

Crop
Production

 HERMAN OTTÓ INTÉZET
NONPROFIT KFT.

NÖVÉNYTERMELÉS

69. kötet | 3. szám | 2020. szeptember

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Nitrogéntrágyázás hatása eltérő kukorica hibridek szárazanyag-beépülésére és mikroelem-felvételére

Összefüggés vizsgálatok az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) növényfiziológiai paramétereit és a termésmennyisége között

Eltérő NPK-ellátottság hatása a kukorica hibridek lipidperoxidációjának mértékére

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

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

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

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

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

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

A kiadásért felelős Bozzay Péter,
a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

ISSN 0546-8191
Növényterm 69 (2020) 3
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

69. kötet, 3. szám, 2020. szeptember

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

Z. BERZSENYI, M. BIRKÁS, L. BLASKÓ, CS. GYURICZA, K. INUBUSHI,
Z. IZSÁKI, M. JOLÁNKAI, T. KISMÁNYOKY, L. CS. MARTON,
J. NAGY, L. PÁSZTOR, P. PEPÓ, K. RAJKAI, R. SCHMIDT

AGRÁRMINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

A nyomást és kötést a OOK-Press Nyomda végezte

Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Dr. Csajbók József

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Bojtor Csaba – Illés Árpád – Nagy János – Marton L. Csaba:</i> Nitrogéntrágyázás hatása eltérő kukorica hibridek szárazanyag-beépülésére és mikroelem-felvételére	5
<i>Fekete Ágnes – Szabó Éva – Pepó Péter:</i> Összefüggés vizsgálatok az őszi búza (<i>Triticum aestivum</i> L.) növényfiziológiai paramétereire és a termésnyerése között	27
<i>Illés Árpád – Bojtor Csaba – Nagy János:</i> Eltérő NPK-ellátottság hatása a kukorica hibridek lipidperoxidációjának mértékére	53
<i>Izsáki Zoltán:</i> A talaj N-, P- és K-ellátottságának hatása a szója (<i>Glycine max</i> L./Merr.) termésére csernozjom réti talajon – II. Fehérjeteralom, aminosavösszetétel	67
<i>Szabó András – Dóka Lajos Fülöp – Pepó Péter:</i> Az évjárat, a vetésidő és a fungicidhasználat hatása a napraforgó kórtani paramétereire és termésére	97
<i>Széles Adrienn – Horváth Éva – Huzsvai László:</i> A vetésidő, az időjárás és a kukoricaszem fehérje- és olajtartalma közötti kapcsolat eltérő genotípusú kukorica hibrideknél	115
<i>Takács István – Sinóros-Szabó Botond:</i> A búzatermesztés ökonometriája – felmérésre alapozva Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében	137

CONTENTS

<i>Cs. Bojtor – Á. Illés – J. Nagy – L. Cs. Marton:</i> Effect of nitrogen fertilisation on dry matter incorporation and micronutrient uptake of different maize hybrids	5
<i>Á. Fekete – É. Szabó – P. Pepó:</i> Correlation analyses between the plant physiological parameters and yield of winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	27
<i>Á. Illés – Cs. Bojtor – J. Nagy:</i> The effect of different NPK supply levels on the extent of lipid peroxidation of maize	53
<i>Z. Izsáki:</i> Effect of soil N, P and K supply on soybean (<i>Glycine max</i> L./Merr.) yield on chernozem meadow soil – II. Protein content, amino acid composition	67

<i>A. Szabó – L. F. Dóka – P. Pepó:</i> The effect of crop year, sowing date and fungicide treatment on the pathological parameters and yield of sunflower	97
<i>A. Széles – É. Horváth – L. Huzsvai:</i> Correlation of sowing time, weather and the protein and oil content of grains in the case of maize hybrids with different genotypes	115
<i>I. Takács–B. Sinóros-Szabó:</i> Econometrics of wheat production based on a survey in Szabolcs-Szatmár-Bereg County	137

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ч. Бойтор – А. Иллеш – Я. Надь – Л. Ч. Мартон:</i> Влияние азотного удобрения на встроение сухого вещества и усвоение микроэлементов различных гибридов кукурузы	5
<i>А. Фекете – Е. Сабо – П. Пено:</i> Исследования взаимовлияния между физиологическими параметрами растения и количеством урожая озимой пшеницы (<i>Triticum aestivum</i> L.)	27
<i>А. Иллеш – Ч. Бойтор – Я. Надь:</i> Влияние различной обеспеченности NPK-ем на размер перекисного окисления липидов кукурузных гибридов	53
<i>З. Ижаки:</i> Влияние обеспечения почвы N, P и K на урожай сои (<i>Glycine max</i> L./Merr.) на чернозёмной луговой почве – II. Содержание белка, состав аминокислот	67
<i>А. Сабо – Л. Ф. Дока – П. Пено:</i> Влияние года выращивания, срока посева и использования фунгицидов на патологические параметры и урожай подсолнечника	97
<i>А. Селеш – Е. Хорват – Л. Хужвай:</i> Связь между сроком посева, погодой и содержанием масла и белка кукурузного зерна у различных по генотипу кукурузных гибридов	115
<i>И. Такач–Б. Шинорош-Сабо:</i> Эконометрия выращивание пшеницы, основанное на измерениях в области Саболч-Сатмар-Берег	137

Nitrogéntrágyázás hatása eltérő kukorica hibridek szárazanyag-beépülésére és mikroelem-felvételére

¹BOJTOR CSABA - ¹ILLÉS ÁRPÁD - ¹NAGY JÁNOS - ^{1,2}MARTON L. CSABA

¹Debreceni Egyetem MÉK,

Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

²ELKH Agrártudományi Kutatóközpont,

Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

Összefoglalás

A modern mezőgazdasági gyakorlatban az éghajlatunk szélsőségesebbé válásával egyre nagyobb hangsúlyt kap a precíziós mezőgazdaság, azon belül pedig a precíziós tápanyag-utánpótlás. A kiegyensúlyozott növénytaplálás elengedhetetlen a terméshozamok fenntartható módon történő növeléséhez, amely során az optimális makroelem-utánpótlás mellett fontos elkerülni a növényben esetlegesen fellépő mikroelem-hiányokat is. A kutatásunk célkitűzése a nitrogéntrágyázás szárazanyag-beépülést és növényi mikroelem-felvételt befolyásoló hatásának értékelése volt két eltérő genotípusú és érésiidejű kukorica (*Zea mays* L. H1: FAO 420, H2: FAO 490) hibrid összehasonlításával. A vizsgálat során meghatároztuk a hibridek ténylegesen felvett mikroelem-tartalmát, valamint a nitrogéntrágyázás hatását a termés mennyiségére. Az eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a 120 kg/ha nitrogéndózis statisztikailag igazolhatóan pozitív hatással van a kukorica szárazanyag-beépülésére, valamint az egyes növényi részek fajlagos mikroelem-tartalmára. A növény fejlődése során a fajlagos mikroelem-koncentrációk mellett a növényekben a növekvő szárazanyag-mennyiség szignifikánsan növelte a mért, tényleges mikroelem-tartalmat. Ezen felül megállapítottuk, hogy a 120 kg/ha dózisu nitrogén-ellátottság a hibridek átlagában 78,5%-kal, 3,965 t/ha értékkel szignifikánsan növelte a termés mennyiségét a kontroll értékekhez képest. Nyolclevelű fejlettségben a nitrogéntrágyázás a kontrollhoz képest a levelekben szignifikánsan, 91,1 mg/kg-mal magasabb fajlagos vastartalmat, ellenben a növények szárában 25,3 mg/kg-mal ala-

csenyebb fajlagos cinktartalmat eredményezett, mely tendencia a fiziológiai érettségben is megfigyelhető volt. A kutatás eredményei alapján igazoltuk, hogy a nitrogén – mint legnagyobb mennyiségben kijuttatott tápelem – alkalmazása mellett megfelelő figyelmet kell fordítani a növények mikroelem-ellátottsági szintjére, ugyanis a megnövelt nitrogéntrágyázás több esetben is csökkent mikroelem-felvételt eredményezett. A hibridek közötti különbségek hozzájárulhatnak az optimális, termőhely-specifikus hibridválasztáshoz, és az ahhoz illesztett okszerű, precíziós tápanyag-utánpótlás gyakorlatának továbbfejlesztéséhez.

Kulcsszavak: mikroelem-felvétel, nitrogén, precíziós tápanyag-utánpótlás, szárazanyag-akkumuláció

Effect of nitrogen fertilisation on dry matter incorporation and micronutrient uptake of different maize hybrids

¹CS. BOJTOR – ¹Á. ILLÉS – ¹J. NAGY – ^{1,2}L. CS. MARTON

¹University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute for Land Utilisation, Regional Development and Technology, Debrecen

²Eötvös Loránd Research Network, Centre for Agricultural Research, Agricultural Institute, Martonvásár

Summary

In modern agricultural practice, as the climate is becoming increasingly extreme, there is an increasing emphasis on precision agriculture, more specifically, precision nutrient replenishment. A balanced plant nutrition is essential to increase yields in a sustainable way, during which, in addition to the optimal replenishment of macronutrients, it is important to avoid any micronutrient deficiencies in the plant. The aim of our research was to evaluate the effect of nitrogen fertilization on dry matter incorporation and plant micronutrient uptake by comparing two hybrids of maize of different genotypes and ripening times (*Zea mays* L. H1: FAO 420, H2: FAO 490). During the analysis, the microelement content of the examined hybrids and the effect of nitrogen fertilization on yield were determined. Based on our results, we concluded that the nitrogen dose

of 120 kg ha⁻¹ has a significant positive effect on the dry matter incorporation of maize and on the specific microelement content of the different plant organs. During the development of the plant, in addition to the specific microelement concentrations, the increasing dry matter content in the plants significantly increased the measured, actual microelement content. In addition, it was found that the nitrogen supply at a dose of 120 kg ha⁻¹ significantly increased the yield of the hybrids by 78.5%, i.e. 3.965 t ha⁻¹ compared to the control values. At the V8 phase, nitrogen fertilization resulted in a significantly higher specific iron content in the leaves compared to the control, increasing its value by 91.1 mg kg⁻¹, while in the stems of the plants it resulted in a specific zinc content decrease of 25.3 mg kg⁻¹, which was also observed at the time of physiological maturity. Based on the results of the research, it was shown that, in addition to the use of nitrogen as the most abundant nutrient, proper attention should be paid to the level of micronutrient supply in plants, as increased nitrogen fertilization resulted in reduced micronutrient uptake in several cases. Differences between hybrids may contribute to optimal, site-specific hybrid selection and to the further development of reasonable precision nutrient replenishment practices.

Key words: micronutrient uptake, nitrogen, precision nutrient replenishment, dry matter accumulation

Влияние азотного удобрения на встроение сухого вещества и усвоение микроэлементов различных гибридов кукурузы

¹Ч. БОЙТОР – ¹А. ИЛЛЕШ – ¹Я. НАДЬ – ²Д. Ч. МАРТОН

¹Дебреценский Университет Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента, Институт Землепользования, Технический и Развития Территорий, Дебрецен

²ЭЛИЦ Исследовательский Центр Аграрных Наук, Институт Сельского Хозяйства, Martonvásár

Резюме

В практике современного сельского хозяйства со все более экстремальными изменениями климата всё более важное значение приобретает точное (прецизионное)

сельское хозяйство, и в рамках этого точное дополнение питательного вещества. Сбалансированное питание растений необходимо для устойчивого увеличения урожая, в ходе которого вместе с оптимальным дополнением макроэлементов важно избежать возможную нехватку микроэлементов в растении. Целью нашего исследования было оценить влияние азотного удобрения, оказываемого на встроение сухого вещества и на усвоение микроэлементов растения, сравнивая два различных по генотипу и по времени созревания кукурузных гибрида (*Zea mays* L. H1: FAO 420, H2: FAO 490). В ходе исследования определили действительно усвоенное гибридами содержание микроэлементов, и также влияние азотного удобрения на количество урожая. На основании наших результатов установили, что доза азота 120 kg/ha статистически доказуемо имеет позитивное влияние на встроение сухого вещества кукурузы, а также на удельное содержание микроэлементов некоторых частей растения. В ходе развития растения вместе с удельными концентрациями микроэлементов в растениях увеличивающееся количество сухого вещества значительно увеличило измеренное действительное содержание микроэлемента. Кроме этого установили, что обеспечение дозой азота в 120 kg/ha в среднем по гибридам значительно увеличило на 78,5%, величиной 3,965 t/ha количество урожая по сравнению с величинами контроля. В развитии 8 листьев внесение азотного удобрения по сравнению с контролем дало в листьях значительное, на 91,1 mg/kg выше удельное содержание железа, и напротив в стебле растений дало на 25,3 mg/kg ниже удельное содержание цинка, такая тенденция и в физиологическом созревании также была заметна. На основании результатов исследования подтвердили, что вместе с применением азота, как внесенного в самом большом количестве питательного вещества, надо уделять соответствующее внимание на уровень обеспеченности микроэлементами растений, постольку увеличенное внесение азотного удобрения вело в большинстве случаев к уменьшению усвоения микроэлементов. Различия между гибридами могут способствовать оптимальному, специфичному для места выращивания выбору гибридов и дальнейшему развитию практики пригодного для этого, обособленного, прецизионного дополнения питательного вещества.

Ключевые слова: усвоение микроэлементов, азот, прецизионное дополнение питательного вещества, накопление сухого вещества

Bevezetés

A kukorica (*Zea mays* L.) jelenleg a világ egyik legfontosabb élelmiszer- és takarmánynövénye, ezért a termelékenység és a hozam maximalizálása a kukoricatermesztők egyik elsődleges célja a minőség fenntartása mellett (*Xin et al.* 2016). A modern mezőgazdasági gyakorlatban az éghajlatunk szélsőségesebb válásával egyre nagyobb hangsúlyt kap a precíziós mezőgazdaság, azon belül is a precíziós tápanyag-utánpótlás, amely nélkülözhetetlen a nagy termésnyerés és kiváló minőség eléréséhez. A népesség növekedésével és a termőterületek csökkenésével arányosan növekszik a szántóföldi tartamkísérletek szerepe, amelyek kiváló lehetőséget nyújtanak a különböző környezeti és agrotechnikai hatások egyenkénti és komplex vizsgálatához. Az ezekből kapott eredmények iránymutatást nyújthatnak a változó klimatikus viszonyok között az új mezőgazdasági gyakorlat számára optimális kukorica genotípusok termőhely-specifikus kiválasztásához.

A nitrogénellátásnak jelentős hatása van a növények növekedésére és fejlődésére, mivel a növényekben található sejtek komponenseinek egyik fő alkotóeleme, amelyek közül is kiemelkedik a fotoszintetikus apparátussal kapcsolatban betöltött szerepe (*Pandey et al.* 2000). A nitrogénhiány gátolja a növény növekedését és fejlődését, különösen a növény alapi részénél lévő idősebb leveleknél, amelyek végül sárgássá válnak, és súlyos N-stressz hatására leesnek. Továbbá a nitrogénhiány képes fokozni a növények vízstressz okozta hozamcsökkenését, amelyet az alacsonyabb szemszám, kisebb szemtömeg, a kevesebb megtermékenyített petesejt, abortált magkezdemények és egyéb fiziológiai és biokémiai változások okozhatnak (*Uhart és Andrade* 1995).

A növények életfolyamatai szempontjából a szárazanyag mennyiségének, kialakulásának és megoszlásának mértéke jelentősen befolyásolja az adott növény abiotikus stresszkörülmények között adott válaszreakcióit. A szárazanyag növényi részek közötti megoszlása a fejlődés korai szakaszában jelentős hatással van a növények fejlődésére (*Tollenaar* 1989). *Zhang et al.* (2009) kutatásukban a nitrogéntrágyázás és a felhalmozódott szárazanyag között szignifikáns kapcsolatot mutattak ki a gyökér, szár és termésvizsgálatok során. A különböző abiotikus stresszhatások közül az aszály jelentősen növeli a szárazanyag-transzlokációt, a szárazanyag-transzlokáció hatékonyságát, és a virágzás előtti asszimilátum szállítás mértékét a generatív részek felé (*Zhang et al.* 2012). *Széles et al.* (2019) kutatásukban megállapították, hogy a növekvő nit-

rogéntrágyázás a megfelelő arányú foszfor és kálium hozzáadása mellett képes növelni a kukorica hibridek abiotikus stressztoleranciáját. *Qi et al.* (2013) vizsgálatai alapján az intenzív tápanyag-kijuttatási technológiával termesztett modern kukoricahibrid hektáronkénti szárazanyag-, valamint N, P és K makroelemek felhalmozódási mennyisége 33 475 kg/ha szárazanyag, 369,76 kg/ha N, 117,85 kg/ha P és 285,78 kg/ha K. *Pepó és Karancsi* (2017) tanulmányukban megállapították, hogy a kukorica hibridek között jelentős különbségek alakulnak ki az NPK-felvételben és a tápanyagok hasznosításában. A több évtizedes tartamkísérletek adatain alapuló kutatásuk szerint az egyes kukorica genotípusok nitrogén-hasznosítási kapacitása 50 és 98% között változott.

A kiegyensúlyozott növénytaplálás elengedhetetlen a terméshozamok fenntartható módon történő növeléséhez, amely során az optimális makroelem-utánpótlás mellett fontos elkerülni a növényben esetlegesen fellépő mikroelemhiányokat is (*Ciampitti et al.* 2013). A növények számára az alábbi mikroelemek tekinthetők esszenciálisnak: Zn, Fe, Mn, Cu, Mo, Ni, B, Cl. Ezek a mikroelemek rendkívül kis mennyiségben szükségesek a növények számára, azonban ennek ellenére fontos szerepet töltenek be a növény számos életfolyamatában, úgy, mint a növekedés, a stressztolerancia és a reprodukciós képesség (*Reid* 2001). A nitrogén-műtrágyázás képes lehet növelni a növények által felvett mikroelemek koncentrációját és teljes mennyiségét a hajtás és gyökér fejlődésének elősegítése által, amely a nagyobb levélfelület következtében fokozottabb fotoszintézist és transzpirációt eredményez (*Marschner* 1995, *Rengel et al.* 1999). *Cakmak* (2002) vizsgálata szerint a csak makroelemekkel történő tápanyag-utánpótlás esetén a növények számára esszenciális mikroelemek hiányának valószínűsége fokozatosan növekedhet.

