupán 0,25 µg/liter koncentrációban mutatható ki. Saját méréseink szerint a TIM pontok talajainak talajvízeiben (n=41) 0,2–20 µg/l, a Balaton vizében 3–5 µg/l, esővíz mintákban 4–20 µg/l Cu-koncentrációt találtunk. A hazai szenek vizsgálataink szerint (n=12) 7–36 mg/kg, míg a budapesti agglomeráció területén közelmúltban gyűjtött szálló por 100–613 mg/kg Cu-tartalmat jelzett. Utóbbi erős szennyezésnek minősül, amennyiben a talajokra megadott szennyezettségi küszöb a hazai szabályozás szerint 75 mg/kg a 10/2000. (VI.2.) rendelet szerint.

Bizonyos talajokon a bőséges P-trágyázás szintén növelheti a Mo növényi felvételét, míg a Cu-felvétel gátlást szenved Cu-hiányt indukálva. A Cu beépülését a kénbőség szintén akadályozhatja, amennyiben a bendőben felvehetetlen CuS keletkezhet. Az előregedő füvek Cu-tartalma is gyakran csökken, mely a jelenséget erősítheti. A műtrágyázás drasztikus beavatkozást jelenthet a talajba és a rajta termő gyepre. A szakszerűtlen és ellenőrizhetetlen műtrágyahasználat katasztrofális következményeire már közel fél évszázaddal ezelőtt rámutatott *Voisin* (1965) Franciaországban. A szerző szerint a talaj-növény-állat-ember sorsa összefügg. A humán civilizációs betegségek sem függetlenek

végző soron a műtrágyázás gyakorlatától, nem beszélve a legelő állatnál megfigyelt anyagcsere és hiánybetegségekről.

A N×Cu elemek közötti kölcsönhatásokat tenyészedény-kísérletekben is vizsgáltuk meszes homok és vályog talajokkal, árpa és köles jelzőnövényel. A CuSO₄ formában adott Cu-terhelést a KCl+EDTA oldható Cu-tartalom jól tükrözte mindkét talajban. A növényi hozamokat a Cu-trágyázás nem befolyásolta. A mintegy 10 mg/kg Cu-adaggal a tavaszi árpa gyökereinek Cu-tartalma vályogtalajon 10–15 mg/kg, homoktalajon 30–40 mg/kg értékkel nőtt meg. A földfeletti hajtás Cu-koncentrációja ugyanakkor nem módosult érdemben, a Cu növényen belüli transzportja gátolt volt. A N-bőség bizonyos határig igazolhatóan növelte a Cu beépülését a gyökerekbe (Kádár és Shalaby 1984, 1985).

A továbbiakban rátérünk a N×Cu közötti kölcsönhatásokat vizsgáló szabadföldi tartamkísérletünk bemutatására. A kísérlet 1988–2002 között folyt, 15 éven át, mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA TAKI Nagyhorcsök Kísérleti Telepén. A növényváltás tavaszi árpa, búza, őszi árpa, kukorica, tritikále, burgonya, zab, rozs, 4 éven át lucerna, repce, mák és napraforgó növényfajokat foglalta magában. A növények termésének meghatározásán túl rendszeresen mértük a növényi szervek és a kísérleti parcellák talajának elemösszetételét is. Az első évben termett tavaszi árpában feltárt N×Cu kölcsönhatásokat korábbi munkánkban mutattuk be. Ugyanitt áttekintettük a talaj-növény Cu-forgalmának szakirodalmát is (Kádár és Csathó 2013).

Anyag és módszer

A N×Cu kölcsönhatásokat vizsgáló kéttényezős kísérletet 1988 tavaszán állítottuk be az MTA TAKI nagyhorcsöki kísérleti telepén. A kísérlet talaja löszön képződött mészlepedékes csernozjom mely a kísérlet beállítása előtt 1988. március elején végzett talajvizsgálataink szerint mintegy 5% CaCO₃-ot és 3% humuszt tartalmazott a szántott rétegben. A pH_(KCl)=7,3; az AL-P₂O₅ 128 mg/kg, AL-K₂O 243 mg/kg, KCl-Mg 150–180 mg/kg, az EDTA-Mn 127 mg/kg, az EDTA-Cu 2–3 mg/kg, EDTA-Zn 1–2 mg/kg értékekkel jellemezhetőek. A KCl-oldható NH₄-N 9, NO₃-N 12 mg/kg a feltalajban. A MÉM NAK (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj jó Ca, Mg, K, Mn; ki-elégítő Cu, közepes N, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságáról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszály-érzékeny. Éghajlata az Alföldéhez hasonlóan szárazságra hajló, átlagos közép-

hőmérséklete 11 °C, éves átlagos csapadékösszege 576 mm. A kísérlet osztott parcellás (split-plot) elrendezésű 4N×3Cu=12 kezeléssel és 3 ismétléssel, összesen 36 parcellával. A parcellák mérete 4,9×15=73,5 m² volt. Vizsgált tényezők az alábbiak:

1. tényező (főparcellák):

N₀=kontroll

N₁=100 kg/ha/év N

N₂=200 kg/ha/év N

N₃=300 kg/ha/év N

2. tényező (alparcellák):

Cu₀=kontroll

Cu₁=50 kg/ha Cu 1988 tavaszán

Cu₂=100 kg/ha Cu 1988 tavaszán

Az alaptrágyázás évente 100 kg/ha P₂O₅ és 100 kg/ha K₂O adagot jelentett szuperfoszfát és kálisó formájában. A N-t 25%-os pétisó (Ca-NH₄NO₃), a Cu trágyát 25,5%-os CuSO₄×5H₂O formában alkalmaztuk. A PK műtrágyákat és a N felét az elővetemény lucerna törésére szórtuk ki 1987 őszén és leszántottuk, míg a N másik felét és a CuSO₄ trágyát 1988 tavaszán kevertük a talajba vetés előtt. Az Mv-15 fajtát vetettük el gabona sortávra. A főbb agrotechnikai műveleteket és módszertani megfigyeléseket az *1. táblázat* tekinti át. Megemlítjük, hogy általában az üzemekben szokásos agrotechnikát alkalmaztuk.

A növényállományt parcellánként 1–5 skálán bonitáltuk bokrosodás, virágzás és betakarítás idején. Ugyanakkor parcellánként 2×2=4 fm-ről földfeletti növénymintákat is vettünk tömegmérés és elemzés céljából. Betakarítást követően talajmintavételre is sor került a szántott rétegből, parcellánként 20–20 lefűrásból képezve átlagmintákat. A növényeket vizsgáltuk makro elemekre, illetve mikroelemekre. Talajmintákban meghatároztuk a KCl+EDTA oldható Cu-tartalmat, valamint a KCl-kicserélhető NH₄-N és NO₃-N tartalmat *MÉM NAK* (1978), illetve *Baranyai et al.* (1987) által ismertetett eljárásokkal.

A havi, negyedéves és az éves csapadékösszegekről az alábbi adatok tájékoztatók. A tavaszi árpa előveteményt 1988. július 22-én takarítottuk be. Ezt követően augusztusban 97 mm, szeptemberben 57 mm, októberben 27 mm, novemberben 14 mm, decemberben 38 mm, azaz év végéig összesen 233 mm csapadék hullott. A következő évben január 6 mm, február 24 mm, március 42 mm, április 72 mm, május 44 mm, június 62 mm, összesen a félév 250 mm esőt adott. Amennyiben ez a 233 mm+250 mm=483 mm csapadék a talajba szivároghatott és ott a gyökérjárta felső talajrétegben megőrződött. A búza vízellátottsága megfelelő volt 1989-ben.

1. táblázat. *Főbb agrotechnikai műveletek és megfigyelések az őszi búza kísérletben 1989-ben (1.41.sz. kísérlet) (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)*

| Műveletek megnevezése (1) | Időpont (2) | Egyéb megjegyzések (3) |
|--|----------------|--|
| 1.Őszi műtrágyázás (N, P, K) (4) | 1988.10.05. | Parcellánként kézzel (19) |
| 2.Egyirányú szántás (5) | 1988.10.06. | MTZ-50+eke (20) |
| 3.Gyűrűs hengerezés (6) | 1988.10.06. | MTZ-50+gyűrűshenger (21) |
| 4.Tárcsázás (7) | 1988.10.17. | MTZ-50+tárcsa (22) |
| 5.Kombinátorozás (8) | 1988.10.18. | MTZ-50+kombinátor (23) |
| 6.Vetés, hengerezés (9) | 1988.10.20. | MTZ-50+vetőgép, henger (24) |
| 7.Talajmintavétel (0-60 cm) (10) | 1989.03.03. | Parcellánként kézzel (19) |
| 8.Tavaszi N-műtrágyázás (11) | 1989.03.08. | Parcellánként kézzel (19) |
| 9.Bonitálás állományra bokrosodásban (12) | 1989.03.08 | Parcellánként 1-5 skálán (25) |
| 10.Gyomirtás (Dikotex) (13) | 1989.04.10. | MTZ-50+permetező (26) |
| 11.Növénymintavétel gyökérrel bokrosodás végén (14) | 1989.04.26. | Parcellánként 4 fm=0,5 m ² (27) |
| 12.Növénymintavétel gyökérrel virágzás elején (15) | 1989.05.29. | Parcellánként 4 fm=0,5m ² (27) |
| 13.Bonitálás állományra aratáskor (16) | 1989.07.17. | Parcellánként 1-5 skálán (25) |
| 14.Mintakéve szedése (17) | 1989.07.17. | Parcellánként 4 fm=0,5 m ² (27) |
| 15.Kombájnolás (18) | 1989.07.17. | Parcellánként 2×15=30 m ² (28) |

Megjegyzés: Mv-15 fajtájú őszi búza 80 db/fm csíraszámossal 5 cm mélyen elvetve gabona sortávolságra, 300 kg/ha vetőmagnormával.

Table 1. Main agrotechnical operations and observations in winter wheat experiments in 1989 (experiment no. 1.41) (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsök, Mezőföld). (1) Description of operations, (2) Date, (3) Other notes, (4) Autumn fertilisation (N, P, K), (5) One-way ploughing, (6) Applying a roller, (7) Harrowing, (8) Using a combinator, (9) Sowing, rolling, (10) Soil sampling (0-60 cm), (11) Spring N fertilisation, (12) Classification of the stand during tillering, (13) Weed control (Dikotex), (14) Plant sampling from the root at the end of tillering, (15) Plant sampling of the root at the beginning of anthesis, (16) Classification of the stand at harvesting, (17) Taking a sample sheaf, (18) Harvesting with a combine harvester, (19) Manually per plot, (20) MTZ-50+ plough, (21) MTZ-50+roller, (22) MTZ-50+disc, (23) MTZ-50+combinator, (24) MTZ-50+sowing machine, roller, (25) On a 1-5 scale per plot, (26) MTZ-50+spayer, (27) 4 fm=0,5m² per plot, (28) 2×15=30 m² per plot, Note: Mv-15 winter wheat, germ count: 80 per running metre, sown 5 cm deep with wheat row spacing, 300 kg sowing seed per ha.

Eredmények értékelése

A Cu-trágyázás a termés tömegét nem befolyásolta, eredményeinket ezért a Cu kezelések átlagában közöljük a 2. táblázatban, ahol a N-kezelések hatása tanulmányozható. Látható, hogy a bokrosodás végén a kontroll talajon mért zöld földfeletti hajtás tömege 44%-kal, míg a légszáraz tömege 24%-kal haladta meg a kontroll termését a 300 kg/ha N-trágyázott kezelésben. Az aratáskori szalmában ez a 24% többlet szintén igazolható. A pelyva és a szem már igazolható N-többleteket nem mutat. A bőséges N-ellátás frissebb, fiatalabb, átlagosan 3%-kal nedvdúsabb hajtást eredményezett április végén és május végén. A gyökér április végén 109 g és 28 g, május végén 156 g és 39 g zöld, illetve légszáraz tömeget adott átlagosan, a kezelésektől függetlenül 4 fm-enként.

2. táblázat. N-trágyázás hatása az őszi búza földfeletti tömegére 1989-ben
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

| N-adag (kg/ha) (1) | 04. 26-án | | 05. 29-én | | 07. 17-én aratáskor (t/ha) | | | |
|--------------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|----------------------------|---------------|-------------|----------------|
| | (g/4 fm) (2) | | (g/4 fm) (3) | | (4) | | | |
| | Zöld (5) | Légszáraz (6) | Zöld (5) | Légszáraz (6) | Szalma (7) | Pelyva (8) | Szem (9) | Összes (10) |
| 0 | 350 | 63 | 814 | 226 | 4,40 | 1,06 | 6,02 | 11,5 |
| 100 | 422 | 71 | 861 | 219 | 4,91 | 1,11 | 6,22 | 12,2 |
| 200 | 491 | 76 | 869 | 222 | 5,72 | 1,25 | 6,20 | 13,2 |
| 300 | 503 | 78 | 931 | 234 | 5,45 | 1,18 | 6,12 | 12,8 |
| SzD _{5%} (11) | 90 | 15 | 103 | 21 | 0,83 | 0,15 | 0,33 | 1,5 |
| Átlag (12) | 442 | 72 | 869 | 225 | 5,12 | 1,15 | 6,14 | 12,4 |

Megjegyzés: a gyökér 04. 26-án 109 és 28 g; 05. 29-én 156 és 39 g zöld, illetve légszáraz tömeget adott átlagosan a kezelésektől függetlenül. A bonitálások érdemi trágyahatásokat nem mutattak. A légszárazanyag 04. 26-án a hajtásban 16%, a gyökérben 26%, 05. 29-én a hajtásban és a gyökérben 26% volt átlagosan. Átlagos növénymagasság 95 cm volt május végén.

Table 2. The impact of N fertilisation on the above ground mass of winter wheat in 1989 (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) N dose (kg ha⁻¹), (2) on 26/04 (g per 4 running meters), (3) on 29/05 (g per 4 running meters), (4) At harvesting on 17/07 (t ha⁻¹), (5) Green, (6) Air-dry, (7) Straw, (8) Chaff, (9) Grain, (10) Total, (11) LSD_{5%}, (12) Average, Note: The average green and air-dry mass of the root was 109 and 28 g on 26/04 and 156 and 39 g on 29/05, respectively, independently of treatments. Classifications did not show and significant fertilisation effect. The air-dry material was 16% in the shoot on 26/04 and 26% in the root. On 29/05, the air-dry material was 26% both in the shoot and the root. The average plant height was 95 cm at the end of May.

A szárazanyag tartalom április végén a hajtásban 16%, a gyökérben 26%, míg május végén a hajtásban és gyökérben egyaránt 26–26% volt átlagosan. A növényállomány magassága május végén elérte a 90–100 cm-t. A 2. táblázat adataiból az is kiolvasható, hogy az aratáskori összes földfeletti légszáraz biomassza 12,4 t/ha mennyiséget ért el, melyből a szalma átlagosan 41%-kal, a pelyva 9%-kal, míg a szem 50%-kal részesedett. A szárazanyag akkumuláció ütemére utal, hogy a bokrosodás végén kereken 1,4 t/ha, a virágzás kezdetén, május végén 4,5 t/ha volt a földfeletti biomassza. Tehát április végéig az aratáskori tömeg 12%-a, virágzás elejéig pedig 36%-a képződött. Más szavakkal fogalmazva a biomassza közel 2/3-át a generatív szakasz 50 napja alatt halmozta fel a búza. A búza szemtermés mennyiségét sem a N, sem a Cu trágyázás nem növelte igazolhatóan ezen a közepes N-, és kielégítő Cu ellátottságú talajon. A N hatások elmaradásának oka a két évvel korábban alászántott lucerna gyökértömeg pótlólagos, második évi N szolgáltatása is lehetett.

A N-trágyázás igazolhatóan növelte a hajtás N, K, Ca, illetve a gyökér N, K, P elemtartalmát április végén. Május végén már a következő 4 elem akkumulációját változtatta meg a N-bőség: N, K, Ca, Mg. A gyökérben a Mg koncentrációja nem változott, míg a többi elemé emelkedett. Az aratáskori szalmában a N, K, Ca, Na; pelyvában a N, K, Ca; szemben a N, Ca elemek beépülését serkentette a N. Összefoglalóan megállapítható, hogy a N-bőséggel nemcsak N-ben gazdagodott a búza, hanem esetenként a K, Ca, Mg, Na főbb kationokkal is a 3. táblázatban összefoglalt adatok szerint.

3. táblázat. N-trágyázás hatása a búza elemtartalmára 1989-ben
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)

| Elem jele | Mértékegység | N-trágyázás (kg/ha/év) | | | | SzD ₉₅ | Átlag |
|----------------------|--------------|------------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| | | (3) | | | | | |
| (1) | (2) | 0 | 100 | 200 | 300 | (4) | (5) |
| Hajtás 04. 26-án (6) | | | | | | | |
| N | % | 2,81 | 3,05 | 3,27 | 3,39 | 0,26 | 3,13 |
| K | % | 3,24 | 3,68 | 4,35 | 4,24 | 0,43 | 3,88 |
| Ca | % | 0,79 | 0,82 | 0,83 | 0,88 | 0,23 | 0,83 |

A 3. táblázat folytatódik a következő oldalon ...

... a 3. táblázat folytatása

| Elem jele (1) | Mérték- egység (2) | N-trágyázás (kg/ha/év) (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Gyökér 04. 26-án (7) | | | | | | | |
| N | % | 0,74 | 0,88 | 0,95 | 1,03 | 0,10 | 0,90 |
| K | % | 1,41 | 1,48 | 1,95 | 2,00 | 0,22 | 1,71 |
| P | % | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,01 | 0,13 |
| Hajtás 05. 29-én (8) | | | | | | | |
| N | % | 1,20 | 1,57 | 1,69 | 1,76 | 0,14 | 1,55 |
| K | % | 1,63 | 1,97 | 2,36 | 2,41 | 0,21 | 2,09 |
| Ca | % | 0,38 | 0,53 | 0,60 | 0,70 | 0,20 | 0,55 |
| Mg | % | 0,12 | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,03 | 0,15 |
| Gyökér 05. 29-én (9) | | | | | | | |
| N | % | 0,87 | 1,51 | 1,51 | 1,81 | 0,40 | 1,43 |
| K | % | 1,10 | 1,35 | 1,67 | 1,69 | 0,22 | 1,45 |
| Ca | % | 0,25 | 0,31 | 0,32 | 0,59 | 0,20 | 0,37 |
| Mg | % | 0,20 | 0,22 | 0,19 | 0,14 | 0,04 | 0,20 |
| Szalma 07. 17-én (10) | | | | | | | |
| N | % | 0,34 | 0,46 | 0,51 | 0,57 | 0,18 | 0,47 |
| K | % | 0,70 | 0,90 | 1,12 | 1,13 | 0,30 | 0,96 |
| Ca | % | 0,28 | 0,32 | 0,37 | 0,40 | 0,06 | 0,34 |
| Na | mg/kg | 166 | 232 | 206 | 250 | 66 | 213 |
| Pelyva 07. 17-én (11) | | | | | | | |
| N | % | 0,49 | 0,67 | 0,73 | 0,64 | 0,14 | 0,63 |
| K | % | 0,28 | 0,35 | 0,34 | 0,39 | 0,09 | 0,34 |
| Ca | % | 0,10 | 0,12 | 0,12 | 0,15 | 0,04 | 0,12 |
| Szemtermés 07. 17-én (12) | | | | | | | |
| N | % | 1,72 | 1,82 | 2,08 | 2,05 | 0,30 | 1,92 |
| Ca | mg/kg | 293 | 310 | 371 | 367 | 62 | 335 |

Megjegyzés: *Bergmann* (1992) szerinti optimális tartományok bokrosodásban: 2,3–3,8% N; 0,25–0,50% P; 3,30–4,50% K; 0,35–1,00% Ca; 0,10–0,23% Mg; Mn 30–100, Zn 20–70, B és Cu 5–10 mg/kg szárazanyag.

Table 3. The impact of N fertilisation on the element content of winter wheat in 1989 (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) N fertilisation (kg per ha per year), (4) LSD_{5%}, (5) Average, (6) Shoot on 26/04, (7) Root on 26/04, (8) Shoot on 29/05, (9) Root on 29/05, (10) Straw on 17/07, (11) Chaff on 17/07, (12) Grain yield on 17/07, Note: optimum ranges during tillering according to *Bergmann* (1992): 2.3–3.8% N; 0.25–0.50% P; 3.30–4.50% K; 0.35–1.00% Ca; 0.10–0.23% Mg; Mn 30–100, Zn 20–70, B and Cu 5–10 mg per kg dry matter.

Az is megfigyelhető, hogy a bokrosodás vége, illetve a virágzás elejei stádiumban a gyökér és a hajtás Cu-tartalmát a N és a Cu kezelések egyaránt módosítják, éspedig közel hasonló mértékben növelik. A gyökér átlagosan 2-szer gazdagabb Cu-ban, mint a hajtás. A N×Cu együttes trágyázás eredményeképpen a hajtás vagy a gyökér Cu-koncentrációja 50–100%-kal is nőhet. A vegetációs időszak előrehaladtával az átlagos Cu-tartalom mind a gyökérben, mind a hajtásban mérséklődik. A növény kora, illetve az N×Cu kezelések függvényében a Cu koncentrációja a hajtásban 4–11 mg/kg, a gyökérben 8–23 mg/kg tartományban változott (4. táblázat).

A búza fiatal szerveinek átlagos elemtartalmát tekintve látható, hogy a hajtás halmozza fel elsősorban a N, K, Ca, P elemeket, míg a Mg és a mikroelemek a gyökérben dúsulnak. Április végén a hajtáshoz viszonyított elemdúsulás az alábbi elemenként: Fe 22-szeres; Mg, Na, Mn 3,7-szeres; Zn és Cu 2-szeres. Az aratáskori szalmában a K, Ca, Na; pelyvában a Fe; míg a szemtermésben a N, P, Mg, Zn, Cu elemek dúsulnak. Utóbbi 5 elem a szemképződés fontos élettani eleme. A pelyva elemösszetételét tekintve általában a vegetatív szalma és a generatív szem között helyezkedik (5. táblázat).

A búza földfeletti aratáskori termésébe épült elemek mennyiségéről a 6. táblázat tájékoztat. A betakarított mintegy 6 t/ha szem+6 t/ha mellékterméssel összesen 149 kg N, 75 kg K (90 kg K₂O), 21 kg Ca, 23 kg Mg, 11 kg P (25 kg P₂O₅) mennyiséggel szegényedett a talaj. A fajlagos elemtartalom, azaz 1 t szem+a hozzátartozó melléktermés elemigénye 24 kg N, 12 kg K (14–15 kg K₂O), 3 kg Ca (4 kg CaO), 4 kg P (9 kg P₂O₅), 2 kg Mg (3–4 kg MgO). Amennyiben kombájn betakarításnál csak a szemtermés távozik a tábláról, elégséges a N és a P visszapótlásáról gondoskodni. Kötöttebb, meszes talajokon a K, Ca, Mg elemekkel való trágyázás feleslegesnek minősülhet. A mikroelemek pótlását általában nem a talajbani abszolút hiányuk, hanem felvehetőségük indokolhatja.

Tavasszal 1989. március 3-án történt talajmintavétel, illetve talajelemzés eredményei szerint a N-trágyázás hatására nőtt a 0–60 cm talajréteg NO₃-N készlete, míg az NH₄-N forma mennyisége érdemben nem változott. A műtrágya NH₄NO₃ hatóanyaga teljesen NO₃-N formává alakult ezen a jól szellőzött meszes talajon és döntően a szántott réteg alá húzódott a téli csapadékkal. Amint a 7. táblázatban megállapítható, a NO₃-N forma a kontroll talajon is közel 3-szorosa az NH₄-N formának, míg ez az arány a N-nel bőségesen trágyázott talajon mintegy a 10-szeresére tágul.

4. táblázat. N×Cu trágyázás hatása a búza Cu-tartalmára 1989-ben (mg/kg)
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

| Cu adag (kg/ha) (1) | N-trágyázás (kg/ha/év) (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---------------------------|-------------------------------|-----|-----|------|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Hajtás 04. 26-án (5) | | | | | | |
| 0 | 6,2 | 5,7 | 8,2 | 7,5 | | 6,9 |
| 50 | 6,6 | 7,3 | 7,7 | 8,8 | 2,8 | 7,6 |
| 100 | 6,7 | 6,9 | 9,3 | 11,5 | | 8,6 |
| SzD _{5%} (3) | | 2,7 | | | | 1,4 |
| Átlag (4) | 6,5 | 6,7 | 8,4 | 9,3 | 1,7 | 7,7 |
| Gyökér 04. 26-án (6) | | | | | | |
| 0 | 14 | 15 | 16 | 13 | | 15 |
| 50 | 20 | 18 | 18 | 24 | 6 | 20 |
| 100 | 18 | 21 | 22 | 23 | | 21 |
| SzD _{5%} (3) | | 6 | | | | 3 |
| Átlag (4) | 17 | 18 | 19 | 20 | 3 | 18 |
| Hajtás 05. 29-én (7) | | | | | | |
| 0 | 4,2 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | | 4,8 |
| 50 | 4,2 | 5,6 | 5,0 | 5,6 | 1,0 | 5,1 |
| 100 | 5,0 | 5,6 | 5,6 | 6,1 | | 5,6 |
| SzD _{5%} (3) | | 0,8 | | | | 0,4 |
| Átlag (4) | 4,4 | 5,4 | 5,2 | 5,6 | 0,5 | 5,1 |
| Gyökér 05. 29-én (8) | | | | | | |
| 0 | 8 | 11 | 12 | 13 | | 11 |
| 50 | 13 | 16 | 16 | 15 | 6 | 15 |
| 100 | 13 | 17 | 18 | 17 | | 16 |
| SzD _{5%} (3) | | 4 | | | | 2 |
| Átlag (4) | 11 | 14 | 15 | 15 | 3 | 14 |

Table 4. The impact of N×Cu fertilisation on the Cu content of winter wheat (mg kg⁻¹) in 1989 (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) Cu dose (mg kg⁻¹), (2) N fertilisation (kg per ha per year), (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Shoot on 26/04, (6) Root on 26/04, (7) Shoot on 29/05, (8) Root on 29/05.

5. táblázat. A búza átlagos elemtartalma 1989-ben
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)

| Elem jele (1) | Mérték- egység (2) | 04. 26-án (3) | | 05. 29-én (4) | | 07. 17-én (5) | | |
|------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | | Hajtás (6) | Gyökér (7) | Hajtás (6) | Gyökér (7) | Szalma (8) | Pelyva (9) | Szem (10) |
| N | % | 3,13 | 0,90 | 1,55 | 1,43 | 0,47 | 0,63 | 1,92 |
| K | % | 3,88 | 1,71 | 2,09 | 1,45 | 0,96 | 0,34 | 0,35 |
| Ca | % | 0,83 | 0,39 | 0,55 | 0,37 | 0,34 | 0,12 | 0,03 |
| P | % | 0,30 | 0,13 | 0,22 | 0,13 | 0,05 | 0,09 | 0,32 |
| Mg | % | 0,16 | 0,59 | 0,15 | 0,19 | 0,08 | 0,06 | 0,10 |
| Fe | mg/kg | 431 | 9600 | 238 | 3600 | 92 | 175 | 62 |
| Na | mg/kg | 152 | 545 | 210 | 1100 | 213 | 150 | 19 |
| Mn | mg/kg | 86 | 322 | 73 | 173 | 49 | 48 | 42 |
| Zn | mg/kg | 17 | 32 | 10 | 26 | 4 | 8 | 19 |
| Cu | mg/kg | 7 | 14 | 5 | 14 | 4 | 5 | 6 |

Table 5. The average element content of wheat in 1989 (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsök, Mezőföld). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) On 26/04, (4) On 19/05, (5) On 17/07, (6) Shoot, (7) Root, (8) Straw, (9) Chaff, (10) Grain.

6. táblázat. Az őszi búza átlagos elemfelvétele 1989-ben
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)

| Elem jele (1) | Mérték- egység (2) | 07. 17-én aratáskor (3) | | | | Fajlagos tartalom 1 t szem mellék- termésre (8) |
|------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|-------------|---------------|---|
| | | Szalma (4) | Pelyva (5) | Szem (6) | Együtt (7) | |
| N | kg/ha | 24,1 | 7,2 | 117,9 | 149 | 24 |
| K | kg/ha | 49,2 | 3,9 | 21,5 | 75 | 12 |
| Ca | kg/ha | 17,4 | 1,4 | 1,8 | 21 | 3 |
| P | kg/ha | 2,6 | 1,0 | 19,6 | 23 | 4 |
| Mg | kg/ha | 4,1 | 0,7 | 6,1 | 11 | 2 |
| Na | g/ha | 1091 | 172 | 117 | 1380 | 225 |
| Fe | g/ha | 471 | 201 | 381 | 1053 | 171 |
| Mn | g/ha | 251 | 55 | 258 | 564 | 92 |
| Zn | g/ha | 20 | 9 | 117 | 146 | 24 |
| Cu | g/ha | 20 | 6 | 37 | 63 | 10 |

Table 6. Average element uptake of winter wheat in 1989 (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsök, Mezőföld). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) At harvesting on 17/07, (4) Straw, (5) Chaff, (6) Grain, (7) Together, (8) Specific content of 1 t secondary yield.

7. táblázat. N-trágyázás utóhatása a 0–60 cm talaj $\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalmára 1989. 03. 03-án
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

| Talaj (cm) (1) | N-trágyázás (kg/ha/év) (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|-----------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| | NH ₄ -N (mg/kg) (5) | | | | | |
| 0–20 | 5,4 | 6,8 | 7,2 | 7,0 | | 6,6 |
| 20–40 | 6,0 | 4,8 | 5,0 | 6,8 | 2,2 | 5,6 |
| 40–60 | 4,1 | 3,5 | 5,8 | 7,1 | | 5,1 |
| SzD _{5%} (3) | | 1,6 | | | | 0,8 |
| Átlag (4) | 5,2 | 5,0 | 6,0 | 6,9 | 1,7 | 5,8 |
| | NO ₃ -N (mg/kg) (6) | | | | | |
| 0–20 | 12 | 19 | 24 | 25 | | 20 |
| 20–40 | 15 | 34 | 52 | 78 | 11 | 45 |
| 40–60 | 14 | 31 | 57 | 78 | | 45 |
| SzD _{5%} (3) | | 10 | | | | 5 |
| Átlag (4) | 14 | 28 | 45 | 60 | 8 | 37 |

Table 7. After-effect of N fertilisation on the $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ content of the 0–60 cm soil layer on 03/03/1989 (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) Soil (cm), (2) N fertilisation (kg per ha per year), (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) $\text{NH}_4\text{-N}$ (mg kg⁻¹), (6) $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg kg⁻¹).