Az intenzív műtrágyázás jelentős termésnövekedést képes eredményezni, ami két egymással ellentétes folyamathoz vezethet: ha az ásványi tápanyagfelvétel és felhalmozódás gyorsabban növekszik, mint a szárazanyag felhalmozódása, akkor a mikroelemeknek a növényi koncentrációja megnövekszik, ha pedig a szárazanyagnak a felhalmozódása a gyorsabb, abban az esetben a mikroelemek növényi részekben való hígulása következik be (*Jarrell és Beverly* 1981). A kukoricában az egyes kiemelt fenológiai stádiumokban felhalmozódó makro- és mikroelemek vizsgálata alapvető fontosságú a kijuttatott műtrágya mennyiségének és a kijuttatás idejének meghatározásához, valamint a talaj optimális termékenységének fenntartásához (*Brasil et al.* 2007, *Deuner et al.* 2008). Az adott növény igényeihez alkalmazandó adagok ismeretét követően

az első lépés a növény különböző fejlődési szakaszaiban a tápanyagok felszívódásának és felhalmozódásának értékelése, meghatározva az egyes tápelemek iránti nagyobb igényeket jelentő fenológiai szakaszokat (Borges *et al.* 2009). Xue *et al.* (2014) vizsgálatai során a hajtás mikroelem-felhalmozódását értékelték több eltérő fejlődési szakaszban, eltérő nitrogéntrágyázási szintek mellett. Kutatásukban megállapították, hogy a Fe, Mn és Cu növényi felhasználási hatékonyságát (a növényi szárazanyag-tartalomra vonatkoztatott mikroelem-igény és a termés közötti kölcsönhatás) a termés és az N ellátottsági szint szignifikánsan nem befolyásolta. Irodalmi adatok szerint kevés nemzetközi tanulmány vizsgálta kukorica tesztnövényen a N-trágyázási gyakorlatnak a növényi mikroelem-felvétellel és tápelem-koncentrációval meglévő kölcsönhatásait, a kapott eredmények pedig ellentmondásosak (Riedell *et al.* 2009, Losak *et al.* 2011, Ciampitti *et al.* 2013).

A kutatásunk célkitűzése a nitrogéntrágyázás szárazanyag-beépülést és növényi mikroelem-felvételt befolyásoló hatásának értékelése volt két eltérő genotípusú és érésidejű kukorica hibrid összehasonlításával. A vizsgálat során meghatároztuk a hibridek ténylegesen felvett mikroelem-tartalmát, valamint a nitrogéntrágyázás hatását a termés mennyiségére. A hibridek közötti különbségek és a nitrogéntrágyázás hatásának komplex értékelése hozzájárulhatnak az optimális, termőhely-specifikus hibridválasztáshoz, és az ahhoz illesztett okszerű, precíziós tápanyag-utánpótlás gyakorlatának továbbfejlesztéséhez.

Anyag és módszer

Kísérletünket a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén (47° 33' N, 21° 26' E, 111 m tszf.) végeztük, kettő különböző érésidejű, a gyakorlatban a klimatikus viszonyoknak megfelelően általánosan elterjedt középérésű kukorica (*Zea mays* L.) hibrid vizsgálatával (H1 - FAO 420, H2 - FAO 490). Komplex trágyázási tartamkísérletben vizsgáltuk a nitrogéntrágyázás hatását a növények szárazanyag-beépülésére, mikroelem-felvételi dinamikájára, a növényekben akkumulálódott mikroelemek tényleges mennyiségére, valamint a termés mennyiségi változására a 2019-es tenyészidőszakban.

A kísérleti terület jellemzően kontinentális éghajlatú, gyakran fellépő különböző időjárási szélsőségekkel, úgy, mint a lehulló csapadék mennyiségének és eloszlásának változásai, illetve a hőmérsékleti értékek ingadozásai a vegetációs perióduson belül és azon kívül is. A vizsgálatnak helyt adó látóképi kí-

sérleti területen az éves csapadékmennyiség 30 éves (1981–2020) átlaga 560 mm, amely folyamatos csökkenő tendenciát mutat. A hőmérsékleti adatokat tekintve a sokévi éves átlaghőmérséklet 10,4 °C, az évek során növekvő tendenciával, továbbá az éves napfénytartam átlagosan 2046 óra (Nagy 2019). A szakirodalmi adatok szerint az elmúlt öt év nyári féléveinek átlagában a sokéves átlaghoz képest április és szeptember között pozitív hőmérsékleti eltérés volt tapasztalható (1. ábra) (Gombos és Nagy 2019).

1. ábra. A kísérleti terület hőmérséklet és csapadékadatai a 2019 évi tenyészidőszakban (Debrecen, 2019)

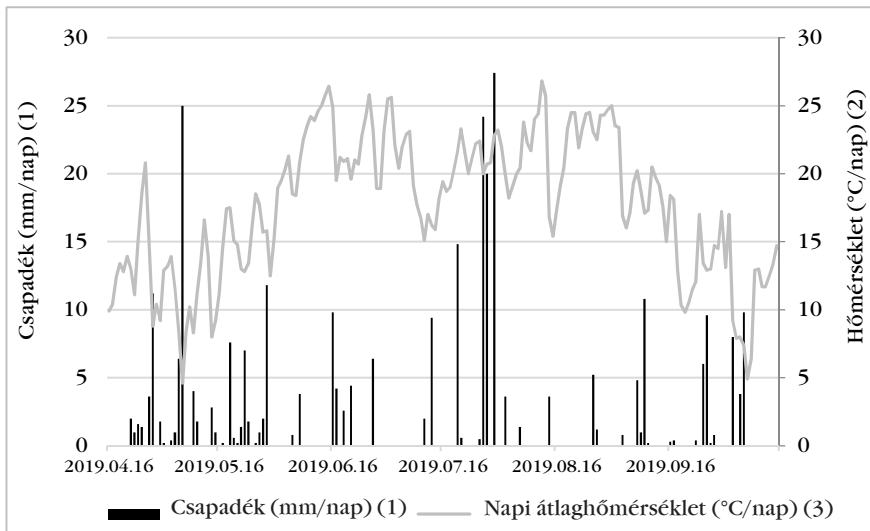


Figure 1. Temperature and precipitation data of the experimental area in the growing season of 2019 (Debrecen, 2019). (1) Precipitation (mm per day), (2) Temperature (°C per day), (3) Daily mean temperature (°C per day)

A több évtizedes (1978-tól napjainkig) szántóföldi tartamkísérlet lehetővé teszi a tápanyag-utánpótlás hosszútávú vizsgálatának lehetőségét, kiküszöbölve a környezeti és agrotechnikai változókából adódó eltéréseket. Alpművelés során őszi mélyszántást végeztünk, az őszi alaptrágya (184 kg/ha P és 214 kg/ha K) kijuttatása mellett. A vetés időpontja 2019. 04. 20. volt, amellyel egy menetben teflutrin hatóanyagú talajfertőtlenítő szert juttattunk ki. A kísérleti parcellák mérete 7,2 m², az alkalmazott tőszám 73 000 növény/ha.

A tartamkísérletben a P és a K a növény számára őszi kijuttatással optimális szinten állandó, a N pedig 0–300 kg/ha értékek között változik az alábbiak szerint (0, 60, 120, 180, 240 és 300 kg/ha N). A kontroll parcellákon a talajban 30 éve nem történt tápanyag-visszapótlás. A kísérlet során a nitrogéntrágyázás hatásának vizsgálata céljából a kontroll – (0 kg/ha) és egy közepes, a gyakorlatban általánosan elterjedt nitrogéndózis (120 kg/ha) parcelláit jelöltük ki a mintavételre.

A terület talajtani szempontból löszháton kialakult mészlepedékes csernozjom, az Arany-féle kötöttségi szám ($K_A=43-45$), a humusztartalom átlagos ($Hu\%=2,7-2,8$), a humuszréteg vastagsága 80 cm körüli (Nagy 2019).

Vizsgálatainkat a tenyészidőszak során öt időpontban végeztük az alábbi fenológiai fázisokban: 2 leveles (05. 08.), 4 leveles (05. 22), 8 leveles fejlettségi állapot (06. 03.), hímvirágzás (07. 15.), fiziológiai érés (09. 03.), ezáltal egy kezdeti fejlődési szakaszt és egy generatív, érési szakaszt együtt tudunk vizsgálni. A mintavételek során a fenológiai fázisoknak megfelelően vizsgáltuk a különböző vegetatív és generatív növényi részeket. A kukorica korai fejlődési fázisaiiban az elemtartalom-vizsgálatokat a levélen és a száron végeztük, később a hímvirágzat és a termés megjelenésével a címer, illetve a szemtermés és a csutka beltartalmi vizsgálatával egészítettük ki. A növényi részek szárazanyag-tartalmának meghatározásához a mintákat 65 °C-on tömegállandóságig szárítottuk, majd szobahőmérsékletre történt visszahűtés után analitikai mérleggel mértük. A kísérletünk során akkreditált laboratóriumban vizsgáltuk a növények számára esszenciális mikroelemek közül a Zn, Fe, Mn, Cu, Mo és Ni mennyiségét, ICP – OES és ICP – MS műszerekkel MSZ EN 13805:2015 alapján. Az egyes növények összes felvett mikroelem-tartalmát a fajlagos tápanyag-koncentráció és a növényi biomassza szorzataként számítottuk ki.

A kísérlet elrendezését tekintve kéttényezős, sávos, négy ismétlésben beállított kisparcellás szántóföldi tartamkísérlet, amely lehetővé teszi a megfelelő statisztikai értékelést. A statisztikai vizsgálatot R 3.2.4. statisztikai környezetben (Team 2016a), RStudio (Team 2016b). grafikus felülettel, "gplots" (Warnes et al. 2015), "car" (Fox és Weisberg 2011) és "agricolae" (De Mendiburu 2016) csomagok felhasználásával végeztük. A grafikonokat MS Excel 2019 programmal készítettük.

Eredmények

A növények szárazanyag-beépülésének értékelése során megfigyeltük, hogy a H1 hibrid fiziológiai érettségben akkumulálódott összes szárazanyag mennyisége átlagosan 483,9 g/növény volt, amely szignifikánsan meghaladta a H2 hibridnél mért 446,5 g/növény átlagértéket. A növényi részek vizsgálata során megállapítottuk, hogy a H1 hibrid magasabb értékeit a szemtermés és a szár magasabb szárazanyag mennyisége eredményezte (2. A ábra). A nitrogéntrágyázás hatásának vizsgálata során megállapítottuk, hogy a 120 kg/ha N dózis szignifikánsan, 76 g/növény értékkel növelte a beépült szárazanyag mennyiségét, amely növekedés az egyes növényi részek közül a szár, levél és szemtermés értékeinél egyenként is megfigyelhető (2. B ábra).

2. ábra. Nitrogéntrágyázás hatása eltérő kukorica hibridek növényi részeinek szárazanyag-mennyiségére (Debrecen, 2019)

A: Hibridek értékei a tápanyagszintek átlagában

B: Nitrogéntrágyázás hatása a hibridek átlagában

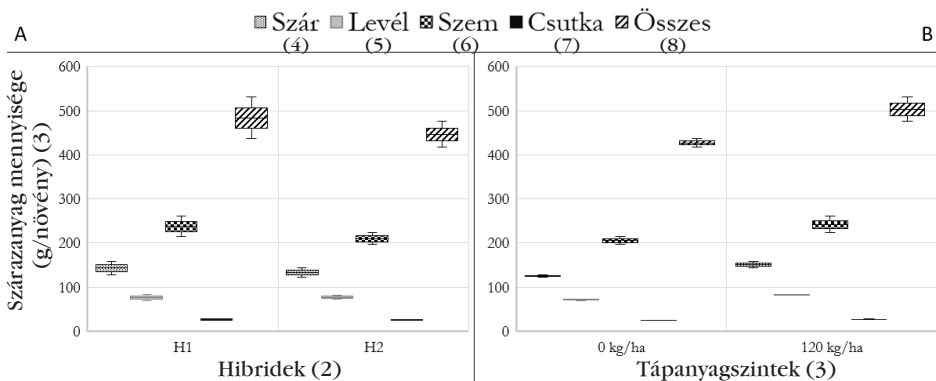


Figure 2. Effect of nitrogen fertilization on the dry matter accumulation of the parts of two maize hybrids (Debrecen, 2019) A: Values of hybrids in the mean of nutrient levels. B: Effect of nitrogen fertilization in the mean of hybrids. (1) Dry matter content (g per plant), (2) Hybrids, (3) Nutrient levels, (4) Stem, (5) Leaf, (6) Grain, (7) Cob, (8) Total

Gastal és Bemaire (2002) kutatásukban hasonló eredményt kaptak, a kukorica nitrogénfelvétele és a szárazanyag-akkumuláció egymással pozitívan korrelált. Han et al. (2019) legújabb vizsgálatukban megállapították, hogy a

magasabb nitrogén-ellátottság hatására a hibridek szárazanyag-beépülése fokozódik, amely növekedés hibridspecifikus jellemzőket mutat.

A kísérlet során öt különböző fejlettségi állapotban vizsgáltuk az egyes növényi részek fajlagos mikroelem-koncentrációját, amelyek közül a 3. ábrán a kukorica fejlődése szempontjából kiemelt jelentőségű 8 leveles állapot, valamint a fiziológiai érettség mintavételeinek adatai láthatóak.

3. ábra. Nitrogéntrágyázás hatása a kukorica hibridek zöld növényi részének fajlagos Zn-, Fe- és Mn-tartalmára 8 leveles fejlettségi állapotban (A és C) és fiziológiai érettségben (B és D) (Debrecen, 2019)

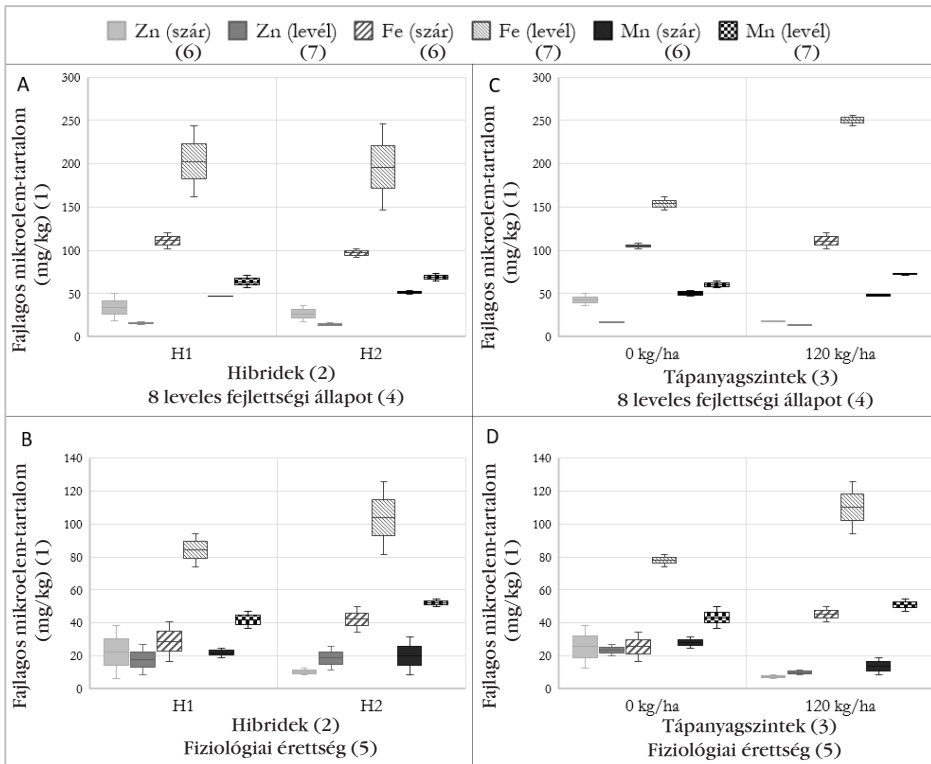


Figure 3. Effect of nitrogen fertilization of the Zn, Fe and Mn content of the green parts of two maize hybrids at 8-leaf stage (A and C) and at physiological maturity (B and D) (Debrecen, 2019). (1) Specific microelement content (mg kg⁻¹), (2) Hybrids, (3) Nutrient levels, (4) V8 phase, (5) Physiological maturity, (6) Stem, (7) Leaf

A 8 leveles fejlettségben a nitrogéntrágyázás a kontrollhoz képest a levelekben szingifikánsan, 91,1 mg/kg-mal magasabb fajlagos vastartalmat, ellenben a növények szárában 25,3 mg/kg-mal alacsonyabb fajlagos Zn-tartalmat eredményezett (3. A–C ábra). A fiziológiai érettség állapot mintáinak értékelése alapján is a Fe koncentrációja a levélben és a szárban is a nitrogéntrágyázás hatására megemelkedett, 19,9 mg/kg és 32 mg/kg értékekkel, míg a fajlagos Zn-tartalom ezzel ellentétes módon szignifikánsan csökkent, átlagosan 18,1 mg/kg és 16,5 mg/kg értékekkel (3. B–D ábra).

Bruns és Ebelhar (2006) vizsgálatai alapján a nagyobb mértékű nitrogéntrágyázás szignifikánsan növelte a csövel szemközti levélben mért Mn, Zn és Cu koncentrációját. Ezzel szemben a vizsgálatunk alapján a Zn fajlagos koncentrációja szignifikánsan csökkent a 8 leveles fejlettségben és fiziológiai érettségben a magasabb nitrogéndózisok hatására. *Izsáki* (2009) több éves kutatásában megfigyelte, hogy a növekvő nitrogén-ellátottság szignifikánsan pozitív hatással volt a kukorica levelének Mn koncentrációjára, amelyet a N–Mn közötti szinergista kölcsönhatás okozott. A kutatásunkban ellenben nem tapasztaltuk a nagyobb nitrogéndózisok Mn-koncentrációt növelő hatását.

A kukorica kezdeti fejlődésétől a fiziológiai érésig a zöld növényi részek fajlagos Cu-tartalma növekedett, a hibrid- és a tápanyag is statisztikailag igazolhatóan pozitív hatással volt az értékekre több fejlődési időpontban (1. táblázat).

1. táblázat. Nitrogéntrágyázás hatása a kukorica hibridek zöld növényi részeinek fajlagos Cu-tartalmára 8 leveles fejlettségi állapotban és fiziológiai érettségben (Debrecen, 2019)

	8 leveles fejlettség		Fiziológiai érettség	
	(1)		(2)	
	Szár Cu-tartalom (mg/kg) (3)	Levél Cu-tartalom (mg/kg) (4)	Szár Cu-tartalom (mg/kg) (3)	Levél Cu-tartalom (mg/kg) (4)
H1	4,01±0,65	7,78±1,82	4,78±10,11	10,11±1,78
H2	4,10±0,38	8,03±1,55	4,96±2,17	7,31±2,29
0 kg/ha	3,68±0,19	6,71±0,30	3,05±0,56	12,00±2,62
120 kg/ha	4,42±0,45	9,10±1,52	6,70±2,45	5,43±2,15

Table 1. Effect of nitrogen fertilization of the Cu content of the green parts of two maize hybrids at 8-leaf stage and at physiological maturity (Debrecen, 2019). (1) V8 phase, (2) Physiological maturity, (3) Cu content in the stem (mg kg⁻¹), (4) Cu content in the leaves (mg kg⁻¹)

Mills et al. (1996) tanulmányukban vizsgálták a N-Cu szinergizmus és antagonizmus eseteit és jelentőségét. *Losak et al.* (2011) vizsgálatukban az eredményeinktől eltérően a nitrogéndózis növelése nem befolyásolta szignifikánsan az általuk mért Cu értékeket. A vizsgálataink során a fiziológiai érettségben 120 kg/ha nitrogéntrágyázásnál mért Cu értékei (12 mg/kg) megegyeztek *Jurkovic et al.* (2006) kutatásával, amelyben a csövel szemközti levelének átlag fajlagos Cu-tartalma 14,1 mg/kg volt, azonban a kezdeti fejlettségben alacsonyabb, 2,28 mg/kg és 9,41 mg/kg közötti koncentráció volt jellemző. A 8 leveles, hímvirágzáskori és fiziológiai érettségi állapotban mért Ni értékei a nitrogéntrágyázás hatására növekedtek, amely 8 leveles fejlettségénél volt szignifikáns, +0,5 mg/kg levélben mért többlettel (4. ábra).

A fiziológiai érettségben történt mintavétel során mértük a hibridek szemtermésének és csutkájának komplex mikroelem-tartalmát. Az 5. ábrán a Zn, Fe és Mn értékeinek hibridek és tápanyagszintek közötti változásai láthatóak. A hibridek közötti különbségeket értékelve látható, hogy a H2 hibrid fajlagos Mn-tartalma szignifikánsan magasabb volt, a szemtermésben 10,5 mg/kg-mal, a csutkában pedig 12,6 mg/kg-mal (5. A-C ábra). A csutkában ezen felül szignifikáns eltérést a fajlagos Zn- és Fe-tartalomban mértünk, a Zn a H2-ben statisztikailag igazolhatóan, 11,8 mg/kg-mal alacsonyabb, míg a Fe értéke szignifikánsan, 8 mg/kg-mal magasabb volt, mint a H1 hibrid értékei ($p < 0,05$) (5. C ábra).

A nitrogéntrágyázás hatásának vizsgálata alapján a 120 kg/ha nitrogéndózis a szemtermés és a csutka esetében is a fajlagos Fe (+4,8 mg/kg és +8,5 mg/kg) és Mn (+7,6 mg/kg és +8,6 mg/kg) értékeit növelte szignifikánsan, ellenben a Zn fajlagos mennyisége szignifikánsan, 20,8 mg/kg-mal csökkent a kontroll értékekhez képest (5. B-D ábra). Ez eltérést jelent *Losak et al.* (2011) vizsgálatához képest, amelyben a megnövelt nitrogéntrágyázás növekvő Zn-felvételt eredményezett. A kutatás eredményeiből arra lehet következtetni, hogy a cinknek - mint a kukorica számára az egyik legfontosabb tápelemnek - a magasabb nitrogéntrágyázás melletti csökkent mennyiségét a tartamkísérletben a magasabb nitrogéndózis és a magasabb termésszint következtében a területről évről évre elvont mikroelem mennyisége miatt feltételezhető mikroelem-hiány okozhatta. Ellenben az eredményünkkel megegyező tendenciát mértünk a nitrogéntrágyázásnak a szemtermés fajlagos Fe-tartalmára gyakorolt hatásának értékelésekor, a nitrogéndózis növelésével a Fe-felvétel is fokozódott. *Hossain et al.* (2008) tanulmányuk szerint a termés Zn-tartalma 16,5 és 27 mg/kg között változott, amellyel a mi eredményeink is megegyeztek.

4. ábra. Nitrogéntrágyázás hatása a kukorica hibridek zöld növényi részeinek fajlagos Mo- és Ni-tartalmára 8 leveles fejlettségi állapotban (A és C) és fiziológiai érettségben (B és D) (Debrecen, 2019)

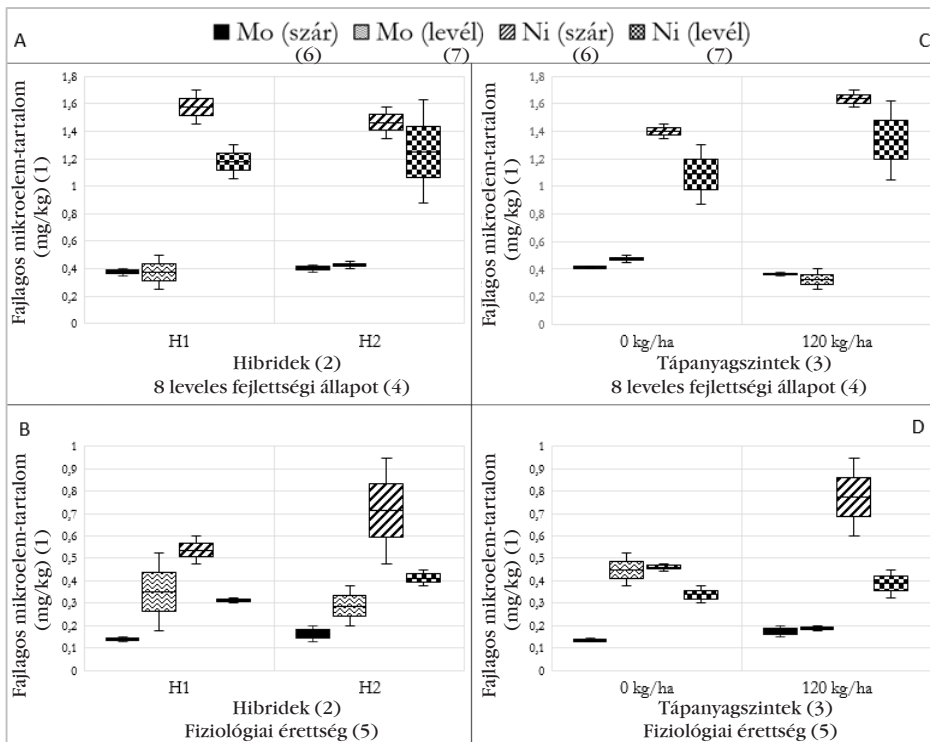


Figure 4. Effect of nitrogen fertilization of the Mo and Ni content of the green parts of two maize hybrids at 8-leaf stage (A and C) and at physiological maturity (B and D) (Debrecen, 2019). (1) Specific microelement content (mg kg^{-1}), (2) Hybrids, (3) Nutrient levels, (4) V8 phase, (5) Physiological maturity, (6) Stem, (7) Leaf

A kísérlet során értékeltük a növény szárazanyagában a tenyésztés során felhalmozódott mikroelemek összes mennyiségét. A vizsgálataink alapján a növények kezdeti fejlődése során a hibridek között a felvett Fe- és Zn-tartalomban volt szignifikáns különbség (6. A-C ábra). A kései, generatív szakaszban a hímvirágzás és fiziológiai érettség mintáinak összehasonlítása alapján a Fe, Zn és Ni hibridekben mért összes mennyiségében mértünk szignifikáns eltéréseket (6. B-D ábra). Ezen adatok alapvető fontosságúak az adott területről a betakarított terméssel, valamint a nem talajba bedolgozott szármarad-

vánnyal elvont mikroelemek mennyiségi meghatározásához, ezáltal az okszerű, komplex precíziós tápanyag-visszapótlás gyakorlatának fejlesztéséhez.

5. ábra. Nitrogéntrágyázás hatása eltérő kukorica hibridek szemtermésének és csutkájának fajlagos Zn-, Fe- és Mn-tartalmára (Debrecen, 2019)

A és C: Hibridek értékei a tápanyagszintek átlagában
B és D: Nitrogéntrágyázás hatása a hibridek átlagában

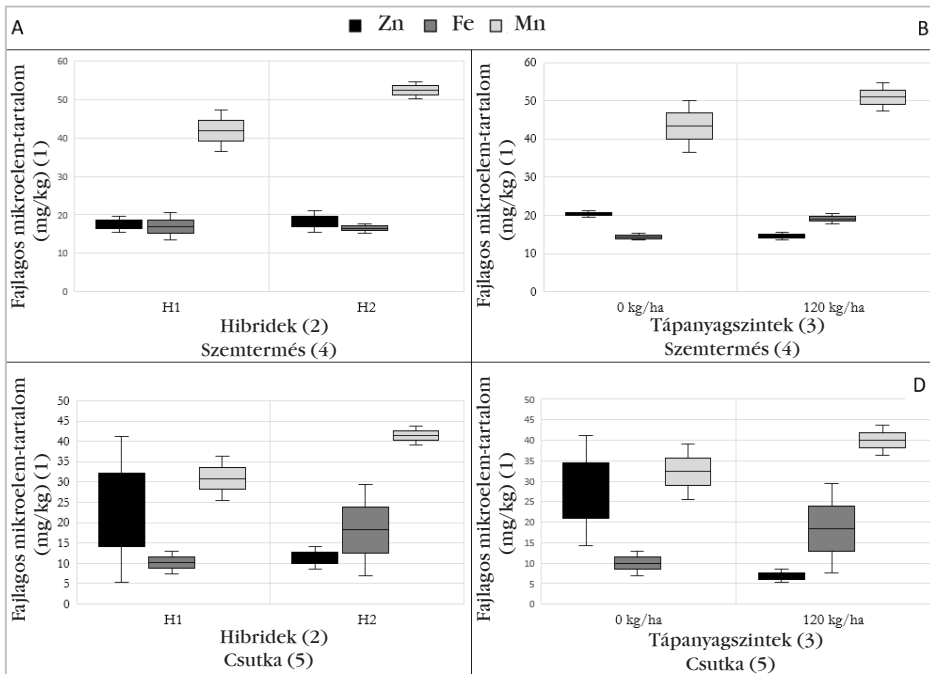


Figure 5. Effect of nitrogen fertilization on the Zn, Fe and Mn content of the kernels and cob of two maize hybrids (Debrecen, 2019). A and C: Values of hybrids in the mean of nutrient levels. B and D: Effect of nitrogen fertilization in the mean of hybrids. (1) Specific microelement content (mg kg^{-1}), (2) Hybrids, (3) Nutrient levels, (4) Grain yield, (5) Cob

Borges *et al.* (2009) kutatásukban meghatározták a kukorica összes felvett mikroelem-igényét és a mikroelemek közötti mennyiségi sorrendet, az alábbiak szerint: $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu}$. Hasonló eredményeket közölnek Losak *et al.* (2011) kutatási eredményeik alapján, amelyben megállapították, hogy a kukorica számára a Fe és a Zn a legnagyobb mennyiségben akkumulált mikroelem, ezeket követi a Mn, illetve a Cu. A vizsgálataink alapján megfigyeltük, hogy a

Mn és a Zn a kezdeti fejlődés során közel azonos mértékben halmozódott fel a növényekben, ellenben a generatív fejlődési szakaszban nagyobb Mn-tartalmat mértünk.

6. ábra. Az eltérő kukorica hibridek (H1-H2) kezdeti fejlődése során (A-B-C), valamint a generatív fejlődési szakaszban (D-E-F) a növények szárazanyagában mért összes felvett Fe, Mn, Zn, Cu, Mo és Ni mennyisége a tápanyagszintek átlagában (Debrecen, 2019)

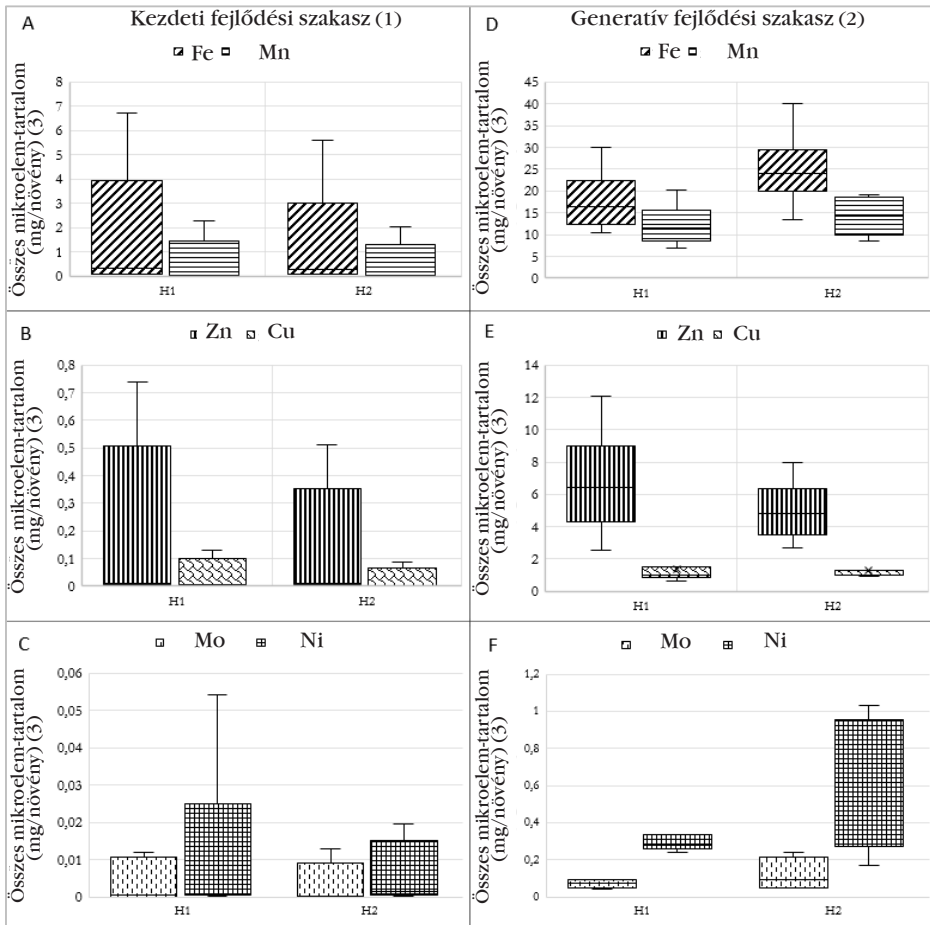
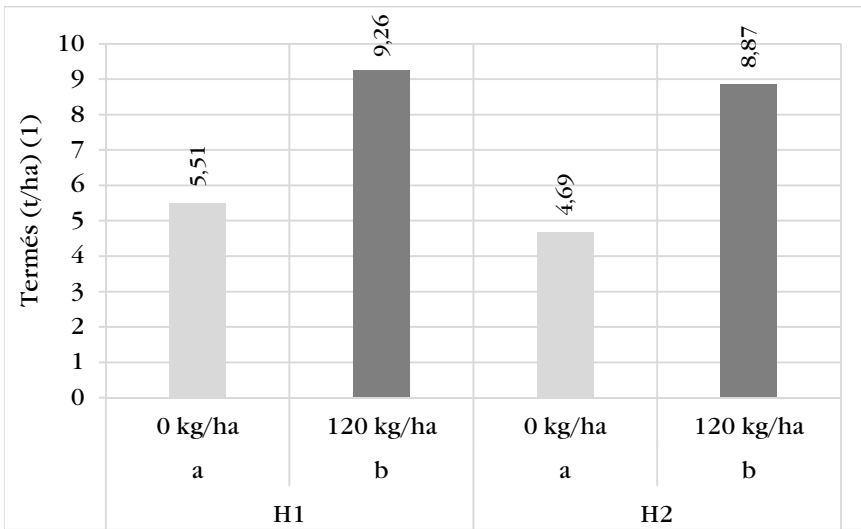


Figure 6. Total Fe, Mn, Zn, Cu, Mo and Ni content of the different maize hybrids (H1-H2) during the early development stage (A-B-C) and the ripening stage (D-E-F) (Debrecen, 2019). (1) Initial development phase, (2) Generative development phase, (3) Total microelement content (mg per plant)

A nitrogéntrágyázás meghatározó jelentőségű a termésmennyiség növeléséhez, ugyanakkor fontos meghatározni a hibridek közötti különbséget a környezettudatos és költséghatékony hibridspecifikus trágyázási gyakorlat kialakításához. A vizsgálataink során a 120 kg/ha N dózis a kontrollhoz képest szignifikánsan, a H1 hibrid esetében 68%-kal, 3,75 t/ha-ral, a H2 hibridnél pedig 89%-kal, 4,18 t/ha-ral nagyobb termést eredményezett. A hibridek közül a kontroll és a 120 kg/ha nitrogéndózis esetében is a rövidebb érésű H1 hibridnek volt nagyobb a termése, azonban a két hibrid között nem volt statisztikailag igazolt eltérés (7. ábra).

7. ábra. Nitrogéntrágyázás hatása a kukorica hibridek termésmennyiségére (Debrecen, 2019)



Megjegyzés: $SzD_{5\%}=2,43$; az azonos betűvel jelzett oszlopok egymástól statisztikailag nem különböznek.

Figure 7. Effect of nitrogen fertilization on the yield of maize hybrids (Debrecen, 2019). (1) Yield ($t\ ha^{-1}$), Note: $LSD_{5\%}=2.43$, treatments with the same letter are not significantly different

Következtetések

A szántóföldi tartamkísérletben végzett kutatásunk során megállapítottuk, hogy a nitrogéntrágyázás statisztikailag igazolhatóan pozitív hatással van a kukorica szárazanyag-beépülésére, valamint szignifikánsan befolyásolja az egyes

növényi részek fajlagos mikroelem-tartalmát. A méréseink alapján a nitrogén kijuttatásával a kukorica különböző fejlődési szakaszaiban eltérő folyamatok voltak megfigyelhetők, a mikroelemek koncentrációjában növekvő és csökkenő értékeket is mértünk. A kukorica számára alapvető fontosságú Zn fajlagos növényi koncentrációja esetében a 120 kg/ha nitrogénellátottság a zöld növényi részekben és a termésben is csökkent értékeket eredményezett. Ez igazolta a kukoricatermesztésben a nitrogéntrágyázás melletti kiegészítő cinktrágyázás alkalmazásának jelentőségét. A nitrogéntrágyázás hatására a zöld növényi részekben magasabb fajlagos Cu-, Mn- és Ni-tartalmat mértünk, amely alapján a több felvehető N mellett ezekből a tápelemekből a növények nagyobb felvételre voltak képesek.

A növény fejlődése során a fajlagos mikroelem-koncentrációk mellett a növényekben mért tényleges mikroelem-tartalom változásait a növekvő szárazanyag-mennyiség szignifikánsan befolyásolta. Ennek hibridspecifikus értékelése az adott hibrid termesztéstechnológiájához illesztett optimális tápanyag-visszapótlást tesz lehetővé.