Közelítő számítás szerint 1 mg/kg N 3 kg/ha mennyiségnek tekinthető a 0–20 cm szántott réteg térfogattömegét 1,5-ös szorzóval figyelembe véve. A 0–60 cm talajréteg $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete ennek megfelelően 42, 84, 135, 180 kg/ha mennyiségnek adódik a 7. táblázat adatai szerint az egyes N-kezelések átlagában. A N-kezelések talajának egyszerűsített N mérlegét a 8. táblázatban kíséreljük meg megbecsülni. Előző évben a tavaszi árpa aratáskori termésével 100 kg/ha körüli N-kivonás történt kezelésektől függetlenül. A talaj N-mérlege 1989 tavaszán -100 és +200 kg/ha N között ingadozott. A talajban 42–180 kg/ha közötti $\text{NO}_3\text{-N}$ készlet tükrözte a N-mérleget. Az adott N-nek tehát átlagosan 45%-a volt kimutatható a 0–60 cm vizsgált rétegben.

8. táblázat. *A kezelések talajainak N-mérlege 1989 tavaszán (kg/ha)*
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)

| Mérleg tételei (1) | N-trágyázás (kg/ha/év) (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|--------------------------|-------------------------------|-----|------|------|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Adott N (5) | - | 100 | 200 | 300 | - | 150 |
| Növényi felvétel (6) | 100 | 100 | 100 | 100 | - | 100 |
| Különbség (7) | -100 | 0 | +100 | +200 | - | 50 |
| Talajban talált (8) | 42 | 84 | 135 | 180 | 32 | 110 |
| Különbség (9) | - | 42 | 93 | 138 | 32 | 68 |
| Adott %-ában (10) | - | 42 | 47 | 48 | - | 45 |

Table 8. N balance of the treatment soils in the spring of 1989 (kg ha⁻¹) (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsök, Mezőföld). (1) Balance items, (2) N fertilisation (kg per ha per year), (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Applied N, (6) Uptake by crops, (7) Difference, (8) Amount in the soil, (9) Difference, (10) In the percentage of the applied amount.

Természetesen az adott műtrágya-N ismeretlen része a 60 cm alá mosódhatott, esetleg egy része a légkörbe kerülhetett stb. A növény valójában nem a frissen bevitt műtrágya-N-t hasznosította, amennyiben az mikrobiális transzformációnak is alávetett. Hasonló egyszerűsített N-forgalmi vizsgálat azonban a gyakorlati szaktanácsadást orientálhatja. Ismert, hogy a 0–60, vagy 0–90 cm gyökérjárta réteg NO₃-N készlete műtrágya-N egyenértékű. Kísérletek és kísérleteink szerint is a tavaszi NO₃-N készlettel a N-műtrágya iránti igény csökkenthető. Adott esetben nem tudjuk, hogy az adott N-nek hány %-a lehet a 60 cm alatti, a növények számára még elérhető és hasznosítható az 1 m mélységben.

IRODALOM

- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.*: 1987. A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bergmann, W.*: 1992. Nutritional Disorders of Plants. G. Fischer Verlag. Jena–Stuttgart–New York.
- Bowen, H. J. M.*: 1979. Environmental chemistry of the elements. Academic Press. New York.
- Kádár I.–Shalaby, M. H.*: 1984. A nitrogén- és réztrágyázás közötti kölcsönhatások vizsgálata meszes homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 33: 269–274.

- Kádár I.–Shalaby, M. H.:* 1985. N és Cu trágyázás hatása a talaj és a növény tápelem-tartalmára. Növénytermelés. 34. 2: 119–126.
- Kádár I.–Csathó P.:* 2013. A N–Cu kölcsönhatások szabadföldi tavaszi árpa kísérletben. Agrokémia és Talajtan. 62. 2: 345–358.
- MÉM NAK:* 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növény-védelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- MÉM NAK:* 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM NAK. Budapest.
- Pais I.:* 1980. A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Tölgyesi Gy.:* 1965. A keszthelyi lápon termett szálastakarmányok réz és molibdén tartalmának takarmányozási vonatkozásai. Magyar Állatorvosok Lapja. 20: 502–506.
- Voisin, A.:* 1965. Fertilizer application. Soil, plant, animal. Crosby Lockwood. London.

A szerzők levelezési címe – Adress of the authors:

Dr. Kádár Imre–Dr. Csathó Péter
MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet
Budapest
Herman O. u. 15.
H-1022

Agrotechnikai tényezők szerepe a kukorica (*Zea mays* L.) termesztésben

PEPÓ PÉTER – CSAJBÓK JÓZSEF

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

Összefoglalás

Hajdúságban, 1983-ban beállított tartamkísérletben vizsgáltuk a legfontosabb agrotechnikai elemek (trágyázás, vetésváltás, öntözés, tőszám) hatását a kukorica termésére csernozjom talajon. A vizsgált 10 éves periódusban (2004–2013 évek) eltérő évjáratok fordultak elő. Az agrotechnikai tényezők hatásának elemzésére variancia analízist és a variancia komponensek felosztásának módszerét használtuk. Tartamkísérleteink eredményei azt bizonyították, hogy a vetésváltási rendszerek termésmennyiségei egymástól eltértek (monokultúra 5,99–6,75 t/ha, bikultúra 9,16–10,21 t/ha, trikultúra 9,09–9,96 t/ha). Az optimális agrotechnika használatával a kukorica maximális termése közötti különbség az eltérő vetésváltási rendszerekben minimális mértékűre csökkent (monokultúrában 10,39–11,99 t/ha, bikultúrában 11,79–13,01 t/ha, trikultúrában 11,54–12,74 t/ha az évek átlagában). Vizsgálati eredményeink azt bizonyították, hogy az egyes agrotechnikai elemek kukorica termésére gyakorolt hatását a vetésváltás és az évjárat egyaránt jelentősen befolyásolta. Vizsgálataink szerint a trágyázás 39%-ban, a vetésváltás 28%-ban, az öntözés 14%-ban, az állománysűrűség 7%-ban határozta meg a kukorica termését.

Kulcsszavak: kukorica, tartamkísérlet, agrotechnikai elemek, termés

The role of agrotechnical factors in maize (*Zea mays* L.) production

P. PEPÓ – J. CSAJBÓK

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

Summary

The impact of the main agrotechnical elements (fertilisation, crop rotation, irrigation, plant number) on maize yield was observed on chernozem soil in the Hajdúság region in 1983. There were various crop years during the examined 10-year-period (2004–2013). ANOVA and the division of variance components were used to analyse the impact of agrotechnical factors. The results of the long-term experiments showed that the yields of each crop rotation system differed from each other (monoculture: 5.99–6.75 t ha⁻¹, biculture: 9.16–10.21 t ha⁻¹, triculture: 9.09–9.96 t ha⁻¹). The difference between the obtained yield and the maximum yield of maize decreased to minimum by using the optimal agrotechnical solutions in various crop rotation systems (monoculture: 10.39–11.99 t ha⁻¹, biculture: 11.79–13.01 t ha⁻¹, triculture 11.54–12.74 t ha⁻¹, averaged over the examined years). Our research results showed that the impact of each agrotechnical element on maize yield was greatly affected by crop year and crop rotation. Based on our examinations, the various agrotechnical elements had the following impact on maize yield: fertilisation: 39%, crop rotation: 28%, irrigation: 14%, plant density: 7%.

Key words: maize, long-term experiment, agrotechnical elements, yield

Роль агротехнических факторов в выращивании кукурузы (*Zea mays* L.)

П. ПЕПО – Я. ЧАИБОК

Дебреценский Университет, Сельскохозяйственный и Пищевой Факультет,
Институт Растениеводства, Дебрецен

Резюме

В области Хайдушэг (Hajdúság) в установленном в 1983 году продолжительном опыте исследовали влияние наиболее важных агротехнических элементов (внесение удобрений, севомен, орошение, число стеблей) на урожай кукурузы на чернозёмной почве. За 10-летний период исследования (2004–2013 годы) встречались различные годы. Для анализа влияния агротехнических факторов использовали вариантный анализ и метод разделения вариантных компонентов. Результаты нашего продолжительного опыта подтвердили, что количества урожаев севоменных систем отличались друг от друга (монокультура 5,99–6,75 t/ha, бикультура 9,16–10,21 t/ha, трикультура 9,09–9,96 t/ha). С применением оптимальной агротехнической техники разница среди максимальных урожаев кукурузы в различных севоменных системах сократилась до минимальных размеров (в монокультуре 10,39–11,99 t/ha, в бикультуре 11,79–13,01 t/ha, в трикультуре 11,54–12,74 t/ha в среднем за годы). Результаты наших исследований подтвердили, что севомен и год выращивания одинаково значительно подействовали на влияние, оказанное отдельными агротехническими элементами на урожай кукурузы. Согласно нашим исследованиям внесение удобрений на 39% определяло урожай кукурузы, севомен на 28%, орошение на 14%, густота насаждения на 7% определяло урожай кукурузы.

Ключевые слова: кукуруза, продолжительный опыт, агротехнические элементы, урожай

Bevezetés

A kukorica az egyik legnagyobb fitoproduktivitással rendelkező szántóföldi növényünk a mérsékelt éghajlati övben. Kimagasló termésmennyiséget a C4 típusú kukorica esetében azonban csak kedvező környezeti és agrotechnikai

feltételek mellett várhatunk (Pepó *et al.* 2006). A kukorica kifejezetten szenzibilis az időjárási és talajtani feltételekre, valamint az alkalmazott agrotechnikai elemekre (Nagy 1996, Sárvári és Szabó 1998, Pepó 2001). Nagy termést csak az intenzív, az optimálist megközelítő agrotechnika esetében várhatunk a kukoricától. Különösen fontos szempont az, hogy a kukorica termesztés-technológiájában biztosítsuk a tényezők közötti összhangot. Az egyes agrotechnikai tényezők eltérő mértékben befolyásolják a kukorica termésmennyiségét. Győrffy (1976) tartamkísérleti eredményei alapján megállapította, hogy a kukorica termését 27%-ban a trágyázás, 26%-ban a fajta, 24%-ban az ápolás határozta meg, míg a talajművelésnek a hatása 3% volt. Berzsényi *et al.* (2011) ugyancsak a különböző agrotechnikai tényezők eltérő szerepét állapította meg tartamkísérletei alapján a kukoricatermesztésben (a trágyázás 30,6%, a hibridmegválasztás 32,6%, a tőszám 20,8% hatással volt a kukorica termésére). Nagy (1996) vizsgálatai a tényezők eltérő hatását bizonyították a kukorica esetében. Eredményei szerint a műtrágyázás 48%-ban, az öntözés 28%-ban, a talajművelés 18%-ban, az állománysűrűség 6%-ban határozta meg a kukorica termését.

A kukorica az önmaga utáni termesztést relatíve megfelelően tűrő növényi kultúra. Az utóbbi időben hazánkban is széleskörűen elterjedt amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* Leconte) lárva és imágó kártétele miatt azonban napjainkban csak a részleges (2–3 év) monokultúrás termesztése javasolható. A vetésváltás alkalmazása kedvező hatással lehet más agrotechnikai tényezők agronómiai és biológiai hatékonyságára is (Győrffy és Berzsényi 1992, Kurowski és Adamiak 2007, Vári és Pepó 2011).

A kukorica hatalmas fitomassza és szemtermésének képzéséhez igen jelentős mennyiségű tápanyagot igényel (Berzsényi 1993, Sárvári 1995, Pepó *et al.* 2000, Kovačević *et al.* 2006, Pepó *et al.* 2006, Izsáki 2007). A kukorica kifejezetten tápanyagigényes növény, a kijuttatott műtrágyákat kedvező hatékonysággal veszi fel és hasznosítja. A trágyázás hatására kapott termésnövekedés mértékét az évjárat vízellátottsága (Ruzsányi 1990), az alkalmazott hibrid (Sárvári és Boros 2010), valamint bizonyos agrotechnikai elemek (állománysűrűség, öntözés, gyomirtás stb.) befolyásolják (Pepó 2009).

A kukorica nem csak tápanyagigényes, hanem vízigényes szántóföldi növény. A kukorica vízellátása szempontjából különösen fontos a lehullott csapa-

dék mennyisége, annak talajban raktározott része (őszi és téli félév csapadék), valamint a kritikus fenofázisok vízellátottsága. A globális klímaváltozás hazai hatása egyrészt a csapadék mennyiségének csökkenésében, másrészt az átlaghőmérséklet növekedésében, harmadrészt pedig a kedvezőtlen időjárási szélsőértékek gyakoriságának és azok mélységének növekedésében nyilvánul meg. A hazai és külföldi kísérletek jelentős száma azt bizonyította, hogy a kukorica öntözési reakciója kedvező (Ruzsányi 1992, Pepó et al. 2008). Ugyanakkor az öntözés terméstöbbletét az évjárat mellett bizonyos agrotechnikai elemek (trágyázás, tőszám, hibrid stb.) is befolyásolták (Pepó et al. 2008).

Az elmúlt évtizedekben (1960–1980-as években) a kukorica terméshozzájárulásához jelentős mértékben hozzájárult az állománysűrűség növekedése is (Nagy 1989, Sárvári et al. 2002, Murányi és Pepó 2013). Ugyanakkor a túlzott tőszám – különösen nem megfelelő vízellátottság esetén – a kukorica termésdepressziójához vezethet. Fontos tehát a termőhelynek és a hibridnek megfelelő, optimális állománysűrűség alkalmazása.

A hazai és külföldi kísérletek sora bizonyította azt, hogy az ökológiai és agrotechnikai tényezők nem egymástól függetlenül, hanem egymással szoros kölcsönhatásban fejtik ki termést módosító hatásukat a kukoricatermesztésben. Ugyanakkor relatíve limitált azoknak a hazai és külföldi publikációknak a száma, amelyek a tényezők közötti kölcsönhatásokat egzakt módon írják le. Csernozjom talajon végzett tartamkísérletben relatíve hosszabb, tíz éves időtartam alatt (2004–2013 évek) vizsgáltuk az ökológiai (évjárat) és az agrotechnikai (trágyázás, öntözés, állománysűrűség) tényezők kölcsönhatásait, melynek eredményeit publikáljuk ebben a közleményünkben.

Anyag és módszer

A tartamkísérlet beállítása 1983. évben történt mészlepedékes csernozjom talajon. A tartamkísérlet Debrecentől 15 km-re, a Hajdúságban található (északi szélesség 47°33', keleti hosszúság 21°27'). A kísérlet beállításakor végzett kiindulási talajvizsgálati eredmények azt bizonyították, hogy a csernozjom talaj fizikai és kémiai tulajdonságai (1. táblázat), valamint vízgazdálkodási paraméterei (2. táblázat) rendkívül kedvezőek.

1. táblázat. A kísérletti terület talajvizsgálattal adatait
(Debrecen)

| Talaj- réteg (cm) (1) | pH (KCl) (2) | K _A (3) | CaCO ₃ (%) (4) | Hu- musz (%) (5) | Össz. N (%) (6) | NO ₃ NO ₂ (mg/kg) (7) | P ₂ O ₅ , K ₂ O | | Mg (mg/kg) (10) | Na (mg/kg) (11) | Zn (mg/kg) (12) | Cu (mg/kg) (13) | Mn (mg/kg) (14) | So ₄ (mg/kg) (15) |
|--------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------|--|--|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | | | | | | | AL oldható (mg/kg) (8) | (9) | | | | | | |
| 0-25 | 6,46 | 43,0 | 0 | 2,76 | 0,150 | 6,20 | 133,4 | 239,8 | 332,4 | 38,0 | 2,80 | 5,86 | 438 | 9,25 |
| 25-50 | 6,36 | 44,6 | 0 | 2,16 | 0,120 | 1,74 | 48,0 | 173,6 | 405,4 | 66,2 | 0,80 | 4,54 | 406 | 9,13 |
| 50-75 | 6,58 | 47,6 | 0 | 1,52 | 0,086 | 0,60 | 40,4 | 123,0 | 366,6 | 55,4 | 0,58 | 3,64 | 339 | 10,80 |
| 75-100 | 7,27 | 46,6 | 10,25 | 0,90 | 0,083 | 1,92 | 39,8 | 93,6 | 249,0 | 67,8 | 0,48 | 2,24 | 74 | 7,95 |
| 100-130 | 7,36 | 45,4 | 12,75 | 0,59 | 0,078 | 1,78 | 31,6 | 78,0 | 286,6 | 62,6 | 0,84 | 1,64 | 4 | 22,98 |

Table 1. Soil parameters of long-term experiment (Debrecen). (1) Soil layer (cm), (2) pH_{KCl}, (3) Physical trait, (4) CaCO₃ (%), (5) Humus content (%), (6) Total N (%), (7) NO₃+NO₂ (mg kg⁻¹), (8) AL-soluble P₂O₅ (mg kg⁻¹), (9) AL-soluble K₂O (mg kg⁻¹), (10) Mg content (mg kg⁻¹), (11) Na content (mg kg⁻¹), (12) Zn content (mg kg⁻¹), (13) Cu content (mg kg⁻¹), (14) Mn content (mg kg⁻¹), (15) SO₄-content (mg kg⁻¹).

2. táblázat. A kísérleti terület talajának vizsgázdálkodását jellemző mutatók (Debrecen)

| Talajréteg (cm) (1) | Térfogat-tömeg (g/cm ³) (2) | Pórus térfogat (P %) (3) | Gravitációs pórustér + levegőzárvány (Pg+l %) (4) | Minimális vízkapacitás (VK _{min} %) (5) | Holtvíztartalom (HV %) (6) | hy (%) (7) |
|---------------------|---|--------------------------|---|--|----------------------------|------------|
| 5-25 | 1,433 | 45,93 | 11,53 | 33,65 | 15,55 | 2,715 |
| 27-33 | 1,410 | 46,73 | 7,05 | 37,75 | 15,70 | 2,783 |
| 47-53 | 1,275 | 51,90 | 12,50 | 36,87 | 14,75 | 2,755 |
| 97-103 | 1,285 | 51,55 | 8,73 | 40,93 | 11,13 | 2,168 |
| 122-128 | 1,268 | 52,20 | 7,23 | 43,10 | 9,38 | 1,853 |
| 147-153 | 1,268 | 52,13 | 6,68 | 43,95 | 9,03 | 1,778 |
| 197-203 | 1,230 | 53,70 | 6,30 | 46,00 | 8,50 | 1,690 |

Table 2. Water management traits of long-term experiment soil (Debrecen). (1) Soil layer (cm), (2) Bulk density (g cm⁻³), (3) Porosity (P %), (4) Gravity water + air bubbles (Pg+l %), (5) Field capacity (VK_{min} %), (6) Wilting point (HV %), (7) Hygroscopic moisture content (%).

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 tápanyagellátottsága (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 (2. táblázat) kedvező vízbefogadó és jelentős víztartó képességet bizonyítanak. A tartamkísérletben termesztett növények vízellátása szempontjából mértékadó talajszelvényben (0–2 m) a talaj mintegy 600–700 mm vizet képes megtartani, tárolni, amelynek kb. 65%-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 kukorica termésmennyisége szempontjából legfontosabb agrotechnikai elemek vizsgálatát végezzük, melyek a következők:

- Vetésváltás:
 - monokultúra: kukorica 1983. év óta,
 - bikultúra: búza – kukorica vetésváltás évenként,
 - trikultúra: borsó – búza – kukorica vetési sorrend.
- Trágyázás:
 - 5 tápanyagkezelés: kontroll, alap dózis $\text{N}=60$ kg/ha, $\text{P}_2\text{O}_5=45$ kg/ha, $\text{K}_2\text{O}=45$ kg/ha, valamint az alap dózis 2, 3, 4-szeres mennyisége. A műtrágyák közül a foszfor és kálium mennyiségének 100%-át, a nitrogénnek 50%-át ősszel juttatjuk ki. A maradék 50% nitrogént a vetés előtt adjuk ki és dolgozzuk a talajba.
- 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).
- Állománysűrűség:
 - három tőszám kerül beállításra a tartamkísérletben:
 - 40 ezer/ha,
 - 60 ezer/ha,
 - 80 ezer/ha.

A többi agrotechnikai elem esetében egységes termesztéstechnológiát alkalmaztunk a tartamkísérletben, amely megfelelt a korszerű termesztés követelményeinek. A tartamkísérletben a PR37M81 (Reseda) hibrid szerepelt (FAO 360).

A kukorica vegetatív és generatív fejlődése, termésképződése szempontjából a vizsgált 10 év (2004–2013 évek) időjárása jelentősen különbözött egymástól. A kukorica vízellátással szembeni érzékenységét az bizonyította, hogy a tartamkísérlet vizsgált 10 évéből 7 évben öntözést kellett végeznünk. Az öntözési rend az alábbiak szerint alakult:

| Év, öntözés ideje | Kiöntözött vízmennyiség (mm) | | | |
|-------------------|------------------------------|----------------|----------------|----|
| | Ö ₁ | Ö ₂ | Ö ₃ | |
| 2004 | 06. 08.-11. | 0 | 25 | 50 |
| | 07. 06.-11. | 0 | 25 | 50 |
| 2005 | – | – | – | – |
| 2006 | 07. 06.-14. | 0 | 25 | 50 |
| | 07. 22.-28. | 0 | 25 | 50 |
| 2007 | 05. 04.-06. | 0 | 25 | 50 |
| | 05. 22.-24. | 0 | 25 | 50 |
| | 06. 04.-07. | 0 | 25 | 50 |
| | 06. 27.-30. | 0 | 25 | 50 |
| 2008 | – | – | – | – |
| 2009 | 04. 30.-05. 07. | 0 | 25 | 50 |
| | 05. 15.-19. | 0 | 25 | 50 |
| 2010 | – | – | – | – |
| 2011 | 06. 27.-28. | 0 | 25 | 50 |
| 2012 | 07. 10.-11. | 0 | 25 | 50 |
| 2013 | 06. 26.-28. | 0 | 25 | 50 |
| | 07. 13.-14. | 0 | 25 | 50 |
| | 07. 27.-29. | 0 | 25 | 50 |

A tartamkísérlet split–split–plot elrendezésű, 4 ismétléssel. Tényezők: vetés-váltási változatok külön blokkokban, öntözés (A), tőszám (B), trágyázás (C). A kísérleti parcellák területe 46 m², a kísérletben vizsgált parcellák száma 540.

Terjedelmi okokból a vizsgált 10 év meteorológiai adatainak részletes közlésétől eltekintünk, csak az egyes években a tenyészidőben (áprilistól szeptemberig) és a kukorica virágzása – szemfejlődése szempontjából kritikus időben (június–július–augusztus) lehullott csapadék mennyiségét, valamint a tenyészidőszak (április–szeptember) átlaghőmérsékletét közöljük a 30 éves átlagokkal együtt (3. táblázat).

3. táblázat. *A vizsgált évek fontosabb agrometeorológiai paramétereit (Debrecen, 2004–2013)*

| Év (1) | Tenyészidőszak csapadéka (április–szeptember) (mm) (2) | Kritikus időszak csapadéka (június–július–augusztus) (mm) (3) | Tenyészidőszak átlaghőmérséklete (április–szeptember) (°C) (4) |
|-------------------|--|---|--|
| 2004 | 342,4 | 254,1 | 17,05 |
| 2005 | 502,1 | 289,7 | 17,12 |
| 2006 | 326,2 | 170,3 | 17,57 |
| 2007 | 283,8 | 140,1 | 18,80 |
| 2008 | 483,9 | 319,2 | 17,43 |
| 2009 | 168,8 | 117,1 | 19,50 |
| 2010 | 590,1 | 296,4 | 17,17 |
| 2011 | 354,7 | 280,6 | 18,15 |
| 2012 | 257,2 | 161,1 | 18,88 |
| 2013 | 243,1 | 78,6 | 17,48 |
| 30 éves átlag (5) | 345,1 | 205,9 | 16,82 |

Table 3. Some important agrometeorological parameters in the experimental years (Debrecen). (1) Year, (2) Rainfall of vegetation period (April–September, mm), (3) Rainfall of critical period (June–July–August, mm), (4) Average temperature of vegetation period (April–September, °C), (5) 30-year average.

Az egyes kísérleti évek terméseredményeinek értékelését variancia-analízissel (SPSS for Windows 13.0) végeztük el. A vizsgált agrotechnikai tényezők, valamint az évjárat hatásának a számszerűsítésére, a terméstöbblet kialakításában történő hozzájárulásuk, arányuk mértékének a meghatározására a variancia komponensek felosztásának a módszerét alkalmaztuk.

Eredmények értékelése

A kukorica, mint C4-es növény igen jelentős fitomassza produkcióra és szemtermésre képes még hazánk mérsékelt, kontinentális, gyakran szélsőséges időjárású területein is. A kukorica kifejezetten érzékeny növény mind a környezeti feltételekre (időjárás, talaj), mind az alkalmazott agrotechnikai elemekre. A tartamkísérlet 10 éves periódusa alatt (2004–2013 év) eltérő időjárású évjáratok fordultak elő és tették próbára a kukorica abiotikus stressztűrését. A kedvezőtlen időjárású hatások (elsősorban a vízhiány, ill. a csapadék kedvezőtlen eloszlása) mérséklésében jelentős szerepe volt a kedvező fizikai, kémiai tulajdonságokkal, kiváló víz- és tápanyaggazdálkodással rendelkező csernozjom talajnak, amelyen a tartamkísérletet folytattuk. Az évjárat és részben az agrotechnikai elemek kukorica terméseredményére gyakorolt hatásának az általános jellemzésére a tartamkísérletben alkalmazott 3 vetésváltási rendszer minimum és maximum terméseredményeit választottuk ki műtrágyázás nélkül (kontroll) és az optimális NPK műtrágyakezelésben (4. táblázat). A vizsgálati periódusban a kísérlet beállításától (1983. év) folyamatosan monokultúrában termesztett kukorica adta műtrágyázás nélkül (kontroll) a legkisebb termést (a tíz év átlagában 5,99–6,75 t/ha). A vetésváltás pozitív hatását és a csernozjom talaj kiváló természetes tápanyagszolgáltató képességét bizonyították mind a bikultúra (9,16–10,21 t/ha), mind a trikultúra (9,09–9,96 t/ha) kontroll kezelésében elért igen magas termésszintek. A műtrágyázás termésnövelő hatása a monokultúrában volt kiemelkedően nagy (4,40–5,24 t/ha terméstöbblet a kontrollhoz viszonyítva). A műtrágyázás terméstöbblete bikultúrában 2,63–2,80 t/ha, trikultúrában 2,45–2,78 t/ha között változott a vizsgálati évek átlagában. A kisebb, fele akkora terméstöbblet a diverzifikált vetésszerkezet fontosságát bizonyítja. Bi- és trikultúra vetésváltásban nem csak 1,5–2,5 t/ha-ral volt nagyobb a termés a monokultúrához képest, hanem kisebb műtrágya felhasználással érték el a nagyobb termésszintet. Monokultúrában az optimális műtrágya adagnak az $N_{180-240}+PK$, bikultúrában az $N_{120-180}+PK$, trikultúrában pedig az $N_{60-120}+PK$ kezelés bizonyult. Az egyes évjáratok módosították a kukorica realizált termésszintjét. A kontroll (műtrágya nélküli) kezelésben a legkisebb termést a monokultúrában, szélsőséges évjáratokban kaptuk. Ennek megfelelően a kifejezetten aszályos 2007. évben 2,7–5,2 t/ha, a hűvös, extrém csapadékos 2010. évben pedig 4,6–4,9 t/ha volt a kontroll kezelésben a kukorica termése.

4. táblázat. Az évjárat, vetésváltás és trágyázás hatása a kukorica termésére –
Öntözési és tőszám kezelések minimum-maximum értékei
(Debrecen, csernozjom talaj, 2004–2013)

| Év (1) | Műtrágya kezelés (2) | Monokultúra | Bikultúra | Trikultúra |
|-------------------|----------------------------|---------------|-------------|-------------|
| | | (3) | (4) | (5) |
| | | Min.-Max. (6) | | |
| Termés (t/ha) (7) | | | | |
| 2004 | ∅ | 6,5–7,2 | 9,7–11,7 | 10,3–10,7 |
| | NPK _{opt} | 13,3–14,3 | 13,3–13,5 | 13,2–14,4 |
| 2005 | ∅ | 7,5–8,4 | 11,0–11,3 | 10,5–11,3 |
| | NPK _{opt} | 13,2–13,7 | 12,8–13,0 | 13,1–13,3 |
| 2006 | ∅ | 6,2–6,6 | 8,2–9,4 | 8,9–9,8 |
| | NPK _{opt} | 9,4–11,0 | 11,8–12,9 | 12,1–12,2 |
| 2007 | ∅ | 2,7–5,2 | 6,3–8,4 | 6,7–8,2 |
| | NPK _{opt} | 4,3–8,6 | 7,7–11,0 | 8,0–10,7 |
| 2008 | ∅ | 8,5–9,2 | 11,6–12,3 | 10,7–11,3 |
| | NPK _{opt} | 13,7–14,0 | 14,1–14,3 | 14,0–14,2 |
| 2009 | ∅ | 6,1–6,6 | 10,0–10,4 | 8,7–9,4 |
| | NPK _{opt} | 9,4–11,5 | 12,3–13,9 | 10,6–11,9 |
| 2010 | ∅ | 4,6–4,9 | 7,5–7,8 | 6,8–7,1 |
| | NPK _{opt} | 8,4–8,7 | 9,4–9,6 | 9,2–9,4 |
| 2011 | ∅ | 6,2–6,7 | 8,7–9,1 | 9,6–10,7 |
| | NPK _{opt} | 11,5–12,7 | 12,7–14,1 | 12,4–13,4 |
| 2012 | ∅ | 6,7–7,0 | 9,4–10,1 | 9,7–10,1 |
| | NPK _{opt} | 11,3–12,6 | 11,9–13,1 | 12,0–13,2 |
| 2013 | ∅ | 4,9–5,7 | 9,2–11,6 | 9,0–11,0 |
| | NPK _{opt} | 9,4–12,8 | 11,9–14,7 | 10,8–14,7 |
| Átlag (8) | ∅ | 5,99–6,75 | 9,16–10,21 | 9,09–9,96 |
| | NPK _{opt} | 10,39–11,99 | 11,79–13,01 | 11,54–12,74 |

Table 4. Effect of crop year, crop rotation and fertilization on the yield of maize - Minimum and maximum yields of irrigation and plant density treatments (Debrecen, chernozem soil, 2004–2013). (1) Year, (2) Fertilizer treatment, (3) Monoculture, (4) Biculture, (5) Triculture, (6) Minimum and maximum yields, (7) Yield (t ha⁻¹), (8) Average.