A 120 kg/ha dózisú nitrogénellátottság a hibridek átlagában 78,5%-kal, 3,965 t/ha értékkel szignifikánsan növelte a termés mennyiségét a kontroll értékekhez képest. Az eltérő érésidejű hibridek között a termésben szignifikáns különbség nem volt. Az egyes hibridek egyedi nitrogénreakciójának értékelése meghatározó a túlzott tápanyag-kijuttatás elkerülése érdekében.

A kutatás eredményei alapján igazoltuk, hogy a N – mint legnagyobb mennyiségben kijuttatott tápelem – alkalmazása mellett megfelelő figyelmet kell fordítani a növények mikroelem-ellátottsági szintjére, ugyanis a megnövelt nitrogéntrágyázás több esetben is csökkent mikroelem-felvételt eredményezett. 8 leveles fejlettségben a nitrogéntrágyázás a kontrollhoz képest a levelekben szignifikánsan, 91,1 mg/kg-mal magasabb fajlagos Fe-tartalmat, ellenben a növények szárában 25,3 mg/kg-mal alacsonyabb fajlagos Zn-tartalmat eredményezett, amely tendencia fiziológiai érettségben is megfigyelhető volt. Továbbá az időjárás okozta szélsőségek, úgymint a talajnak a tenyészidőszak egyenetlen csapadékeloszlása okozta ingadozó vízellátottsága, valamint a nyári hónapok hő- és vízstressz hatásai is képesek lehetnek befolyásolni a növények tápanyag-felvételét, ezáltal az optimális tápelem-ellátottságot.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program NKFIH-1150-6/2019 számon támogatta, a Debreceni Egyetem 4. tématerületi programja keretében, illetve az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 sz. projekt. A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült.

Irodalom

- Borges, I. D.–Von Pinho, R. G.–Pereira, J. L. D. A. R.*: 2009. Micronutrients accumulation at different maize development stages. *Ciência e Agrotecnologia*. 33. 4: 1018–1025.
- Brasil, E. C.–Alves, V. M. C.–Marriel, I. E.–Pitta, G. V. E.–Carvalho, J. G. D.*: 2007. Matéria seca e acúmulo de nutrientes em genótipos de milho contrastantes quanto a aquisição de fósforo. *Ciência e Agrotecnologia*. 31. 3: 704–712.
- Bruns, H. A.–Ebelhar, M. W.*: 2006. Nutrient uptake of maize affected by nitrogen and potassium fertility in a humid subtropical environment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 37. 1–2: 275–293.
- Cakmak, I.*: 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant and Soil*. 247. 1: 3–24.
- Ciampitti, I. A.–Camberato, J. J.–Murrell, S. T.–Vyn, T. J.*: 2013. Maize nutrient accumulation and partitioning in response to plant density and nitrogen rate: I. Macronutrients. *Agronomy Journal*. 105. 3: 783–795.
- De Mendiburu, F.*: 2016. *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.2-4. <http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
- Deuner, S.–Nascimento, R. D.–Ferreira, L. S.–Badinelli, P. G.–Kerber, R. S.*: 2008. Adubação foliar e via solo de nitrogênio em plantas de milho em fase inicial de desenvolvimento. *Ciência e Agrotecnologia*. 32. 5: 1359–1365.
- Fox, J.–Weisberg, S.*: 2011. *An {R} Companion to Applied Regression, Second Edition*. Thousand Oaks CA: Sage. <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>
- Gastal, K. L.–Bematre, G. C.*: 2002. Row spacing effect of nitrogen fixation, nitrogen yield and soil nitrogen uptake of inter-cropped cowpea and maize. *J. Plant and Soil*. 11: 17–23.
- Gombos B.–Nagy J.*: 2019. Az időjárás értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletek eredményei alapján. *Növénytermelés*. 68. 2: 5–23.

- Han, X.–Han, N.–Zhou, Q.–Kang, J.–Bai, X.: 2019. Effects of nitrogen application on growth and yield of maize. IOP Publishing. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 304. 5: 52–54.
- Hossain, M. A.–Jahiruddin, M.–Islam, M. R.–Mian, M. H.: 2008. The requirement of zinc for improvement of crop yield and mineral nutrition in the maize-mung-bean-rice system. Plant and Soil. 306: 13–22.
- Izsáki, Z.: 2009. Effect of nitrogen supply on nutritional status of maize. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 40. 1–6: 960–973.
- Jarrell, W. M.–Beverly, R. B.: 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. Advances in Agronomy. 34. 1: 197–224.
- Jurkovic, Z.–Kovacevic, V.–Loncaric, Z.–Zdunic, Z.: 2006. Influences of soil and fertilization with phosphorus and potassium on zinc, manganese, copper and iron status in maize. Cereal Res. Commun. 34: 528.
- Losak, T.–Hlusek, J.–Martinec, J.–Jandak, J.–Szostkova, M.–Filipcik, R.–Manasek, J.–Prokes, K.–Peterka, J.–Varga, L.–Ducsay, L.–Orosz, F.–Martensson, A.: 2011. Nitrogen fertilization does not affect micronutrient uptake in grain maize (*Zea mays* L.). Acta Agriculturae Scandinavica. Section B-Soil & Plant Science. 61. 6: 543–550.
- Marschner, H.: 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic. Great Britain.
- Mills, H. A.–Jones, J. B.–Benton, J.: 1996. Plant analysis handbook II.
- Nagy J.: 2019. Komplex talajhasználati, víz- és tápanyaggazdálkodási tartamkísérletek 1983-tól a Debreceni Egyetemen. Növénytermelés. 68. 3: 5–28.
- Pandey, R. K.–Maranville, J. W.–Admou, A.: 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment I. Grain yield and yield components. Agril. Water Manage. 46: 1–13.
- Pepó, P.–Karancsi, G. L.: 2017. Effect of fertilization on the NPK uptake of different maize (*Zea mays* L.) genotypes. Cereal Res. Commun. 45. 4: 699–710.
- Qi, W. Z.–Chen, X. L.–Liu, P.–Liu, H. H.–Li, G.–Shao, L. J.–Wang, F. F.–Dong, S. T.–Zhang, J. W.–Zhao, B.: 2013. Characteristics of dry matter, accumulation and distribution of N, P and K of super-high-yield summer maize. Plant Nutrition and Fertilizer Science. 19. 1: 26–36.
- Reid, R. J.: 2001. Mechanisms of micronutrient uptake in plants. Functional Plant Biology. 28. 7: 661–668.
- Rengel, Z.–Batten, G. D.–Crowley, D. D.: 1999. Agronomic approaches for improving the micronutrient density in edible portions of field crops. Field Crops Research. 60. 1–2: 27–40.
- Riedell, W. E.–Pikul, J. L.–Jaradat, A. A.–Schumacher, T. E.: 2009. Crop rotation and nitrogen input effects on soil fertility, maize mineral nutrition, yield, and seed composition. Agronomy Journal. 101. 4: 870–879.

- Széles, A.–Nagy, J.–Rátonyi, T.–Harsányi, E.:* 2019. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. *Maydica*. 64. 2: 14.
- Team, R.:* 2016a. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc. Boston. MA. USA. <http://www.rstudio.com/>
- Team, R.:* 2016b. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Tollenaar, M.:* 1989. Response of dry matter accumulation in maize to temperature: I. Dry matter partitioning. *Crop Science*. 29. 5: 1239–1246.
- Uhart, S. A.–Andrade, F. H.:* 1995. Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. *Crop Sci*. 35: 183–190.
- Warnes, G. R.–Bolker, B.–Bonebakker, L.–Gentleman, R.–Liauw, W. H. A.–Lumley, T.–Maechler, M.–Magnusson, A.–Moeller, S.–Schwartz, M.–Venables, B.:* 2015. gplots: Various R Programming Tools for Plotting Data. R package version 2.17.0. <http://CRAN.R-project.org/package=gplots>
- Xin, X.–Zhang, J. Zhu, A.–Zhang, C.:* 2016. Effects of long-term (23 years) mineral fertilizer and compost application on physical properties of fluvo-aquic soil in the north china plain. *Soil Tillage Res*. 156: 166–172.
- Xue, Y.–Yue, S.–Zhang, W.–Liu, D.–Cui, Z.–Chen, X.–Ye, Y.–Zou, C.:* 2014. Zinc, iron, manganese and copper uptake requirement in response to nitrogen supply and the increased grain yield of summer maize. *PLoS One*. 9: 4.
- Zhang, J. T.–Peng, Z. P.–Li, T.–Yuan, S.–Wang, Y. Q.–Xue, S. C.:* 2009. Effects of different N application rates on the dynamic accumulation and distribution of assimilate and N content in maize [J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*. 2.
- Zhang, R.–Guo, D.–Zhang, X.–Lu, H.–Liu, J.–Li, F.–Hao, Y.–Xue, J.:* 2012. Effects of drought stress on physiological characteristics and dry matter production in maize silking stage. *Acta Agronomica Sinica*. 38. 10: 1884–1890.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Bojtor Csaba – Illés Árpád – Dr. Nagy János – Dr. Marton L. Csaba
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*bojtor.csaba@agr.unideb.hu

Dr. Marton L. Csaba
ELKH ATK
Mezőgazdasági Intézet
Martonvásár
Brunszvik u. 2.
H-2462

Összefüggés vizsgálatok az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) növényfiziológiai paramétereiről és a termésmennyisége között

FEKETE ÁGNES - SZABÓ ÉVA - PEPÓ PÉTER

Debreceni Egyetem MÉK,

Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Tartamkísérletben mészlepedékes csernozjom talajon 4 őszi búza genotípust (GK Öthalom, Mv Ispán, Ingenio, Hyland) vizsgáltunk növekvő adagú műtrágya kezeléseknél, eltérő elővetemények (csemegekukorica, napraforgó, szemes kukorica) után 2018. és 2019. években. Megállapítottuk, hogy az évjárat, a trágyázás és az elővetemények jelentősen befolyásolták a búza terméseredményét. A genotípusok termésmaximuma 2018. évben csemegekukorica után 9,3 t/ha, napraforgó után 8,7 t/ha, szemes kukorica után 8,8 t/ha volt, míg 2019-ben 6,3 t/ha, 6,9 t/ha és 6,4 t/ha termésmaximumokat értünk el. Az elővetemény hatása a műtrágya nélküli kontroll kezelésben jelentkező szignifikáns mértékben, míg optimális műtrágyázással ($N_{opt}+PK=150$ kg/ha+PK) jelentősen csökkenteni lehetett a kedvezőtlen elővetemény-hatást, de a negatív hatásokat eliminálni nem lehetett. A búza termésmennyiségét az állományok fotoszintetikus kapacitása (LAI, SPAD értékek és azok dinamikája) szignifikánsan meghatározta. A kedvezőbb időjárású 2018. évben a LAI_{max} értékek 4,0–8,5 m^2m^{-2} , a $SPAD_{max}$ értékek pedig 40,3–62,2 között változtak tápanyagellátástól, genotípustól és előveteménytől függően. A kedvezőtlenebb időjárású 2019. évben a LAI_{max} értékek 1,8–3,9 m^2m^{-2} , a $SPAD_{max}$ 28,3–58,8 intervallumban változtak. Szoros, szignifikáns összefüggést mutattunk ki Pearson-féle korrelációs analízissel a búza termés és a LAI értékek ($0,585^{xx}-0,797^{xx}$), valamint a termés és a SPAD értékek ($0,470^{xx}-0,585^{xx}$) között. A búza termésmennyiségét a fajta 37%-ban, a tápanyagellátás 25%-ban, az elővetemény ugyancsak 25%-ban határozta meg adott ökológiai és agrotechnikai rendszerben.

Kulcsszavak: őszi búza, termés, LAI, SPAD, összefüggés vizsgálat

Correlation analyses between the plant physiological parameters and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

Á. FEKETE – É. SZABÓ – P. PEPÓ

University of Debrecen, Centre for Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Crop Science, Debrecen

Summary

Four different winter wheat genotypes (GK Öthalom, Mv Ispán, Ingenio, Hyland) were examined in a long-term experiment on chernozem soil, following different previous crops (sweet maize, sunflower, grain maize) in 2018 and 2019. It was concluded that crop year, fertilisation and the previous crops significantly affected wheat yield. In 2018, the yield maximum of the different genotypes was 9.3 t ha⁻¹ after sweet maize, 8.7 t ha⁻¹ after sunflower, 8.8 t ha⁻¹ after sweet maize, while in 2019, the respective maximum yields were 6.3 t ha⁻¹, 6.9 t ha⁻¹ and 6.4 t ha⁻¹. The effect of previous crop was significant in the non-fertilised control treatment, while optimum fertilisation (N_{opt}+PK=150 kg ha⁻¹+PK) could significantly reduce the unwanted effect of the previous crop, however, we could not eliminate the negative effects. Wheat yield was significantly affected by the photosynthetic capacity (LAI, SPAD readings and their dynamics) of the crop stands. In 2018, when weather was favourable, the obtained LAI_{max} readings ranged between 4.0–8.5 m²m⁻², while SPAD_{max} readings ranged between 40.3–62.2, depending on fertilisation, genotype and previous crop. In 2019, when the weather was unfavourable, LAI_{max} readings were between 1.8–3.9 m²m⁻² and SPAD_{max} ranged between 28.3–58.8. Using Pearson's correlation analysis, a strong, significant correlation was shown between wheat yield and LAI readings (0.585^{xx}–0.797^{xx}), as well as between yield and SPAD readings (0.470^{xx}–0.585^{xx}). Wheat yield was affected by the variety (37%), fertilisation (25%) and the previous crop (also 25%) in the given ecological and agrotechnical system.

Key words: winter wheat, yield, LAI, SPAD, correlation analysis

Исследования взаимовлияния между физиологическими параметрами растения и количеством урожая озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.)

А. ФЕКЕТЕ – Е. САБО – П. ПЕПО

Дебреценский Университет МЭК Институт Ботаники, Дебрецен

Резюме

В продолжительном опыте на чернозёмной с известковой прослойкой почве исследовали 4 генотипа озимой пшеницы (GK Öthalom, Mv Ispán, Ingenio, Nyland) в растущих дозах искусственного удобрения, после различных растений предшественников (сахарная кукуруза, подсолнечник, зерновая кукуруза) в 2018 и в 2019 годах. Установили, что год выращивания, удобрения и растения предшественники значительно влияли на результат урожая пшеницы. Максимумы урожаев генотипов были в 2018 году после сахарной кукурузы 9,3 t/ha, после подсолнечника 8,7 t/ha, после зерновой кукурузы 8,8 t/ha, а в 2019 году получили 6,3 t/ha, 6,9 t/ha и 6,4 t/ha максимумы урожаев. Влияние растения предшественника значительно проявилось в контрольных обработках без искусственного удобрения, а оптимальным внесением искусственного удобрения ($N_{opt}+PK=150\text{ kg/ha}+PK$) можно было значительно уменьшить неблагоприятное влияние растения предшественника, но негативные влияния невозможно было исключить. Количество урожая пшеницы значительно определяла фотосинтетическая мощность насаждений (величины LAI, SPAD и их динамика). В более благоприятном 2018 году выращивания величины LAI_{max} изменялись 4,0–8,5 m^2m^{-2} , а величины $SPAD_{max}$ изменялись между 40,3–62,2 в зависимости от обеспечения питательными веществами, от генотипа и растения предшественника. В более неблагоприятном 2019 году выращивания величины LAI_{max} изменялись в интервалах 1,8–3,9 m^2m^{-2} , а величины $SPAD_{max}$ изменялись в интервалах 28,3–58,8. Тесную, значительную связь показали корреляционным анализом Pearson-а между урожаем пшеницы и величинами LAI изменялись ($0,585^{xx}-0,797^{xx}$), а также между урожаем и величинами SPAD ($0,470^{xx}-0,585^{xx}$). Количество урожая пшеницы определялось сортом в 37%-ах, обеспечением питательными веществами в 25%-ах, растением предшественником также в 25%-ах в данной экологической и агротехнической системе.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожай, LAI, SPAD, исследование взаимозависимости

Bevezetés

A növénytermesztők alapvető célkitűzése az, hogy adott ökológiai feltételek mellett gazdaságosan növeljék a szántóföldi növények termés mennyiségét, javítsák annak minőségét, valamint nagyobb termésbiztonságot érjenek el. A magyar búzatermesztés az 1980-as években elérte stabilan az 5 t/ha országos termésátlagot, amely megegyezett a fontosabb nyugat-európai országok (Franciaország, Németország) akkori országos termésátlagával. Az eltelt 40 év alatt a nyugat-európai országok termésátlaga 7–8 t/ha szintre nőtt, miközben a hazai termésátlagok csökkentek és csak az elmúlt öt évben érték el, illetve haladták meg az 5 t/ha szintet. Fontos lenne tehát a termésszint növelése a közeljövőben. A búza termésmennyiségét az ökológiai, genetikai és agrotechnikai tényezők egyaránt jelentős mértékben befolyásolják (Pepó és Csajbók 2014). A búza állományokban képződött szervesanyag mennyiségét az állományok fotoszintetikus kapacitása dönti el, amely egyrészt a levélterület (LAI) nagyságától, másrészt a levelek relatív klorofilltartalmától (SPAD), illetve ezen növényfiziológiai paraméterek vegetációs periódusbeli változásának a dinamikájától függ. A búza levélterületét, annak a változását jelentős mértékben determinálja az évjárat (Porter 1984, Ashraf et al. 1994, Steduto és Hsiao 1998), valamint a fajta (Mu et al. 2010, Szabó 2013). A búza állományok a maximális levélterületüket a virágzást megelőző 14–21 napban (Sugár és Berzsenyi 2012), valamint a virágzás fenofázisában (Li et al. 2008, Szilágyi és Pepó 2013) érik el. Az évjárat befolyásolta mind a LAI_{max} értékeket, mind a levélterület változásának dinamikáját (Pepó 2005). Az agrotechnikai tényezők közül a trágyázás (elsősorban a nitrogén) (Lönhard és Németh 1988, Bojovič és Markovič 2009), az elővetemény (Kuliga et al. 2010), valamint a fajta (Sun et al. 2014) egyaránt befolyásolta a levélterületet a búzánál. Vizsgálataik alapján több kutató bizonyította a búza levélterülete és a termésmennyisége közötti pozitív korrelációt (Hansen és Schjoerring 2003, Tian et al. 2011, Garg et al. 2013).

A búza állományokban képződött szervesanyag mennyiségét a levelek relatív klorofilltartalma is befolyásolja. A relatív klorofilltartalmat a búzánál egyrészt az agroökológiai feltételek (Ragasits 1994, Shangguan et al. 2000), másrészt a genotípus (Hoel 1998, Szilágyi 2014), harmadrészt pedig az agrotechnikai elemek egyaránt befolyásolják. Ez utóbbi tényezők közül különösen fontos a nitrogéntrágyázás (Blackner et al. 1994, Chen et al. 2012, Szilágyi és Pepó 2013). Ugyancsak sok kutató mutatott ki szoros összefüggést a búza relatív

klorofilltartalma és a terméseredménye között (Arregui *et al.* 2006, Fekete *et al.* 2014, Yildirim *et al.* 2013).