A legnagyobb terméseket a kukorica vegetatív és generatív fejlődése, termés-képződése szempontjából optimális csapadék és hőmérsékleti feltételekkel jellemezhető 2008. évben kaptuk, mely évben a kontroll kezelésben monokultúrában 8,5–9,2 t/ha, bikultúrában 11,6–12,3 t/ha, trikultúrában 10,7–11,3 t/ha között változott a kukorica termése. Ugyancsak az optimális vízellátottságú 2008. évben értük el az optimális NPK műtrágya adagok alkalmazásával mindhárom vetésváltásban a termésmaximumokat (13,7–14,0 t/ha, 14,1–14,3 t/ha, ill. 14,0–14,2 t/ha). Kedvező évjáratban optimális műtrágya adag alkalmazásával a vetésváltási változatok közötti különbségek minimálisak voltak. Az agrotechnikai elemek összehangolásával, harmonizációjával a kukorica termés-szintje monokultúrában 10,0–12,0 t/ha, bikultúrában 12,0–13,0 t/ha, trikultúrában 11,5–13,0 t/ha közötti intervallumban tartható a csernozjom talajon végzett tartamkísérleteink eredményei alapján.

A variancia komponensek felbontásával vetésváltásonként értékeltük az agrotechnikai tényezők szerepét a kukorica terméstöbbletében az egyes évjáratokban. Monokultúrában (5. táblázat) az öntözés termést befolyásoló hatása az évjárat vízellátottságától függően változott (0,44–57,81% hatás). A tartamkísérletben 2005-ben, 2008-ban és 2010-ben öntözést nem alkalmaztunk (0,44–11,08% öntözési utóhatás). A vizsgálati periódus további 7 évéből az öntözés legnagyobb hatását a kukorica szempontjából kifejezetten kedvezőtlen évjáratokban kaptuk (2007. évben 57,81%, 2009. évben 28,02%, 2013. évben 27,48% hatás). Mérsékelt száraz évjáratban az öntözés 6,93–14,49%-ban befolyásolta a kukorica terméstöbbletét. A tőszám termésre gyakorolt hatása széles intervallumban (1,46–23,76%) változott évjáratától függően. Az agrotechnikai tényezők közül a trágyázás szerepe volt a döntő monokultúrában. A trágyázás a kukorica terméstöbbletét 67,17–91,01%-ban befolyásolta, ami összefüggésben van a folyamatosan, évről-évre termesztett kukorica kifejezetten nagy tápanyagfelvételével.

Bikultúrában (6. táblázat) az agrotechnikai tényezők jelentősége, a kukorica terméstöbbletére gyakorolt hatása módosult a monokultúrához képest. Az öntözés termésmenővelő hatása (4,53–65,37%) meghaladta a monokultúrában kapott értéket. A száraz évjáratokban 50,42–65,37%, átlagos időjárású évjáratokban pedig 5,13–24,34% között változott az öntözés termésre gyakorolt hatása a bikultúrában. A tőszám hatása ugyancsak nagyobb (0,55–43,79%) volt, mint a monokultúrás termesztésben. Bikultúrában – a kedvezőbb vetésváltás miatt – a tőszám növelésére a kukorica kedvezőbb terméstöbblettel reagált.

Különösen a kedvező (2008. évben 38,29%, 2010. év 42,59%) és az átlagos évjáratokban (2004. év 29,94%, 2005. év 43,79%, 2006. év 26,80%, 2012. év 27,27%) volt jelentős a tőszám kukorica termésére gyakorolt hatása. A trágyázásnak – az előzőekkel ellentétben – viszont mérsékeltőbb és a vizsgált évjáratokban sokkal kiegyenlített volt a hatása (20,23–62,66%). Az aszályos 2007. évet (20,23% hatás) leszámítva a vizsgálati periódus 9 további évében a trágyázás termésbefolyásoló hatása 38,19–62,60% között változott, azaz meglehetősen kiegyenlített volt.

5. táblázat. *Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére monokultúrás termesztésben (Debrecen, csernozjom talaj, 2004–2013)*

| Év (1) | Agrotechnikai tényezők terméstöbblete (2) | | | | | | | |
|-----------|--|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| | Öntözés (3) | | Tőszám (4) | | Trágyázás (5) | | Összesen (6) | |
| | Relatív (%) (7) | Abszolút (kg/ha) (8) | Relatív (%) (7) | Abszolút (kg/ha) (8) | Relatív (%) (7) | Abszolút (kg/ha) (8) | Relatív (%) (7) | Abszolút (kg/ha) (8) |
| | | | | | | | | |
| 2004 | 6,93 | 695 | 4,01 | 402 | 89,06 | 8923 | 100,00 | 10020 |
| 2005 | 11,08 | 844 | 1,58 | 120 | 87,34 | 6650 | 100,00 | 7614 |
| 2006 | 9,95 | 673 | 23,76 | 1608 | 66,28 | 4484 | 100,00 | 6765 |
| 2007 | 57,81 | 5012 | 20,89 | 1794 | 21,50 | 1865 | 100,00 | 8671 |
| 2008 | 20,70 | 195 | 6,29 | 455 | 91,01 | 6587 | 100,00 | 7237 |
| 2009 | 28,02 | 1904 | 4,82 | 327 | 67,17 | 4563 | 100,00 | 6794 |
| 2010 | 0,44 | 25 | 16,14 | 925 | 83,43 | 4780 | 100,00 | 5730 |
| 2011 | 11,69 | 1018 | 1,67 | 145 | 86,64 | 7545 | 100,00 | 8708 |
| 2012 | 14,49 | 1001 | 5,19 | 359 | 80,32 | 5551 | 100,00 | 6911 |
| 2013 | 27,48 | 2691 | 1,46 | 143 | 71,06 | 6958 | 100,00 | 9792 |

Table 5. Effect of agrotechnical elements on the yield of maize in monoculture (Debrecen, chernozem soil, 2004–2013). (1) Year, (2) Yield surplus of agrotechnical elements, (3) Irrigation, (4) Plant density, (5) Fertilization, (6) Total, (7) Relative (%), (8) Absolute (kg ha⁻¹).

6. táblázat. *Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére
bikultúra vetésváltásban
(Debrecen, csernozjom talaj, 2004–2013)*

| Év (1) | Agrotechnikai tényezők terméstöbblete (2) | | | | | | | |
|-----------|--|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
| | Öntözés | | Tőszám | | Trágyázás | | Összesen | |
| | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
| | Relatív (%) (7) | Abszolút (kg/ha) (8) | Relatív (%) (7) | Abszolút (kg/ha) (8) | Relatív (%) (7) | Abszolút (kg/ha) (8) | Relatív (%) (7) | Abszolút (kg/ha) (8) |
| 2004 | 14,77 | 1111 | 29,94 | 2253 | 55,30 | 4162 | 100,00 | 7526 |
| 2005 | 5,13 | 210 | 43,79 | 1793 | 51,08 | 2091 | 100,00 | 4094 |
| 2006 | 18,29 | 1086 | 26,80 | 1590 | 54,91 | 3259 | 100,00 | 5935 |
| 2007 | 65,37 | 3657 | 14,37 | 806 | 20,23 | 1131 | 100,00 | 5594 |
| 2008 | 4,53 | 202 | 38,29 | 1708 | 57,18 | 2550 | 100,00 | 4460 |
| 2009 | 50,42 | 2899 | 3,25 | 187 | 46,33 | 2664 | 100,00 | 5751 |
| 2010 | 5,21 | 218 | 42,59 | 1777 | 52,20 | 2178 | 100,00 | 4173 |
| 2011 | 21,54 | 1637 | 15,86 | 1205 | 62,60 | 4757 | 100,00 | 7599 |
| 2012 | 24,34 | 1508 | 27,47 | 1702 | 48,19 | 2986 | 100,00 | 6196 |
| 2013 | 51,02 | 3741 | 0,55 | 40 | 48,44 | 3552 | 100,00 | 7333 |

Table 6. Effect of agrotechnical elements on the yield of maize in biculture (Debrecen, chernozem soil, 2004–2013). (1) Year, (2) Yield surplus of agrotechnical elements, (3) Irrigation, (4) Plant density, (5) Fertilization, (6) Total, (7) Relative (%), (8) Absolute (kg ha⁻¹).

Trikultúrában (7. táblázat) az agrotechnikai tényezők termésre gyakorolt hatása eltért a monokultúrában és a bikultúrában mért értékektől. A trikultúrában a búza termésmennyisége rendszerint meghaladta a bikultúrában mért termésmennyiségeket, mely nagyobb fitomassza tömeg és nagyobb termés nagyobb vízfelvétellel járt együtt. Így a trikultúrában termesztett kukorica kedvezőtlenebb vízellátottsági feltételek közé került. Ezt bizonyítja, hogy trikultúrában az öntözés termésbefolyásoló hatása 0,94–87,25% között változott, azaz meghaladta a másik két vetésváltásban számított értékeket. Különösen jelentős volt az öntözés hatása a kukorica termésére az aszályos évszázadokban (2007. évben 87,25%, 2009. évben 59,09%, 2013. évben 58,81% hatás). Az állománysűrűség hatása (0,15–39,53%) hasonló volt a bikultúra esetében meg-

határozott értékekkel. A trikultúrában szereplő borsó a talaj és a vetésforgó tápanyaggazdálkodására gyakorolt kedvező hatását a nagyobb termések nagyobb tápanyagigénye eliminálta, amelynek következtében a trikultúrában a trágyázás hatása nagyobb (12,59–78,40%) volt, mint a bikultúrában. A trágyázás legkisebb hatását trikultúrában is az aszályos 2007. évben tapasztaltuk (12,59%), míg a többi vizsgálati évben a trágyázás termést befolyásoló hatása 34,76–78,40% között változott.

7. táblázat. *Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére trikultúra vetésváltásban (Debrecen, csernozjom talaj, 2004–2013)*

| (1) Év | Agrotechnikai tényezők terméstöbblete | | | | | | | |
|-------------|---------------------------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|------|
| | (2) | | | | | | | |
| | Öntözés | | Tőszám | | Trágyázás | | Összesen | |
| | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (7) | (8) |
| Relatív (%) | Abszolút (kg/ha) | Relatív (%) | Abszolút (kg/ha) | Relatív (%) | Abszolút (kg/ha) | Relatív (%) | Abszolút (kg/ha) | |
| (7) | (8) | (7) | (8) | (7) | (8) | (7) | (8) | |
| 2004 | 19,92 | 1042 | 1,67 | 88 | 78,40 | 4102 | 100,00 | 5232 |
| 2005 | 15,58 | 870 | 36,82 | 2058 | 47,60 | 2661 | 100,00 | 5589 |
| 2006 | 5,40 | 304 | 39,53 | 2223 | 55,08 | 3097 | 100,00 | 5624 |
| 2007 | 87,25 | 4812 | 0,15 | 9 | 12,59 | 695 | 100,00 | 5516 |
| 2008 | 2,99 | 174 | 38,68 | 2243 | 58,32 | 3382 | 100,00 | 5799 |
| 2009 | 59,09 | 3346 | 6,15 | 348 | 34,76 | 1968 | 100,00 | 5662 |
| 2010 | 0,94 | 43 | 30,37 | 1386 | 68,69 | 3135 | 100,00 | 4564 |
| 2011 | 34,55 | 2059 | 19,36 | 1154 | 46,09 | 2746 | 100,00 | 5959 |
| 2012 | 30,22 | 1586 | 25,08 | 1317 | 44,70 | 2347 | 100,00 | 5250 |
| 2013 | 58,81 | 4465 | 6,16 | 467 | 35,03 | 2660 | 100,00 | 7592 |

Table 7. Effect of agrotechnical elements on the yield of maize in triculture (Debrecen, chernozem soil, 2004–2013). (1) Year, (2) Yield surplus of agrotechnical elements, (3) Irrigation, (4) Plant density, (5) Fertilization, (6) Total, (7) Relative (%), (8) Absolute (kg ha⁻¹).

Vetésváltási rendszerekre, a vizsgálati periódus egészére is meghatároztuk az agrotechnikai tényezők és az évjárat kukorica terméstöbbletére gyakorolt hatását (1. ábra). A vizsgálati adataink azt bizonyították, hogy valamennyi ve-

tésváltásban a legfontosabb agrotechnikai tényező a trágyázás volt, hatása azonban eltérő súllyal érvényesült. A nagy tápanyagigényű kukorica folyamatos termesztése esetén (monokultúra) a trágyázás döntő jelentőséggel bírt (66,79%), míg a vetésváltás nagyobb mértékű diverzifikáltsága csökkentette a trágyázás hatását (bikultúrában 49,04%, trikultúrában 39,37% hatás). Az öntözés hatása bikultúrában (25,73%) és trikultúrában (23,77%) közel azonos mértékű volt, míg a monokultúrában tapasztalt kisebb hatás (14,28%) visszavezethető arra, hogy a megfelelő tápanyagellátás nélkül az öntözés hatása is elmaradt az optimálistól. Ezek a kísérleti adataink is azt bizonyították, hogy szoros interaktív hatás működik a kukoricatermesztésben a víz- és tápanyagellátás között. A kedvezőtlen környezeti és agrotechnikai feltételek miatt a növekvő állománysűrűség pozitív hatása kukorica monokultúrában gyakorlatilag nem érvényesült (1,29% hatás), míg bikultúrában (19,37%) és trikultúrában (16,48%) a tőszám hatása közel azonos volt. Az eltérő évjáratok termésre gyakorolt eltérő hatásait a legkedvezőbb módon a bikultúrában tudta a kukorica elviselni. Ebben a vetésváltásban az évjárat hatás 5,86% volt. A vizsgált 3 vetésváltási változatból a bikultúra rendelkezett a legnagyobb rugalmassággal (resilience) a változó környezeti és agrotechnikai tényezőkkel szemben. Ennél sokkal jelentősebb volt az évjárat hatás mind a monokultúrában (17,64%), mind a trikultúrában (20,38%).

A 8. táblázat a vizsgált négy agrotechnikai elem kukorica terméshozamára gyakorolt hatásait tartalmazza a vizsgálati években (2004–2013 évek). A tartamkísérleteink azt bizonyították, hogy a vetésváltási rendszerek együttes értékelése esetében a kukorica termését legnagyobb mértékben a trágyázás befolyásolta, annak hatása azonban erőteljesen függött az évjáratától (11,88–61,27% hatás). A trágyázás hatása a legkisebb volt az aszályos 2007. évben (11,88%), míg a többi 9 évjáratban a trágyázás hatása meglehetősen kiegyenlített volt (37,81–61,27%). Nagyon fontos hatású agrotechnikai elem volt a vetésváltás (19,50–38,15% hatás). Az öntözés hatását az évjárat jellege determinálta. Száraz évjáratokban (2007. évben 41,03%, 2009. évben 29,51%) igen jelentős hatást, átlagos évjáratokban mérsékelt hatást (7,45–19,13%) lehetett megállapítani. Amikor öntözést nem végeztünk (2008. év, 2010. év), akkor az öntözés utóhatása elhanyagolható mértékű volt (0,89–1,28%). Az állománysűrűség 3,41–19,00%-ban befolyásolta a kukorica termését évjáratától függően.

1. ábra. Az évjárat és agrotechnika tényezők hatása a kukorica termésére
eltérő vetésváltási rendszerekben
(Debrecen, csernozjom talaj, 2004–2013)

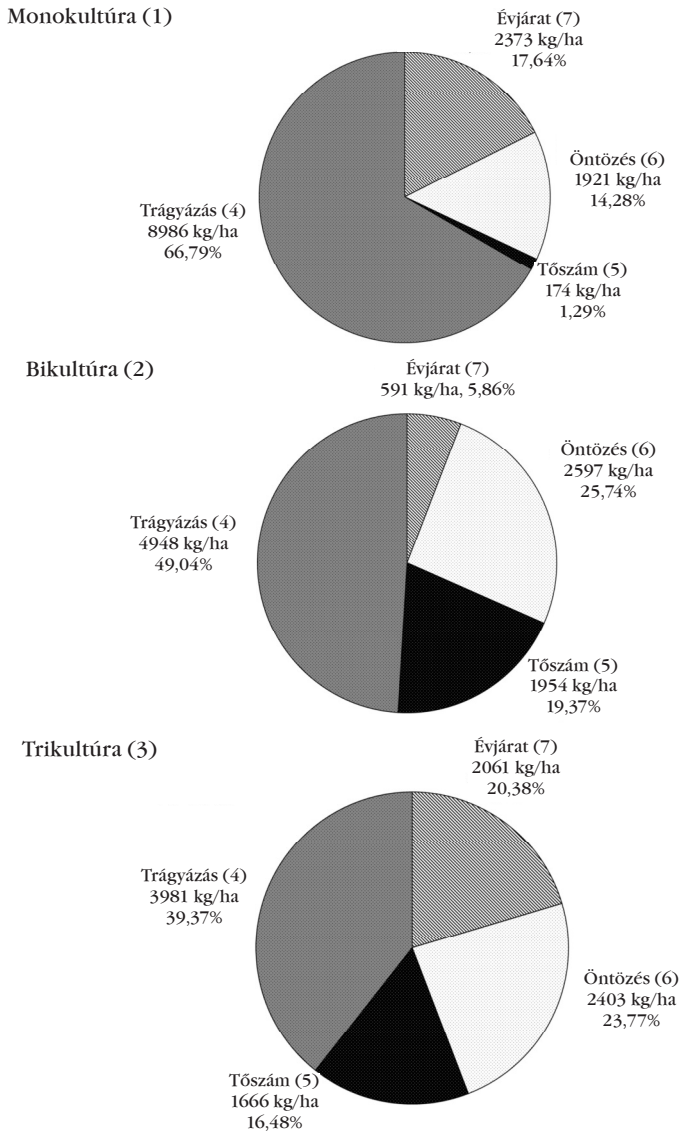


Figure 1. The impact of crop year and agrotechnical elements on maize yield in different crop rotation systems (Debrecen, chernozem soil, 2004–2013). (1) Monoculture, (2) Biculture, (3) Triculture, (4) Fertilization, (5) Plant density, (6) Irrigation, (7) Crop year.

8. táblázat. Az agrotechnikai tényezők szerepe a kukoricatermesztésben az egyes évjáratokban (Debrecen, csernozjom talaj, 2004–2013)

| Év (1) | Agrotechnikai tényezők termésmnövelő hatása (%) | | | | |
|-----------|---|----------------|---------------|------------------|-----------------|
| | Vetésváltás (3) | Öntözés (4) | Tőszám (5) | Trágyázás (6) | Összesen (7) |
| 2004 | 19,50 | 9,72 | 9,51 | 61,27 | 100,00 |
| 2005 | 33,07 | 4,45 | 11,89 | 47,59 | 100,00 |
| 2006 | 33,57 | 7,57 | 19,18 | 39,68 | 100,00 |
| 2007 | 38,15 | 41,03 | 8,93 | 11,88 | 100,00 |
| 2008 | 32,15 | 0,89 | 13,59 | 53,37 | 100,00 |
| 2009 | 28,93 | 29,51 | 3,41 | 38,15 | 100,00 |
| 2010 | 30,06 | 1,28 | 19,00 | 49,66 | 100,00 |
| 2011 | 27,56 | 15,04 | 6,87 | 50,53 | 100,00 |
| 2012 | 27,54 | 15,97 | 13,03 | 43,46 | 100,00 |
| 2013 | 29,16 | 19,13 | 13,90 | 37,81 | 100,00 |

Table 8. Role of agrotechnical elements of maize production in different crop years (Debrecen, chernozem soil, 2004–2013). (1) Year, (2) Yield increasement effect of agrotechnical elements (%), (3) Crop rotation, (4) Irrigation, (5) Plant density, (6) Fertilization, (7) Total.

A variancia komponensek felosztásának módszerével együttesen értékeltük az évjárat és agrotechnikai elemek kukorica terméstöbbletére gyakorolt interaktív hatásait (2. ábra). A tartamkísérlet vizsgált 10 éves periódusában a kontroll kezelés minimális termése 1905 kg/ha, míg a legnagyobb termés 15876 kg/ha volt. A terméskülönbséget (13971 kg/ha) osztottuk fel a variancia komponensek módszerével a vizsgált tényezők (évjárat, agrotechnikai elemek) között. Vizsgálati eredményeink azt bizonyították, hogy a trágyázás szerepe volt a legfontosabb (39,30%, ill. 5491 kg/ha hatás). Jelentősnek tekinthető a vetésváltásnak a kukorica termésmnövekményére gyakorolt hatása is (27,77%, ill. 3880 kg/ha). A kukorica ökológiai érzékenységét és kedvező öntözési reakcióját bizonyította az, hogy a vizsgálati periódusok eltérő vízellátottságú évjáratok (kedvezőtlen és kedvező) mellett is az öntözés termést befolyásoló hatása jelentős volt (14,41%, ill. 2013 kg/ha). Az állománysűrűség változása kisebb

hatású volt (7,44%, ill. 1039 kg/ha) a kukorica termésére, amely a kukorica kedvező kompenzációs képességére engedett következtetni eltérő tőszámok esetén. A kukorica ökológiai szenzibilitását az évjáráthatás relatíve jelentős értékei (11,08%, ill. 1548 kg/ha) mutatták.

2. ábra. Az évjárat és az agrotechnika szerepe a kukoricatermesztésben
(Debrecen, csernozjom talaj, 2004–2013)

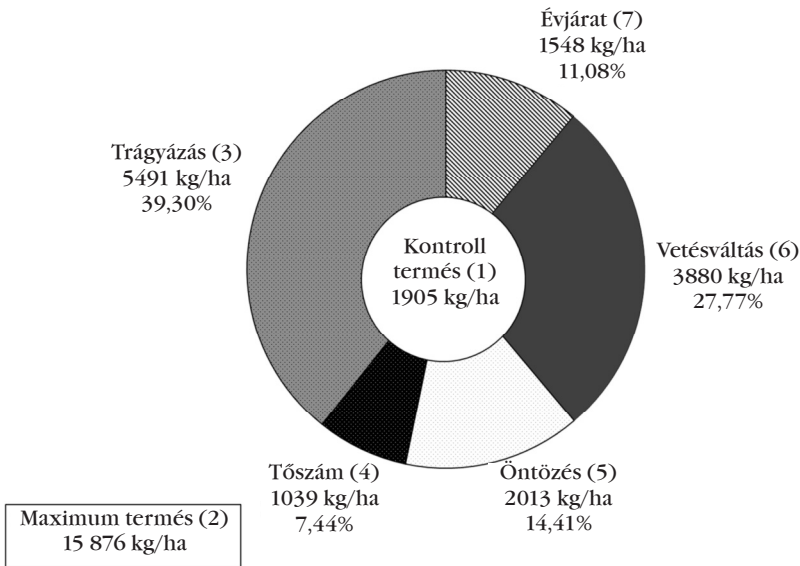


Figure 2. Role of crop year and agrotechnical elements in maize production (Debrecen, chernozem soil, 2004–2013). (1) Control yield, (2) Maximum yield, (3) Fertilization, (4) Plant density, (5) Irrigation, (6) Crop rotation, (7) Crop year.

Következtetések

A kukorica igen jelentős terméspotenciáljának a realizálódását számos ökológiai és agrotechnikai tényező befolyásolja. Csernozjom talajon, tartamkísérletben, 10 éves periódusban (2004–2013 évek) vizsgáltuk az évjárat, valamint a legfontosabb agrotechnikai tényezők (vetésváltás = 3 változat, trágyázás = 5 műtrágya adag, öntözés = 3 vízellátottsági változat, állománysűrűség = 3 tőszám) hatását a kukorica termésmennyiségére. Vizsgálati eredményeink azt bizonyították, hogy a csernozjom talaj kiváló tulajdonsága miatt még a kontroll (műtrágya nélküli) kezelésben is magas termésszintet értünk el. A kontroll

kezelés termését az évjárat és a vetésváltás is befolyásolta. Relatív legkisebb kontrolltermést aszályos évjáratban és monokultúrában kaptuk (2,7–5,2 t/ha), de az extrém csapadékos, hűvös évjáratban is mérsékelt terméseket (4,6–4,9 t/ha) takarítottunk be. A kontrollkezelésben, a 10 év átlagában a kukorica termése monokultúrában 6,0–6,8 t/ha, bikultúrában 9,2–10,2 t/ha, trikultúrában pedig 9,1–10,0 t/ha között változott. Ezek a termésmennyiségek a csernozjom talaj kiváló víz- és tápanyagháztartását bizonyították. Az optimális NPK műtrágyázással a kukorica termésszintje mindhárom vetésváltásban nőtt, különösen jelentős volt a terméstöbblet monokultúrában, amely a kukorica jelentős tápanyagfelvételét bizonyította. A maximális termések monokultúrában 13,7–14,0 t/ha, bikultúrában 14,1–14,3 t/ha, trikultúrában 14,0–14,2 t/ha között változtak a vizsgált évek átlagában. Ezek a termésátlagok azt bizonyították, hogy optimális NPK trágyázással a különböző vetésváltási rendszerek terméseredményében meglévő különbségek jelentősen mérsékelhetők. A kedvezőtlen vetésváltás azonban csak jóval nagyobb műtrágya kijuttatásával kompenzálható. Tartamkísérletünkben a kukorica optimális műtrágya adagja monokultúrában az $N_{180-240}+PK$, bikultúrában az $N_{120-180}+PK$, trikultúrában az $N_{60-120}+PK$ kezelés volt.

A variancia komponensek felbontásával, valamint évjáratonként a vetésváltások együttes figyelembe vételével értékeltük az egyes agrotechnikai tényezők hatását a kukorica termésmennyiségére. Monokultúrában a nagy tápanyag felvételű kukorica folyamatos termesztése miatt a legnagyobb mértékben (67,17–91,01%) a trágyázás befolyásolta a termést. Jelentős volt az öntözés hatása is (6,93–57,81%), amely értékek a kukorica jelentős vízfelvételét bizonyították. Monokultúrában a tőszám hatása méréskeltebb volt (1,46–23,76%), amely a tőszámnövelés korlátját bizonyította monokultúrás termesztésben. A diverzifikált vetésszerkezet módosította az agrotechnikai tényezők kukorica termésére gyakorolt hatását. Bikultúrában is meghatározó volt a trágyázás hatása (20,23–62,60%), de jelentősége csökkent a monokultúrával összehasonlítva. Az öntözés termésnövelő hatása 4,53–65,37% között, az állománysűrűség hatása pedig 0,55–43,79% között változott. Ettől eltérő mértékű termésbefolyásoló hatások jelentkeztek trikultúra vetésváltásban. Annak ellenére, hogy ebben a vetésváltási rendszerben borsó is szerepelt, a trágyázás hatása (12,59–78,40%) meghaladta a bikultúrában számított értékeket. Ez összefüggésben volt azzal, hogy a trikultúrában a kukorica előveteményként szereplő őszi búza fitomassza tömege és termésmennyisége meghaladta a bikul-

túrában termesztett búza termését, így több tápanyagot és vizet vett fel a talajból. A trikultúrában ezért az öntözés termésre gyakorolt hatása (5,40–87,25%) is meghaladta a bikultúrában mért öntözéshatást. A trikultúrában az állománysűrűség hatása (0,15–39,53%) hasonló volt a bikultúrában kapott értékekhez.

A tartamkísérletünkben a négy agrotechnikai elem együttes értékelése azt bizonyította, hogy adott kiváló tápanyagszolgáltatású csernozjom talajon a kukorica termésmennyiségét elsődlegesen a trágyázás befolyásolta (11,88–61,27%), de a trágyázás hatása erőteljesen függött az évjáratától. Ugyancsak jelentős volt a vetésváltás hatása is (19,50–38,15%). Vizsgálatai eredményeink azt bizonyították, hogy az öntözés termésre gyakorolt hatását az évjárat határozta meg (száraz évjáratokban 29,51–41,03%, átlagos évjáratokban 7,45–19,13%). Az állománysűrűség 3,41–19,00%-ban befolyásolta a kukorica termését évjáratától függően.

Az évjáratok (10 év) és az agrotechnikai elemek (4 elem) együttes értékelése azt bizonyította, hogy a kukorica termése igen jelentős intervallumban változott (2. ábra). Kísérletünkben a minimális termés 1905 kg/ha, a maximális termés pedig 15876 kg/ha volt. Ez a kukorica ökológiai és agrotechnikai tényezőkkel szembeni szenzibilitását bizonyította. A kukorica termését a legnagyobb mértékben a trágyázás (39%) befolyásolta, de igen jelentős volt a vetésváltás hatása is (28%). A kukorica vízigényes és az öntözést megháláló növényi kultúra, amelyet a kísérleti adatok értékelése bizonyított (14% öntözés hatás). A kukorica eltérő tőszámokhoz történő relatíve jó adaptációja miatt a tőszám termésre gyakorolt hatása (7%) mérsékelt volt. Az eltérő évjáratok értékelése azt bizonyította, hogy a vizsgálati periódusban a kukorica termését az időjárási tényezők 11%-ban determinálták.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

- Berzsényi Z.*: 1993. Növényanalízis a kukoricatermesztési kutatásokban. Akadémiai doktori értekezés tézisei. Martonvásár.
- Berzsényi, Z.–Árendás, T.–Bónis, P.–Micskei, G.–Sugár, E.*: 2011. Long-term effect of crop production factors on the yield and yield stability of maize (*Zea mays* L.) in different years. *Acta Agronomica Hungarica*. 59. 3: 191–200.
- Győrffy, B.*: 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemények*. 35: 239–266.
- Győrffy B.–Berzsényi Z.*: 1992. Martonvásári vetésforgó kísérlet 30 éves termésadatának összesítése 1961–1990. MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének és Kísérleti Gazdaságának Közleményei. 16.
- Izsáki, Z.*: 2007. N and P impact on the yield of maize in a long-term trial. *Cereal Res. Commun.* 35. 4: 1701–1711.
- Kovačević, V.–Rastija, M.–Rastija, D.–Josipović, M.–Šeput, M.*: 2006. Response of Maize to Fertilization with KCl on Gleysol of Sava Valley Area. *Cereal Res. Commun.* 34. 2–3: 1129.
- Kurowski, T. P.–Adamiak, E.*: 2007. Occurrence of stem base diseases of four cereal species grown in longterm monocultures. *Polish Journal of Natural Sciences*. 22. 4: 574–583.
- Murányi, E.–Pepó, P.*: 2013. The effects of plant density and row spacing on the height of maize hybrids of different vegetation time and genotype. *World Academy of Science Engineering and Technology. International Journal of Agricultural Biosystems Science and Engineering*. 7. 11: 60–63.
- Nagy J.*: 1989. A műtrágyázás és az öntözés hatása a kukoricahibridek termésére. *DATE Tudományos Közlemények*. 28: 437–452.
- Nagy, J.*: 1996. Effects of tillage, fertilization plant density and irrigation on maize (*Zea mays* L.) yields. *Acta Agronomica Hungarica*. 44. 4: 347–354.
- Pepó P.–Ruzsányi L.–Kiss I.-né*: 2000. A kukorica hibridspecifikus trágyázása. *Gyakorlati Agroforum*. 11. 3: 51–52.
- Pepó P.*: 2001. A genotípus és a vetésváltás szerepe a kukorica tápanyagellátásában csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 50. 2–3: 189–202.
- Pepó, P.–Vad, A.–Berényi, S.*: 2006. Effect of some agrotechnical elements on the yield of maize on chernozem soil. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 621–624.
- Pepó, P.–Vad, A.–Berényi, S.*: 2008. Effects of irrigation on yields of maize (*Zea mays* L.) in different crop rotation. *Cereal Res. Commun.* 36. 3: 735–738.
- Pepó P.*: 2009. A kukorica (*Zea mays* L.) termése és növénydőlése száraz és csapadékos évszázadban csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 58. 3: 53–66.
- Ruzsányi L.*: 1990. A növények elővetemény-hatásának értékelése vízháztartási szempontból. *Növénytermelés*. 40. 1: 71–77.