A kutatásaink célja az volt, hogy összefüggéseket keressünk különböző genotípusú búza fajták fotoszintetikus paramétereit (LAI, SPAD) és a terméseredményei között eltérő elővetemények után és trágyázási szinteken tartamkísérletben.

Anyag és módszer

A tartamkísérlet Debrecentől 15 km-re a Hajdúságban található (É.sz. 47°33', K.h. 21°27'). A kísérlet beállításakor vett kiindulási talajvizsgálati eredmények azt bizonyították, hogy a csernozjom talaj fizikai és kémiai tulajdonságai (1. táblázat), valamint vízgazdálkodás paramétereit (2. táblázat) rendkívül kedvezőek.

1. táblázat. A kísérleti terület talajvizsgálati adatai (Debrecen)

Talajréteg (cm) (1)	pH _{KCl}	K _A (2)	CaCO ₃ (%) (3)	Humusz (%) (3)	Össz. N (%) (4)	NO ₃ +NO ₂ (ppm)
0-25	6,46	43,0	0	2,76	0,150	6,20
25-50	6,36	44,6	0	2,16	0,120	1,74
50-75	6,58	47,6	0	1,52	0,086	0,60
75-100	7,27	46,6	10,25	0,90	0,083	1,92
100-130	7,36	45,4	12,75	0,59	0,078	1,78

Talajréteg (cm) (1)	P ₂ O ₅ AL oldható (5) (ppm)	K ₂ O (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	SO ₄ (ppm)
0-25	133,4	239,8	332,4	38,0	2,80	5,86	438	9,25
25-50	48,0	173,6	405,4	66,2	0,80	4,54	406	9,13
50-75	40,4	123,0	366,6	55,4	0,58	3,64	339	10,80
75-100	39,8	93,6	249,0	67,8	0,48	2,24	74	7,95
100-130	31,6	78,0	286,6	62,6	0,84	1,64	4	22,98

Table 1. Soil analysis data of the experiment site (Debrecen). (1) Soil layer (cm), (2) Arany's plasticity index, (3) Humus (%), (4) Total N (%), (5) AL-soluble

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

Talajréteg (cm) (1)	Térfogat-tömeg Tt (dm ³) (2)	Pórus térfogat (P%) (3)	Gravitációs pórustér + levegőzárvány (Pg+I%) (4)
5-25	1,433	45,93	11,53
27-33	1,410	46,73	7,05
47-53	1,275	51,90	12,50
97-103	1,285	51,55	8,73
122-128	1,268	52,20	7,23
147-153	1,268	52,13	6,68
197-203	1,230	53,70	6,30

Talajréteg (cm) (1)	Minimális vízkapacitás (VK _{min} %) (5)	Holtvíz-tartalom (HV%) (6)	hy
5-25	33,65	15,55	2,715
27-33	37,75	15,70	2,783
47-53	36,87	14,75	2,755
97-103	40,93	11,13	2,168
122-128	43,10	9,38	1,853
147-153	43,95	9,03	1,778
197-203	46,00	8,50	1,690

Table 2. Water management indexes of the soil of the experiment site (Debrecen). (1) Soil layer (cm), (2) Bulk density (Tt, dm³), (3) Pore volume (P%), (4) Gravitational pore space + air entrapment (Pg + I%), (5) Minimum water capacity (VK_{min}%), (6) Wilting point (HV%)

A kísérleti terület művelt rétegének a humusztartalma 2,6–2,8%, a talaj pH_{KCl}=6,36–6,58, azaz enyhén savanyú. A talaj kedvező nitrogénszolgáltató képességű, az AL-oldható P₂O₅ tartalma közepes (133 mg/kg), az AL-oldható K₂O tartalma pedig jó (240 mg/kg). A csernozjom talaj tápanyag-ellátottsága – nitrogén (N), foszfor (P₂O₅), kálium (K₂O) – jelentősen változott az elmúlt évtizedek alatt a tartamkísérletben alkalmazott agrotechnikai elemek (trágyázás, vetésváltás) hatására. A kísérlet talaja kedvező talajfizikai tulajdonságokkal jellemezhető (középkötött, vályog, K_A=40–42). A talaj vízgazdálkodási tulaj-

donságai (2. táblázat) kedvező vízbefogadó és jelentős víztartó képességet bizonyítanak. A tartamkísérletben termesztett növények vízellátása szempontjából mértékadó talajszelvényben (0–2 m) a talaj mintegy 650–750 mm vizet képes megtartani, tárolni, amelynek kb. 65%-a a diszponibilis víz mennyisége. A kísérleti területen a talajvíz átlagos mélysége 3–5 m.

A tartamkísérletben különböző szántóföldi növényfajok (őszi búza, csemegekukorica, napraforgó, szemes kukorica) genotípusainak a tápanyag-reakcióját vizsgáljuk eltérő tápanyag-ellátottsági szinteken. A kísérlet beállítására 1983. évben került sor. A kísérletben hat tápanyagszintet alkalmazunk. A kontroll (műtrágyázás nélkül) mellett az alap műtrágya adag (kg/ha) ($N=30$, $P_2O_5=22,5$; $K_2O=26,5$) két-, három-, négy- és ötszörös mennyiségét juttatjuk ki. A nitrogén műtrágya 50%-a őszi, 50%-a tavasszal, a foszfor és kálium műtrágyák teljes mennyisége (100%) pedig őszi kerül kiszórásra. A kísérlet split-split-plot elrendezésű négy ismétléssel. A kísérletben alkalmazott agrotechnika (talajművelés, vetés, növényvédelem, betakarítás) megfelelt a korszerű búza termesztés feltételeinek.

A tartamkísérletünkben a 2018. és 2019. években a következő tényezők vizsgálatát végeztük el:

- trágyaadagok:
kontroll, $N=30$, $P_2O_5=22,5$, $K_2O=26,5$ (kg/ha) alap dózis és ennek 2-, 3-, 4- és 5-szörös adagja ($N_{30}+PK$, $N_{60}+PK$, $N_{90}+PK$, $N_{120}+PK$, $N_{150}+PK$);
- elővetemények:
 - csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. saccharata),
 - napraforgó (*Helianthus annuus* L.),
 - szemes kukorica (*Zea mays* L. convar. vulgare);
- genotípusok:
 - GK Öthalom (fajta),
 - Mv Ispán (fajta),
 - Ingenio (fajta),
 - Hyland (hibrid).

A vizsgálati két év időjárása (3. táblázat) jelentősen eltért egymástól mind a búza állományok fejlődése, mind a termésképződés szempontjából. A 2017/2018. tenyészév (továbbiakban 2018. év) időjárása őszi rendkívül kedvező volt a búza kelése, kezdeti fejlődése és bokrosodása szempontjából a vízellátás

miatt. A kora tavaszi kifejezetten hideg, majd ezt követően a rendkívüli meleg időjárás tette próbára a búza állományok stressztűrését. A 2018/2019. tenyész-év (továbbiakban 2019. év) időjárását az átlagosnál rosszabb őszi vízellátás és a rendkívül száraz, szeles március-április jellemezte. A májusi hűvös, csapadékos időjárás mentette meg az állományokat a kedvezőtlen stresszhatásoktól.

3. táblázat. A csapadék (mm) és hőmérséklet (°C) havi értékei az őszi búza vegetációs periódusában (Debrecen, 2018–2019)

	Okt. (1)	Nov. (2)	Dec. (3)	Jan. (4)	Febr. (5)
Csapadék (mm) (6)					
2017/2018	43,9	53,7	93,6	28,2	57,9
2018/2019	10,1	52,0	50,9	36,1	6,7
30 éves átlag (7)	37,9	41,6	43,7	29,7	31,0
Hőmérséklet (°C) (8)					
2017/2018	10,2	5,1	2,1	1,7	-0,5
2018/2019	12,3	6,2	-0,4	-2,4	2,6
30 éves átlag (7)	10,4	4,6	-0,1	-1,4	0,1
	Márc. (9)	Ápr. (10)	Máj. (11)	Jún. (12)	Összesen (mm) Átlag (°C) (13)
Csapadék (mm) (6)					
2017/2018	68,5	36,6	60,0	60,8	503,2
2018/2019	9,4	38,7	103,7	39,4	347,0
30 éves átlag (7)	30,2	52,8	64,0	66,5	397,4
Hőmérséklet (°C) (8)					
2017/2018	2,6	15,5	19,0	20,1	8,76
2018/2019	8,1	12,4	13,1	22,2	8,23
30 éves átlag (7)	5,1	11,1	16,6	19,4	7,31

Table 3. Monthly precipitation (mm) and temperature (°C) values in the vegetation period of winter wheat (Debrecen, 2018–2019). (1) October, (2) November, (3) December, (4) January, (5) February, (6) Precipitation (mm), (7) 30-year average, (8) Temperature (°C), (9) March, (10) April, (11) May, (12) June, (13) Total (mm) Average (°C)

A búza állományokban tavasszal több alkalommal meghatároztuk a levélterületet (LAI) és a relatív klorofilltartalmat (SPAD érték). A mérési időpontokat a 4. táblázat tartalmazza. A levélterület mérésére a SunScan Canopy Analysis System (SSI) hordozható levélterületmérőt használtuk. A méréseket négy ismétlésben, ismétlésenként 5-5 helyen végeztük el a parcellák ugyanazon helyein, a szélektől 0,5-0,5 m távolságra. A hordozható Soil Plant Analysis Development (SPAD-502 Plus, Konica Minolta) relatív-klorofillmérő műszert használtuk a búza állományok SPAD értékének a meghatározására. A SPAD értékeket ugyancsak 4 ismétlésben, ismétlésenként 10-10 méréssel határoztuk meg ugyanazon növényeken, a parcellák széleitől 1-1 m távolságra.

4. táblázat. Őszi búza állományokban végzett növényfiziológiai mérések időpontjai (Debrecen, 2018–2019. év)

Fejlettség (1)	Fenofázis (BBCH skála) (2)	2018. év (3)	2019. év (4)
Szárnövekedés (5)	BBCH 32-34	2018. 04. 26.	2019. 05. 03.
Kalászolás (6)	BBCH 55-59	2018. 05. 08.	2019. 05. 19.
Virágzás (7)	BBCH 65-69	2018. 05. 24.	2019. 05. 29.
Tejes - korai viaszérés (8)	BBCH 73-74	2018. 06. 07.	2019. 06. 17.
Viaszérés (9)	BBCH 77-79	2018. 06. 18.	2019. 06. 26.

Table 4. Dates of plant physiological measurements performed in winter wheat populations (Debrecen, 2018–2019). (1) Development stage, (2) Phenophase (BBCH scale), (3) 2018, (4) 2019, (5) Stem growth, (6) Earing, (7) Flowering, (8) Milk stage - early soft dough growth stage, (9) Dough stage

A háromtényezős variancia analízist és variancia komponensek felosztását R 3.5.2 statisztikai környezetben RStudio grafikusfelülettel, „gplots”, „car” és „agricolae” csomagok felhasználásával végeztük. A korreláció analízist IBM SPSS Statistics 22.0 programmal végeztük. A táblázatokat és grafikonokat Ms Excel 2016 programmal készítettük el.

Eredmények

A klímaváltozás lokális hatásaként egymástól jelentősen eltérő évjárat volt a tartamkísérletben vizsgált 2018. és 2019. év. Annak ellenére, hogy az őszi búza – más szántóföldi növényfajjal összehasonlítva – kifejezetten kedvező klima-

tikus adaptációs képességgel rendelkezik, mégis a két, eltérő évjárat jelentősen befolyásolta a búza terméseredményeit. A vizsgált genotípusok (fajták, hibrid) terméseredménye 2018. évben 2027–9270 kg/ha között változott előveteménytől, trágyakezeléstől függően (5. táblázat). Az időjárás szempontjából kedvezőtlen 2019. évben (szár az őszi vontatott kelés, kezdeti fejlődés, tavaszszal hosszán, két hónapig tartó súlyos aszály) az őszi búza fajták és hibrid (továbbiakban fajták, illetve genotípusok) terméseredménye mintegy 2–3 t/ha-ral alacsonyabb szintet ért el (különösen a termésmaximumok esetében), azaz a termések 2136–6880 kg/ha között változtak (6. táblázat). Ebben az évben is rendkívül erőteljes volt az elővetemények és a műtrágya kezelésekre hatása a búza fajták termésére.

Mindkét évben a vizsgált előveteményeknél a termésre gyakorolt hatást illetően a következő csökkenő sorrendet lehetett megállapítani: csemegekukorica > napraforgó > szemes kukorica. Különösen jelentős volt az elővetemény hatása a hiányos tápanyagellátás (kontroll) esetében. A csemegekukorica elővetemény után műtrágya nélküli (kontroll) kezelésben a búza fajták termése 5795–6806 kg/ha (2018. év), illetve 2808–4052 kg/ha (2019. év) változott, míg a kedvezőtlenebb elővetemények után 1,5–2,5 t/ha-ral kevesebb terméseket kaptunk (napraforgó után 2018-ban 2714–4168 kg/ha, 2019-ben 2582–4772 kg/ha, szemes kukorica után pedig 2027–2458 kg/ha, illetve 2136–2744 kg/ha). A vizsgált genotípusok természetes tápanyag-hasznosító képessége eltért egymástól, azaz fajtaspecifikus hatás érvényesült (5–6. táblázat). Az elővetemények a búza genotípusok termésmaximumát is jelentősen befolyásolták. Csemegekukorica után a fajták realizált termésmaximuma 2018-ban 7,2–9,3 t/ha, 2019-ben 5,9–6,3 t/ha volt, míg napraforgó elővetemény után 7,2–8,7 t/ha, illetve 5,7–6,9 t/ha, szemes kukorica elővetemény után pedig 7,7–8,8 t/ha, illetve 5,3–6,4 t/ha termést kaptunk. Ezek az eredmények azt bizonyították, hogy a műtrágyázással az elővetemények között különbségeket a búza terméseredményeiben mérsékelni lehetett, de teljesen eliminálni nem. Optimális műtrágya adagnak mindkét évben a vizsgált előveteményeknél az $N_{150}+PK$ kezelés bizonyult, kivéve a 2018. év csemegekukorica előveteményt ($N_{90}+PK$). A vizsgált genotípusok közül 2018. évben mindhárom elővetemény után az Mv Ispán, 2019. évben pedig az Mv Ispán (napraforgó, szemes kukorica elővetemény után) és a GK Öthalom (csemegekukorica után) adta a legnagyobb termést.

5. táblázat. *Műtrágyázás hatása különböző őszi búza genotípusok termésére (Debrecen, 2018)*

Elővetemény (1)	Tápanyagszint (2)	GK Öthalom				Ingenio				Mv Ispán				Hyland		
		Kontrollhoz		Kontrollhoz		Kontrollhoz		Kontrollhoz		Kontrollhoz		Kontrollhoz		Kontrollhoz		
		Termés (3)	viszonyított termés-különbség (4)	Termés (3)	viszonyított termés-különbség (4)	Termés (3)	viszonyított termés-különbség (4)	Termés (3)	viszonyított termés-különbség (4)	Termés (3)	viszonyított termés-különbség (4)	Termés (3)	viszonyított termés-különbség (4)	Termés (3)	viszonyított termés-különbség (4)	Átlag (5)
kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Csemegekukorica (6)	Kontroll (9)	5795	0	100	6010	0	100	6806	0	100	6556	0	100	6292		
	N ₉₀ +PK	7216	1421	124	7816	1806	130	8871	2065	130	9270	2714	141	8293		
	N ₁₅₀ +PK	6425	630	111	7488	1478	124	8505	1699	125	8264	1708	126	7671		
	Átlag (5)	6479			7105			8061			8030					
Szemeskukorica (7)	Kontroll (9)	2219	0	100	2084	0	100	2027	0	100	2458	0	100	2197		
	N ₉₀ +PK	6509	4290	293	7203	5119	345	7486	5459	369	6650	4192	270	6962		
	N ₁₅₀ +PK	7745	5526	349	7782	5698	373	8361	6334	411	8760	6302	356	8162		
	Átlag (5)	5491			5690			5958			5956					
Nápraforgó (8)	Kontroll (9)	3610	0	100	4168	0	100	2714	0	100	3071	0	100	3391		
	N ₉₀ +PK	6046	2436	167	7448	3280	178	8710	5996	320	8017	4946	261	7555		
	N ₁₅₀ +PK	7821	4211	217	8734	4566	209	8708	5994	321	8206	5135	267	8367		
	Átlag (5)	5826			6783			6711			6431					

Megjegyzés: SzD_{5%}genotípus 407, SzD_{5%}tápanyagellátás 283, SzD_{5%}elővetemény 292

Table 5. The effect of fertilisation on the yield of the different winter wheat genotypes (Debrecen, 2018). (1) Previous crop, (2) Nutrient level, (3) Yield, (4) Yield difference compared to the control treatment, (5) Average, (6) Sweet maize, (7) Grain maize, (8) Sunflower, (9) Control, Note: LSD_{5%}genotype 407, LSD_{5%}fertilisation 283, LSD_{5%}previous crop 292

6. táblázat. Műtrágyázás hatása különböző őszi búza genotípusok termésére (Debrecen, 2019)

Elő- vetemény (1)	Tápanyag- szint (2)	GK Őthalom				Ingenio				Mv Ispán				Hyland			
		Kontrollhoz		Kontrollhoz		Kontrollhoz		Kontrollhoz		Kontrollhoz		Kontrollhoz		Kontrollhoz		Kontrollhoz	
		Termés (3)	viszonyított termés- különbség (4)	kg/ha	%	Termés (3)	viszonyított termés- különbség (4)	kg/ha	%	Termés (3)	viszonyított termés- különbség (4)	kg/ha	%	Termés (3)	viszonyított termés- különbség (4)	kg/ha	%
Csemege- kukorica (6)	Kontroll (9)	3276	0	100	2808	0	100	5335	0	100	4052	0	100	3868			
	N ₉₀ +PK	5202	1926	158	5750	2942	170	5456	121	123	5870	1818	138	5570			
	N ₁₅₀ +PK	6298	3022	171	5603	2795	226	4720	-615	134	5349	1297	167	5493			
	Átlag (5)	4925			4720			5170			5090						
Szemes kukorica (7)	Kontroll (9)	2690	0	100	2244	0	100	2744	0	100	2136	0	100	2453			
	N ₉₀ +PK	4826	2136	150	4380	2136	164	5894	3150	187	5191	3055	217	5073			
	N ₁₅₀ +PK	5380	2690	188	5272	3028	225	6448	3704	227	5502	3366	253	5651			
	Átlag (5)	4299			3965			5029			4276						
Napra- forgó (8)	Kontroll (9)	3285	0	100	2582	0	100	4772	0	100	3460	0	100	3525			
	N ₉₀ +PK	5083	1798	136	4839	2257	159	6380	1608	125	5353	1893	146	5414			
	N ₁₅₀ +PK	5650	2365	161	5488	2906	203	6880	2108	141	5799	2339	159	5954			
	Átlag (5)	4673			4303			6011			4871						

Megjegyzés: SzD_{5%genotípus} 299, SzD_{5%tápanyagellátás} 282, SzD_{5%elővetemény} 405Table 6. The effect of fertilisation on the yield of the different winter wheat genotypes (Debrecen, 2019). (1) Previous crop, (2) Nutrient level, (3) Yield, (4) Yield difference compared to the control treatment, (5) Average, (6) Sweet maize, (7) Grain maize, (8) Sunflower, (9) Control, Note: LSD_{5%genotype} 299, LSD_{5%fertilisation} 282, LSD_{5%previous crop} 405

A búza állományok szárazanyag képződését közvetlenül és közvetetten azok fotoszintetikus kapacitása jelentős mértékben determinálja. A fotoszintetikus kapacitást a relatív klorofilltartalom (SPAD), a levélterület (LAI), illetve ezek tenyészedőbeli dinamikai változása (növekedése, maximum értékei, csökkenése, illetve szenescenciája) határozza meg. Az állományok relatív klorofilltartalmának értékeit (SPAD) a 2018. és 2019. években a 7–8. táblázat tartalmazza. Mindkét évben a genotípusok SPAD értékeit az elővetemények szignifikánsan befolyásolták. Legkedvezőbbnek a csemegekukorica elővetemény bizonyult, melyet a napraforgó, illetve szemes kukorica utáni értékek követtek. Ez a pozitív hatás a teljes tavaszi időszakban mindkét évben kimutatható volt. Ugyancsak szignifikáns pozitív hatású volt a műtrágya adagok növelése a búza fajták SPAD értékeire mindkét évben.