- Ruzsányi L.*: 1992. A főbb növénytermesztési tényezők és a vízellátás kölcsönhatásai. Akadémiai doktori értekezés tézisei. Debrecen
- Sárvári M.–Szabó P.*: 1998. A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére. Növénytermelés. 47. 2: 213–221.
- Sárvári M.*: 1995. A kukoricahibridek termőképessége és trágyareakciója réti talajon. Növénytermelés. 44. 2: 291–307.
- Sárvári M.–Futó Z.–Zsoldos M.*: 2002. A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica termésére 2001-ben. Növénytermelés. 51. 3: 291–307.
- Sárvári M.–Boros B.*: 2010. A vetésváltás és az NPK tápanyagellátás hatása a kukorica termésére. Növénytermelés. 59. 3: 37–52.
- Vári E.–Pepó P.*: 2011. Az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica agronómiai tulajdonságaira tartamkísérletben. Növénytermelés. 60. 4: 115–130.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Pepó Péter–Dr. Csajbók József
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Termesztési tényezők hatása a köles (*Panicum miliaceum* L.) termésére és minőségére

SERES EMESE – SÁRVÁRI MIHÁLY

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

Összefoglalás

A köles rendkívül jó alkalmazkodóképességgel jellemezhető növény, ami lehetővé teszi a növény kései, illetve másodvetését. Azonban a megkésett vetés hatásai jelentkezik a termesztéstechnológiai elemek hatékonyságában is. Erre irányuló vizsgálatainkat a DE ATK Nyíregyházi Kutatóintézet területén beállított, négy ismétléses, szántóföldi kisparcellás kísérletben végeztük 2013-ban. A vizsgált termesztéstechnológiai tényezők (vetésidő, tápanyagellátás, tenyészterület) közül legnagyobb hatást a vetésidő esetében tapasztaltunk. A késői vetés által okozott, optimálistól eltérő körülmények között a termesztéstechnológiai elemek érvényesülése jelentősen kisebb mértékű volt. Az a1, a2 vetésidők között (06. 12., 06. 25.) kismértékű, 181 kg/ha, míg az a3 (07. 03.) vetésidőben az első két vetésidőhöz viszonyítva jelentősen csökkent a termés. A termés a 36 cm-es sortávolságnál alakult kedvezőbben, ami a vetésidővel is összefüggésbe hozható. A fehérjetartalom a későbbi (07. 03.) vetésidőben volt kedvezőbb, ahol viszont a termésmennyiség jelentősen csökkent. A vizsgált tényezők hatása hasonló volt a fehérjetartalom és kiőrlési arány tekintetében egyaránt, ugyanakkor az extrém kései vetés egyértelműen a fehérjetartalom növekedését eredményezte.

Kulcsszavak: köles, vetésidő, őrlési kihozatal, trágyázás, fehérjetartalom

The effects of production factors on the yield and quality of millet (*Panicum miliaceum* L.)

E. SERES – M. SÁRVÁRI

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

Summary

Millet is considered as a plant of extremely good adaptability, which makes the late and second sowing of the crop possible. However, the effects of late sowing can be observed in the efficiency of production technological elements. This research was carried out in a small-plot field experiment set in the Nyíregyháza Research Institute of the UD FAFSEM in 2013, in four replications. Among the production technological factors (sowing date, nutrient supply, cultivation area), the greatest effect was observed in the case of sowing date. Under non-optimal conditions caused by late sowing, the impact of production technological elements are of significantly lower extent. Between a1 and a2 sowing dates (12. 06., 25. 06.), the decrease of yield was low, 181 kg ha⁻¹, while in the case of the a3 sowing date (03. 07.), yield decrease was significant compared to the first two sowing dates. The most favourable yield was obtained in the case of the 36 cm row spacing, which may be related to the sowing date. The protein content was more favourable in the case of the later sowing date (03. 07.); although in this case yield significantly decreased. The effects of the studied factors were similar in terms of protein content and extraction rate; although the extremely late sowing resulted in the obvious increase of protein content.

Key words: millet, sowing date, milling yield, fertilisation, protein content

Влияние факторов выращивания на урожай и качество проса (*Panicum miliaceum* L.)

Э. ШЕРЕШ – М. ШАРВАРИ

Дебреценский Университет, Факультет Сельского хозяйства, Пищевой и Экохозяйствования, Институт Ботаники, Дебрецен

Резюме

Просо – растение, которое можно охарактеризовать чрезвычайно хорошей приспособляемостью, что делает возможным поздний, или пожнивный посев. Однако, влияния запоздалого посева проявляются в эффективности элементов технологии выращивания. Направленные на это исследования проводили в 2013 году на установленных малых полевых парцеллах в четырёх повторениях на территории Ньередьхазского Исследовательского Института Центра Аграрных Наук Дебреценского Университета. Среди исследованных факторов технологии выращивания (срок посева, обеспечение питательными веществами, территория выращивания) самое большое влияние обнаружили в случае срока посева. Проявление элементов технологии выращивания, оказанных поздним посевом в условиях, отличных от оптимальных, было значительно меньше. Между 1-ым и 2-ым сроком посева (06. 12., 06. 25.) немного, 181 kg/ha, а в 3-ем (07. 03.) сроке посева по сравнению с первыми двумя значительно сократился урожай. Урожай получился более благоприятным при 36 см-ом расстоянии рядов, что можно связать и со сроком посева. Содержание белка было более благоприятным в позднем (07. 03.) сроке посева, но здесь однако значительно сократилось количество урожая. Влияние исследованных факторов было схожим в равной мере в отношении содержания белка и степени размола, в то же время, экстремально поздний посев однозначно даёт рост содержания белка.

Ключевые слова: просо, срок посева, выход размола, внесение удобрений, содержание белка

Bevezetés

A köles termesztésének kezdete a történelmi előtti időkre tekint vissza. A növénytermesztés túlzottan intenzív időszakában, amikor a mennyiségi szemlélet dominált, visszaesett a jelentősége. Napjainkban a fenntartható növénytermesztésben és a reformtáplálkozás következtében ismét nő a jelentősége.

A köles tenyészideje nagyon rövid, 60–90 nap közé tehető. Tavaszi vetésű növény, ugyanakkor a nyári másodvetés is beérik. A szélsőséges körülményeket (pl. a nagy meleg, szárazság, sovány talaj) jól tűri. Fehérjetartalma 10–11% (Schermann 1966).

A köles nemzetséget három csoportra osztjuk (Mansfeld 1986):

1. terpedt bugájú köles (*Panicum miliaceum* L. convar. *effusum* (Alef.) Mansf.),
2. oldalra hajló, zászlós bugájú köles (*Panicum miliaceum* L. convar. *contractum* (Alef.) Mansf.),
3. tömött bugájú köles (*Panicum miliaceum* L. convar. *compactum* (Alef.) Mansf.).

A köles termésének kialakulásában a víznek fontos szerepe van. Szárazságtűrő növény (Bittera 1930, Varga 1966), a jó termés eléréséhez a növény egyes fejlődési szakaszaiban sok vízre van szükség (Lazányi és Gocs 1999). Keléskor és csírázáskor feleannyi vizet igényel, mint a búza, zab, árpa, kukorica (Varga 1966, Antal 1992). A köles fajlagos tápanyagigénye: 30 kg N, 14 kg P₂O₅ és 35 kg K₂O (Ragasits 1994). Talajvizsgálati adatok alapján a köles tápanyagellátását szántóföldi termőhelyek szerint az 1. táblázat mutatja.

A köles szélsőségekkel bíró növény, hiszen termése: „*Némely esztendőben oly nagy, hogy a' maga szemének is alig hihet az ember, csak a' kár benne, hogy némely mostoha esztendőben még annál kevesebbet szokott adni, és így a' bizonytalan vetések közé tartozik.*” (Angyalffy 1824).

A köles a középkorban még stratégiai jelentőségű kásanövény volt, viszont a kukorica megjelenésével, illetve terjedésével sokat veszített jelentőségéből. A 19. század második felétől Európában gyakorlatilag megszűnt a termesztése.

Magyarországon a 18. század közepén még kiterjedten termesztették a kölest (Wellmann *et al.* 1963), a 19. században kezdett visszaszorulni. Felváltotta a kukorica, burgonya, illetve a rizs, azonban a hagyományos ételek elkészítésénél még sokáig felhasználták, és már takarmányként hasznosították (Bellon 1981). A 20. század utolsó évtizedéig másodvetésre és kipusztult őszi vetések pótlására használták.

1. táblázat. A köles tápanyagigénye (kg/1 t termés)

| Szántóföldi termőhely (1) | Hatóanyag (2) | A talaj tápanyag-ellátottsága (11) | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------|----------------|-----------|----------------|
| | | Igen gyenge (3) | Gyenge (4) | Közepes (5) | Jó (6) | Igen jó (7) |
| I. Mezőségi (8) | N | 25 | 22 | 20 | 19 | 18 |
| | P ₂ O ₅ | 12 | 10 | 9 | 9 | 9 |
| | K ₂ O | 30 | 27 | 24 | 22 | 20 |
| II. Erdő (9) | N | 28 | 25 | 23 | 21 | 19 |
| | P ₂ O ₅ | 15 | 12 | 10 | 9 | 9 |
| | K ₂ O | 31 | 28 | 25 | 23 | 20 |
| III. Laza és homok (10) | N | 30 | 28 | 26 | 25 | 24 |
| | P ₂ O ₅ | 15 | 13 | 12 | 11 | 10 |
| | K ₂ O | 34 | 30 | 28 | 26 | 25 |

Forrás: Antal (2005)

Table 1. The nutrient demand of millet (kg 1 t yield⁻¹). (1) Field cultivation area, (2) Active substance, (3) Very weak, (4) Weak, (5) Medium, (6) Good, (7) Very good, (8) Grassland, (9) Earth, (10) Loose and sandy, (11) Nutrient supply of the soil, Source: Antal (2005).

A világon a kölest Afrikában és Ázsiában termesztik a legnagyobb területen és mennyiségben. Afrikában a legalacsonyabbak, Amerikában a legmagasabbak a termésátlagok. Az egyes évek tekintetében a termések között jelentős eltérések figyelhetők meg (1. ábra). A legnagyobb kölestermelő India, akit Niger, Nigéria és Kína követ. India termelése 12,09 millió tonnát tesz ki, amely a világtermelés több mint 42%-a.

Hazánkban napjainkban a köles vetésterülete és termésátlaga (2. ábra) ismét növekszik, amit a jó export lehetőség is elősegít. Magyarországon, több helyen is foglalkoznak köles nemesítéssel és fajtafenntartással (pl. Debreceni Egyetem Nyíregyházi és Karcagi Kutatóintézet stb.).

Nagy fehérjetartalma, jelentős ásványianyag-tartalma alkalmassá teszi a széles körű élelmezési célú felhasználásra.

A köles termesztésének a jövőben várhatóan ismét nagy jelentősége lesz. A reformtáplálkozásban, a termesztett növények diverzitásának növelésében, továbbá a globális felmelegedéssel járó klímaváltozás okozta időjárási szélsőségek miatt, hiszen a köles kevésbé igényes, termeszthető másodvetésben, későn felszáradó belvizes területeken is. Szerepe fontos az okszerű vetésváltás lehetőségének bővítésében is.

1. ábra. A köles vetésterületének és termésátlagának alakulása a világon
(FAO adatok alapján)

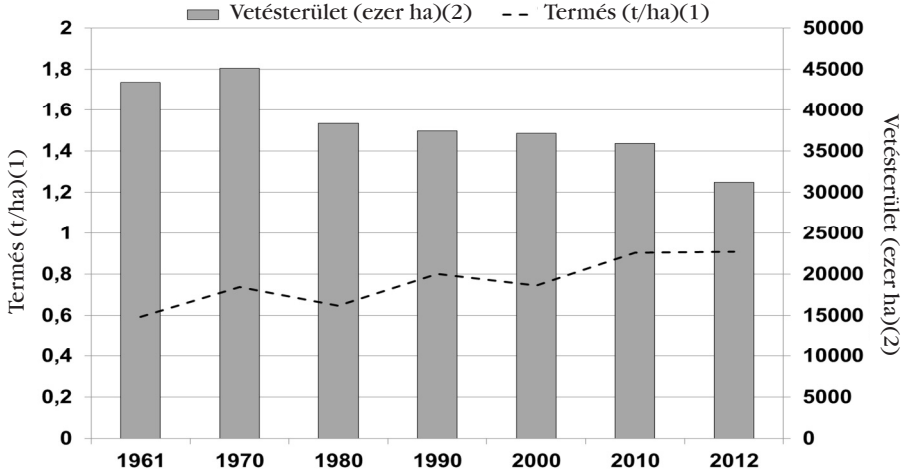


Figure 1. Changes of the sowing area and yield averages of millet in the world (according to FAO data). (1) Yield ($t\ ha^{-1}$), (2) Sowing area (thousand ha).

2. ábra. A köles vetésterületének és termésátlagának alakulása Magyarországon
(KSH adatok alapján)

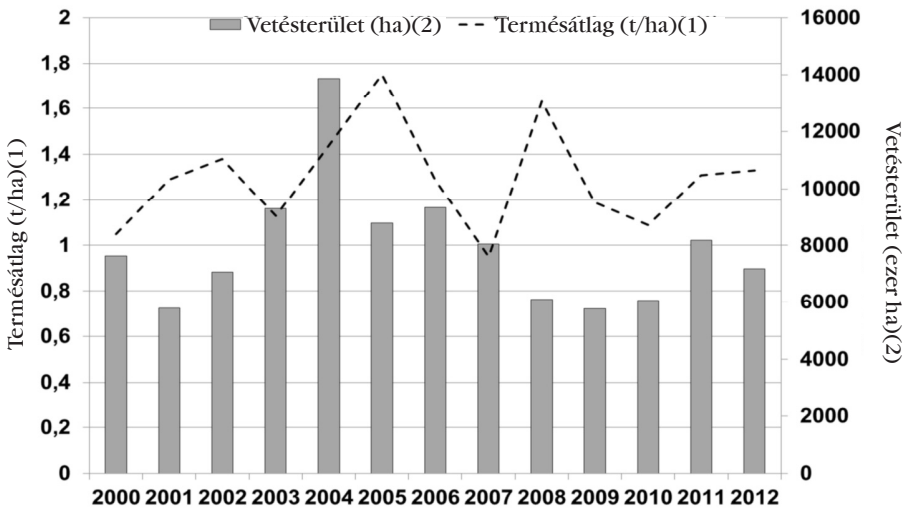


Figure 2. Changes of the sowing area and yield averages of millet in Hungary (according to KSH data). (1) Yield ($t\ ha^{-1}$), (2) Sowing area (ha).

Anyag és módszer

A köles vetésidő, tőszám, illetve műtrágyázási kísérlet a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Nyíregyházi Kutatóintézet területén került beállításra 2013-ban. Vizsgálatom célja a vetésidő, tápanyagellátás, illetve a tenyészterület hatásának számszerűsítése a termés, fehérjetartalom, illetve őrlési kihozatal tekintetében.

A 2013. év első négy hónapja kifejezetten csapadékos volt, a lehullott csapadék mennyisége a sokévi átlagot jelentősen meghaladta. Május hónapban 80,3 mm csapadék hullott, ugyanakkor az év első felében a havi középhőmérsékletek a sokévi átlag alatt maradtak. Ugyanakkor a június–szeptember időszak meglehetősen száraz volt, ami a köles állományok fejlődését negatívan befolyásolta. Szeptemberben a havi középhőmérséklet átlag alatt volt, ami az érést lassította. Összességében megállapítható, hogy a 2013. év időjárása a köles tenyészidejében szélsőséges volt, ami a kísérletben közepes terméseredmények elérését tette lehetővé (3. ábra).

A kísérleti terület talajára jellemző az alacsony kötöttség ($K_A=28$), savanyú kémhatás és a gyenge víztartó-képesség. A kedvezőtlen mechanikai összetétel miatt a kilúgzás erőteljes, a talaj makro-, és mikro tápanyagtartalma kevés. A talaj kémhatása savanyú, fizikai félesége homok. Víz- és tápanyaggazdálkodása azonban a futóhomoknál kedvezőbb, a talaj humusztartalma 1% körüli.

A kisparcellás kísérlet véletlenszerű blokkrendszéssel lett kialakítva. A parcellaméret egységesen 2×10 m, a betakarítást $1,5 \times 10$ m-es területen végeztük el. A kísérlet beállítása során a köles termesztésénél üzemi körülmények között alkalmazott termesztéstechnológiai elemeket alkalmaztuk, amelyek az alábbiak:

- trágyázás (B): b1 – kontroll, b2 – N 40 P₂O₅ 48 K₂O 48, b3 – N 80 P₂O₅ 72 K₂O 72, b4 – N 120 P₂O₅ 96 K₂O 96;
- vetésidő (A): a1 – 2013. 06. 12., a2 – 2013. 06. 25.; a3 – 2013. 07. 03.;
- tenyészterület (C): c1 – 12 cm sortávolság; c2 – 24 cm sortávolság; c3 – 36 cm sortávolság.

A műtrágya hatóanyag-mennyiségeket NPK 8:24:24, illetve MAS 27:0:0 műtrágyákkal juttattuk ki. A kísérletben alkalmazott fajta a Biserka, melynek szára 80–110 cm magas, levelei 30–40 cm hosszúak, világoszöld színűek, felállóak. Bugája hengeres alakú, közepesen tömött, 15–25 cm hosszú. Szemtermése gömbölyű, krém sárga színű. Szárszilárdsága, betegség-ellenálló képessége kiváló. Könnyen csépelhető, jól hántolható fajta, ezerszemtömege: 6,7–7,0 g, termőképessége: 3,0–4,0 t/ha.

3. ábra. A hőmérsékleti és csapadékviszonyok alakulása
(Nyíregyháza, 2013)

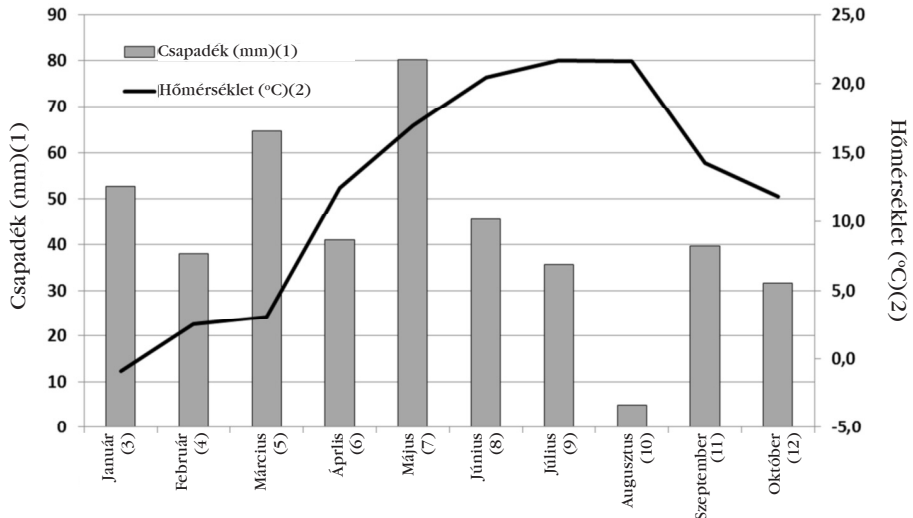


Figure 3. Change of temperature and precipitation (Nyíregyháza, 2013). (1) Precipitation (mm), (2) Temperature (°C), (3) January, (4) February, (5) March, (6) April, (7) May, (8) June, (9) July, (10) August, (11) September, (12) October.

A kísérlet betakarítását Zürn 130 SE parcellakombájnnal végeztük. A termésből vett minták fehérjetartalmának elemzése MSZ szerint Vapodest-50 készülékkel, az őrlési kihozatalt Metefém malomlabor készülékkel határoztuk meg. Az eredmények statisztikai értékelése SPSS for Windows® programmal történt kéttényezős varianciaanalízis és Tukey-teszt segítségével.

Eredmények értékelése

A polifaktoriális kísérletben a betakarított termések 2,29–4,26 t/ha értékek között változtak. A vetésidők tekintetében egyértelmű, szignifikáns különbség mutatkozott a termések között a kezelések átlagában. Az a1–a2 vetésidők között kismértékű (181 kg/ha), míg az a3 vetésidő a másik két vetésidőhöz viszonyítva jelentős mértékű termésnövekedést eredményezett. A tenyészterület vonatkozásában hasonlóan markáns, szignifikáns különbség adódott a legkisebb sortáv (c1) és a tágabb térállású kezelések (c2, c3) között ez utóbbiak javára (4. ábra).

4. ábra. A vetésidő, tenyészterület és tápanyagellátás hatása a köles termésére savanyú homoktalajon (Nyíregyháza, 2013)

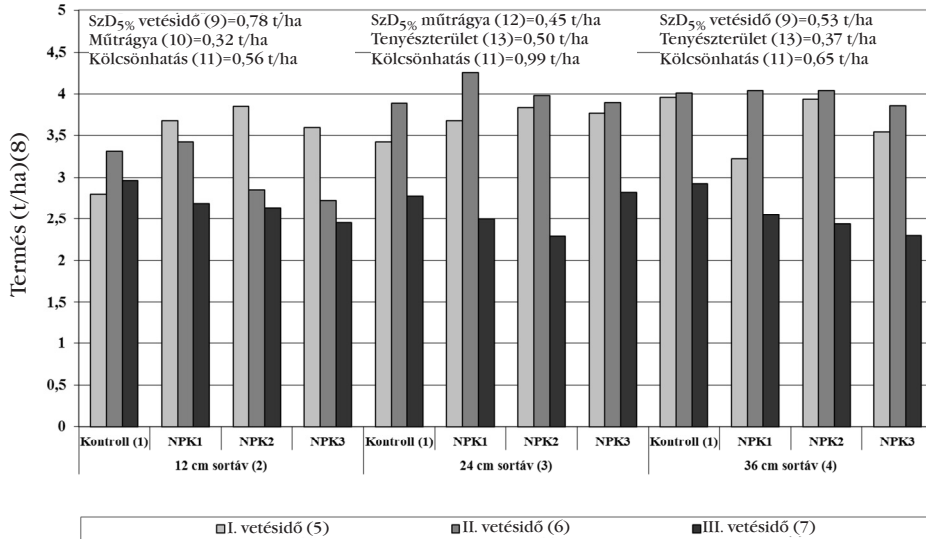


Figure 4. The effect of sowing date, growing area and nutrient supply on the yield of millet on acidic sandy soil (Nyíregyháza, 2013). (1) Control, (2) 12 cm row spacing, (3) 24 cm row spacing, (4) 36 cm row spacing, (5) I. sowing date, (6) 2. sowing date, (7) 3. sowing date, (8) Yield (t ha⁻¹), (9) LSD_{5%} sowing date, (10) Fertiliser, (11) Correlation, (12) LSD_{5%} fertiliser, (13) Growing area.

A műtrágyaszintek között a kezelések átlagában már nem ilyen egyértelmű hatást tudtunk kimutatni, a műtrágya hatékonyságát a vizsgált más tényezők közül a vetésidő jelentős mértékben befolyásolta. A polifaktoriális kísérletben a betakarított termések 2,29–4,26 t/ha értékek között mozogtak. A vetésidők tekintetében egyértelmű, szignifikáns különbség mutatkozott a termések között a kezelések átlagában (5. ábra).

A fehérjetartalom vonatkozásában egyértelmű tendencia figyelhető meg a vetésidők hatására. Az a₃, legkésőbbi vetésidő termése esetén egyértelműen magasabb fehérjetartalmat mértünk. A tápanyagellátás fehérjetartalomra gyakorolt hatásának elemzése során egyértelmű összefüggést nem tapasztaltunk a vizsgálati körülményeink között (6. ábra). Tendencia jelleggel azonban megállapítható, hogy a tenyészterület csökkenésével arányosan a fehérjemaximum értékekhez tartozó NPK szint is csökken. A legkisebb tenyészterület esetében a maximum érték a legnagyobb, NPK3 szinten adódott, c₂ kezelés esetén NPK1, míg a legnagyobb tenyészterülettel rendelkező kezelés (c₃) alkalmazásakor a kontrollkezelésben mértük a legmagasabb fehérjetartalmakat.

5. ábra. A tápanyagellátás hatása a köles termésére savanyú homoktalajon (Nyíregyháza, 2013)

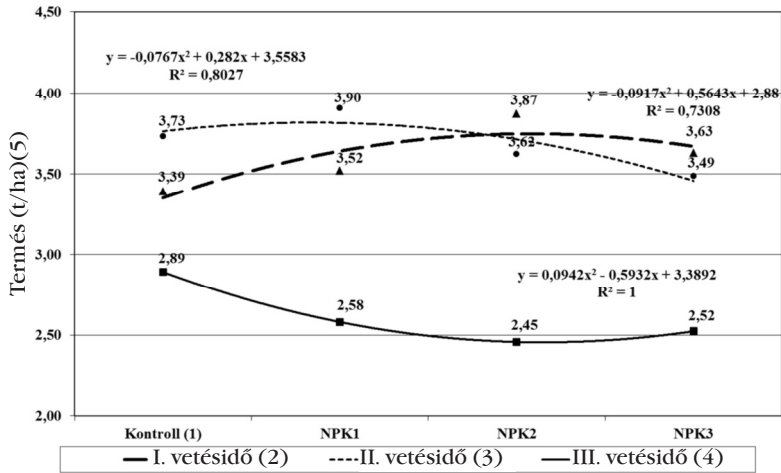


Figure 5. The effect of nutrient supply on the yield of millet on acidic sandy soil (Nyíregyháza, 2013). (1) Control, (2) 1. sowing date, (3) 2. sowing date, (4) 3. sowing date, (5) Yield (t ha⁻¹).

6. ábra. A vetésidő, tenyészterület és tápanyagellátás hatása a köles fehérjetartalmára savanyú homoktalajon (Nyíregyháza, 2013)

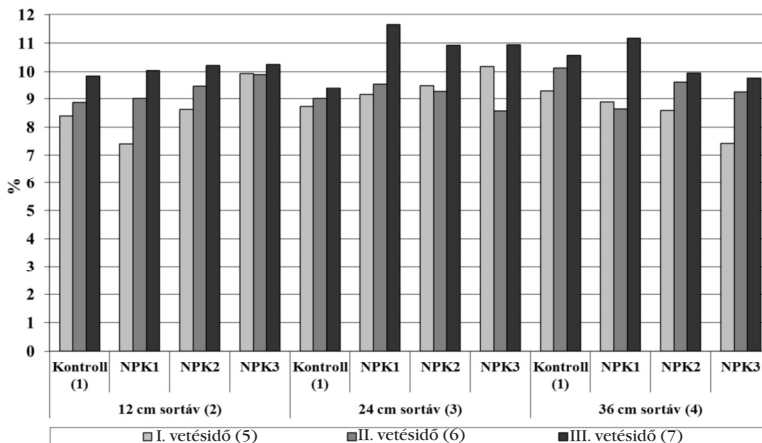


Figure 6. The effect of sowing date, growing area and nutrient supply on the protein content of millet on acidic sandy soil (Nyíregyháza, 2013). (1) Control, (2) 12 cm row spacing, (3) 24 cm row spacing, (4) 36 cm row spacing, (5) 1. sowing date, (6) 2. sowing date, (7) 3. sowing date.

A kísérletben alkalmazott agrotechnikai tényezők az őrlési kihozatalt nem befolyásolták szignifikánsan. Bár az eredmények szórása a 24 cm-es sortávolságnál nagyobb volt, mint a 12 cm-es gabona sortávolságnál. Az NPK tápanyagellátás az őrlési kihozatalt a korábbi és a későbbi vetésidekben befolyásolta kedvezőbben, míg a 06. 25-i vetésideknél megbízható összefüggést nem lehetett megállapítani (7. ábra).

7. ábra. A vetéside, tenyészterület és tápanyagellátás hatása a köles őrlési kihozatalára savanyú homoktalajon (Nyíregyháza, 2013)

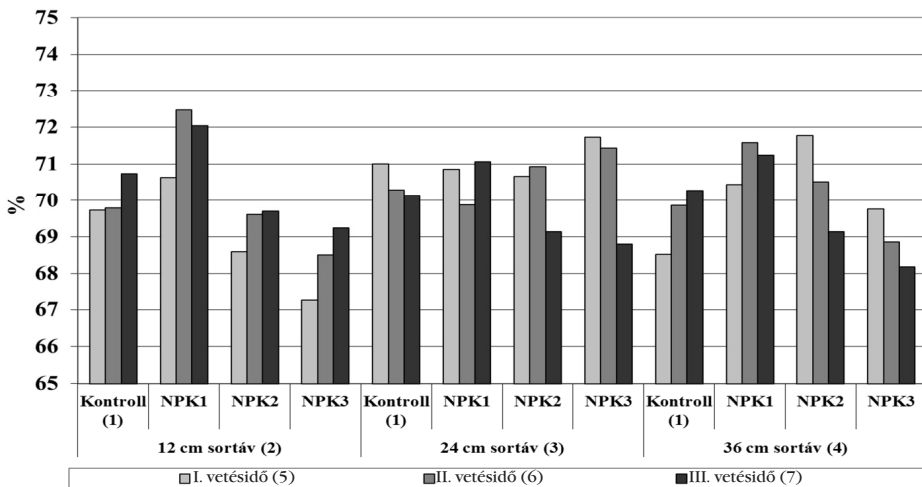


Figure 7. The effect of sowing date, growing area and nutrient supply on the grinding yield of millet on acidic sandy soil (Nyíregyháza, 2013). (1) Control, (2) 12 cm row spacing, (3) 24 cm row spacing, (4) 36 cm row spacing, (5) 1. sowing date, (6) 2. sowing date, (7) 3. sowing date.

Következtetések

A köles termesztéstechnológiai elemeinek vizsgálata azért is fontos, mert a növényt az igénytelen növények csoportjában tartják számon kiváló alkalmazkodóképessége miatt. E tulajdonsága teszi lehetővé, hogy akár másodvetett növényként is lehet termeszteni. A megkésített vetésidek alkalmazásakor azonban figyelembe kell venni, hogy az évjárat jelentős mértékben módosíthatja a termesztéstechnológiai inputokra adott reakcióját. Vizsgálati eredményeink alapján megállapítható, hogy a köles tág vetéside-optimummal jellemezhető

növény, azonban a vetésidő extrém kései alkalmazása (július eleje) jelentősen növeli a termesztés kockázatát. A késői vetés negatív hatását az alkalmazott műtrágyakezelések sem tudták mérsékelni, így e vetésidőben az évjáráthatás meghatározó tényezőnek bizonyul. Ugyanakkor a korábbi (június) vetésidőkben jelentősebb mértékű terméscsökkenés nem következett be, ezért a növény kiválóan alkalmazható későn felszáradó belvizes területeken vagy akár másodvetésként is.

A köles agresszív növény, a talajban lévő tápanyagot jól hasznosítja. Vizsgálataink eredményei alapján az alkalmazott műtrágyakezelések legnagyobb hatást a köles termésére gyakorolták, amit azonban a vetésidő jelentős mértékben módosított. Az a2 vetésidő esetén már kisebb műtrágyamennyiségnél értünk el termésmaximumot, a1 – legkorábbi vetésidőnél – a nagyobb tápanyag adagnál kaptuk a nagyobb termést, a trágyareakció is kedvezőbb volt. Az extrém késői vetésnél (07. 03.) a trágyázás jelentős terméscsökkenést okozott, mely elsősorban a vizsgálati időszak extrém időjárási körülményeivel magyarázható.

Eltérő tenyészterületek alkalmazásánál megállapítható, hogy az optimálistól későbbi vetésidők esetén a tenyészterület növelése kedvező hatást gyakorol a termés mennyiségére. A vizsgált beltartalmi paraméterek (fehérjetartalom, kiőrlési %) egy év eredményei alapján csak tendencia jellegű megállapítások tehetők, ezért a vizsgálatokat tovább folytatjuk, melynek eredményeiről a későbbiekben ismét beszámolunk.

IRODALOM

- Angyalffy M.*: 1824. Mezei gazdák' barátja I-II. Trattner. Pesth.
- Antal J.* [*Bocz E. (szerk.)*]: 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 354–356.
- Antal J.* [*Jolánkai M. (szerk.)*]: 2005. Növénytermesztés I. A növénytermesztés alapjai. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 346.
- Bellon T.*: 1981. A köles termesztése és keleti párhuzamai. *Ethnographia*. 92: 233–258.
- Bittera M.*: 1930. Növénytermesztés II. Pátria Kiadó. Budapest.
- Lazányi J.*–*Gocs L.*: 1999. A köles termesztése. *Agrofórum*. 10. 1: 48–51.
- Mansfeld, R.* [*Schultze-Motel, J. (ed.)*]: 1986. Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen (ohne Zierpflanzen) I-IV. Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo.
- Ragasits I.*: 1994. Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 149–151.

Schermann Sz.: 1966. Magistermet I-II. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1070.

Varga J.: 1966. A köles. [In: Láng G. (szerk.) A növénytermesztés kézikönyve I.] Mezőgazdasági Kiadó. 181-187.

Wellmann I.-Mándy Gy.-Mesch J.: 1963. Száznegyven esztendőös búzakaralász-lelet. Agrártört. Szeml. 4: 1-43.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Seres Emese - Dr. Sárvári Mihály
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Hasznosítási gyakoriság-vizsgálat különböző típusú magyarországi gyepeken II. – A termőképesség és az időjárási tényezők közötti összefüggések

TÖRÖK GÁBOR–BAJNOK MÁRTA–GYURICZA CSABA–
KASPERNÉ SZÉL ZSUZSANNA–TASI JULIANNA
Szent István Egyetem, Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

Összefoglalás

Magyarországra jellemző három gyeptípuson 2006-tól 2012-ig végeztünk hasznosítási gyakoriság vizsgálatot. A vizsgált területek között egy üde fekvésű, egy alföldi száraz fekvésű és egy dombvidéki száraz fekvésű gyepek voltak. A kísérlet során adatokat gyűjtöttünk a terméshozamról, a növényállományról és a lokális időjárási adatokról. Ebben a tanulmányban kiemelten vizsgáltuk a hasznosítási gyakoriság és az időjárási tényezők hatását terméshozamra.

A hasznosítási gyakoriságot három változatban állapítottuk meg, évi kétszeri, háromszori és négyszeriben, igazodva a kaszálásos, a rét és a legeltetési hasznosításhoz. A mintaterületek (4×4 m) 3 ismétlésben blokk elrendezésben lettek beállítva.

Az üde fekvésű termőhelyen a 3×-i, réthasznosítás adta a legnagyobb termést (10,51 t/ha). Ezt bizonyítja a hasznosítási gyakoriságok évenkénti páronkénti összevetése is, négy évből háromszor az évi 3 hasznosítás szignifikánsan nagyobb termést produkált, mint a másik két hasznosítás. A gyepek vezérnövénye a nagy termőképességű *Festuca arundinacea* szálfű volt, ami a legeltetésre optimális állapotban történő első betakarításkor (4×/év) és a túlérlett állapotú fű június végi kaszálását (2×/év) követő lassú sarjadás miatt nem tudta termőképessége maximumát elérni ezekben a hasznosítási rendszerekben.

A száraz területeken a kísérleti évek átlagában a 4×-i hasznosítás hozta a legnagyobb szárazanyaghozamot (Bösztör 3,20 t/ha; Kisfüzes 3,53 t/ha). A száraz területek terméshozamát a csapadék erősebben befolyásolta, mint a hasznosítási rendszer

megválasztása. Ezt alátámasztja, hogy Bösztörön a 2×-i és 3×-i hasznosítás hozama szoros összefüggésben van a csapadék mennyiségével. Kisfüzesen a 2011-es és 2012-es aszályos években a hasznosítási gyakoriság közötti különbségek gyakorlatilag eltűntek. A kisfüzesi gyepnél megfigyelhető, hogy hasznosítási rendszertől függetlenül a globál-sugár-zás és a hőmérséklet minden esetben negatív előjelű korrelációs együtthatót adott a szárazanyaghozammal. Az ilyen gyeptípusok aszály-kockázata tehát nagy, az együttesen emelkedő radiáció és hőmérséklet a termés hozam csökkenésével jár.

Kulcsszavak: gyeptípusok, hasznosítási gyakoriság, termőképesség, termés hozam, időjárási tényezők

Study of utilisation frequency of different Hungarian grassland's types II. – Correlations between productivity and weather conditions

G. TÖRÖK–M. BAJNOK–CS. GYURICZA–ZS. KASPERNÉ SZÉL–J. TASI
Szent István University, Institute of Crop Production, Gödöllő

Summary

Utilisation frequency was studied on three typical grasslands of Hungary between 2006 and 2012. One wet, one dry located lowland and one hilly, dry located grassland were studied. Grass yield, utilisation frequency and local weather conditions were monitored and correlations were studied.

Utilisation frequency was determined in three versions, when grasslands were utilised 2, 3 and 4 times a year, which fit to the utility of grasslands (reaping, meadow (reaping and pasturage) and pasturage). The experimental set was as follows: sample area was 4×4 m data were collected in 3 replicates, in block arrangements.

The highest yield (10.51 t ha⁻¹) was produced beside meadow utility of 3 times a year in the wet region. This is proved by pair wise and annual comparisons of frequencies of utilisation. Three time-utilisation per year produced significantly higher yields than the other two one. The high yielding *Festuca arundinacea* was the dominant crop of the meadow, which was not able to achieve its maximum yield because of short regeneration time.

The highest dry matter yield (in yearly average) was produced by the 4-time-utility (Bösztör 3.20 t ha⁻¹, Kiszfüzes 3.53 t ha⁻¹) on dry areas. The influence of rainfall on yield was more robust on dry areas than the impact of system of use. This finding was supported by the fact, that the yield of 2 and 3 time-utilisation systems in Bösztör were positively correlated to the amount of rain. Differences produced by the grassland utilisation frequencies disappeared in Kiszfüzes in dry and almost arid years of 2011 and 2012. It could be observed that global radiation and temperature, independent of utilisation system, were negatively correlated to yield at the grassland of Kiszfüzes. Risk of arid of such grasslands is quite threatening, the parallel rising of temperature and radiation results in decreased yield.

Key words: grasslands, utilisation frequency, yield potential, crop yield, climatic factors

Исследования частоты использования на дёрне различного типа в Венгрии II. – Взаимосвязи между плодородием и погодными факторами

Г. ТЁРЁК–М. БАЙНОК–Ч. ДЬЮРИЦА–Ж. КАШПЕРНЕ СЕЛ–Я. ТАШИ
Университет им.Святого Иштвана, Институт Растениеводства, Гёдёлло

Резюме

На характерных для Венгрии трёх типах дёрна с 2006 по 2012 год проводили исследование частоты использования. Среди исследованных территорий один участок был расположен на свежем (влажном) месте, второй на сухом месте на Алфелде и третий участок расположен в сухой холмистой местности дёрн. В ходе опыта собирали данные об урожайности, о растительном насаждении и о локальных погодных условиях. В этом исследовании прежде всего исследовали частоту использования и влияния погодных условий на урожайность.

Частоту использования установили в трёх вариантах: два раза, три раза и четыре раза в год, ориентируясь на использование колосковых, луга и пастбища. Опытные участки (4×4 м) были установлены в 3-х повторениях в блочном расположении.

На свежем месте расположения 3-х разовое использование луга дало самый большой урожай (10,51 t/ha). Это подтверждает и ежегодное сравнение частоты использования в парах, за четыре года три раза годовое 3-х разовое использование дало значительно больший урожай, чем два других использования. Главное растение дёрна была большой урожайности трава *Festuca arundinacea*, которая при первой уборке в оптимальном для пастбища состоянии (4 раза/год) и после покоса в перезрелом состоянии травы в конце июня (2 раза/год) из-за медленного прорастания не могла достичь максимума плодородия в этих системах использования.

На сухих территориях в среднем за годы опыта 4-х разовое использование дало самый большой урожай сухого вещества (в местечке Бёстёр (Bösztör) 3,20 t/ha; в местечке Кишфюзеш (Kisfüzes) 3,53 t/ha). На урожайность сухих территорий сильнее влияли осадки, чем выбор системы пользования. Это подтверждает, что в Бёстёре урожай 2-х разового и 3-х разового использования находится в тесной связи с количеством осадков. На участке в Кишфюзеш в 2011-ом и 2012-ом сухих годах практически исчезли разницы между частотой использования. На дёрне Кишфюзеша можно заметить, что независимо от системы использования глобальная радиация и температура во всех случаях дали негативный корреляционный эффект на урожай сухого вещества. Это означает большой риск засухи на таких типах дёрна, повышающаяся вместе радиация и температура ведут к уменьшению урожая.

Ключевые слова: типы дёрна, частота использования, плодородие, урожай, погодные условия

Bevezetés

Az agrárágazaton belül a gyepgazdálkodás jelentős részt képvisel. A kérődzők legolcsóbb takarmánya és természetes élőhelye is egyben (*Vinczeffy 1993, Horn 1995, Schmidt 1996, Tasi 2010*), a Föld 20%-át gyepes területek borítják (*World Research 2000, FAO*), hazánk területének 10%-a gyepterület (*KSH, Tasi 2010*).

A hazai gyeppek közül jelenleg 200 673 ha nemzeti védelem alatt áll, a 10 nemzeti park igazgatóság egyikének kezelésében van (*Corine 2006-os felszínborítási adatokból kigyűjtve 2011-ben, Belényesi (2011) közlése alapján*). Ezek mellett nagy területen vannak olyan természetes gyeppek, melyek nincsenek nemzeti parki oltalom alatt, de védett növény- vagy állatfajok fönnmara-

dása miatt természetvédelmi jelentőségük nagy. E területek megőrzését az Európai Unió természetvédelmi hálózata, a Natura 2000 fogja össze és helyezi védelem alá. Natura 2000 védettséggel rendelkezik a felszínborítási becslések szerint 240 416 ha füves élőhely. Így összesen hazánkban a közel egy millió hektár gyepterület 44%-a valamilyen nemzeti vagy nemzetközi védettség oltalma alatt van. Az Agrár-Környezetgazdálkodási Program 2. ciklusában 2009-ben 352 106 ha gyepterület részesült támogatásban valamely alprogram keretében (UMVP). Az ökológiai természet felügyelő hazai két nonprofit szervezet 124 ezer ha-t tart nyilván jelenleg, ebből közel 60 ezer ha gyepterület (KSH).

A különböző védettségek és szabályozások területei között vannak átfedések, de jelentős kiterjedésük révén egyértelműen meghatározzák napjaink gyeptgazdálkodását.

A természetvédelmi területek kezelésére az 1996-os *LIII. Törvény* (1996), míg a Natura 2000-es területekre a *275/2004. (X.8.) Kormányrendelet* (2004) vonatkozik. Fenntartásuk és hasznosításuk legeltetéssel, kaszálással lehetséges. Az Agrár-Környezetgazdálkodási Programba bevont területek hasznosítását, kezelését a *61/2009. (V. 14.) FVM rendelet* (2009) írja elő (az Európai Mezőgazdasági Vidékfejlesztési Alapból nyújtott Agrár-Környezetgazdálkodási támogatások igénybevételének részletes feltételei). Az ökológiai gazdálkodást a *Tanács 834/2007/EK rendelete* (2007) alapján hozott *79/2009 (VI.30.) FVM rendelet* (2009) szabályozza.

Ezek a szabályozások összességében korlátozott természetési technológiákat tesznek lehetővé. Alapvetően tiltják a műtrágyák használatát és az öntözést, helyenként korlátozzák a felülvetést és az istállótrágya használatát is. Ezen technológiai elemek nélkül az ökológiai adottságokhoz csak a hasznosítás gyakoriságának megválasztásával tudunk alkalmazkodni.

Barcsák et al. (1978) kiemeli a hasznosítást, mint termésmennyiséget befolyásoló tényezőt. A betakarítási idő helyes megválasztása fontos a megfelelő mennyiségű és minőségű takarmány előállításához és a megfelelő növényállomány fenntartásához. Abban az esetben, ha a kaszálókat, réteket túl korán (bokrosodás idején) hasznosítjuk, túlhasznosítás alakulhat ki. Túlhasznosítás esetében, ha nem változtatunk az addigi tápanyag-utánpótláson, akkor termésmennyiség csökkenés, viszont termésmínőség javulás alakul ki. A tápanyag-utánpótlás növelésével termésmnövekedést érhetünk el, viszont változik a növényállomány összetétele, ami sok esetben nem kívánatos (*Buchgraber és Gindl* 2004).

A virágzás utáni termésbetakarítás nagy valószínűséggel minőségbeli veszteséget eredményez, a növények öregedése jelentős takarmányminőségi romlást okoz, különösen igaz ez a pázsitfűvek első betakarítási idejére (Laser 2006). Ennek az oka, hogy a „bugahányás” fenofázis után hirtelen minőségromlás következik be (Opitz v. Boberfeld 1994). Buchgraber és Gindl (2004) mérései szerint a „bugahányás” és „virágzás kezdete” fenofázis között naponta az emészthetőség kereken 0,5%-kal, az energiatartalom 0,1 MJ NEL/kg sz. a.-gal csökken a gyepek esetében. Ugyanerre az eredményre jutott Lindgren és Lindberg (1988).

Tasi (2006) vizsgálataiban 1% nyersrost-növekedést és 2–2,5%-os emészthetőség-csökkenést tapasztalt több pázsitfűfaj esetében az első növedék fejlődési ideje (35 nap) alatt. Üde fekvésű gyepeken kedvezőbb a többszöri (4×-i) hasznosítás a nyersfehérje tartalomra és az emészthetőségre (Tasi et al. 2012).

Elsässer (1999) értékes adatokat közölt a hasznosítás időpontjának és gyakoriságának függvényében különböző gypállományok tápanyagtartalmáról és emészthetőségéről. Az április vége és május közepe közötti szakaszos legeltetéssel hasznosított gyp biztosította a legtöbb állati terméket a gyeptakarmányból. Ebben az időszakban 18–25% fehérje volt a takarmányban, a szerves anyagok emészthetősége pedig nagyon jó, 75–85%-os volt.

A késői betakarítás következtében a minőségbeli veszteség a legkülönbözőbb növénytársulásokban egyaránt kialakul. Sterzenbach (2000) három évig tartó kísérletében 116 gyeptársulást vizsgált azért, hogy megállapítsa a különböző időpontokban történő betakarítási idő hatását a takarmány minőségére. A növényösszetételtől függetlenül arra a megállapításra jutott, hogy az első hasznosítás késleltetése minőségbeli értékvesztést okoz. A kapott értékek szórása igen nagy, de az átlagokat tekintve a nyersfehérje-koncentráció évjáráttól függően 20, illetve 16%-ról (május közepe) 11, illetve 9,6%-ra (június közepe) csökkent. Az energiaértékek minden növényösszetétel esetében a május közepén mért 10 MJ ME/kg sz. a.-ról július közepére 8 MJ ME/kg sz. a.-ra, illetve még későbbi hasznosítás esetén 6 MJ ME/kg sz. a.-ra csökkentek.

Török et al. (2011) kísérleteik során száraz és üde fekvésű gyepeken végeztek hasznosítási gyakoriság vizsgálatot, amiben arra a következtetésre jutottak, hogy bár az évi 2×-i betakarítás adta a legnagyobb szárazanyag mennyiséget, de ez a hasznosítási forma reagált legrosszabbul a szárazságra és a kedvező nagyobb csapadék mennyiségre is.

Penksza et al. (2013) megállapították, hogy az alullegetett területen (kiegészítő legelőn) – az eddig szakirodalmi megállapításokkal ellentétben –

csökken a gyep fajszáma. Extenzív száraz gyepeken *Bajnok* (2011) és *Bajnok et al.* (2011) bizonyította, hogy a természetvédelmi előírásoknak megfelelő hasznosítás mód (évi 2×-i, késői első kaszálás) évről évre nagyobb borítatlan részeket eredményez. Ugyan ilyen területeken *Hand* (1991) vizsgálati eredményei azt mutatták, hogy a késői betakarítási idő következtében a szálfüvek aránya megnő a gyepállományon belül, ezáltal nő a takarmány rost-, és csökken a fehérjetartalma. Abban az esetben, ha szénaként tartósítjuk az ilyen takarmányt, további energia veszteségre kell számítanunk. Ezekhez hasonló eredményeket közöltek még *Daniel* és *Opitz v. Boberfeld* (1987), *Opitz v. Boberfeld* és *Sterzenbach* (1999), *Isselstein* (1994, 1995), *Mainz* (1995), valamint *Hoffmann et al.* (1997).

Pavlu et al. (2006) a pázsitfűvek, a pillangósok, az egyéb növények és a borítatlan részek arányát vizsgálta egy csehországi üde gyepen, hasznosítási intenzitás szempontjából. A vizsgált 3 év során megállapították, hogy az intenzív legeltetés hatására nagyobb mértékben növekedett a pázsitfű tövek száma négyzetméterenként, mint az extenzív legeltetés esetén. A borítatlan részek arányára mindkét hasznosítás kedvező hatást gyakorolt, az intenzív használat hatására a kezdeti 35%-os arányról 15%-ra csökkent, míg extenzív használatnál 43%-ról 20%-ra.

Anyag és módszer

A Szent István Egyetem Gyepgazdálkodási Osztálya 2006 óta végez kísérleteket a különböző gyep típusokon a biodiverzitás, a termőképesség és az időjárási tényezők függvényében. A vizsgálatokat három hazánkra jellemző mintaterületen folytattuk különböző ökológiai körzetekben.

A száraz ökológiai adottságokkal rendelkező bősztöri gyep az Alföldön, azon belül a Dunamenti-síkság középtáján és a Solti-sík kistáján található (É. sz: 46°56'41"; K. h.: 19°06'44"). Ezt a mélyben sós szikes talajon létrejött aprócsenkeszes gyepet kecskelegelőként hasznosítják. Természetvédelmi terület a Kiskunsági Nemzeti Parkban.

A mendei gyep földrajzilag az észak-magyarországi Középhegység nagytáj része, ahol a Cserhát vidék középtáj és a Gödöllői-dombságon kistáj része (É. sz: 47°25'54"; K. h.: 19°29'13"). A '90-es évek végén telepített, nádképző csenkesz (*Festuca arundinacea*) vezérnövényű, réthasználatú terület. Az első növedék kaszálása után juhok legeltetésével hasznosítják. Völgyben kerül el,

vízviszonyai alapján üde fekvésű. Nem védett, azonban bejelentett AKG ökológiai gazdálkodási terület.

A vizsgált harmadik terület az északi-középhegységi kislejtési gyep (É. sz.: 47°59'41.50"; K. h.: 20°7'16.92"). A Mátra lábánál fekszik, tengerszint feletti magassága 200 m. Vízellátottság szempontjából száraz fekvésű juhlegelők közé sorolható. A kísérletet egy ÉK kitettségű lejtőn állítottuk be. A terület vezető növényei a csenkesz fajokból (*Festuca spp.*) kerülnek ki. A gyepon ökológiai gazdálkodást folytatnak, AKG ökológiai célprogramban támogatott.

A helyszíneken 3 ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben összesen 9 parcellát (4×4 m) jelöltünk ki. A kaszálással szimuláltuk a gyepterületek hasznosítását, a hasznosítási intenzitásokat három változatban állapítottuk meg. A hasznosítási változatok (kezelések) jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A hasznosítások jellemzői

| Gazdálkodási mód (1) | Rotációs idő (nap) (2) | Hasznosítások száma (3) | Hasznosítások kb. ideje (4) |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Természetvédelmi gazdálkodás (5) | 90-100 | 1. kaszálás (8) | VI. 15. |
| | | 2. kaszálás (9) | X. 10. |
| Rétgazdálkodás (6) | 60-70 | 1. kaszálás (8) | V. 15. |
| | | 2. kaszálás (9) | VII. 15. |
| | | 3. kaszálás (10) | X. 10. |
| Szakaszos legelőgazdálkodás (7) | 40-55 | 1. kaszálás (8) | V. 5. |
| | | 2. kaszálás (9) | VI. 10. |
| | | 3. kaszálás (10) | VIII. 1. |
| | | 4. kaszálás (11) | X. 10. |

Table 1. Characteristics of utilisation. (1) Farming method, (2) Rotation time, (3) Number of use, (4) Time of use, (5) Conservation farming, (6) Meadow farming, (7) Intermittent grazing farming, (8) 1st cut, (9) 2nd cut, (10) 3rd cut, (11) 4th cut.

A hasznosítások előtt a növényállomány felvételezését Balázs-féle quadrát módszerrel (Balázs 1949) végeztük el. A növények megnevezésénél Simon (2000) nevezéktanát használtuk. A napi időjárási adatokat térítésmentes szolgáltatás keretei között az Országos Meteorológiai Szolgálattól kaptuk. 2010-től mobil meteorológiai állomás szolgáltatja az adatokat Kisfüzesen. A kísérlet ideje alatt mért éves adatok a 2. táblázatban láthatók.

2. táblázat. A kísérleti helyszínek éves időjárási adatai

| Hely (1) | Év (2) | Csapadék (mm) (3) | G. sugárzás (J/cm ²) (4) | Hőösszeg (C°) (5) | Hőmérséklet (C°) (6) | Páratartalom (%) (7) |
|-------------|-----------|-------------------------|--|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Mende | 2006 | 568,3 | 449 611 | 2634,3 | 10,30 | 73,47 |
| | 2007 | 490,4 | 479 218 | 2758,9 | 11,57 | 69,53 |
| | 2008 | 654,3 | 469 830 | 2656,3 | 11,23 | 69,77 |
| | 2009 | 563,2 | 463 813 | 2727,0 | 11,01 | 72,09 |
| Bösztör | 2006 | 615,2 | 442 215 | 2647,9 | 10,48 | 75,97 |
| | 2007 | 531,4 | 463 899 | 2767,5 | 11,65 | 69,26 |
| | 2008 | 625,0 | 456 495 | 2713,1 | 11,45 | 71,79 |
| | 2009 | 554,9 | 449 703 | 2854,3 | 11,45 | 70,82 |
| | 2010 | 974,0 | 411 843 | 2597,8 | 10,26 | 77,42 |
| Kisfüzes | 2009 | 579,3 | 452 960 | 2819,6 | 11,24 | 67,02 |
| | 2010 | 1012,3 | 422 774 | 2503,9 | 9,95 | 75,89 |
| | 2011 | 315,0 | 536 062 | 2395,2 | 9,43 | 80,05 |
| | 2012 | 355,2 | 501 415 | 2598,8 | 9,84 | 76,64 |

Table 2. Annual meteorological data of experimental areas. (1) Experimental area, (2) Year, (3) Precipitation, (4) Global radiation, (5) Heat units, (6) Temperature, (7) Humidity.

Talajmintavétel a mintaterületeken az első évben történt (Bösztör és Mende 2006, Kisfüzes 2009.) hengeres talajmintavevő eszközzel 0–10 és 10–20 cm-ig. A laborvizsgálat a következőkre terjedt ki: pH, humusz%, CaCO₃, P₂O₅, K₂O₅ és összes N tartalomra, az eredményeket a 3. táblázat tartalmazza.

A statisztikai elemzéseket IBM SPSS Statistics 19 és Microsoft Excel program segítségével végeztük el, felhasználtuk Sváb (1983) módszerét is a szignifikáns differencia kiszámításához és az adatközlés módszerének kiválasztásához.

Eredmények értékelése

A szárazanyaghozamok alakulását a 4. táblázat mutatja, amiből a különböző típusú gyepek termőképességének változatossága jól látható. Az üde fekvésben (Mendén) mért adatok 7,45 és 13,35 t/ha között változnak, a legkisebb és legnagyobb termésmennyiséget is a 4×-i hasznosítás esetén mértük. Az egyes években a különböző hasznosítási rendszerek változatos eredményeket produ-

káltak, 2007 és 2009-ben a 3×-i hasznosítás, 2006-ban a 2×-i és 2008-ban a 4×-i adta a legnagyobb szárazanyaghozamot. Négy év átlagát tekintve az évi 3 hasznosítás adta a legnagyobb termést 10,51 t/ha-ral, a legkisebbet a 4×-i. A 2008-as csapadékos évet leszámítva minden kísérleti évben a legkisebb termést adta az évi 4 hasznosításos rendszer. Az évek hasznosításonkénti vizsgálata a 2× hasznosításnál és a 4×-inél azt mutatja, hogy a 2008 és 2009-es év szignifikánsan nagyobb termést hozott, mint a kísérlet első két éve. A 3×-i hasznosítás esetén szignifikáns különbség a 2008, 2009 és 2006-os évek termései között volt.

3. táblázat. A talajvizsgálatok fontosabb eredményei

| Hely (1) | Mélység (cm) (2) | pH (KCl) | Humusz (%) (3) | CaCO ₃ (%) | AL-P ₂ O ₅ (mg/kg) | AL-K ₂ O (mg/kg) | Σ N (%) |
|-------------|------------------------|-------------|----------------------|--------------------------|---|--------------------------------|---------|
| Mende | 0-10 | 4,38 | 4,83 | 16,24 | 54,2 | 75,7 | 0,25 |
| | 10-20 | 4,52 | 3,47 | 15,63 | 41,3 | 91,9 | 0,19 |
| Bösztör | 0-10 | 4,16 | 8,06 | 0,81 | 154,7 | 8,2 | 0,41 |
| | 10-20 | 4,23 | 4,97 | 2,64 | 84,1 | 3,8 | 0,26 |
| Kisfüzes | 0-10 | 4,42 | 4,60 | 0,00 | 138,0 | 18,0 | 0,50 |
| | 10-20 | 4,48 | 2,50 | 0,00 | 106,0 | 26,0 | 0,30 |

Table 3. Main results of soil measurements. (1) Experimental area, (2) Depth of sample, (3) Humus.

A száraz fekvésű gyepek (Bösztör, Kisfüzes) esetén jóval kisebb termés-hozamokat mértünk. Bösztörön – az extrém csapadékos évet leszámítva – 1,4 és 3,8 t/ha között alakult a szárazanyaghozam. A 2010-es év nagy mennyiségű csapadéka az addigi terméseket megtöbbszörözte. Szignifikáns különbség az évek között több esetben is előfordul. A 3×-i hasznosítást vizsgálva a 2007-es és 2009-es év szignifikánsan kisebb termést produkált, mint a 2008-as. Az évi 4×-i hasznosítás az előzőekhez hasonló különbséget mutat, de ennél a rendszernél szignifikáns a különbség a 2006-os évhez képest is. A 2010-es év minden hasznosítási rendszernél szignifikánsan nagyobb hozamot biztosított, mint a többi év. Ebben az évben a *Festuca pseudovina* vezérnövény helyét átvette az üde, nedves fekvést kedvelő *Alopecurus pratensis* és az *Agrostis stolonifera*, valamint megjelent a *Bromus inermis* is a területen, ezen fajok nagyobb termőképessége eredményezte a nagyobb szárazanyaghozamot. 2007-től minden évben az évi 4 hasznosítás adta a legnagyobb termést, ennek

köszönhetően az öt év átlagában ez a rendszer biztosította a legnagyobb termést (3,20 t/ha).

4. táblázat. Szárazanyaghozamok (t/ha) alakulása évenként és hasznosítási rendszerekként

| Hely (1) | Haszn. száma/ év (2) | | | | | | | | | Átlag (3) | SzD _{5%} (4) |
|-------------|-------------------------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|--------------|--------------------------|
| | | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | | | |
| Mende | 2 | 9,05 | 9,81 | 10,84 | 10,08 | - | - | - | 9,95 | 1,059 | |
| | 3 | 8,82 | 10,08 | 11,66 | 11,47 | - | - | - | 10,51 | 1,281 | |
| | 4 | 7,45 | 8,90 | 13,35 | 9,45 | - | - | - | 9,79 | 2,208 | |
| Bösztör | 2 | 3,11 | 1,77 | 2,61 | 1,34 | 5,59 | - | - | 2,88 | 1,300 | |
| | 3 | 3,09 | 1,59 | 3,21 | 1,40 | 4,52 | - | - | 2,76 | 1,004 | |
| | 4 | 2,75 | 1,98 | 3,80 | 1,77 | 5,68 | - | - | 3,20 | 1,273 | |
| Kisfüzes | 2 | - | - | - | 2,93 | 5,51 | 4,00 | 0,84 | 3,32 | 1,740 | |
| | 3 | - | - | - | 3,97 | 4,24 | 3,65 | 0,56 | 3,10 | 1,458 | |
| | 4 | - | - | - | 3,68 | 6,77 | 3,16 | 0,51 | 3,53 | 2,080 | |

Table 4. Changes in annual dry material content (t ha⁻¹) years and per systems of utilisation. (1) Experimental area, (2) Number of use/year, (3) Mean, (4) LSD_{5%}.

A kisfüzesi gyepek kísérlet ideje alatt ki volt téve mind az extrém mennyiségű csapadéknak (2010) mind az aszálynak is (2011, 2012). A 2010-ben lehullott 1012 mm csapadék még kompenzálta a következő évi 315 mm-t és 4,00; 3,65 és 3,15 t/ha szárazanyaghozamot mértünk hasznosítási rendszertől függően. 2012-ben az újabb aszályos év (355 mm) hatására az éves szárazanyaghozamok nem érték el az 1 t/ha-t sem. Ennek az évnek a termése egy eset kivételével (2009 2×-i haszn.) mindig szignifikánsan kisebb, mint a többi évé. Az évi 4 hasznosítás esetén a 2010-es hozam szignifikánsan nagyobb, mint a 2009 és a 2011-es. Bösztörhöz hasonlóan Kisfüzesen is a kísérleti évek átlagában a 4×-i hasznosítás produkálta a legnagyobb szárazanyaghozamot (3,53 t/ha).