7. táblázat. A genotípus, az elővetemény és a tápanyagellátás hatása az őszi búza SPAD értékeire (Debrecen, 2018)

Fajta (1)	Tápanyagszint (2)	BBCH 32-34	BBCH 55-59	BBCH 65-69	BBCH 73-74	BBCH 77-79
Csemegekukorica (3)						
	∅	43,5	42,2	39,4	9,9	0,0
GK Öthalom	N ₉₀ +PK	49,2	50,1	47,5	22,6	13,8
	N ₁₅₀ +PK	49,5	50,3	48,3	31,2	13,9
	∅	55,0	52,8	51,9	25,8	0,0
Ingenio	N ₉₀ +PK	55,1	53,4	53,7	31,5	9,9
	N ₁₅₀ +PK	55,3	53,9	55,0	30,8	10,5
	∅	52,6	44,9	45,9	36,1	0,0
Mv Ispán	N ₉₀ +PK	55,8	52,0	53,8	54,8	19,7
	N ₁₅₀ +PK	56,7	52,8	53,6	49,5	16,0
	∅	55,5	50,7	49,6	41,4	0,0
Hyland	N ₉₀ +PK	58,3	53,7	54,3	51,0	23,6
	N ₁₅₀ +PK	57,7	51,9	54,4	53,0	29,5

A 7. táblázat folytatása a következő oldalon...

... a 7. táblázat folytatása

Fajta (1)	Tápanyagszint (2)	BBCH 32-34	BBCH 55-59	BBCH 65-69	BBCH 73-74	BBCH 77-79
Szemes kukorica (4)						
GK Öthalom	∅	41,1	39,5	36,0	14,3	0,0
	N ₉₀ +PK	46,4	47,4	49,3	28,2	13,6
	N ₁₅₀ +PK	49,8	50,7	51,6	36,5	14,8
Ingenio	∅	47,1	43,4	39,6	15,9	0,0
	N ₉₀ +PK	55,9	54,0	53,2	33,3	12,6
	N ₁₅₀ +PK	56,2	55,8	55,6	41,0	11,2
Mv Ispán	∅	38,5	36,0	34,4	8,8	0,0
	N ₉₀ +PK	55,7	56,4	54,5	50,9	15,7
	N ₁₅₀ +PK	58,0	53,2	55,2	50,7	14,3
Hyland	∅	42,4	43,3	45,0	20,2	0,0
	N ₉₀ +PK	58,9	55,1	55,8	50,9	26,6
	N ₁₅₀ +PK	58,8	53,1	56,7	53,7	28,3
Napraforgó (5)						
GK Öthalom	∅	28,3	27,9	23,4	13,4	0,0
	N ₉₀ +PK	49,0	49,2	45,6	31,1	11,7
	N ₁₅₀ +PK	51,0	49,2	58,2	31,1	14,3
Ingenio	∅	38,1	36,4	32,7	14,8	0,0
	N ₉₀ +PK	56,4	55,0	53,4	26,8	10,2
	N ₁₅₀ +PK	58,0	55,5	55,2	36,3	12,0
Mv Ispán	∅	35,1	35,8	30,7	23,3	0,0
	N ₉₀ +PK	52,8	54,0	48,2	42,6	19,1
	N ₁₅₀ +PK	57,8	53,8	55,0	50,6	17,1
Hyland	∅	42,2	44,2	37,8	33,1	0,0
	N ₉₀ +PK	54,1	50,5	47,8	51,0	25,3
	N ₁₅₀ +PK	58,3	54,6	56,2	52,4	19,9
SzD _{5%} genotípus		1,1	1,2	2,1	2,8	2,1
SzD _{5%} tápanyagellátás		0,7	1,2	1,6	2,1	1,3
SzD _{5%} elővetemény		0,7	0,9	1,7	2,0	1,2

Table 7. The effect of genotype, previous crop and fertilisation on the SPAD readings of winter wheat (Debrecen, 2018). (1) Variety, (2) Nutrient level, (3) Sweet maize, (4) Grain maize, (5) Sunflower

8. táblázat. A genotípus, az elővetemény és a tápanyagellátás hatása az őszi búza SPAD értékeire (Debrecen, 2019)

Fajta (1)	Tápanyagszint (2)	BBCH 32-34	BBCH 55-59	BBCH 65-69	BBCH 73-74	BBCH 77-79
Csemegekukorica (3)						
GK Öthalom	∅	46,2	44,2	45,5	31,5	6,7
	N ₉₀ +PK	49,8	46,2	51,1	32,8	7,0
	N ₁₅₀ +PK	50,9	47,9	51,7	37,4	7,8
Ingenio	∅	55,2	51,7	53,4	36,7	13,1
	N ₉₀ +PK	55,7	55,7	56,7	46,4	16,0
	N ₁₅₀ +PK	57,2	57,4	56,1	47,1	14,0
Mv Ispán	∅	58,5	47,5	48,3	38,5	11,7
	N ₉₀ +PK	54,9	52,7	54,0	50,1	18,0
	N ₁₅₀ +PK	55,6	54,8	54,4	49,1	18,3
Hyland	∅	53,7	52,0	52,0	46,3	12,3
	N ₉₀ +PK	54,1	52,2	54,7	55,1	17,2
	N ₁₅₀ +PK	55,4	54,5	56,2	53,6	16,9
Szemes kukorica (4)						
GK Öthalom	∅	40,6	35,8	30,7	22,8	7,2
	N ₉₀ +PK	47,9	45,5	48,1	28,3	10,2
	N ₁₅₀ +PK	48,5	46,8	50,4	32,4	6,5
Ingenio	∅	46,7	45,4	45,7	23,3	10,4
	N ₉₀ +PK	53,9	54,5	55,0	37,0	12,0
	N ₁₅₀ +PK	56,1	54,0	56,4	38,0	11,0
Mv Ispán	∅	45,4	38,5	38,7	20,2	9,0
	N ₉₀ +PK	50,8	49,3	57,0	37,8	21,7
	N ₁₅₀ +PK	54,6	49,6	52,7	49,6	18,0
Hyland	∅	47,0	44,8	39,2	35,9	12,6
	N ₉₀ +PK	54,3	52,2	58,3	46,3	16,1
	N ₁₅₀ +PK	59,2	53,0	54,6	52,8	13,1

A 8. táblázat folytatása a következő oldalon...

... a 8. táblázat folytatása

Fajta (1)	Tápanyagszint (2)	BBCH 32-34	BBCH 55-59	BBCH 65-69	BBCH 73-74	BBCH 77-79
Napraforgó (5)						
GK Öthalom	∅	40,3	39,7	46,3	33,8	7,5
	N ₉₀ +PK	50,6	46,3	48,5	34,8	8,5
	N ₁₅₀ +PK	47,3	47,6	50,9	35,6	6,4
Ingenio	∅	50,4	48,7	54,2	39,1	12,2
	N ₉₀ +PK	55,4	53,7	54,1	41,8	9,5
	N ₁₅₀ +PK	56,5	56,0	56,1	37,7	11,9
Mv Ispán	∅	46,2	42,0	47,7	45,8	10,3
	N ₉₀ +PK	51,8	52,3	52,5	47,4	10,3
	N ₁₅₀ +PK	54,9	52,5	52,9	48,2	13,4
Hyland	∅	49,9	41,5	51,6	48,1	21,5
	N ₉₀ +PK	55,4	52,5	66,1	52,1	12,4
	N ₁₅₀ +PK	62,2	52,9	54,9	53,3	10,1
SzD _{5%} genotípus		2,2	1,5	2,4	1,5	2,1
SzD _{5%} tápanyagellátás		1,9	1,0	2,7	1,7	2,0
SzD _{5%} elővetemény		2,0	1,8	3,5	1,6	2,4

Table 8. The effect of genotype, previous crop and fertilisation on the SPAD readings of winter wheat (Debrecen, 2019). (1) Variety, (2) Nutrient level, (3) Sweet maize, (4) Grain maize, (5) Sunflower

A vizsgált fajták közötti különbségek a SPAD értékekben nem voltak szignifikánsak. Mindkét évben a SPAD_{max} értékeket (2018. évben 40,3–62,2, 2019. évben 28,3–58,8) a legelső mérésidőben (BBCH 32-34) mértük. Ezt követő két mérésidőben (BBCH 55-59 és BBCH 65-69) a SPAD értékben nem szignifikánsan, kisebb mértékben csökkentek, majd szignifikáns csökkenés következett be a megtermékenyülés után, az érési folyamatok előrehaladtával (BBCH 73-74, BBCH 77-79).

Az állományok levélterületének (LAI) dinamikai változása (9–10. táblázat) azt bizonyította, hogy a két évjáratban a LAI értékek igen jelentősen eltértek egymástól, amely a terméseredményben is jelentkezett. 2018. évben a LAI értékek lényegesen meghaladták a 2019. évi értékeket. Jól bizonyítják ezt a BBCH 32-34 fenofázisban mért LAI_{max} 3,0–8,5 m²m⁻² (2018. év) és 1,5–3,7 m²m⁻² (2019. év) értékek előveteménytől függően.

9. táblázat. A genotípus, az elővetemény és a tápanyagellátás hatása az őszi búza levél terület index értékeire (Debrecen, 2018)

Fajta (1)	Tápanyagszint (2)	BBCH 32-34	BBCH 55-59	BBCH 65-69	BBCH 73-74	BBCH 77-79
Csemegekukorica (3)						
GK Öthalom	∅	4,7	3,9	3,8	1,9	0,0
	N ₉₀ +PK	7,7	5,2	5,0	3,2	1,6
	N ₁₅₀ +PK	8,2	6,2	5,3	3,4	2,2
Ingenio	∅	3,1	3,1	3,5	2,1	0,0
	N ₉₀ +PK	4,3	3,6	4,8	3,0	1,5
	N ₁₅₀ +PK	4,9	4,3	5,1	3,3	2,0
Mv Ispán	∅	4,3	2,9	3,9	2,3	0,0
	N ₉₀ +PK	6,8	4,9	5,4	4,0	2,3
	N ₁₅₀ +PK	7,3	5,3	5,5	4,1	3,0
Hyland	∅	3,1	3,9	4,1	2,4	0,0
	N ₉₀ +PK	5,2	6,8	6,3	4,1	2,9
	N ₁₅₀ +PK	8,5	7,8	6,9	4,6	3,8
Szemes kukorica (4)						
GK Öthalom	∅	2,2	1,9	2,6	1,2	0,0
	N ₉₀ +PK	6,0	5,7	5,2	2,2	1,3
	N ₁₅₀ +PK	7,1	6,0	6,1	3,4	1,8
Ingenio	∅	1,8	1,2	2,0	1,1	0,0
	N ₉₀ +PK	3,8	4,0	4,3	2,1	1,3
	N ₁₅₀ +PK	4,0	4,1	4,9	3,1	1,6
Mv Ispán	∅	1,4	1,5	1,7	1,3	0,0
	N ₉₀ +PK	5,2	5,2	5,8	3,0	1,4
	N ₁₅₀ +PK	3,6	4,7	3,7	4,8	2,1
Hyland	∅	0,6	1,5	1,3	1,0	0,0
	N ₉₀ +PK	4,2	4,7	5,3	2,3	0,8
	N ₁₅₀ +PK	3,3	4,1	5,3	4,3	2,1

A 9. táblázat folytatása a következő oldalon...

... a 9. táblázat folytatása

Fajta (1)	Tápanyagszint (2)	BBCH 32-34	BBCH 55-59	BBCH 65-69	BBCH 73-74	BBCH 77-79
Napraforgó (5)						
GK Öthalom	∅	1,6	1,3	1,2	0,6	0,0
	N ₉₀ +PK	4,2	3,5	3,4	2,0	1,8
	N ₁₅₀ +PK	5,3	5,0	5,0	3,6	2,0
Ingenio	∅	1,2	1,4	1,2	0,6	0,0
	N ₉₀ +PK	3,1	2,9	3,4	1,6	1,7
	N ₁₅₀ +PK	3,6	3,8	4,0	3,4	1,7
Mv Ispán	∅	1,0	0,9	1,1	0,6	0,0
	N ₉₀ +PK	2,9	2,8	3,2	2,1	2,5
	N ₁₅₀ +PK	3,9	4,4	5,8	4,6	1,5
Hyland	∅	0,8	0,9	1,0	0,6	0,0
	N ₉₀ +PK	1,9	2,0	2,4	1,4	2,6
	N ₁₅₀ +PK	3,0	3,6	4,5	3,4	1,9
SzD5%genotípus		0,6	0,4	0,5	0,3	0,2
SzD5%tápanyagellátás		0,5	0,3	0,3	0,2	0,2
SzD5%elővetemény		1,0	0,4	0,4	0,3	0,4

Table 9. The effect of genotype, previous crop and fertilisation on the LAI of winter wheat (Debrecen, 2018). (1) Variety, (2) Nutrient level, (3) Sweet maize, (4) Grain maize, (5) Sunflower

A legkedvezőbb LAI értékeket a csemegekukorica utáni állományokban mértük mindkét évben. Ugyancsak jelentős, szignifikáns volt a növekvő műtrágya adagok LAI-ra gyakorolt hatása valamennyi elővetemény, de különösen a napraforgó és szemes kukorica elővetemény utáni állományokban. A LAI értékek dinamikája a két évben eltért egymástól. 2018. évben a BBCH 32-34 fázisban kaptuk a LAI_{max} értékeket csemegekukorica után (4,9–8,5 m²m⁻²), míg napraforgó után a BBCH 55-59 fázisban (4,1–6,0 m²m⁻²), szemes kukorica után a BBCH 65-69 fázisban (4,0–5,8 m²m⁻²). Az eltérő tavaszi időjárás, az elővetemények és tápanyagkezelések komplex hatásaként 2019. évben későbbi fázisokban kaptuk a szignifikánsan kisebb LAI_{max} értékeket. Csemegekukorica után a BBCH 65-69 fázisban a LAI_{max} értékek 2,6–3,9 m²m⁻², a napraforgó és szemes kukorica után pedig a BBCH 73-74 fázisban 1,8–3,0 m²m⁻², illetve 2,0–4,1 m²m⁻² értékek jellemezték a vizsgált búza genotípusok állományait. A BBCH 77-79 fázisban az állományok szeneszenciacija

miatt drasztikusan csökkent az aktív, asszimiláló levélterület mindkét évben (9–10. táblázat).

10. táblázat. A genotípus, az elővetemény és a tápanyagellátás hatása az őszi búza levél terület index értékeire (Debrecen, 2019)

Fajta (1)	Tápanyagszint (2)	BBCH 32-34	BBCH 55-59	BBCH 65-69	BBCH 73-74	BBCH 77-79
Csemegekukorica (3)						
GK Öthalom	∅	1,4	1,6	1,4	1,5	1,5
	N ₉₀ +PK	2,1	2,5	2,5	1,8	1,2
	N ₁₅₀ +PK	2,8	3,0	2,9	2,5	1,6
Ingenio	∅	1,6	1,3	1,5	1,6	1,4
	N ₉₀ +PK	2,2	2,1	2,0	1,9	1,2
	N ₁₅₀ +PK	2,3	2,5	2,6	2,3	1,4
Mv Ispán	∅	2,2	1,9	2,2	2,7	2,7
	N ₉₀ +PK	2,9	2,9	3,1	3,2	2,7
	N ₁₅₀ +PK	3,7	3,7	3,9	3,3	2,8
Hyland	∅	1,6	1,6	1,8	2,0	2,0
	N ₉₀ +PK	2,5	2,7	2,2	2,3	1,9
	N ₁₅₀ +PK	2,8	2,6	2,6	2,5	1,7
Szemes kukorica (4)						
GK Öthalom	∅	1,4	1,3	1,2	1,0	0,7
	N ₉₀ +PK	1,9	2,3	1,9	1,6	1,3
	N ₁₅₀ +PK	2,3	2,7	2,1	2,1	1,2
Ingenio	∅	1,3	1,1	1,0	0,7	0,5
	N ₉₀ +PK	1,5	1,6	1,6	1,4	1,0
	N ₁₅₀ +PK	1,7	1,8	1,8	1,8	1,1
Mv Ispán	∅	0,9	1,0	1,2	0,9	0,7
	N ₉₀ +PK	1,7	2,0	2,2	2,7	1,4
	N ₁₅₀ +PK	2,1	2,8	2,9	3,7	2,6
Hyland	∅	0,7	0,7	0,8	0,8	0,6
	N ₉₀ +PK	1,7	1,7	1,8	2,2	1,1
	N ₁₅₀ +PK	1,5	2,0	2,4	3,0	1,8

A 10. táblázat folytatása a következő oldalon...