Hasznosítási rendszertől függetlenül minden esetben szignifikánsan nagyobb volt a mendei gyepek produkciója, mint a bösztörié (2006–2009) és kisfüzesié (2009). A 2009-es évben Kisfüzes minden hasznosítási rendszer esetén statisztikailag igazolhatóan felülmúlta a bösztöri hozamokat. 2010-ben viszont a

Bösztrőn mért 2 és 4×-i hasznosítás mutat szignifikáns különbséget a kisértési 3×-i hasznosítással.

Az üde fekvésű mendei gyepon mért adatok hasznosítási rendszerenkénti összehasonlítását az 5. táblázat tartalmazza. Az évenként elvégzett páronkénti összehasonlítás eredményeit vizsgálva több helyen is szignifikáns különbséget kaptunk. 2006-ban az 4×-i hasznosítás szignifikánsan kisebb évi szárazanyaghozamot produkált, mint a 2×-i és a 3×-i hasznosítás. 2007-ben már csak a 3×-i és 4×-i hasznosítás között szignifikáns a különbség, ismét a kisebb intenzitás javára. A 2008-ban lehullott 654 mm kedvezően befolyásolta a szakaszos legeltetéses (4×) hasznosítási rendszer eredményeit. A területet főként borító *Festuca arundinacea* tág tűréshatárú, de főként az üde, nedves fekvést kedveli, ami ebben az évben biztosítva volt számára. A 4×-i hasznosítás nemcsak a legnagyobb termést produkálta ebben az évben, de szignifikánsan is nagyobb volt az évi 2×-i hasznosításnál. A kísérlet utolsó évének szárazanyaghozama a négy év átlagát tükrözi, a 3×-i hasznosítás szignifikánsan felülmúlta a másik két hasznosítást.

Mendén a 4×/év használat általában (2008-at kivéve) statisztikailag kisebb termést hozott a növényállománynak köszönhetően. A gyept kaszálónak telepítették és a kísérlet beállítás előtt úgy is hasznosították, ezért a kialakult növényállomány a ritkább hasznosításokhoz alkalmazkodott. A nagy termőképességű *Festuca arundinacea* szálfa – ami 4 év átlagában 47,7%-ban uralta a területet – lassabb sarjadása révén nem tudta termőképessége maximumát elérni a rövidebb regenerációs idők alatt. Tiszta vetésben mért adatok szerint az évi 2×-i és 3×-i hasznosítás minden esetben felülmúlta az évi 4 hasznosítás szárazanyaghozamát (Török 2013).

A Bösztrőn mért adatok páronkénti összehasonlításának eredményeit a 6. táblázat tartalmazza. A 2006 és 2007-ben a terület nem reagált a hasznosítók különböző számára. A hasznosítási rendszerek közötti különbségek csekélyek, 0,014 és 0,383 t/ha között alakultak. 2008-ban csak a 2×-i hasznosítást, míg 2009-ben a 3×-it is szignifikánsan felülmúlja a 4×-i hasznosítás. Az extrém csapadékos 2010-ben hasznosítási rendszertől függetlenül emelkedtek a terméshozamok. Erre a többlet csapadékra a 3×-i hasznosítás reagált a legrosszabbul, szignifikánsan kisebb szárazanyaghozamot produkált, mint a másik két hasznosítási rendszer.

Ezt a száraz fekvésű alföldi területet legelőként hasznosították, növényzete ennek megfelelően alkalmazkodott. A kísérlet ideje alatt az egyszikű gyepe-

kotók aránya magas volt (65%) és ezen belül *Festuca pseudovina* (38,5%) és a *Cynodon dactylon* (10,8%) aljfüvek domináltak, amelyek a száraz legelők tipikus növényei.

5. táblázat. A hasznosítási rendszerek páronkénti összehasonlítása
(ANOVA, LSD teszt) évenként
(Mende, 2006–2009)

| Év (1) | Kezelések (2) | Különbség (3) | Sig. (4) |
|-----------|------------------|------------------|-------------|
| 2006 | 2 | 3 | ,233 |
| | | 4 | 1,606 |
| | 3 | 4 | 1,372 |
| 2007 | 2 | 3 | -,270 |
| | | 4 | ,918 |
| | 3 | 4 | 1,187 |
| 2008 | 2 | 3 | -,818 |
| | | 4 | -2,506 |
| | 3 | 4 | -1,689 |
| 2009 | 2 | 3 | -1,382 |
| | | 4 | ,6294 |
| | 3 | 4 | 2,0117 |

*Az átlagok különbsége szignifikáns P=0,05 szinten.

Table 5. Post hoc comparison (ANOVA, LSD test) of system of utilisation of year (Mende, 2006–2009). (1) Year, (2) Treatments, (3) Mean difference, (4) Level of significant, *The mean difference is significant at the 0.05 level.

A kifizési gyepek szárazanyaghozamainak hasznosítási rendszerenkénti összehasonlítása (7. táblázat) két részre bontható. Az első kettő (2009, 2010) és a második két (2011, 2012) évre. A kísérlet első felében a csapadék mennyisége nem volt korlátozó tényező, 2009-ben 579, 2010-ben 1012 mm csapadék hullott. Ezek az évek az intenzívebb hasznosításoknak kedveztek, 2009-ben a 2×-i hasznosítás szignifikánsan kisebb termést adott, mint a másik két rendszer. 2010-ben ugyan a 2×-i hasznosítás szignifikánsan nagyobb, mint az évi 3×-i hasznosítás eredménye, de ezt a hozamot is felülmúlja a legintenzívebb hasznosítási rendszer. A kísérlet második felében egyértelműen a csapadék

hiánya volt a jellemző. A 2010-ben raktározódott csapadék még kompenzálta az első aszályos évet (2011). A hasznosítási rendszerek közötti különbségek csökkenő tendenciát mutatnak, 2011-ben 0,839 és 0,353 t/ha közötti intervallumban voltak, 2012-ben azonban már csak 0,331 és 0,051 között. A két aszályos évben mindig a kétszeri hasznosítás volt a legeredményesebb, de csak 2012-ben múlta felül szignifikánsan a 4×-i hasznosítást.

6. táblázat. *A hasznosítási rendszerek páronkénti összehasonlítása (ANOVA, LSD teszt) évenként (Bösztör, 2006–2010)*

| Év (1) | Kezelések (2) | Különbség (3) | Sig. (4) |
|-----------|------------------|------------------|-------------|
| 2006 | 2 | 3 | ,014 |
| | | 4 | ,353 |
| | 3 | 4 | ,338 |
| 2007 | 2 | 3 | -,173 |
| | | 4 | -,209 |
| | 3 | 4 | -,383 |
| 2008 | 2 | 3 | -,594 |
| | | 4 | -1,190 |
| | 3 | 4 | -,595 |
| 2009 | 2 | 3 | -,066 |
| | | 4 | -,426 |
| | 3 | 4 | -,360 |
| 2010 | 2 | 3 | 1,072 |
| | | 4 | -,087 |
| | 3 | 4 | -1,159 |

*Az átlagok különbsége szignifikáns P=0,05 szinten.

Table 6. Post hoc comparison (ANOVA, LSD test) of system of utilisation of year (Bösztör, 2006–2010). (1) Year, (2) Treatments, (3) Mean difference, (4) Level of significant, *The mean difference is significant at the 0.05 level.

A szárazanyaghozamok és az időjárási tényezők Pearson-féle korrelációs összefüggései a 8. táblázatban láthatók. A vártan megfelelően Mendén – ahol a vízellátottság megfelelő – nincs szignifikáns összefüggés a szárazanyag-

hozam és a csapadék között. A 2×-i hasznosítás esetén a hőmérséklet és a páratartalom $P < 0,05$ szinten szignifikánsan negatív. Tehát a hosszú regenerációs idő esetén az emelkedő hőmérséklet és a csökkenő páratartalom negatívan hat a termésmennyiségre. Bösztrőn szintén a vártnak megfelelő eredményeket kaptunk. A száraz fekvésnél az évi 2×-i és 3×-i hasznosítási rendszer szignifikánsan pozitív összefüggést mutat a csapadékkal ($P < 0,01$). Száraz fekvés esetén – ahol a víz már korlátozó tényező – hosszabb regenerációs idő esetén a csapadék mennyiségének növekedése a hozamok növekedését eredményezi.

7. táblázat. *A hasznosítási rendszerek páronkénti összehasonlítása (ANOVA, LSD teszt) évenként (Kisfüzes, 2009–2012)*

| Év (1) | Kezelések (2) | | Különbség (3) | Sig. (4) |
|-----------|------------------|---|------------------|-------------|
| 2009 | 2 | 3 | -1,045* | ,004 |
| | | 4 | -,749 | ,016 |
| | 3 | 4 | ,295 | ,239 |
| 2010 | 2 | 3 | 1,273* | ,002 |
| | | 4 | -1,257* | ,002 |
| | 3 | 4 | -2,530* | ,000 |
| 2011 | 2 | 3 | ,353 | ,635 |
| | | 4 | ,839 | ,279 |
| | 3 | 4 | ,486 | ,516 |
| 2012 | 2 | 3 | ,279 | ,076 |
| | | 4 | ,331* | ,044 |
| | 3 | 4 | ,0514 | ,707 |

*Az átlagok különbsége szignifikáns $P=0,05$ szinten.

Table 7. Post hoc comparison (ANOVA, LSD test) of system of utilisation of year (Kisfüzes, 2009–2012). (1) Year, (2) Treatments, (3) Mean difference, (4) Level of significant, *The mean difference is significant at the 0.05 level.

A rövid (40 napos) regenerációs idő esetén ez nem volt bizonyítható. A kisfüzesi gyp terméshozamai egyetlen esetben sem produkáltak szignifikáns összefüggést az időjárási tényezők adataival. Megfigyelhető viszont a kapott

eredményekből, hogy hasznosítási rendszertől függetlenül a globálisugárzás és a hőmérséklet minden esetben negatív előjelű korrelációs együtthatót adott. Az ilyen gyep típusok aszály kockázata tehát nagy, az emelkedő radiáció és hőmérséklet a terméshozam csökkenésével jár.

8. táblázat. A szárazanyaghozam és az időjárási tényezők korrelációs összefüggései

| | Hely (1) | Kezelés (2) | Csapadék (3) | G. sugárzás (4) | Hőösszeg (5) | Páratartalom (6) |
|------------------|-------------|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------------------|
| Sz. a. hozam (7) | Mende | 2 | ,133 | ,444 | -,834 | -,830 |
| | | 3 | -,274 | ,104 | ,125 | -,123 |
| | | 4 | ,017 | ,166 | -,099 | ,149 |
| | Bösztör | 2 | ,833* | ,044 | -,231 | ,427 |
| | | 3 | ,675* | ,088 | ,043 | ,476 |
| | | 4 | ,414 | ,323 | -,077 | ,348 |
| | Kisfüzes | 2 | ,560 | -,565 | -,603 | ,054 |
| | | 3 | ,474 | -,471 | -,292 | ,002 |
| | | 4 | ,496 | -,371 | -,241 | ,079 |

*A korreláció szignifikáns P=0,05 szinten. **A korreláció szignifikáns P=0,01 szinten.

Table 8. Correlations between dry matter yield and weather conditions. (1) Experimental area, (2) Treatment, (3) Precipitation, (4) Global radiation, (5) Heat units, (6) Humidity, (8) Dry matter yield, *Correlation is significant at the 0.05 level. **Correlation is significant at the 0.01 level.

Következtetések

A kísérlet eddigi eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a különböző termőhelyek (gyepek) más és más termésszintre képesek. A gyepek növényállománya befolyásolja a területen eredményesen alkalmazható hasznosítási rendszert és azt az aktuális évjárat tovább befolyásolja.

Az üde fekvésű termőhelyen (Mende), ahol kaszáló típusú növényállomány volt, a 3×-i réthasznosítás eredményezte a legnagyobb termést (10,51 t/ha). A gyep vezérnövénye a nagy termőképességű *Festuca arundinacea* szálfű volt, ami a legeltetésre optimális állapotban történő első betakarításakor (4×/év) és a túlérlett állapotú fű június végi kaszálását (2×/év) követő lassú sarjadás miatt nem tudta termőképessége maximumát elérni ezekben a hasznosítási rend-

szerekben. Egyértelmű, hogy ez a szálfű az ökológiai igényeinek nagyon megfelelő üde fekvésben a réthasználtra a legalkalmasabb. Ezalatt azt értjük, hogy az első növedékét a kaszálásra optimális fenofázisban takarítjuk be, a sarjút pedig legeltetéssel, ami még 2 növedéket jelent. A szárazanyaghozamok ezen a területen nem mutattak szignifikáns összefüggést, mindössze a hőmérséklettel és a páratartalommal a 2×-i hasznosítás esetén, mely negatív volt.

A száraz területeken a kísérleti évek átlagában a 4×-i hasznosítás hozta a legnagyobb szárazanyaghozamot (Bösztör 3,20 t/ha; Kisfüzes 3,53 t/ha). A száraz területek terméshozamát a csapadék erősebben befolyásolta, mint a hasznosítási rendszer megválasztása. Ezt alátámasztja, hogy Bösztörön a 2×-i és 3×-i hasznosításnál $P < 0,01$ szinten szignifikáns a hozam a csapadék mennyiségével. Kisfüzesen a csapadék korlátozó tényező, a 2011-es és 2012-es aszályos években a hasznosítások közötti különbségek gyakorlatilag eltűntek. A kisfüzesi gyeptermeéshozamok egyetlen esetben sem produkáltak szignifikáns összefüggést az időjárási tényezők adataival. Megfigyelhető viszont, hogy hasznosítási rendszertől függetlenül a globálsugárzás és a hőmérséklet minden esetben negatív előjelű korrelációs együtthatót adott. Az ilyen gyeptípusok aszály kockázata nagy, az együttesen emelkedő radiáció és hőmérséklet a terméshozam csökkenésével jár.

A kísérletek beállításának egyik célja volt, hogy a hasznosítási gyakoriság megválasztásával tudjuk-e mérsékelni az aszály kedvezőtlen hatását. Eredményeink igazolták, hogy a gyeptermeéshozamok nem megfelelő hasznosítási rendszerrel tovább növeljük a kedvezőtlen hatásokat. A hasznosítási rendszer termésmennyiségre gyakorolt hatása nem múlja felül az időjárási tényezők hatását, de a gyeptípus igényei szerint megválasztott hasznosítási gyakorisággal befolyásolható a terméskiesés mértéke.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás és a publikáció létrejöttét támogatta „A klímaváltozás káros hatásainak megelőzése, előrejelzése és csökkentése az agrár-élelmiszertermelési vertikumban” című TECH_08-A4/2-2008-0140 számú projekt és a Kutató Kari Kiválósági Támogatás- Research Centre of Excellence- 17586-4/2013/TUDPOL.

IRODALOM

- Bajnok M.*: 2011. Extenzív gyepek hasznosítási lehetőségeinek értékelése. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem. Gödöllő. 106.
- Bajnok M.–Török G.–Resch, R.–Buchgraber, K.–Tasi, J.*: 2011. A termőhely, a gyeptípus és az időjárás szerepe néhány gyeptertermés hozamának alakulásában a hasznosítás intenzitásának függvényében. Gyepgazdálkodási Közlemények. 1: 13–18.
- Balázs F.*: 1949. A gyepek termésbecslése növényzociológia alapján. Agrártudomány. 1. 1: 26–35.
- Barcsák Z.–Baskay-Tóth B.–Prieger K.*: 1978. Gyeptertermés és -hasznosítás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 339.
- Belényesi M.*: 2011. szóbeli közlés.
- Buchgraber, K.–Gindl, G.*: 2004. Zeitgemässe Grünlandbewirtschaftung. Leopold Stocker Verlag. Graz 2. Auflage. 192.
- Daniel, P.–Opitz v. Boberfeld, W.*: 1987. Zum Effekt vom *Trifolium repens* (Weissklee) auf den Ertrag und die Siliereignung von Mischbeständen bei unterschiedlichem N-Aufwand. D. wirtschafteig. Futter. 33: 287–299.
- Elsässer, M.*: 1999. Weideformen von extensiv bis intensiv. BAL Bericht über das 5. Alpenländische Expertenforum zum Thema Zeitgemässe Weidewirtschaft. Gumpenstein. Österreich. 15–24.
- FAO: <http://faostat.fao.org>
- Hand, K. D.*: 1991. Mittelfristige Auswirkungen einer extensiven Grünlandbewirtschaftung auf Ertrags- und Futterqualitätsparameter sowie den Pflanzenbestand. Diss. Kiel. 231.
- Hofmann, M.–Isselstein, J.–Opitz v. Boberfeld, W.*: 1997. Entwicklung eingesäter Kräuter in *Lolium perenne*-Grasnarben und ihre Bedeutung für die Ertragsleistung der Bestände. Germ. J. Agron. 1: 35–41.
- Horn P. (szerk.)*: 1995. Állattenyésztés 1. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 592.
- Isselstein, J.*: 1994. Zum futterbaulichen Wert verbreiteter Grünlandkräuter. Habilitationsschrift Giessen. 157.
- Isselstein, J.*: 1995. Zur Variabilität von Futterwertigenschaften verbreiteter Grünlandkräuter. VDLUFA-Schriftreihe. 40: 405–408.
- KSH: www.ksh.gov.hu
- Láng I.–Csete L.–Jolánkai M. (szerk.)*: 2007. A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 220.
- Laser, H.*: 2006. Vereinbarkeit von Naturschutz- und Futterqualitätsansprüchen. [In: Laser, H. (hg.) Multifunktionale Landnutzung und Perspektiven für extensive Weidesysteme.] JLU Giessen. 107–116.
- Lindgren, E.–Lindberg, J. E.*: 1988. Influence of cutting time and N fertilisation on the nutritive value of timothy 1. – Crude protein content, metabolizable energy and energy value determined in vivo vs. in vitro. Swedish J. Agric. Res. 18: 77–83.

- Mainz, A. K.*: 1995. Futterqualität und Konservierungseigenschaften verbreiteter Grünlandkräuter. Diss. Giessen. 153.
- Opitz v. Boberfeld, W.*: 1994. Grünlandlehre. Biologische und ökologische Grundlagen. Verl. Eugen Ulmer. Stuttgart. 336.
- Opitz v. Boberfeld, W.–Sterzenbach, M.*: 1999. Winterrausenhaltung von Mutterkühen unter dem Aspekt Standort, Umwelt und Futterwirtschaft. Z. Kulturtech. U. Landenteich. 40: 258–262.
- Pavlu, V.–Hejzman, M.–Pavlu, L.–Gaisler, J.–Hejzmanova-Nezerková, P.–Meneses, L.*: 2006. Changes in plant densities in mesic species-rich grassland after imposing different grazing management treatments. Grass and Forage Science. 61: 42–51.
- Penksza K.–Házi J.–Tóth A.–Wichmann B.–Pajor F.–Gyuricza Cs.–Póti P.–Szentés Sz.*: 2013. Eltérő hasznosítású szürkemarha legelő szezonális tállóanyag tartalom alakulása, fajdiverzitás változása és ennek hatása a biomassa mennyiségére és összetételére pannon nedves gyepen. Növénytermelés. 62. 1: 73–94.
- Schmidt J.*: 1996. Takarmányozástan. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 358.
- Simon T.*: 2000. A Magyarországi edényes flóra határozója, Harasztok – virágos növények. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt. Budapest. 845.
- Sterzenbach, M.*: 2000. Nutzungsmöglichkeiten von Aufwüchsen extensiv bewirtschafteten Grünlandes durch Mutterkühe. Diss. Giesen. 136.
- Sváb J.*: 1983. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 557.
- Tasi J.*: 2006. Gyepnövények fenofázisainak hatása a minőségre és a legelési sorrendre. PhD értekezés. Szent István Egyetem. Gödöllő. 117.
- Tasi J.*: 2010. Gyepgazdálkodás. Szent István Egyetem. Gödöllő. 120.
- Tasi J.–Bajnok.–Szentés Sz.–Török G.*: 2012. Relationship of feed quality and water supply on dry and mesic pastures. 11th Alps-Adrian Scientific Workshop. Növénytermelés. Suppl. 61: 181–184.
- Török G.*: 2013. Az időjárás és a hasznosítás gyakoriságának hatása különböző fűfajok termésének mennyiségére és minőségére. Diplomadolgozat. Szent István Egyetem. Gödöllő. 60.
- Török G.–Bajnok M.–Szentés Sz.–Tasi J.*: 2011. Az időjárás-változás hatása különböző típusú gyepok termőképességére és a takarmány minőségre. Animal welfare, ethology and housing systems (AWETH). Gödöllő. 7. 4: 411–418.
- UMVP*: Az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program (2007–2013) félidős (mid-term) értékelése. www.umvp.kormany.hu
- Vinczeffy I. (szerk.)*: 1993. Legelő- és gyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 400.
- World Resources 2000*: http://pdf.wri.org/page_grasslands.pdf

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Török Gábor-Bajnok Márta–Dr. Gyuricza Csaba–
Dr. Kasperné Szél Zsuzsanna–Dr. Tasi Julianna
Szent István Egyetem
Növénytermesztési Intézet
Gödöllő
Páter K. u. 1.
H-2103

SZEMLE**Review****Az amidóz/amilopektin arány hatása a búza
feldolgozóipari minőségére**

RAKSZEGI MARIANNA

MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet,
Kalászos Gabona Nemesítési Osztály, Martonvásár**Összefoglalás**

A keményítő a búzaszem azon komponense, mely a legnagyobb mennyiségben (65–70%) van jelen. Feldolgozóipari tulajdonságokra kifejtett hatását sokáig nem ismerték fel, mára azonban már ismert, hogy komponenseinek, azaz az amidóznak és az amilopektinnek a mennyiségi aránya (Am/Amp) alapvetően meghatározza egyes élelmiszeripari termékek tulajdonságait. Míg a kis amidóz tartalom az élelmiszerek eltarthatóságának javításával fejt ki pozitív hatását az élelmiszeriparban, a nagy amidóz tartalom, az emésztésnek ellenálló keményítő mennyiségének növelésével, az élelmiszerek rostanyag tartalmát javítja, és ezáltal hozzájárul az egészségesebb humán táplálkozáshoz. A kis amidóz tartalmú keményítő (waxy) vizsgálatáról számos publikáció született már, korlátozott azonban a nagy amidóz tartalmú búzakeményítő tulajdonságait és felhasználhatóságát tárgyaló irodalom. Az alábbiakban célul tűztük ki a waxy és nagy amidóz tartalmú búzakeményítő összehasonlítását és annak vizsgálatát, hogy az Am/Amp arány milyen hatással van a végtermékek minőségére.

Kulcsszavak: waxy, amidóz, keményítő, búza, feldolgozóipari minőség

The effect of amylose/amilopectin ratio on wheat processing quality

M. RAKSZEGI

Centre for Agricultural Research, Agricultural Institute,
Hungarian Academy of Sciences, Cereal Breeding Department, Martonvásár

Summary

Starch is the component of the wheat grain that is present in the highest quantity (65–70%). Its effect on the processing quality was unknown for a long time, but for today it is known, that the quantitative ratio of its components, the amylose and the amilopectin (Am/Amp), basically determines the properties of certain food products. While the low amylose content have the positive effect of improving food shelf-life in food industry, high-amylose content of starch increases the dietary fiber content of food by the increased quantity of resistant starch, which finally contribute to healthier human consumption. Several publications have already been existed on low-amylose starches (waxy), but only limited studies could be found on the properties and possible applications of high-amylose starches. The aim of this paper is to compare the waxy and high-amylose starches and to study the effect of the amylose/amilopectin ratio on the end-use quality of the food products.

Key words: waxy, high-amylose, starch, wheat, processing quality

Влияние соотношения амилозы и амилопектина на качество пшеницы в перерабатывающей промышленности

М. РАКСЕГИ

Венгерская Академия Наук (МТА АТК), Институт Сельского Хозяйства,
Отдел Селекции Колосковых, Мартонвашар

Резюме

Крахмал- присутствующий в наибольшем количестве (65–70%) компонент зерна пшеницы. Долгое время не признавали его влияние, оказываемое на свойства в пе-

перерабатывающей промышленности, но сегодня уже признают, что его компоненты, т.е. количественное соотношение амиллозы и амилопектина (Am/Amp) в основном определяет свойства отдельных пищевых продуктов. Малое содержание амиллозы оказывает позитивное влияние на улучшение срока хранения пищевых продуктов, большое содержание амиллозы, с увеличением противостоящего пищеварению количества крахмала, улучшает содержание клетчатки продуктов и этим способствует более здоровому питанию людей. Уже появилось много публикаций об исследовании малосодержащего амиллозу крахмала (waxy), но литература, описывающая свойства и использование многосодержащего амиллозы пшеничного крахмала, ограничена. В работе поставили целью сравнить ваки и много амиллозы содержащего крахмала пшеницы и исследовать какое влияние имеет соотношение амиллозы и амилопектина (Am/Amp) на качество продуктов.

Ключевые слова: ваки (waxy), амиллоза, крахмал, пшеница, качество в перерабатывающей промышленности

Bevezetés

A keményítő a búzaszem meghatározó komponense, az endospermiumban a legnagyobb mennyiségben megtalálható poliszacharid. Tartalék tápanyagként fontos szerepet kap a szem csírázási folyamatiban, a liszt alkotóelemeként pedig befolyásolja az élelmiszeripari termékek megjelenését, szerkezetét és minőségét. A keményítő fő komponensei az amilóz és az amilopektin, glükóz polimerek, melyek közül az amilóz 25–28%-ban míg az amilopektin 72–75%-ban van jelen a keményítőben. Az amilóz frakció szintéziséért a keményítőhöz kötött keményítő szintáz enzim (GBSS, granule-bound starch synthase) izoformjai a felelősek. Az amilopektin szintézise ennél összetettebb, szintézisében a keményítő szintáz (SS), a branching (BE) és de-branching (DBE) enzimek egyaránt részt vesznek. Szerkezetét tekintve az amilóz egy lineáris molekula, mely α -(1,4)-kötésekkel összekötött D-glükopiranozil egységekből épül fel, a polimerizáció foka 500–6000 glükóz egység. Ma már az is jól ismert, hogy az amilóz molekulák egy része el is ágazik α -(1,6)-kötésekkel (*Hizukuri et al.* 1981, *Shibanuma et al.* 1994). Az amilózzal ellentétben az amilopektin egy nagyon nagyméretű, erősen elágazó láncmolekula, $3 \cdot 10^5$ -től $3 \cdot 10^6$ glükózegységig terjedő polimerizációs fokkal. A molekula α -(1,4)-kötésű lánchoz kapcsolódó,

α -(1,6)- kötésekkel elágazó D-glükopiranozil egységeket tartalmaz (Zobel 1988). Az amilóz/amilopektin arány megváltozása a keményítőszemcse szerkezetének és fiziko-kémiai tulajdonságainak valamint a végtermék minőségének a megváltozását eredményezi. A waxy búza eredetét, tulajdonságait és felhasználását széleskörűen tanulmányozták már (Nakamura et al. 1995, Yasui et al. 1996, Hayakawa et al. 1997, Kiribuchi-Otobe et al. 1997, Yasui et al. 1997, Fujita et al. 1998, Abdel-Aal et al. 2002, Morita et al. 2002a, Graybosch et al. 2003, Hayakawa et al. 2004). Ezzel szemben csak néhány tanulmány foglalkozik a nagy amilóz tartalmú búza tulajdonságaival és alkalmazásaival (Yamamori et al. 2000, 2006, Morita et al. 2002a, Vrinten et al. 2012). Vita tárgyát képezi még ezen túl a genetikailag módosított búzakeményítő szerkezete és fiziko-kémiai tulajdonságai közötti összefüggés (Araki et al. 2000) valamint az amilóz/amilopektin arány élelmiszeripari termékek tulajdonságaira kifejtett hatása is. Génforrásként kukorica, árpa, rizs és búza mutáns vonalai között azonosítottak olyan genotípusokat, melyek nagy amilóz- (akár 70%) vagy nagy amilopektin- tartalommal (waxy keményítő 99–100%) rendelkeznek. Ezek, és más génforrások felhasználásával amilózmentes waxy és nagy amilóz tartalmú búzát elsősorban Japánban állítottak elő, de más országokból is vannak eredmények (Nakamura et al. 1995, Kiribuchi-Otobe et al. 1997, Yasui et al. 1997, Yamamori et al. 2000, Sestili et al. 2010, Botticella et al. 2011, 2012, Slade et al. 2012). Az előállított búzatörzsek többsége azonban még nem került kereskedelmi forgalomba Európában, annak ellenére, hogy már számos publikáció és szabadalom született a laboratóriumi vizsgálatok eredményeként.

A búzakeményítő szintézise

Búzában többféle fehérje kötődik szorosan a keményítő szemcsék felületéhez, melyek felelősek a keményítő szintéziséért (Graybosch 1998, Araki et al. 2000, Yamamori et al. 2000). A waxy búzafehérjék (GBSS - granule bound starch synthase) három izoformját azonosították 2D-SDS-PAGE-val (Nakamura et al. 1993). Ezek, az amilóz szintéziséért felelős enzimek három homológ waxy lókuszon kódoltak (Wx-A1, Wx-B1 és Wx-D1), sorban a 7AS, 4AL és 7DS kromoszómákon helyezkednek el, molekulatömegük 60.1, 59.2 és 59 kDa (Nakamura et al. 1993, Fujita et al. 1996, Chao et al. 1989). A GBSS fehérje jelenléte fajtától függően változó tulajdonság. A Wx-A1 null allél japán, koreai és török fajták

ban gyakori, míg a Wx-B1 null allél nagy gyakorisággal fordul elő ausztrál fajtákban, a Wx-D1 null allélt pedig csak egyetlen kínai fajtában (Bai-Huo) azonosították ezidáig. A különböző null allélt tartalmazó fajták vizsgálatával megállapították, hogy a Wx-null allélok jelenléte és a fajták amilóz tartalma szorosan korrelál egymással (*Miura és Tanii 1994*), de az egyes waxy gének hatása az amilóz tartalomra különböző mértékű. Így, a Wx-B1b allél hiánya csökkenti a legnagyobb mértékben az amilóz tartalmat, míg a Wx-A1b és a Wx-D1b allélok hatása ennél kisebb (*Miura et al. 1994, Miura és Sugawara 1996*). Ezzel ellentétben, a vad-típusú Wx-B1a allél hatása a legintenzívebb az amilóz szintézisére, míg a Wx-D1a és a Wx-A1a alléloké sorban egyre kisebb (*Miura et al. 1999*). A világ első waxy búzáját *Nakamura et al. (1995)* állították elő Japánban, a Wx-D1 null allélt tartalmazó BaiHuo és a Wx-A1+Wx-B1 null Kanto107 hagyományos hibridizációjával. Ennek eredményeként született meg az a genotípus, mely nem tartalmazza a GBSS egyetlen izoformját sem és nem tartalmaz amilózt sem. Később, két további módszert is alkalmaztak a waxy búza előállítására. *Yasui et al. (1997)* két waxy vonalat azonosítottak a dupla null Kanto 107 mutagén etil-metán-szulfonáttal (EMS) történő kezelése után, míg *Kiribuchi-Otobe et al. (1997)* öt waxy vonalat azonosítottak egy dihaploid nemesítési programban, ahol a kis amilóz tartalmat mutáns vonalból próbálták meg átvenni jól adaptálódó fajtába. Később azonosítottak még egy fehérjét (SGP – starch granule protein) (*Yamamori és Endo 1996*), mely a búzakeményítő, pontosabban az amilopektin szintézisében vesz részt. Ennek a fehérjének szintén három izoformja létezik (SGP-1, -2, -3), melyek sorban, 100–105, 90 és 77 kDa nagyságúak (*Denyer et al. 1995*). Immunoblottolás alapján megállapították, hogy az SGP-1 kizárólag keményítőszemcsékhez kötött formában fordul elő (*Denyer et al. 1995, Rahman et al. 1995, Li et al. 1999*). Az immunoblottolás, aminosav szekvenálás és az enzimaktivitás mérése alapján pedig arra a következtetésre jutottak, hogy a búza SGP-2 enzime a kukorica IIB branching enzimével (*Fisher et al. 1993*), míg az SGP-3 allél a kukorica I típusú keményítő szintázával homológ (*Knight et al. 1998*). *Yamamori et al. (2000)* számoltak be először olyan nagy amilóz tartalmú búza mutáns vonalak előállításáról, melyekben az SGP-1 hiánya növelte a látszólagos amilóz tartalmat miközben az amilopektin mennyisége változó volt. Mindez azt bizonyítja, hogy az SGP-1 null mutáns gén jelenléte megnöveli a keményítő tulajdonságainak variabilitását búzában.

A keményítő tulajdonságai

A keményítőszemcsék szerkezetét úgy írhatjuk le, mint amorf és félkristályos váltakozva növekvő koncentrikus gyűrűket, melyeknek sugárirányú összvastagsága 120–400 nm (French 1984, Donald et al. 1997, Buléon et al. 1998). Az amorf részek sűrűsége kisebb, amilózt és talán rendezetlen amilopektint tartalmaznak, míg a félkristályos gyűrűkben 9–10 nm vastagságú amorf és kristályos lamellák váltogatják egymást. Ez utóbbi párhuzamosan rendeződött amilopektin kettős hélixekből áll, míg az előbbi elágazásos amilopektint (és talán kis mennyiségű amilózt) tartalmaz (Jenkins et al. 1993). A waxy búza hasonló amilopektin szerkezettel rendelkezik, mint a normál, nem-waxy búza, és nincs alapvető különbség a lánchossz eloszlásában és az amilopektin láncok polimerizációjának fokában sem (Yasui et al. 1996, Hayakawa et al. 1997). A röntgen diffrakciós vizsgálat azt is kimutatta, hogy a waxy keményítő A-típusú kristályokat is tartalmaz és a kristályosodás foka nagyobb, mint a normál búzakeményítőben (Fujita et al. 1998). Ehhez képest a nagy amilóz tartalmú búza keményítő (SGP-1 null) szignifikánsan eltérő keményítő szerkezettel rendelkezik. A rövid láncú amilopektin molekulák (DP13-24) mennyisége nagyobb, míg a DP11-25 hosszú láncok száma kisebb a nagy amilóz tartalmú búzakeményítőben. Ez az eredmény arra utal, hogy az SGP-1 B1 láncokat szintetizál (DP6-10) A típusú láncokból (DP13-25). A röntgen diffrakciós mintázat azt is kimutatta, hogy az SGP-1 null keményítő nem ad főcsúcsot. A két főcsúcs hiánya az eltérő amilopektin szerkezet hatása lehet, mely a keményítő kristályosságát csökkenti (Yamamori et al. 2000). A waxy és a nagy amilóz tartalmú keményítő termikus tulajdonságai Differencial Scanning Calorimetry (DSC) módszerrel mérve szintén szignifikánsan különböző, de fajtára jellemző képet mutat. A nagy amilóz tartalmú keményítő esetén két endoterm csúcs jelenik meg a normál búzakeményítőhöz hasonlóan: az első csúcs a keményítő gélesedésekor keletkezik, míg a másik az amilóz-lipid komplexek felbomlásával hozható összefüggésbe (Eliasson 1980). A waxy keményítő csak egy csúcsot ad a gélesedéskor, amilóz-lipid kölcsönhatás tehát nem jön létre. A nagy amilóz tartalmú búzakeményítő gélesedési hőmérséklete és entalpiája szignifikánsan alacsonyabb, míg a waxy keményítőé szignifikánsan nagyobb a normál búzáénál. (Yasui et al. 1996, Hayakawa et al. 1997, Fujita et al. 1998). Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a waxy búzakeményítő a nagymértékű kristályosodás és a túlsúlyban levő amilopektinnek köszönhetően nagyobb energiát

igényel a gélesedéséhez. Ezzel együtt azonban a waxy búzakeményítő a tárolás közbeni lebomlásnak jobban ellenáll. Három hetes tárolási idő alatt, a waxy búzakeményítő gél entalpiája alig változik, míg a normál búza keményítő géleké duplájára emelkedik (*Hayakawa et al.* 1997).

A liszt összetétele és tulajdonságai

A búzaliszt fő összetevői a keményítő (70–75%), a víz (12–14%), a fehérje (8–16%) és más minor komponensek, a nem-keményítő alapú poliszacharidok (2–3%), a lipidek (2%) és a hamu (1%). A búzaliszt minősége függ ezen összetevők mennyiségétől és tulajdonságaitól, melyek eltérhetnek az egyes fajtákban. A waxy- és a nagy amilóztartalmú- búzaliszt nagy fehérje, hamu, lipid, és rostanyag tartalommal rendelkezik a normál genotípusokhoz képest. Különösen meghatározó, nagy rostanyag tartalom jellemzi a nagy amilóz tartalmú genotípusokat (*Morita et al.* 2002a). A búzalisztben, a keményítő van jelen a legnagyobb mennyiségben az összetevők közül, és különösen fontos szerepet játszik a búzaliszt csirizedési/gélesedési tulajdonságainak kialakításában. Általánosságban, az alacsonyabb amilóz tartalom nagyobb csúcsviszkozitást eredményez és ezt követően a keményítő lebomlása is lassabb lesz. Néhány génmódosított fajta esetén előfordul nagy amilóz tartalom mellett is nagy csúcsviszkozitási érték (*Miura et al.* 1994). Nagy duzzadási képességű, nagy csúcsviszkozitású, alacsony gélesedési hőmérsékletű és nagy görbeletörésű búzaliszt jó minőségű 'white-salted-noodle' előállítására alkalmas (*Oh et al.* 1985, *Crosbie* 1991, *McCormick et al.* 1991, *Konik et al.* 1992). Emellett az amilóz kisebb mennyisége gátolja a kenyér romlását is (*Lee et al.* 2001, *Morita et al.* 2002b). A waxy búzalisztnek a nagy csúcsviszkozitás mellett szignifikánsan alacsonyabb a csirizedési hőmérséklete is (*Abdel-Aal et al.* 2002, *Morita et al.* 2002a), mely azt jelzi, hogy a waxy búzalisztben található keményítő gyorsan gélesedik és nagy a viszkozitása. Ezzel ellentétben *Hayakawa et al.* (1997) azt állapították meg, hogy a waxy búzakeményítő csúcsviszkozitása és a görbe emelkedése sokkal kisebb, mint a normál búzáé. *Araki et al.* (2000) valamint *Graybosch* (1998) vizsgálatai magyarázatot adhatnak erre az ellentmondásra. Szerintük a waxy keményítő csirizedési/gélesedési tulajdonságait a waxy lókuszon keletkező null mutációk befolyásolják. A Wx-B1b allél hatására kialakult nagyobb csúcsviszkozitási és görbeletörési értékek nem voltak egyértelműen megállapíthatóak, ugyanakkor a Wx-A1 fehérje jelenléte

vagy hiánya jelentős variabilitást eredményezett a csúcs és a görbeletörés viszkozitás értékeiben. Megállapították továbbá, hogy a Wx-A1b hatása sokkal kisebb volt, mint a Wx-B1b allélé, továbbá, hogy a Wx-D1b null allél jelenléte nagyobb viszkozitás értékeket eredményezett, mint a vad-típusú Wx-D1a-é. A búzaliszt gélesedési tulajdonságait az α -amiláz aktivitás is befolyásolja, jelenléte csökkenti a csúcs és a végső viszkozitás értékét (Hung *et al.* 2004, 2005a). A nagy amilóz tartalmú búzaliszt csirizedési hőmérséklete jóval kisebb, míg a csúcsviszkozitás elérésekor a hőmérséklete szignifikánsan nagyobb, a csúcsviszkozitása pedig szignifikánsan kisebb a waxy és a normál búzaliszténél (Yamamori *et al.* 2006, Park *et al.* 2013).

A tészta tulajdonságai

A liszt minőségét a tészta tulajdonságai is jellemzik, ennek készítése az egyik fő köztes lépés a késztermék (noodle, kenyér, keksz stb.) előállításának folyamatában. A különböző búzaliszt komponensek tésztakialakulásban betöltött szerepét több szemle is tárgyalja (Dobraszczyk és Morgenstern 2003, Goesaert *et al.* 2005). A tészta reológiai tulajdonságait, dagasztási igényét a sikérfehérjék mennyisége és minősége határozza meg. Az erős búzalisztek nagy fehérje tartalommal és jó sikerminőséggel eredményeznek megfelelő tészta tulajdonságokat, vagyis nagy vízfelvételt, farinográfus tészta-stabilitást és ellenálló képességet valamint Extenzográfus nyújthatóságot (Hung *et al.* 2005a). A puhaszemű, kis fehérjetartalmú, gyengébb sikerminőségű búzalisztból készült tészta ugyanakkor kisebb vízfelvétellel, tészta-stabilitással és -rugalmassággal rendelkezik (Hung és Morita 2004). A keményítő a tésztában natív állapotban van jelen és akár 46% vizet is megköt tésztakészítés során (Goesaert *et al.* 2005), tészta kialakulásban betöltött szerepe azonban még nem tisztázott, úgy ahogy az amilóz/amilopektin arányé sem. Ezen túlmenően egyéb komponensek, mint a lipidek és a nem-keményítő alapú poliszacharidok, szintén hatással vannak a tészta tulajdonságaira (Goesaert *et al.* 2005). A waxy és a nagy amilóz tartalmú búzalisztból készült tészta szignifikánsan nagyobb vízfelvétellel rendelkezik, mint a normál búzaliszt, mely a nagy mennyiségű fehérje és rostanyag tartalomnak köszönhető (Morita *et al.* 2002a). A waxy és nagy amilóz tartalmú búzalisztek a puhaszemű típushoz hasonlóan kisebb tésztastabilitással rendelkeztek (Morita *et al.* 2002a, Graybosch *et al.* 2003, Hung *et al.* 2005b). A waxy búzát ragadósabb, kevésbé erős siker és tészta jellemzi, mint

a normál búzát, miközben a nagy amilóz tartalmú búzaliszt erősebb és viszkózusabb tésztát ad (Morita *et al.* 2002a, Hung *et al.* 2005b). A waxy és a nagy amilóz tartalmú búzából készült tészta megjelenése scanning elektron mikroszkóppal is különböző. A nagy amilóz tartalmú búza lisztje durvább szemcsés szerkezetű, mint a waxy vagy normál genotípusoké. A fehérje-mátrix a waxy és a nagy amilóz tartalmú búzaszemben szabálytalan, vagyis nem-folytonosan veszi körbe a keményítőszemcséket. Ezt az eredményt a nagy amilóz tartalmú búzalisztben a nagyobb rostanyag tartalom okozhatja. Ebből következően tehát a waxy és a nagy amilóz tartalmú búza lisztjéből készített tészta gyengébb tulajdonságait a fehérjék minősége és/vagy a magas rostanyag tartalom együttesen határozzák meg. A waxy és a nagy amilóz tartalmú búza genotípusok fehérje összetételének és minőségének valamint rostanyag tartalmának részletes jellemzői azonban még nem ismertek. Ezek megismeréséhez a végtermékek minőségének vizsgálata is szükséges.

Sütőipari minőség

A kenyér egy szivacsos, rugalmas búza-alapú termék, szilárd része részben keresztkötött siker molekulák rugalmas hálójából, részben, pedig felbomlott keményítő polimer molekulákból, elsősorban amilózból áll. Az amilóz poláris lipid molekulákkal komplexet alkotva vagy önmagában fordul elő ebben a mátrixban (Grey és BeMiller 2003). A sikerminőség és a keményítő tulajdonságok fontos szerepet játszanak a kenyér szerkezeti tulajdonságainak, textúrájának a kialakításában, de ezen túl az olyan minor komponenseknek is van hatásuk, mint a lipidek vagy a rostanyagok. Mint azt korábban említettük, a waxy és a nagy amilóz tartalmú lisztek minősége gyengébb, míg fehérjetartalmuk nagyobb, mint a normál genotípusoké. A waxy és a nagy amilóz tartalmú tészta gyenge erőssége rossz kenyérminőséget eredményez, mely nem alkalmas fogyasztási célokra (Morita *et al.* 2002a). A nagy amilóz tartalmú búzából készült kenyér térfogata szignifikánsan kisebb, míg a waxy genotípusé kicsit nagyobb, mint a normál búzaliszté. Waxy búzakeményítő arányának növelésével a kenyérbélzet szerkezete porózusabbá válik mivel az α -amiláz számára emészthetőbb komponensek jelenléte nagyobb mennyiségű gáz termelődését eredményezik. A tészta gázvisszatartó képessége ugyanakkor kisebb, mint normál genotípusoké (Lee *et al.* 2001), ennél fogva nagy amilopektin tartalom mellett nem tudjuk megbecsülni a kenyér minőségét, mivel azt a fehér-

jék minősége és a liszt egyéb komponensei is befolyásolják. Megállapították, hogy a keményítő lebomlása valószínűleg a fő oka a kenyérbélzet romlásának (Hug-Iten et al. 1999), de az még sokáig vitatott kérdés volt, hogy az amilóz vagy az amilopektin-e a keményítő azon komponense, mely leginkább hozzájárul ehhez a romláshoz (Grey és BeMiller 2003). Számos tanulmány foglalkozik ezzel a kérdéssel, melyekben waxy keményítőt használnak fel az amilóz/amilopektin arány megváltoztatására (Ghiasi et al. 1984, Lee et al. 2001, Bhattacharya et al. 2002, Morita et al. 2002b, Hayakawa et al. 2004). Ezekben a tanulmányokban megállapították, hogy a waxy búzakeményítő bekeverésével a kenyérbélzet több nedvességet tart meg, a kenyér romlása gátolt, és ezzel a fogyaszthatóság élettartama nő. Morita et al. (2002a) megállapították, hogy a waxy búzalisztból készült kenyér bélzete szignifikánsan puhább, mint a nagy amilóz tartalmú és a normál búzalisztból készült kenyéré hét napos tárolás után és újramelegítés után is. A waxy búzaliszt hozzájárul továbbá ahhoz, hogy puha, viszkózus és ragadós kenyérbélzet jöjjön létre, mely a japán fogyasztók által nagyon kedvelt. Ily módon tehát, a waxy keményítő sütőipari alkalmazásának előnye, a kenyér romlásának lassítása és élettartamának meghosszabbítása, valamint egy olyan újfajta szerkezetű kenyér létrehozása, mely puha, viszkózus és ragadós kenyérbélzettel rendelkezik. A jó minőségű végtermék előállítására alkalmas, optimális amilóz/amilopektin arányt ezidáig még nem állapították meg. Megállapították azonban, hogy 20%-nál kevesebb waxy búzaliszt bekeverése a kenyérélettartam jelentős mértékű megnövekedését eredményezi, nagyobb waxy keményítő tartalom (50%-ig) azonban kisebb kenyértérfogatot és sokkal porózusabb kenyérszerkezetet eredményez valamint a hagyományos búzánál nagyobb mértékű keményítő lebomlást (Lee et al. 2001, Hayakawa et al. 2004). Ha részlegesen, 40%-ban helyettesítjük waxy búzaliszttal a normál típust, akkor nagyobb kenyértérfogatot és ragadósabb szerkezetű kenyeret kapunk (glutinous) (Morita et al. 2002b). Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a búzaliszt max. 40%-a helyettesíthető waxy búzaliszttal a sütőipari termékek előállításakor. Hasonlóképpen, a nagy amilóz tartalmú búzalisztnak is egyedi tulajdonságai vannak, rostanyag tartalmának és az emésztésnek ellenálló rezisztens keményítő (RS) mennyiségének köszönhetően jó hatása van az emberi egészségre (Brown et al. 2001, Topping és Clifton 2001, Slavin 2002). Élelmiszeripari termékek előállítására az egyik legkedveltebb alapanyagforrás a nagy amilóz tartalmú kukoricakeményítő (Eerlingen et al. 1994, Thompson 2000). Bár a nagy amilóz tartalmú búzaliszt önmagában gyenge tészta- és sütő-

ipari minőséggel rendelkezik, megfelelő arányú bekeverésével javítható a hagyományos búzaliszt néhány táplálkozástani és funkcionális tulajdonsága. *Hung et al.* (2005b) szerint a kenyér térfogata és keménysége nem változik szignifikánsan, ha max. 50%-ban adagoljuk a nagy amilóz tartalmú búzalisztet, ugyanakkor a kenyér rostanyag tartalma és a rezisztens keményítő mennyisége megnő. Mindez azt bizonyítja, hogy a nagy amilóz tartalmú búzaliszt max 50%-ban helyettesítheti a normál búzalisztet anélkül, hogy az a kenyérminőség rovására menne, ugyanakkor a rostanyag tartalmat növelje. Hasonlóképp a waxy búzalisztek sem használhatók önmagukban kenyérfőzésre, bekeverésük azonban a végtermékek eltarthatóságát javítja, textúráját és egyes funkcionális tulajdonságait pedig módosítja.

Tésztaipari minőség

Az egyik legfontosabb tartós étel sok ázsiai országban a metélt (noodle) tészta, melynek minősége és típusa rendkívül sokféle lehet nyersanyagtól és gyártási módszertől függően. A puha és rugalmas étkezési minőséggel rendelkező, japán 'white salted noodles' (udon) puhaszemű búzából készül, míg a kínai típusú kemény és rugalmas szerkezetű 'ramen' és 'yellow alkaline noodle' tésztaféléket keményszemű búzából és hajdina lisztből állítják elő (*Nagao* 1996). A tésztafélék étkezési tulajdonságaira a búzakeményítő- és a liszt-minőség egyaránt szignifikáns hatással vannak. A japán és a koreai 'white salted noodle' előállításához nagy csúcsviszkózitású és görbeletörésű, alacsony gélesedési hőmérsékletű, nagy duzzadóképességű keményítő szükséges (*Crosbie* 1991, *Panozzo és McCormick* 1993, *Endo et al.* 1988). *Oda et al.* (1980) szerint az alacsonyabb amilóz tartalom (waxy) nagyobb keményítő duzzadást eredményez és jobb minőségű 'white salted noodle' tésztaféle előállítását teszi lehetővé (*Miura és Tanii* 1994, *Wang és Seib* 1996, *Jane et al.* 1999, *Noda et al.* 2001). A kínai 'yellow alkaline noodle' előállításához ugyanakkor kis csúcsviszkózitású keményítő szükséges (*Miskelly és Moss* 1985, *Akashi et al.* 1999). Lisztkeverékek vizsgálatakor a keményítő amilóz tartalma pozitívan korrelált a főtt tészta keménységével, és negatívan a tapadosságával (*Yamamori et al.* 2000, *Guo et al.* 2003.). A lisztkeverék fehérje tartalma ugyanakkor negatívan korrelált a főtt tészta keménységével, ami azt mutatja, hogy a nagy fehérje tartalmú lisztből jó minőségű 'white salted noodle' állítható elő kis amilóz tartalom mellett (*Baik és Lee* 2003, *Chibbar és Chakraborty* 2005). Az ázsiai 'white

salted noodle' előállításához a liszt optimális amilóz tartalma 21–24% (*Baik és Lee 2003, Guo et al. 2003*), ennél fogva hagyományos keményszemű búza lisztjét keverik waxy búza lisztjével, hogy csökkentsék az amilóz tartalmat. A nagy amilóz tartalmú liszteknek alacsony a csúcsviszkozitása, ezért jó minőségű 'yellow alkaline noodle' előállítására alkalmasak. Tapasztalatok szerint, amennyiben a kanadai 'Western Red Spring' búza lisztjét 50%-ban keverjük nagy amilóz tartalmú búza lisztjével, úgy a durum tészta szerkezeti tulajdonságaihoz hasonló tésztát kapunk (*Morita et al. 2003*). Összetételét tekintve ez a tészta azonban a nagy amilóz tartalom miatt, nagy rostanyag tartalommal is rendelkezik, ezért valójában 'Yellow alkaline noodle' tészta előállítására csak korlátozottan használják. A nagy amilóz tartalmú búzaliszt alkalmazási lehetőségeinek megállapítása továbbra is kutatás tárgyát képezi.

A waxy és a nagy amilóz tartalmú búzakeményítő módosítása

A keményítő fontos szerepet játszik számos élelmiszeripari termék texturájának kialakításában és az emberi szervezet számára is fontos energiaforrás. Néhány esetben, a natív keményítő nem rendelkezik azokkal a tulajdonságokkal, mely az élelmiszeripari feldolgozás, például a sűrítés és a stabilizáció során fontos lenne. Ebből következően az élelmiszeripar módosított keményítőt használ acélból, hogy a feldolgozás és a tárolás során a keményítő lebomlásából fakadóan ne változzon meg a termék állaga és külső megjelenése. A kereskedelmi forgalomban kapható módosított keményítő típusok, hidroxipropilált és/vagy keresztkötött, acetilált és/vagy keresztkötött keményítő széleskörűen alkalmazott az élelmiszeriparban és más iparágakban egyaránt. A waxy gabonakeményítő jól duzzad forró vízben és sűrű masszát hoz létre, mely nem kívánatos, tapadós, nyúlós állaggal rendelkezik. Hűtve tárolva bár sokkal ellenállóbb, mint a nem-waxy gabonafélék keményítője (vagy a gyökéré), főzés során azonban a keményítőszemcsék teljesen szétesnek, mely nagyon alacsony viszkozitást eredményez (*Zheng és Sosulski 1998*). Az élelmiszeriparban használt waxy keményítő ezért leginkább kémiailag módosított (*White 1994*). A keresztkötött waxy gabona keményítő nagyobb stabilitással rendelkezik, a főzés során felépő nyíróerőknek valamint a hőmérsékleti hatásoknak és az alacsony pH-nak jobban ellenáll, mint a natív keményítő (*Whistler és BeMiller 1997*). A keresztkötött keményítőt gyakran észterezik vagy éterezik, hogy a nem kívánt tulajdonságokat kiküszöböljék. Számos tanulmány készült a waxy kukorica (*Katzback*

1972, *Biliaderis* 1982, *Hirsch és Kokini* 2001, *Wilkins et al.* 2002), és az árpa (*Bhatty és Rossnagel* 1997, *Wilkins et al.* 2002) keményítő módosításáról. Ezeket a módosított waxy keményítő féléket sűrítőként használják pite töltelékben, szósok, húsöntetek és salátaöntetek készítésekor. Az oxidált és hidrolizált waxy kukorica keményítőt ugyanakkor bevonatok és ízesítőszerke hordozójaként használják (*Reddy és Seib* 1999). Mivel a duzzadási képessége a részlegesen waxy és a waxy genotípusok keményítő szemcséinek nagyobb, sűrítő képességük is a normál búzáé fölé emelhető, ha kétszeresen módosítjuk a keményítőt hidroxipropilálással és keresztkötéssel (*Reddy és Seib* 1999). A módosított waxy búzakeményítő alacsonyabb gélesedési hőmérséklettel és kevésbé opálos csirizzel rendelkezik, mint a módosított kukoricakeményítő, a fagyasztás-felengedés folyamatával szembeni stabilitása azonban jobb, mint a módosított kukoricáé (*Reddy és Seib* 2000). A waxy búzakeményítőt rezisztens keményítő előállítására is használják (RS₄) oly módon, hogy nátrium trimetafoszfát és nátrium tripolifoszfát keverékével keresztkötéseket hoznak létre. Ily módon szignifikánsan nagyobb mennyiségű rezisztens keményítő állítható elő waxy búza keményítőből, mint nem waxy búza, kukorica, waxy kukorica vagy burgonya keményítőjéből azonos körülmények között (*Woo és Seib* 2002). *Hung és Morita* (2004) szerint a sok keresztkötést tartalmazó kukoricakeményítő és a waxy kukoricakeményítő része, használható kenyérbélesztésre is búzaliszttal keverve anélkül, hogy ettől romolna a kenyér minősége. A módosított waxy keményítő élelmiszeripari alkalmazhatóságáról szóló tanulmányok száma kicsi, és egyelőre nem adnak átfogó képet az alkalmazási lehetőségekről, úgy ahogy a módosított és rezisztens waxy keményítő tulajdonságairól, és alkalmazhatóságáról sem. Hasonlóképpen, néhány tanulmány foglalkozik csupán a nagy amilóz tartalmú búzából származó keményítő módosításával és a rezisztens keményítő kinyerésével, miközben a nagy amilóz tartalmú kukoricakeményítő kémiai és fizikai módosításával sok cikk foglalkozik.

Nemesítési programjaink az amilóz tartalom változatosságának növelésére

150 őszi búza analízisével, a Healthgrain EU-FP6 programban, jelentős variabilitást találtak a fajták bioaktív komponens összetételében. Ez a változatosság több esetben öröklődő (liszt arabinoxilán és az őrlemény tokol-, szterol-, és

alkilrezorcín- tartalma) vagyis nemesítési célokra használható. Számos módszert is fejlesztettek a pályázat keretén belül (molekuláris markert, biokémiai kit-et és NIR kalibrációt), hogy a szelekciót ezen tulajdonságokra megkönnyítsék a nemesítők számára (*Shewry et al.* 2012).

Ismert, hogy búzakeményítőben az amilóz és az amilopektin aránya megközelítőleg 1:3 és hogy ebben a tulajdonságban csak kismértékű variabilitás fordul elő a vizsgált fajtól vagy a környezettől függően. A szerkezetbeli különbségek az amilóz és az amilopektin között ugyanakkor jelentősek és ez befolyásolja a komponensek emészthetőségét. Mivel az amilóz a kevésbé emészthető, jelenléte megnöveli a rezisztens keményítő mennyiségét az élelmiszerben.

A köztermesztésben megjelenő fajták között ugyan nincs jelentős különbség amilóz tartalom tekintetében, olyan nagy amilóz tartalmú búza mutáns genotípusokat azonban már azonosítottak, melyekben a mutáció a hexaploid búza mindhárom genomján jelen van (*Sestili et al.* 2010). A Healthgrain program keretén belül, a három mutáns gén (SSII – keményítő szintáz) kombinációjával 36% amilóz tartalmat sikerült elérni búzában EMS-el (etil-metil szulfonát) indukált mutációval. Később ebben a mutáns populációban TILLING technológiával kerestek SSIIa mutáns vonalakat, 40% amilóz tartalom fölötti vonalakat azonosítására (*Botticella et al.* 2011, 2012). Ugyanez a csoport az N11 elnevezésű populációból is szelektált 6 db mindhárom SGP allélre mutáns (Sgp-A1, Sgp-B1, Sgp-D1 null) őszi búza genotípust (999-19, 999-20, 999-22, 993-11, 1061-24 és 1061-26), melyeket nemesítési célokra használtunk fel, hogy európai fajták genetikai hátterében növeljük az amilóz tartalmat (*Némethné et al.* 2014). A keresztezéshez öt eltérő származású, agronómiailag és minőségben különböző búzafajtát használtunk fel (Solstice, Lona, Koreli, Ukrainka, Yumai-34). Ezekkel a fajtákkal három visszakeresztezést végeztünk és közben minden generációban kb 400 növényből markerszelekcióval választottuk ki a mutáns allélt hordozó genotípusokat *Shimbata et al.* (2005) módszere szerint. Csak a mindhárom mutáns allélt hordozó vonalakat kereszteztük újra vissza. Az így előállított utódok közül a dupla-mutáns és tripla-mutáns heterozigóta egyedeket kalászutód sorokban elvetettük a szántóföldi kísérletekben majd az agronómiai szelekciót követően az F3 és F4 generációban vizsgáltuk 37 nemesítési vonal fizikai, beltartalmi és technológiai tulajdonságait két évben (2012–2013).

A 2013-ban szelektált 37 nemesítési vonal közül két Koreli fajttal keresztezett vonal keményítőjében találtunk 30% feletti amilóz mennyiséget (31,5% és 39,3%), ezek fehérje tartalma 12% és 15,9% volt. Ezen felül azonosítottunk két Solstice-al létrehozott és Ukraínka fajttal tovább keresztezett mutáns utódot is, melyek amilóz értéke 50% feletti volt (50,9% és 51,35%) Megazyme módszerrel mérve, vagyis meghaladta a mutáns szülői vonalak amilóz tartalmát (40%) is. Ezeknek a vonalaknak a fehérje tartalma 13,1% és 15% volt. Öt Lona és három Ukraínka utód amilóz tartalmát is kifejezetten kiemelkedőnek találtuk az F3 generációban 2012-ben (41,06–52,16%). Ezeknek a vonalaknak nagyon alacsony volt a csúcs- és a végső- viszkozitása Rapid Visco Analyser készülékkel mérve (RVA), mely eredmények alátámasztották az amilóz vizsgálat eddigi eredményeit.

Vizsgáltuk az utódvonalak búzaszemeinek méretét, az ezerszem-tömegét és a lisztkihozatalát is és ezek az eredmények azt mutatják, hogy a nagy amilóz tartalom általában negatív hatással van a búzaszem fizikai tulajdonságaira. A nagy amilóz tartalmú genotípusok búzaszeme gyakran kisméretű, aszott, benne az endosperm frakció aránya általában kicsi, nagy korpa aránnyal. Mindez azt jelenti, hogy feldolgozóipari szempontból kifejezetten hátrányos tulajdonságokkal rendelkezik a vizsgált nagy amilóz tartalmú vonalak többsége. Ezt a gyakorlati tapasztalatot az eddig vizsgált minták eredményeinek korrelációanalízisével nem sikerült alátámasztani, mivel $r_{5\%}$ értéke a kritikus érték alatt maradt mind az ezerszem tömeg mind a lisztkihozatal összefüggés-vizsgálata esetén. Ez reményt ad arra, hogy a jövőben megfelelő szemméretű vonalakat szelektálhatunk (*Némethné et al.* 2014).