... a 10. táblázat folytatása

Fajta (1)	Tápanyagszint (2)	BBCH 32-34	BBCH 55-59	BBCH 65-69	BBCH 73-74	BBCH 77-79
Napraforgó (5)						
GK Öthalom	∅	1,3	1,2	1,5	1,5	1,0
	N ₉₀ +PK	2,3	3,4	2,0	1,9	1,2
	N ₁₅₀ +PK	2,6	3,1	2,3	2,0	1,6
Ingenio	∅	1,1	1,0	1,5	1,5	0,8
	N ₉₀ +PK	1,5	2,3	2,0	1,7	1,1
	N ₁₅₀ +PK	1,6	2,6	2,3	2,1	1,4
Mv Ispán	∅	1,3	1,0	1,9	2,1	1,2
	N ₉₀ +PK	2,1	3,8	2,8	3,7	1,8
	N ₁₅₀ +PK	2,6	3,6	3,2	4,1	2,7
Hyland	∅	0,9	0,7	1,3	1,6	1,0
	N ₉₀ +PK	1,4	3,5	2,6	2,8	1,5
	N ₁₅₀ +PK	1,6	2,2	2,7	3,4	2,1
SzD _{5%} genotípus		0,2	0,2	0,1	0,2	0,1
SzD _{5%} tápanyagellátás		0,2	0,2	0,1	0,3	0,4
SzD _{5%} elővetemény		0,2	0,3	0,2	0,2	0,1

Table 10. The effect of genotype, previous crop and fertilisation on the LAI of winter wheat (Debrecen, 2019). (1) Variety, (2) Nutrient level, (3) Sweet maize, (4) Grain maize, (5) Sunflower

A Pearson-féle korreláció analízis eredményei (11. táblázat) azt bizonyították, hogy a vizsgált években külön-külön, de az évek átlagában is erős, szignifikáns összefüggés állapítható meg a különböző búza genotípusok eltérő agrotechnikai feltételek mellett termesztett állományainak fotoszintetikus kapacitása és a terméseredmények között. Különösen erős volt ez az összefüggés a LAI×termés között. A különböző fenofázisokban mért LAI értékek és a búza termése közötti összefüggést a 0,562^{xx}-0,771^{xx} korrelációs együtthatók, illetve a 0,567^{xx}-0,833^{xx} értékek jellemezték a 2018. és 2019. években. A két év átlagában is ez a szoros összefüggés volt a jellemző (0,585^{xx}-0,797^{xx}). A búza genotípusok és a relatív klorofiltartalom (SPAD) közötti korrelációs együtthatók 2018. évben 0,696^{xx}-0,783^{xx}, 2019. évben 0,696^{xx}-0,783^{xx}, 2019. évben pedig 0,212^{xx}-0,600^{xx} voltak fenofázistól függően (11. táblázat). A két év átlagában ezek az értékek 0,470^{xx}-0,585^{xx} közötti intervallumban változtak.

11. táblázat. *Pearson-féle korrelációs vizsgálat az őszi búza genotípusok termése és a növényfiziológiai paraméterek (LAI, SPAD) között (Debrecen, 2018–2019)*

Termés (év) (1)	BBCH 32-34	BBCH 55-59	BBCH 65-69	BBCH 73-74	BBCH 77-79
LAI					
2018	0,562**	0,674**	0,734**	0,771**	0,748**
2019	0,722**	0,714**	0,833**	0,723**	0,567**
2018–2019	0,664**	0,747**	0,797**	0,747**	0,585**
SPAD					
2018	0,783**	0,751**	0,735**	0,718**	0,696**
2019	0,461**	0,499**	0,433**	0,600**	0,212*
2018–2019	0,570**	0,585**	0,470**	0,493**	0,482**

Megjegyzés: **a korreláció szignifikáns 1%-os szinten, *a korreláció szignifikáns 5%-os szinten

Table 11. Pearson's correlation analysis of the relationship between the yields of various winter wheat genotypes and the obtained plant physiological parameters (LAI, SPAD) (Debrecen, 2018–2019). (1) Yield (year), Note: **the correlation is significant at the 1% level, * the correlation is significant at the 5% level

A termésre ható tényezők hatásának elemzése (*1. ábra*) azt bizonyította, hogy rendkívül fontos az eltérő agroökológiai és agrotechnikai feltételek közé a megfelelő őszi búza genotípus megválasztása. A fajtahatás a vizsgálati rendszerünkben 37%-os volt a terméseredményre. Ugyancsak fontosnak bizonyult a tápanyagellátás (25%) és az elővetemény helyes megválasztása (25%).

Következtetések

Mészlepedékes csernozjom talajon tartamkísérletben eltérő búza genotípusok trágya- és elővetemény-reakciójának vizsgálata azt bizonyította, hogy ezek a tényezők jelentős mértékben determinálják a búza állományok fotoszintetikus kapacitását jellemző LAI és SPAD értékeket, annak dinamikai változását, ennek eredményeként pedig a terméseredményeket. A növényfiziológiai mutatók közül – vizsgálataink szerint – mind az évjárat, mind a fajta, mind az agrotechnikai elemek (tápanyagellátás, vetésváltás) befolyásolták az állományok levélterületét (LAI), annak maximális értékeit, illetve a változások dinamikáját.

1. ábra. Az őszi búza genotípusok termésmennyiségét meghatározó tényezők %-os hatása (Debrecen, csernozjom talaj, 2018–2019)

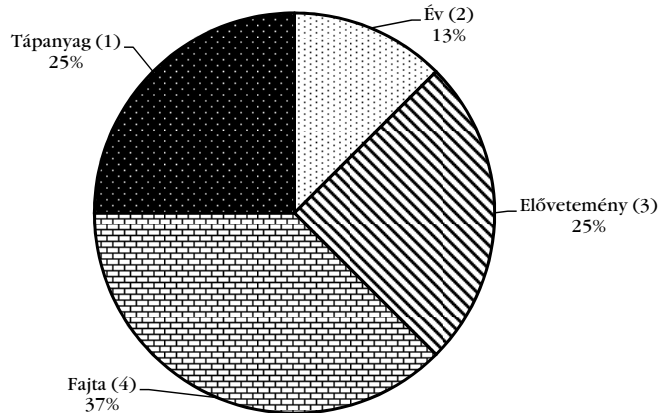


Figure 1. The effect (%) of various factors on the yield of the different winter wheat genotypes (Debrecen, chernozem soil, 2018–2019). (1) Fertilisation (25%), (2) Year (13%), (3) Previous crop (25%), (4) Variety (37%)

Ezek az eredményeink megegyeznek *Steduto* és *Hsiao* (1998), *Pepó* (2005), *Mu et al.* (2010) és *Szabó* (2013) kutatási eredményeivel. Ellentétesen *Sugár* és *Berzsényi* (2012) eredményeivel a LAI_{max} értékeket – évjáráttól függően – korai fenofázisban (2018. évben BBCH 32-34 csemegekukorica után) kaptuk, míg ugyanebben az évben napraforgó és szemes kukorica után kalászoláskor és virágzáskor (BBCH 55-59 és BBCH 65-69) volt a LAI a legnagyobb. A 2019. évben az elővetemény ugyancsak módosította a LAI_{max} időpontjait: csemegekukorica után BBCH 65-69, napraforgó és szemes kukorica után BBCH 73-74 fenofázisban mutatták a legnagyobb aktív levélterületet az őszi búza állományok.

A LAI_{max} értékek 2018. évben csemegekukorica után 4,9–8,5 m^2m^{-2} , napraforgó után 4,1–6,0 m^2m^{-2} , szemes kukorica után pedig 4,0–5,8 m^2m^{-2} között változtak az állományokban. Az évjárat igen jelentős hatását bizonyították a 2019. évi eredmények (csemegekukorica után 2,6–3,9 m^2m^{-2} , napraforgó után 1,8–3,0 m^2m^{-2} , szemes kukorica után 2,0–4,1 m^2m^{-2}).

A relatív klorofill tartalmat (SPAD) szignifikánsan befolyásolta az évjárat, a trágyázás és az elővetemény *Shangguan et al.* (2000) valamint *Szilágyi* és *Pepó* (2013) eredményeihez hasonlóan. Mindkét évben a $SPAD_{max}$ értékeket (2018.

évben 40,3–62,2, 2019. évben 28,3–58,8) a BBCH 32-34 fenofázisban mértük, mely értékek a BBCH 55-59 és a BBCH 65-69 fenofázisokban kismértékben, nem szignifikánsan csökkentek, majd az érési folyamatok előrehaladtával a BBCH 73-74 és BBCH 77-79 fenofázisokban szignifikáns csökkenés következett be.

Pearson-féle korreláció analízissel megállapítottuk, hogy az őszi búza genotípusok termése és a különböző időpontokban meghatározott növényfiziológiai paraméterek között szoros összefüggés mutatható ki. *Tian et al.* (2011), *Garg et al.* (2013), *Fekete et al.* (2014) és *Yildirim et al.* (2013) eredményeihez hasonlóan bizonyítottuk a búza genotípusok termése és a fotoszintetikus paraméterek (LAI értékeknél 0,585^{xx}–0,797^{xx}, SPAD értékeknél 0,470^{xx}–0,585^{xx} közötti korrelációs együtthatók) közötti közepes és szoros összefüggéseket.

A terméskomponensek felbontása azt bizonyította, hogy – adott ökológiai és agrotechnikai rendszerben – rendkívül fontos a genotípus adekvát megválasztása (37% hatás a termésre), de fontos hatása van a tápanyagellátásnak (25%) és az előveteménynek (25%) is.

Irodalom

- Arregui, L. M.–Lasa, B.–Lafarga, A.–Irañeta, I.–Baroja, E.–Quemada, M.*: 2006. Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 24. 2: 140–148.
- Ashraf, M. Y.–Azmi, A. R.–Khan, A. H.–Ala, S. A.*: 1994. Effect of water stress on total phenols peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Physiol. Plant.* 16: 185–191.
- Blackmer, T. M.–Schepers, J. S.–Varvel, G. E.*: 1994. Light reflectance compared with other nitrogen stress measurements in corn leaves. *Agron. J.* 86: 934–938.
- Bojović, B.–Marković, A.*: 2009. Correlation between nitrogen and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Kragujevac J. Sci.* 31: 69–74.
- Chen, X.–Min, D.–Yasir, T.–Hu, Y. G.*: 2012. Evaluation of 14 morphological, yield-related and physiological traits as indicators of drought tolerance in Chinese winter bread wheat revealed by analysis of the membership function value of drought tolerance (MFVD). *Field Crops Research*. 137: 195–201.

- Fekete, Á.–Pósa, B.–Klupács, B.–Pálinkás, L.–Tarnawa, Á.: 2014. The effect of different N doses on the characteristics and SPAD values of winter wheat (*Triticum aestivum*). *Növénytermelés*. 63: 115–118.
- Garg, R. N.–Singh, G. P.–Gupta, V. K.–Singh, S.–Singh, R.: 2013. Hyperspectral remote sensing for growth-stage-specific water use in wheat Sudipta Chattaraj, Debashis Chakraborty. *Field Crops Research*. 144: 179–191.
- Hansen, P. M.–Schjoerring, J. K.: 2003. Reflectance measurement of canopy biomass and nitrogen status in wheat crops using normalized difference vegetation indices and partial least squares regression. *Remote Sensing of Environment*. 86. 4: 542–553.
- Hoel, B. O.: 1998. Use of a hand-held chlorophyll meter in winter wheat: evaluation of different measuring positions on the leaves. *Acta Agric. Scand. B. Soil Plant Science*. 48: 222–228.
- Kuliga, B.–Leptarczyk, A.–Oleksy, A.–Kotodziejczyk, M.: 2010. The effect of tillage system and forecrop on the yield and values of LAI and SPAD indices of spring wheat. *European Journal of Agronomy*. 33. 1: 43–51.
- Li, F.–Meng, P.–Fu, D.–Wang, B.: 2008. Light distribution, photosynthetic rate and yield in a Paulownia-wheat intercropping system in China. *Agroforestry Systems An International Journal incorporating Agroforestry Forum* © Springer Science+ Business Media B.V.
- Lönhard M.–Németh I.: 1988. N-trágyázás hatása a búza (*Triticum aestivum* L.) levél-felületének alakulására. *Növénytermelés*. 37. 4: 337–344.
- Mu, H. D.–Jiang, B.–Wollenweber, B.–Dai, T.–Jing, Q.–Cao, W.: 2010. Long-term low radiation decreases leaf photosynthesis, photochemical efficiency and grain yield in winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 196: 38–47.
- Pepó P.: 2005. Szárazanyag- és levélterület-dinamikai vizsgálatok őszi búza állományokban. *Növénytermelés*. 54. 1–2: 65–75.
- Pepó P.–Csajbók J.: 2014. Az agrotechnikai elemek szerepe az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termesztésben. *Növénytermelés*. 63. 3: 73–94.
- Porter, J. R.: 1984. A model of canopy development in winter wheat. *J. Agric. Sci.* 102: 383–392.
- Ragasits I.: 1994. A műtrágyázás hatása a búza sütőipari minőségére. [In: Debreczeni B.–Debreczeni B.-né (szerk.) *Trágyázási Kutatások 1960–1990.*] Akadémiai Kiadó. Budapest. 60–62.
- Shangguan, Z.–Shao, M.–Dyckmans, J.: 2000. Effects of nitrogen nutrition and water deficit on net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in winter wheat. *J. Plant Physiol.* 156: 46–51.
- Steduto, P.–Hsiao, T. C.: 1998. Maize canopies under two soil water regimes II. Seasonal trends of evapotranspiration, carbon dioxide assimilation and canopy conductance, and as related to leaf area index. *Agric. For. Meteorol.* 89: 185–200.

- Sugár, E.–Berzsenyi, Z.:* 2012. Effect of N fertilisation on the dynamics of dry matter production and leaf area of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties in different years. *Acta Agronomica Hungarica*. 60: 385–396.
- Sun, Y.–Wang, X.–Wang, N.–Chen, Y.–Zhang, S.:* 2014. Changes in the yield and associated photosynthetic traits of dry-land winter wheat (*Triticum aestivum* L.) from the 1940's to the 2010's in Shaanxi Province of China. *Field Crops Research*. 67: 1–10.
- Szabó É.:* 2013. Növekvő NPK műtrágya adagok hatása néhány őszi búza fajta termésére különböző évjáratokban csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 62. 2: 67–88.
- Szilágyi, G.:* 2014. Effects of crop rotation and nutrient supply on the SPAD values of winter wheat. *Növénytermelés*. 63: 79–82.
- Szilágyi, G.–Pepó, P.:* 2013. The effect of Crop Rotation and Nutrient Supply on the Leaf Area Values of Winter Wheat in a Long-Term Experiment. *World Academy of Science Engineering and Technology*. 83: 103–106.
- Tian, Z.–Jing, Q.–Dai, T.–Jiang, D.–Cao, W.:* 2011. Effects of genetic improvements on grain yield and agronomic traits of winter wheat in the Yangtze River Basin of China. *Field Crops Research*. 124. 3: 417–425.
- Yıldırım, M.–Koc, M.–Akinci, C.–Barutçular, C.:* 2013. Variations in morphological and physiological traits of bread wheat diallel crosses under timely and late sowing conditions. *Field Crops Research*. 140: 9–17.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Fekete Ágnes – Dr. Szabó Éva – Dr. Pepó Péter
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*fekete.agnes.91@gmail.com

Eltérő NPK-ellátottság hatása a kukorica hibridek lipidperoxidációjának mértékére

ILLÉS ÁRPÁD – BOJTOR CSABA – NAGY JÁNOS

Debreceni Egyetem MÉK,

Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Kutatásunk célkitűzése a különböző NPK-ellátottság hatásának értékelése három eltérő genotípusú és két érésidejű kukorica (*Zea mays* L.) hibrid főbb fenológiai stádiumaiban a levélben tapasztalható lipidperoxidációra. A lipidperoxidáció mértékének meghatározását a keletkezett malondialdehid (MDA) mértéke alapján végeztük *Heath* és *Packer* (1968) módszere segítségével. A méréseinket egy polifaktoriális kisparcellás szántóföldi trágyázási tartamkísérletben, a tenyészidőszak során öt alkalommal (4 levél, 6 levél, 8 levél, 14 levél, nővirágzás) vett mintákból végeztük. Vizsgálatainkat kontroll és kétféle tápanyag-ellátottsági szinten végeztük (Dózis 1=kontroll, Dózis 2=60 kg/ha N 46 kg/ha P₂O₅ 54 kg/ha K₂O, Dózis 3=150 kg/ha N 115 kg/ha P₂O₅ 135 kg/ha K₂O). A nagymennyiségű NPK-trágyázás növelte a lipidperoxidáció mértékét a Dózis 3-as tápanyagszinten. A tápanyagkezelések hatására jelentős különbségek alakultak ki a hibridek között, amely mintavételi időpontokként változott. Nővirágzás fenológiai fázisban a H1-nél mértük a legnagyobb MDA szintet 5,01 MDA μmol/g FW értékkel. A kezdeti fejlődési fázis során 4–8 leveles fejlettségig a H1-nél mértük a legkisebb MDA szintet, ebből következtethetünk a hibrid korai fejlődési fázisban kialakuló jobb adaptációs képességére. Kezdeti fejlődési fázisban 4–6 leveles korban optimális tápanyagellátás mellett a H3 hibrid eredményezte a legkisebb MDA szintet. Megfelelő tápanyagellátás során nővirágzás időszakában a tenyészidőszak végén növekedett a hibridek MDA szintje, viszont nem azonos mértékben. Összességében a hibridek lipidperoxidációs vizsgálata során a tenyészidőszak hosszából és a tápanyag-ellátottságra adott válaszreakciók alap-

ján osztályozhatjuk a hibrideket megfelelő adaptációs képességek elérése, valamint a megfelelő hibridspecifikus növénytermesztési gyakorlat alkalmazása érdekében.

Kulcsszavak: tápanyag-ellátottsági szint, lipidperoxidáció, tartamkísérlet, kukorica, NPK

The effect of different NPK supply levels on the extent of lipid peroxidation of maize

Á. ILLÉS – CS. BOJTOR – J. NAGY

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

Summary

The objective of our research was to evaluate the impact of different NPK supply levels on the lipid peroxidation in the leaf of three maize (*Zea mays* L.) hybrids with different genotypes and two ripening periods during the main phenophases. The extent of lipid peroxidation was performed using the method of *Heath and Packer* (1968), based on the amount of malondialdehyde (MDA) generated. Our measurements were performed in a polyfactorial small plot long-term fertilisation experiment, using samples taken on five occasions (4-, 6-, 8-, and 14-leaf stages, as well as silking). Examinations were performed based on a control treatment and two different fertilisation levels (Dose 1=control, Dose 2=60 kg/ha N 46 kg ha⁻¹ P₂O₅ 54 kg ha⁻¹ K₂O, Dose 3=150 kg ha⁻¹ N 115 kg ha⁻¹ P₂O₅ 135 kg ha⁻¹ K₂O). The high dose of NPK fertilisation increased the extent of lipid peroxidation at the Dose 3 nutrient level. As a result of fertiliser treatments, there were significant differences between the examined hybrids, showing different values on each sampling occasion. The highest MDA level was measured in the case of H1 at the silking phase (FW: 5.01 μmol g⁻¹ MDA). During the initial phase of development, the lowest MDA level was measured in the case of H1, which led us to conclude to the better adaptation ability of the hybrid in its early development phase. In the initial development phase, at the 4–6-leaf stage, the lowest MDA level was observed in the H3 hybrid under optimal nutrient supply conditions. In the case

of appropriate nutrient supply, the MDA levels of hybrids increased during silking at the end of the growing season, but to a different extent. Altogether, during the lipid peroxidation analysis and based on the length of the growing season and the observed fertiliser reactions, the examined hybrids can be classified in order to achieve the proper adaptation abilities and the application of a proper hybrid-specific crop production practice.