Keresztezéseket végeztünk waxy genotípusokkal is, hogy alacsony amilóz tartalmú genotípusokat állítsunk elő és befolyásoljuk/módosítsuk a feldolgozóipari minőséget és az élelmiszerek eltarthatóságát. Ebben az esetben az F4 generációig kizárólag szántóföldi szelekció történt. Az F5 generációban már mértük 150 vonal amilóz tartalmát, amely alapján 33 vonalat szelektáltunk további vizsgálatokra. Ennek a 33 vonalnak 20% alatt volt az amilóz tartalma, míg a fehérje tartalmuk 10,6% és 16,6% között változott. Ez azt jelenti, hogy széles variációs lehetőség áll a rendelkezésünkre, hogy a jövőben megfelelő, akár többcélú szelekciót végezzünk és a vonalak egészségre kifejtett hatását is vizsgálhassuk.

Konklúzió

A fiziko-kémiai és biológiai módszerek fejlődésének köszönhetően számos waxy és nagy amilóz tartalmú búza fajtát hoztak már létre. Ezen fajták keményítőjének és lisztjének számos előnyös tulajdonsága van. Egyrészt javítják a élelmiszeripari termékek textúráját és minőségét, másrészt növelhető velük a végtermékek rostanyag tartalma és a rezisztens keményítő mennyisége, melynek pozitív egészségügyi hatásai is lehetnek. Ilyen fajták azonban kereskedelmi forgalomban Európában még nincsenek. Nemesítési programunk eredményeként, olyan a különböző általános vagy speciális feldolgozóipari célnak megfelelő tulajdonságokkal rendelkező búza genotípusok előállítását várjuk, amelyek végeredményben és elsősorban a végső felhasználók, azaz a fogyasztók egészségének megőrzéséhez járulnak hozzá. A területen elért eddigi eredmények további kutatási témák indítását is várhatóan lehetővé fogják tenni, mivel a búza minőségi tulajdonságait sok tényező befolyásolja. A búzaszem keményítő tartalma bár genetikailag meghatározott, de szintézisében számos enzim vesz részt, melyek befolyásolják nemcsak a végső mennyiséget, de az összetételt és a szerkezetet is. Ezen túl a környezetnek is jelentős hatása van a minőségi tulajdonságokra, ami miatt további genetikailag determinálható markerek azonosítására lesz szükség. Ezen túl pedig nem elhanyagolható szempont a keményítő számos feldolgozóipari felhasználási lehetősége sem (bioetanol előállítás, állati takarmányozás, műanyagok-, filmek- és ragasztóanyagok előállítása, élelmiszeripari felhasználás), amely újabb utakat nyit a keményítő kutatások folytatására.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

- Abdel-Aal, E. S. M.–Hucl, P.–Chibbar, R. N.–Han, H. L.–Demeke, T.*: 2002. Physicochemical and structural characteristics of flour and starches from waxy and nonwaxy wheats. *Cereal Chemistry*. 79: 458–464.
- Akashi, H.–Takahashi, M.–Endo, S.*: 1999. Evaluation of starch properties of wheats used for Chinese yellow-alkaline noodles in Japan. *Cereal Chemistry*. 76: 50–55.
- Araki, E.–Miura, H.–Sawada, S.*: 2000. Differential effects of the null alleles at the three Wx loci on the starch-pasting properties of wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 100: 1113–1120.
- Baik, B. Y.–Lee, M. R.*: 2003. Effects of starch amylose content of wheat on textural properties of white salted noodles. *Cereal Chemistry*. 80: 304–309.
- Bhattacharya, M.–Erazo-Castrejon, S.–Doehlert, D. C.–McMullen, M. S.*: 2002. Staling of bread as affected by waxy wheat flour blends. *Cereal Chemistry*. 79: 178–182.
- Bhatty, R. S.–Rossnagel, B. G.*: 1997. Zero amylose lines of hullless barley. *Cereal Chemistry*. 74: 190–191.
- Biliaderis, C. G.*: 1982. Physical characteristics, enzymatic digestibility, and structure of chemically modified smooth pea and waxy maize starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 30: 925–930.
- Botticella, E.–Sestili, F.–Hernandez-Lopez, A.–Philips, A.–Lafiandra, D.*: 2011. High resolution melting analysis for the detection of EMS induced mutations in wheat SbeIIa genes. *BMC Plant Biology*. 11: 156.
- Botticella, E.–Sestili, F.–Lafiandra, D.*: 2012. Characterization of SBEIIa homoeologous genes in bread wheat. *Molecular Genetics and Genomics*. 287: 515–524.
- Brown, I. J.–McNaught, K. J.–Andrew, D.–Morita, T.*: 2001. Resistant starch: Plant breeding, application, development, and commercial use. [In: McCleary, B. V.–Prosky, L. (eds.) *Advanced dietary fiber technology*.] Iowa State University Press. Ames, IA. USA. 401–412
- Buleon, A.–Colonna, P.–Planchot, V.–Ball, S.*: 1998. Starch granules: Structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*. 23: 85–112.
- Chao, S.–Sharp, P. J.–Worland, A. J.–Warham, E. J.–Koebner, R. M. D.–Gale, M. D.*: 1989. RFLP-based genetic maps of wheat homoeologous group 7 chromosomes. *Theoretical and Applied Genetics*. 78: 495–504.
- Chibbar, R. N.–Chakraborty, M.*: 2005. Characteristics and uses of waxy wheat. *Cereal Foods World*. 50: 121–126.
- Crosbie, G. B.*: 1991. The relationship between starch swelling properties, paste viscosity and boiled noodle quality in wheat flours. *Journal of Cereal Science*. 13: 145–150.
- Denyer, K.–Hylton, C. M.–Jenner, C. F.–Smith, A. M.*: 1995. Identification of multiple isoforms of soluble and granule-bound starch synthase in developing wheat endosperm. *Planta*. 196: 256–265.

- Dobraszczyk, B. J.-Morgenstern, M. P.*: 2003. Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science*. 38: 229-245.
- Donald, A. M.-Waigh, T. A.-Jenkins, P. J.-Gidley, M. J.-Debet, M.-Smith, A.*: 1997. Internal structure of starch granules revealed by scattering studies. [In: Frazier, P. J. et al. (eds.) *Starch: Structure and functionality*.] Royal Society of Chemistry. Cambridge. 172-179.
- Eerlingen, R. C.-Van Haesendonck, I. P.-De Paepe, G.-Delcour, J. A.*: 1994. Enzyme resistant starch III. The quality of straight dough bread containing varying levels of enzyme resistant starch. *Cereal Chemistry*. 71: 165-170.
- Eliasson, A. C.*: 1980. Effect of water content on the gelatinization of wheat starch. *Starch/Staerke*. 32: 270-272.
- Endo, S.-Karobe, S.-Nagao, S.*: 1988. Factors affecting gelatinization properties of starch. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*. 35: 7-14.
- Fisher, D. K.-Boyer, C. D.-Hannah, L. C.*: 1993. Starch branching enzyme II from maize endosperm. *Plant Physiology*. 102: 1045-1046.
- French, D.*: 1984. Organization of starch granules. [In: Whistler, R. L. et al (eds.) *Starch chemistry and technology* (2nd ed.)] New York: Academic Press. 183-212.
- Fujita, N.-Wadano, A.-Kozaki, S.-Takaoka, K.-Okabe, S.-Taira, T.*: 1996. Comparison of the primary structure of waxy protein (granule-bound starch synthase) between polyploidy wheats and related diploid species. *Biochemical Genetics*. 34: 403-413.
- Fujita, S.-Yamamoto, H.-Sugimoto, Y.-Morita, N.-Yamamori, M.*: 1998. Thermal and crystalline properties of waxy wheat (*Triticum aestivum* L.) starch. *Journal of Cereal Science*. 27: 1-5.
- Ghiassi, K.-Hoseney, R. C.-Zelezniak, K.-Rogers, D. E.*: 1984. Effect of waxy barley starch and reheating on firmness of bread crumb. *Cereal Chemistry*. 61: 281-285.
- Goesaert, H.-Brijs, K.-Veraverbeke, W. S.-Courtin, C. M.-Gebruers, K.-Delcour, J. A.*: 2005. Wheat flour constituents: How they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science and Technology*. 16: 12-30.
- Gray, J. A.-BeMiller, J. N.*: 2003. Bread staling: Molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2: 1-21.
- Graybosch, R. A.-Souza, E.-Berzonsky, W.-Baenziger, P. S.-Chung, O.*: 2003. Functional properties of waxy wheat flours: Genotypic and environmental effects. *Journal of Cereal Science*. 38: 69-76.
- Graybosch, R. A.*: 1998. Waxy wheats: Origin, properties, and prospects. *Trends in Food Science and Technology*. 9: 135-142.
- Guo, G.-Jackson, D.-Graybosch, R.-Parkhurst, A.*: 2003. Asian salted noodle quality: Impact of amylose content adjustments using waxy wheat flour. *Cereal Chemistry*. 80: 437-445.
- Hayakawa, K.-Tanaka, K.-Nakamura, T.-Endo, S.-Hoshino, T.*: 1997. Quality characteristics of waxy hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.): Properties of starch gelatinization and retrogradation. *Cereal Chemistry*. 74: 576-580.
- Hayakawa, K.-Tanaka, K.-Nakamura, T.-Endo, S.-Hoshino, T.*: 2004. End use quality of waxy wheat flour in various grainbased foods. *Cereal Chemistry*. 81: 666-672.

- Hirsch, J. B.–Kokini, J. L.*: 2001. Understanding the mechanism of cross-linking agents (POCl₃, STMP, and EPI) through swelling behavior and pasting properties of cross-linked waxy maize starches. *Cereal Chemistry*. 79: 102–107.
- Hizukuri, S.–Takeda, Y.–Yasuda, M.*: 1981. Multi-branched nature of amylose and the action of debranching enzymes. *Carbohydrate Research*. 95: 205–213.
- Hug-Iten, S.–Handschin, S.–Conde-Petit, B.–Escher, F.*: 1999. Changes in starch microstructure on baking and staling of wheat bread. *Food Science and Technology*. 32: 255–260.
- Hung, P. V.–Maeda, T.–Yamauchi, H.–Morita, N.*: 2005a. Dough and breadmaking properties of various strong wheat grains cultivated in Japan. *Journal of Applied Glycoscience*. 52: 15–21.
- Hung, P. V.–Maeda, T.–Yoshikawa, R.–Morita, N.*: 2004. Dough properties and baking quality of several domestic wheat flours as compared with commercial foreign wheat flour. *Food Science and Technology Research*. 10: 389–395.
- Hung, P. V.–Morita, N.*: 2004. Dough properties and bread quality of flours supplemented with cross-linked cornstarches. *Food Research International*. 37: 461–467.
- Hung, P. V.–Yamamori, M.–Morita, N.*: 2005b. Formation of enzyme-resistant starch in bread as affected by high-amylose wheat flour substitutions. *Cereal Chemistry*. 82: 690–694.
- Jane, J.–Chen, Y. Y.–Lee, L. F.–McPherson, A. E.–Wong, K. S.–Radosavljevic, M.*: 1999. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chemistry*. 76: 629–637.
- Jenkins, P. J.–Cameron, R. E.–Donald, A. M.*: 1993. A universal feature in the structure of starch granules from different botanical sources. *Starch/Staerke*. 45: 417–420.
- Katzback, W.*: 1972. Phosphate cross-bonded waxy corn starches solve many food application problems. *Food Technology*. 4: 32–36.
- Kiribuchi-Otobe, C.–Nagamine, T.–Yanagisawa, T.–Ohnishi, M.–Yamaguchi, I.*: 1997. Production of hexaploid wheats with waxy endosperm character. *Cereal Chemistry*. 74: 72–74.
- Knight, M. E.–Harn, C.–Lilley, C. E. R.–Guan, H.–Singletary, G. W.–Mu-Forster, C.*: 1998. Molecular cloning of starch synthase I from maize (W64) endosperm and expression in *Escherichia coli*. *Plant Journal*. 14: 613–622.
- Konik, C. M.–Miskelly, D. M.–Gras, P. W.*: 1992. Contribution of starch and non-starch parameters to the eating quality of Japanese white salted noodles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 58: 403–406.
- Lee, M. R.–Swanson, B. G.–Baik, B.*: 2001. Influence of amylose content on properties of wheat starch and breadmaking quality of starch and gluten blends. *Cereal Chemistry*. 78: 701–706.
- Li, Z.–Chu, X.–Mouille, G.–Yan, L.–Kosar-Hashemi, B.–Hey, S.*: 1999. The localization and expression of the class II starch synthases of wheat. *Plant Physiology*. 120: 1147–1156.
- McCormick, K. M.–Panozzo, J. F.–Hong, S. H.*: 1991. A swelling power test for selecting potential noodle quality wheats. *Australian Journal of Agricultural Research*. 42: 317–323.

- Miskelly, D. M.–Moss, H. J.*: 1985. Flour quality requirements for Chinese noodle manufacture. *Journal of Cereal Science*. 3: 379–387.
- Miura, H.–Araki, E.–Tarui, S.*: 1999. Amylose synthesis capacity of the three Wx genes of wheat cv. Chinese Spring. *Euphytica*. 108: 91–95.
- Miura, H.–Sugawara, A.*: 1996. Dosage three Wx genes on amylase synthesis in wheat endosperm. *Theoretical and Applied Genetics*. 93: 1066–1070.
- Miura, H.–Tanii, S.–Nakamura, T.–Watanabe, N.*: 1994. Genetic control of amylose content in wheat endosperm starch and differential effects of three Wx genes. *Theoretical and Applied Genetics*. 89: 276–280.
- Miura, H.–Tanii, S.*: 1994. Endosperm starch properties in several wheat cultivars preferred for Japanese noodles. *Euphytica*. 72: 171–175.
- Morita, N.–Maeda, T.–Hung, P.V.–Watanabe, M.–Handoyo, T.–Yamamori, M.*: 2003. Textural properties and microscope observation of noodles made from various novel wheat flours. *Proceedings of the 53rd Australian cereal chemistry conference*. 153–156.
- Morita, N.–Maeda, T.–Miyazaki, M.–Yamamori, M.–Miura, H.–Ohtsuka, I.*: 2002a. Dough and baking properties of highamylose and waxy wheat flours. *Cereal Chemistry*. 79: 491–495.
- Morita, N.–Maeda, T.–Miyazaki, M.–Yamamori, M.–Miura, H.–Ohtsuka, I.*: 2002b. Effect of substitution of waxy-wheat flour for common flour on dough and baking properties. *Food Science and Technology Research*. 8: 119–124.
- Nagao, S.*: 1996. Processing technology of noodle products in Japan. [In: Kruger, J. E. et al. (eds.) *Pasta and noodle technology*.] St. Paul. MN. USA. American Association of Cereal Chemists. 169–194.
- Nakamura, T.–Yamamori, M.–Hirano, H.–Hidaka, S.–Nagamine, T.*: 1995. Production of waxy (amylose free) wheats. *Molecular and General Genetics*. 248: 253–259.
- Nakamura, T.–Yamamori, M.–Hirano, H.–Hidaka, S.*: 1993. Identification of three Wx proteins in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biochemical Genetics*. 31: 75–86.
- Némethné Kisgyörgy N. B.–Bede K.–Láng L.–Bedő Z.–Rakszegi M.*: 2014. Magas amidóz-tartalmú búzatörzsek (*Triticum aestivum* L.) nemesítése. XX: Növény-nemesítési Tudományos Napok. 2014. március 18. Budapest. 330–334.
- Noda, T.–Tohnooka, T.–Taya, S.–Suda, I.*: 2001. Relationship between physicochemical properties of starches and white salted noodle quality in Japanese wheat flour. *Cereal Chemistry*. 78: 395–399.
- Oda, M.–Yasuda, Y.–Okazaki, S.–Yamauchi, Y.–Yokoyama, Y.*: 1980. A method of flour quality assessment for Japanese noodles. *Cereal Chemistry*. 57: 253–254.
- Oh, N. H.–Seib, P. A.–Ward, A. B.–Deyoe, C. W.*: 1985. Noodles. IV. Influence of flour protein, extraction rate, particle size, and starch damage on the quality characteristics of dry noodles. *Cereal Chemistry*. 62: 441–446.
- Park, I.–Kim, S. H.–Chung, I. M.–Shoemaker, C. F.*: 2013. Effect of amylopectin long chain on measured amylose content and their correlation with pasting properties. *Starch/Stärke*. 65: 227–235.

- Pamozzo, J. F.–McCormick, K. M.*: 1993. The rapid viscoanalyser as a method of testing for noodle quality in a wheat breeding programme. *Journal of Cereal Science*. 17: 25–32.
- Rahman, S.–Kosar-Hashemi, B.–Samuel, M. S.–Hill, A.–Abbott, D. C.–Skerritt, J. H.*: 1995. The major proteins of wheat endosperm starch granules. *Australian Journal of Plant Physiology*. 22: 793–803.
- Reddy, I.–Seib, P. A.*: 1999. Paste properties of modified starches from partial waxy wheats. *Cereal Chemistry*. 76: 341–349.
- Reddy, I.–Seib, P. A.*: 2000. Modified waxy wheat starch compared to modified waxy corn starch. *Journal of Cereal Science*. 31: 25–39.
- Sestili, F.–Botticella, E.–Bedő, Z.–Phillips, A.–Lafiandra, D.*: 2010. Production of novel allelic variation for genes involved in starch biosynthesis through mutagenesis. *Molecular Breeding*. 25: 145–154.
- Sheury, P. R.–Charmet, G.–Branlard, G.–Lafiandra, D.–Gergely, Sz.–Salgó, A.–Saulnier, L.–Bedő, Z.–Mills, C. E. N.–Ward, J. L.*: 2012. Developing new types of wheat with enhanced health benefits. *Trend in Food Science and Technology*. 25: 70–77.
- Shibanuma, K.–Takeda, Y.–Hizukuri, S.–Shibata, S.*: 1994. Molecular-structures of some wheat starches. *Carbohydrate Polymers*. 25: 111–116.
- Shimbata, T.–Nakamura, T.–Vrinten, P.–Saito, M.–Yonemaru, J.–Seto, Y.–Yasuda, H.*: 2005. Mutations in wheat starch synthase II genes and PCR-based selection. *Theoretical and Applied Genetics*. 111: 1072–1079.
- Slade, A. J.–McGuire, C.–Loeffler, D.–Mullenberg, J.–Skinner, W.–Fazio, G.–Holm, A.–Brandt, K. M.–Steine, M. N.–Goodstal, J. F.–Knauf, V. C.*: 2012. Development of high amylose wheat through TILLING. *BMC Plant Biology*. 12: 69.
- Slavin, J. L.*: 2002. Whole grains, dietary fiber, and resistant starch. [In: Marquart L. et al. (eds.) *Whole-grain foods in health and disease*.] St. Paul. MN. USA. American Association of Cereal Chemists Inc. 283–299.
- Thompson, D. B.*: 2000. Strategies for the manufacture of resistant starch. *Trends in Food Science and Technology*. 11: 245–253.
- Topping, D. L.–Clifton, P. M.*: 2001. Short-chain fatty acids and human colonic function: Roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiological Reviews*. 81: 1031–1064.
- Vrinten, P. L.–Shimbata, T.–Yanase, M.–Sunohara, A.–Saito, M.–Inokuma, T.–Takiya, T.–Takaha, T.–Nakamura, T.*: 2012. Properties of a novel type of starch found in the double mutant „sweet wheat”. *Carbohydrate Polymers*. 89: 1250–1260.
- Wang, L.–Seib, P. A.*: 1996. Australian salt-noodle flours and their starches compared to US wheat flours and their starches. *Cereal Chemistry*. 73: 167–175.
- Whistler, R. L.–BeMiller, J. N.*: 1997. Starch. [In: Whistler, R. L.–BeMiller, J. N. (eds.) *Carbohydrate chemistry for food scientists*.] St. Paul. MN. USA. Eagan Press. 117–151.
- White, P. J.*: 1994. Properties of corn starch. [In: Hallauer, A. (ed.) *Specialty corns*.] Boca Raton. FL. USA. CRC Press. 29–54.
- Wilkins, M. R.–Wang, P.–Xu, L.–Niu, Y.–Tumbleson, M. E.–Rausch, K. D.*: 2002. Variability in starch acetylation efficiency from commercial waxy corn hybrids. *Cereal Chemistry*. 80: 68–71.

- Woo, K. S.–Seib, P. A.: 2002. Cross-linked resistant starch: Preparation and properties. *Cereal Chemistry*. 79: 819–825.
- Yamamori, M.–Endo, T. R.: 1996. Variation of starch granule proteins and chromosome mapping of their coding genes in common wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 93: 275–281.
- Yamamori, M.–Fujita, S.–Hayakawa, K.–Matsuki, J.–Yasui, T.: 2000. Genetic elimination of starch granule protein, SGP-1, of wheat generates and altered starch with apparent high amylase. *Theoretical and Applied Genetics*. 101: 21–29.
- Yamamori, M.–Kato, M.–Yui, M.–Kawasaki, M.: 2006. Resistant starch and starch pasting properties of a starch synthaseIIa - deficient wheat apparent high amylose. *Australian J. of Agricultural Research*. 57: 531–535.
- Yamamori, M.–Nakamura, T.–Endo, T. R.–Nagamine, T.: 1994. Waxy protein deficiency and chromosomal locations of coding genes in common wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 89: 179–184.
- Yasui, T.–Matsuki, J.–Sasaki, T.–Yamamori, M.: 1996. Amylose and lipid contents, amylopectin structure, and gelatinization properties of waxy wheat (*Triticum aestivum* L.) starch. *Journal of Cereal Science*. 24: 131–137.
- Yasui, T.–Matsuki, J.–Sasaki, T.–Yamamori, M.: 1997. Waxy endosperm mutants of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and their starch properties. *Breeding Science*. 47: 161–163.
- Zheng, G. H.–Han, H. L.–Bhatty, R. S.: 1999. Functional properties of cross-linked and hydroxypropylated waxy hull-less barley starches. *Cereal Chemistry*. 76: 182–188.
- Zheng, G. H.–Sosulski, F. W.: 1998. Determination of water separation from cooked starch and flour pastes after refrigeration and freeze-thaw. *Journal of Food Science*. 63: 134–139.
- Zobel, H. F.: 1988. Starch crystal transformations and their industrial importance. *Starch/Staerke*. 40: 1–7.

A szerző levelezési címe - Address of the author:

Dr. Rakszegi Marianna
MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet
Martonvásár
Brunszzvik u 2.
H-2462

KÖNYVISMERTETÉS

Book reviews

Kádár Imre: „Szennyvizek, iszapok, komposztok, szervestrágyák a talajtermékenység szolgálatában”

(Akaprint, Budapest, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, 345 p. 225 táblázattal)

Sok-sok szakácskönyv lát napvilágot, de egyetlen könyv sem foglalkozik azzal, hogy mi történik az elfogyasztott étellel miután elhagyja testünket. Az állattartásban kézikönyvek sora tárgyalja az állatok tenyésztését. Így pl. az egyes fajok eredetét, genetikáját, fejlődését, szaporítását és különös részletességgel táplálék igényüket. A takarmányozás meghatározza ugyanis a gazdaságosságot. Az állatok által termelt trágyáról azonban nem esik szó. Annak ellenére, hogy az óriási tömegű istállótrágya, hígtrágya, trágyalé, illetve szennyvíz szakszerű kezeléséről és elhelyezéséről az állattartó telep üzemeltetőjének kell gondoskodnia. A környezet és a talajtermékenység megóvása érdekében.

„A földi élet két folyamatban zajlik: szerves anyagok építése holt ásványi anyagokból és azok lebontása. Vagyis az élet nem egyéb, mint a szerves anyag képződésének és pusztulásának története. Ha bármelyik folyamat megszakad, az élet megszűnik a Földön. Az asszimilációt, a szintézist döntően a növények végzik, míg a szerves anyagokat, hulladékokat a talaj mikroorganizmei bontják le holt anyaggá.” – írja az Előszóban a szerző.

A kiadvány utal arra, hogy az 1960-as évek óta világszerte a szervestrágyák helyettesítésével, a műtrágyázással foglalkoznak, melyek nagyságrenddel koncentráltabbak és könnyen kezelhetők. Az istállótrágya, iszapok, fekália stb. mint hulladék jelenik meg, melyektől meg kell szabadulni. Leépült az ezzel foglalkozó kísérletezés, kutatás. Hiányoznak az áttekintést adó, orientáló kézikönyvek. A szerző kísérletet tesz e hiány pótlására. Az emberi civilizáció kezde-

teitől napjainkig végigkíséri a szerves trágyaszerek képződésének és felhasználásának helyzetét, bemutatva a talajtermékenység megőrzésében játszott szerepüket, funkcióikat.

A szerző megállapítja, hogy a sűrűn lakott térségekben, hazánkban is, nő a társadalmi nyomás a termelődő hulladékok mint a szennyvizek, iszapok, komposztált városi szemét, porított salakok, nagy Cu és Zn tartalmú sertés hígtrágya, élelmiszeripari/vágóhídi hulladékok talajbani elhelyezésére. A városi szennyvíziszap szerves anyagban, nitrogénben és foszforban egyaránt gazdag. Logikusnak tűnik tehát visszajuttatni a „természet körforgásába”. Ehhez járul a kereskedelmi műtrágyák drágulása, mely növeli a melléktermékek mint alternatív tápelemforrások iránti kedvet.

Sokan a szervesanyag-pótlást misztifikálják a biológiai gazdálkodást előtérbe állítva. A városi hulladékokat, iszapokat „humusz”-nak tekintve, a hamis fényben feltüntetett anyagokat kívánatosnak minősítik, melyek a műtrágyázás káros hatásait ellensúlyozhatják. A biológusok és a vízügyi szakemberek szintén a talajban szeretnék látni a város hulladékát, minél távolabb a vízbázisoktól. A talaj általában valóban óriási oxidatív kapacitással rendelkezik, lebont és méregtelenít. Ha a fémszennyezés hosszú távú következményeitől eltekintünk.

A csatornázási rendszerek létrejötte előtt a nyers szennyvizet a város körüli talajokra engedték. Ez a gyakorlat az egészséget veszélyeztette vírusokat, baktériumokat, parazitákat terjesztve. Megfelelő körülmények között a paraziták, a baktériumok spórái stb. hosszú időn át fennmaradhatnak a talajban. A növények, legelő állatok és az ember fertőzőes betegségek áldozatául eshetnek.

A vízöblítéses WC, úgy tűnt, megoldja a higiéniai kérdést. Új problémát okozott azonban, hiszen óriási iható víztömeget szennyez. A modern derítők nyomán szárított iszapok keletkeznek, melyek közvetlenül az egészségre már nem károsak. A tisztított szennyvíz lényegében szerves anyagtól mentes és visszajuthat a közeli vízrendszerbe, a befogadóba. Levegőztetve a gyors oxidáció bontja el a szerves anyagot. Az ásványi elemek/fémek tömege az iszapba kerül, a szennyvízben kevés marad. Az iszap hónapokig tartó anaerob bomlison megy át. Esetleg zárt térben 35 °C-on 3–5 hétig erjed miközben metán és CO₂ képződik.

A könyv eredeti munkákat idéz az 1800-as évek elejétől, melyek olvasása nemcsak élvezetet nyújt, de nagyon tanulságos is a mai ember számára. Nyomon követhető a szakmai gondolat fejlődése, a kutatások országokat és nyelv-

területeket átívelő jellege, a tudomány egyetemessége. A szerző összefoglalja a közelmúlt releváns német, orosz, angol és magyar nyelvű szakirodalmat, a kialakult nézeteket és táblázatosan az elérhető adatokat, eredményeket.

Elgondolkodtató az a felvetés is, mely szerint az emberi fekáliát mint erőforrás kezelendő a jövőben. Az emberiség naponta kb. 1 milliárd kg fekáliát termel. E hatalmas tömegű trágya, növényi tápanyag (talajerő) nagyrészt nem hasznosul. Folyók, tengerek szennyezője. Ez az állapot nem tartható fenn hosszútávon. Egy ember fekáliájával kb. 250 kg gabona állítható el, mely 1 fő éves gabonaszükséglete. Meddig engedhetjük meg magunknak pl. a vízöblítéses illemhely használatát? A vízhiány világméretű probléma, a víz egyre értékeesebb. Túlságosan nagy kincs ahhoz, hogy ilyen méretekben és ilyen célokra használjuk. Az ország 10 millió lakása akár 300 millió liter ivóvizet szennyezhet el naponta. Hasonló luxust hamarosan egyetlen ország sem engedhet meg.

A kiadvány utolsó fejezetei a szennyvizek, iszapok, szervestrágyák termőföldön történő elhelyezésének agronómiai és környezetvédelmi feltételeit és szabályait taglalják. Sokoldalúan elemzi a szerző a talajszennyezés problémáit, kemizmusát, a talajban lejátszódó folyamatokat. Egyúttal javaslatokat fogalmaz meg a hazai talajvédelmi szabályozás továbbfejlesztésére. A talajterhelési határértékeket megkísérli a meghatározó talajtulajdonságok függvényében pontosítani. Vizsgálja az úgynevezett „Holland-modell” alkalmazhatóságát hazai talajviszonyok között.

A fitoremediáció, az elszennyezett talajok növények általi tisztításának lehetőségét két angol nyelvű áttekintő dolgozat foglalja össze összesen 77 szakirodalmi forrás nyomán. A könyv több mint 400 irodalmat dolgoz fel óriási területet áttekintve, melyet az érintett kutatások mélysége és szélessége tett indokolttá. A kiadvány alapjául szolgáló közlemények társszerzői között 23 név szerepel, melyek a borítón megjelennek.

A munka külön érdeme a hatalmas nemzetközi szakirodalom szintézise mellett az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézetében végzett több mint fél évszázados kutatótevékenység eredményeinek ismertetése, valamint az elérhető hazai és nemzetközi adatbázis összegyűjtése. A kísérleti és vizsgálati adatok, eredmények nem avulnak el. Azok beépülnek a jelen és a jövő szaktanácsaiba, a gazdálkodásba. A szerző által prezentált adattömeg 225 jól szerkesztett táblázatban tárul az olvasó elé és nyújt útmutatást.

A teljesítmény imponáló és egyedülálló. Valódi hiányt pótol a hazai szakirodalomban. A könyv ajánlható a kutatás, oktatás, szaktanácsadás, valamint a környezetvédelmi szabályozásban érdekelt intézmények, hivatalok számára. Letölthető a szerző/intézet korábbi kiadványaival együtt az intézet honlapjáról (www.mta-taki.hu), illetve költségmentesen hozzáférhető a készlet erejéig.

Németh Tamás



NAGY JÁNOS főszerkesztő

a Magyar Tudományos Akadémia doktora,
Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ rektorhelyettese,
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