Key words: fertilisation levels, lipid peroxidation, long-term experiment, maize, NPK

Влияние различной обеспеченности NPK-ем на размер перекисного окисления липидов кукурузных гибридов

А. ИЛЛЕШ – Ч. БОЙТОР – Я. НАДЬ

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

Резюме

Цель нашего исследования - оценка влияния различной обеспеченности NPK-ем на обнаруженное в листьях перекисное окисление липидов в главных фенологических стадиях трёх различных генотипов и двух сроков созревания гибридов кукурузы (*Zea mays* L.). Определение размера перекисного окисления липидов проводили на основе возникшего размера малондиальдегида (MDA) с помощью метода «*Heath и Packer*» (1968). Наши измерения проводили в полифакторном малопарцельном пахотном продолжительном опыте искусственных удобрений, в ходе вегетационного периода 5 раз (4 листа, 6 листьев, 8 листьев, 14 листьев, женское цветение) из взятых образцов. Наши исследования проводили на контрольном и двух уровнях обеспечения питательными веществами (Доза 1 = контроль, Доза 2 = 60 kg/ha N 46 kg/ha P₂O₅ 54 kg/ha K₂O, Доза 3 = 150 kg/ha N 115 kg/ha P₂O₅ 135 kg/ha K₂O). Внесение большого количества удобрения NPK увеличило размер перекисного окисления липидов на уровне питательного вещества Дозы 3. Под влиянием обработок питательным веществом возникли значительные различия между гибридами, которые изменились по времени взятия образцов. В фенологической фазе женского цветения у Н1

измерили самый высокий уровень MDA с величиной 5,01 MDA $\mu\text{mol/g}$ FW. В ходе фаз начального развития 4–8 листьев у H1 измерили самый малый уровень MDA, из этого могли сделать выводы о лучших адаптационных свойствах, возникших в ранних фазах развития гибрида. В фазах начального развития в возрасте 4–6 листьев при оптимальном обеспечении питательными веществами гибрид H3 дал в результате самый малый уровень MDA. В ходе соответствующего обеспечения питательными веществами в стадии женского цветения в конце вегетационного периода увеличился уровень MDA гибридов, однако не в одинаковом размере. В общем в ходе исследования перекисного окисления липидов гибридов на основе ответных реакций на продолжительность вегетационного периода и на обеспеченность питательными веществами можно классифицировать достигаемость соответствующих адаптационных способностей гибридов, а также в интересах применения соответствующей гибридно специфичной практики выращивания растений.

Ключевые слова: уровни удобрений, перекисное окисление липидов, продолжительный опыт, кукуруза, NPK

Bevezetés

A precíziós tápanyag-utánpótlás a modern, inputhatékony gazdálkodás elengedhetetlen feltétele. A modern új hibridek megjelenésével egyidejűleg felmerül a pontos tápanyagszükségletére irányuló kérdés, melynek megválaszolásához egzakt növényfiziológiai vizsgálatokra van szükségünk szántóföldi körülmények között.

A precíziós növénytermesztés és azon belül is a precíziós tápanyag-utánpótlás elengedhetetlen tényezője a modern mezőgazdasági gyakorlatnak. Éghajlatunk szélsőségessé válásával a növénytermesztés időjárási kitettsége tovább növekszik, mely a környezethez sikeresen alkalmazkodó hibridvonalak előállítását igényli. A különböző hibrideket eltérő környezeti és termesztéstechnológiai igényeknek való megfelelésre nemesítik, amelyek közül az egyik legfontosabb az abiotikus és a biotikus stressztolerancia. A stressz jelentése növényi környezetben egy olyan megterheléssel járó számtalanul sokféle helyzet leírása, amelyek egy adott szervezetben a normális viselkedéstől való eltéréshez vezetnek (*Szigeti* 2007).

A reaktív oxigén fajták szerepével kapcsolatos egyik legfontosabb biológiai folyamat a lipidperoxidáció. A reaktív oxigénfajták olyan szabadgyök-képző

molekulák, amelyek képesek a növényi sejtet megtámadó kórokozókat, károsítókat elpusztítani, de károsak lehetnek a növényi sejt számára is (Jablonska 2017). A növények stresszhelyzetben olyan jelzőmolekulákat termelnek, amelyek elindítói egy olyan folyamatnak, amely befolyásolja a növények akklimatizációs képességét, ugyanakkor programozott sejthalálhoz is vezethet (Rizwana *et al.* 2019). Ge *et al.* (2005) és Aly és Mohamed (2012) vizsgálatai szerint az abiotikus stressz során fellépő kedvezőtlen körülmények hatására egyaránt változott a levélben és a gyökérben mért lipidperoxidáció mértéke és ezzel kapcsolatosan az antioxidáns enzimrendszer működésében is változást eredményezett.

A növényi antioxidáns védekező rendszer működése és a lipidperoxidáció mértéke között fennálló korreláció számos kutatás tárgyát képezte (Gosset *et al.* 1994, Shalata és Tal 1998, Hernández és Almansa 2002). A lipidperoxidáció olyan markerfolyamat, amely segítségével a növényi stresszállapotot tudjuk monitorozni. A lipidperoxidáció vizsgálata során a keletkezett MDA mennyisége jelzi a folyamat intenzitásának mértékét.

A legfrissebb tanulmányok szerint a lipidperoxidációval képzett reaktív lipidfajták többféleképpen is hasznosíthatók a sejtek számára. Bizonyítékok támasztják alá azt a nézetet, miszerint a reaktív lipidformák által közvetített jelátvitelnek számos fiziológias folyamatban van szerepe, beleértve többek között az apoptózist és az antioxidatív védekezés indukálását is (Bhattacharjee 2014).

Kutatásunk célkitűzése három eltérő genotípusú és két érésidőjű kukorica (*Zea mays* L.) hibrid lipidperoxidációjában tapasztalható különbségek értékelése a növények főbb fenológiai stádiumaiban a levélben mért malondialdehid (MDA) mennyiség alapján.

Anyag és módszer

Kísérletünket a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén végeztük. Vizsgálatainkhoz három eltérő genotípusú kukorica (*Zea mays* L.) hibridet alkalmaztunk (Hibrid 1 – FAO 400, Hibrid 2 – FAO 490, Hibrid 3 – FAO 380). A több évtizedes tartamkísérlet lehetővé teszi a tápanyag-utánpótlás hosszú távú vizsgálatának lehetőségét, kiküszöbölve a környezeti és agrotechnikai változókból adódó eltérést. Alapművelés során őszi mélyszántást alkalmaztunk, illetve őszi alaptrágya kijuttatást. A vetés időpontja 2019.

április 20. volt és vetéssel egy menetben teflutrin hatóanyagú talajfertőtlenítő szert juttattunk ki. Kontroll és két eltérő tápanyagszinten vizsgáltuk a hibridek lipidperoxidációjának mértékét. Dózis 1=kontroll, Dózis 2=60 kg/ha N 46 kg/ha P₂O₅ 54 kg/ha K₂O, Dózis 3=150 kg/ha N 115 kg/ha P₂O₅ 135 kg/ha K₂O. A vizsgált parcellákban a foszfor és a kálium alaptrágyázás során, ősszel került kijuttatásra. A kontroll parcellákban 30 éve nem történt tápanyag visszapótlás se szerves, se szervetlen formában. A terület talajtani szempontból löszháton kialakult mészlepedékes csernozjom talaj, az Arany-féle kötöttségi szám ($K_A = 43-45$), a humusztartalom átlagos (Hu%=2,7-2,8), a humuszréteg vastagsága 80 cm körüli (Nagy 2019).

A tenyészidőszak során öt alkalommal végeztünk mintavételt. A mintavételek időpontját hőösszegek és a fenológiai fázisok alapján végeztük:

1. mintavétel - 4 levél - 153 °C hőösszeg,
2. mintavétel - 6 levél - 221 °C hőösszeg,
3. mintavétel - 8 levél - 341 °C hőösszeg,
4. mintavétel - 14 levél - 630 °C hőösszeg,
5. mintavétel - nővirágzás - 779 °C hőösszeg.

A mintavételek során 1 g zöld növényi levélmintát a levélér nélkül gyűjtöttünk a nap azonos szakaszában. Az első három mintavétel során a legfiatalabb kifejlett levélből, a 4. mintavételi időpontban a 10. kifejlett levélből és az utolsó mintavétel esetén a csővel szemközti levélből történt mintavétel. A mintavételt követően a mintákat folyékony nitrogénben szállítottuk, feldolgozásig -80 °C-os mélyfagyaszobában tároltuk. A lipidperoxidáció mértékének meghatározását spektrofotometriás eljárással a keletkezett malondialdehid (MDA) tartalom alapján mértük (Heath és Packer 1968).

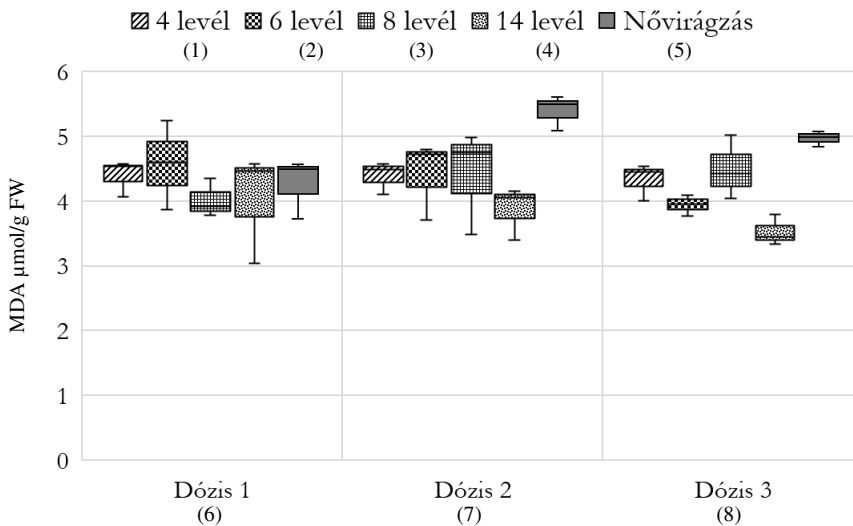
A kísérlet elrendezését tekintve kéttényezős, sávos, négy ismétlésben beállított kispárcellás szántóföldi tartamkísérlet, amely lehetővé teszi a megfelelő statisztikai értékelést. A mintavételek során öt ismétlést alkalmaztunk, az ötödik ismétlést véletlenszerűen az első négy ismétlésből választottuk ki. A statisztikai vizsgálatot R 3.2.4. statisztikai környezetben (Team 2016a), RStudio (Team 2016b). grafikus felülettel, "gplots" (Warnes et al. 2015), "car" (Fox és Weisberg 2011) és "agricolae" (De Mendiburu 2017) csomagok felhasználásával végeztük. A grafikonokat Ms Excel 2019 programmal készítettük.

Eredmények

A nagymennyiségű és nem megfelelő arányú NPK-műtrágya felhasználásával termesztett kukorica élettani válaszreakcióinál már régen felmerült a kérdés, hogy hogyan is reagál az antioxidáns védekező rendszer, és az milyen hatást gyakorol a lipidperoxidációra. Zhan *et al.* (2007) vizsgálatai szerint a nagyadagú makroelem-műtrágyázás – és azon belül is kiemelten a nitrogén – képes befolyásolni az antioxidáns enzimrendszert és a lipidperoxidáció mértékét. A N-műtrágyázás mértékétől függően a lipidperoxidáció mértéke változik, ezáltal élesíti az átmenetet a tenyészidőszak végén és hatást gyakorol a szenescenciára.

A nagymennyiségű NPK trágyázás növelte a lipidperoxidáció mértékét. A legnagyobb tápanyagszinten 150 kg/ha N és a hozzá tartozó foszfor és káliummal együtt nővirágzás időpontjában szignifikánsan növelte az MDA mennyiségét a levelekben (1. ábra).

1. ábra. *Eltérő mértékű tápanyag-utánpótlás hatása a kukorica lipidperoxidációjának mértékére a keletkezett MDA szint alapján*

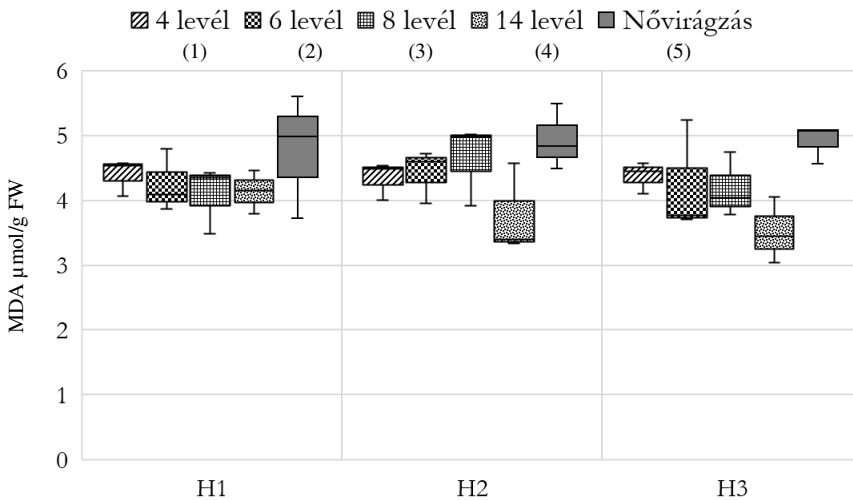


Megjegyzés: N=15, SzD_{5%}=0,1071

Figure 1. The effect of various levels of nutrient replenishment on the extent of lipid peroxidation of maize, based on the level of MDA generated. (1) 4-leaf stage, (2) 6-leaf stage, (3) 8-leaf stage, (4) 14-leaf stage, (5) Silking, (6) Dose 1, (7) Dose 2, (8) Dose 3, Note: N=15, LSD_{5%}=0.1071

Hasonló eredményre jutottak *Zhang et al.* (2007) és *Azooz et al.* (2009) vizsgálataiban, a jobb abiotikus stressztoleranciával rendelkező kukorica hibrideknek alacsonyabb volt az MDA szintje stresszhelyzetben, mint a hagyományos hibrideknek. A tápanyagkezelések hatására jelentős különbségek alakultak ki a hibridek között, mely mintavételi időpontonként változott. Nővirágzás fenológiai fázisban a H1-nél mértük a legnagyobb MDA szintet 5,01 MDA $\mu\text{mol/g}$ FW értékkel. A kezdeti fejlődési fázis során 4–8 leveles fejlettségig a H1-nél mértük a legkisebb MDA szintet, ebből következtethetünk a hibrid korai fejlődési fázisban kialakuló adaptációs képességére. A szeneszcencia során növekedett a MDA szint a vizsgált hibrideknél, amely a leghosszabb tenyészidejű (FAO 490) H2-es hibridnél volt a legalacsonyabb (2. ábra).

2. ábra. Tápanyag-utánpótlás hatása a kukorica lipidperoxidációjának mértékére eltérő mintavételi időpontokban a keletkezett MDA szint alapján



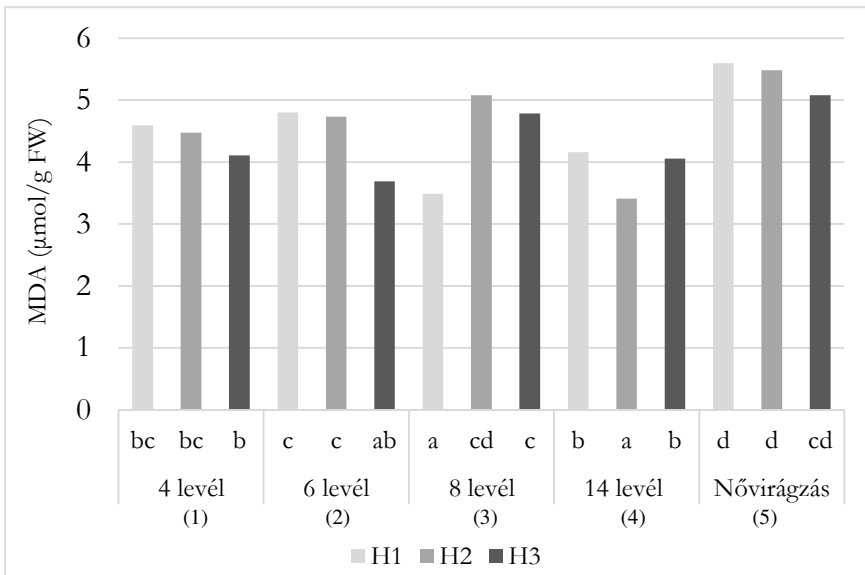
Megjegyzés: N=15, SzD_{5%}=0,1071

Figure 2. The effect of nutrient replenishment on the extent of lipid peroxidation of maize on different sampling occasions, based on the level of MDA generated. (1) 4-leaf stage, (2) 6-leaf stage, (3) 8-leaf stage, (4) 14-leaf stage, (5) Silking, Note: N=15, LSD_{5%}=0.1071

Megvizsgáltuk a hibridek lipidperoxidációját a Dózis 2-es (Dózis 2=60 kg/ha N 46 kg/ha P₂O₅ 54 kg/ha K₂O) tápanyagszinten, amely a kukorica alapvető fiziológiai növekedéséhez egy átlagos tápanyag-kijuttatást jelent. Kezdeti fejlődési fázisban 4–6 leveles korban optimális tápanyagellátás mellett a H3 hibrid-

nek volt a legkisebb az MDA szintje. Ezek alapján *de Azevedo et al.* (2006) vizsgálataival azonos eredményeket mértünk, mivel a különböző genotípusok MDA szintje a tenyészidőszak folyamán eltérően változott. Megfelelő tápanyag-ellátás során a nővirágzás időszakában a tenyészidőszak végén növekedett a hibridek MDA szintje, viszont nem azonos mértékben. A H3 hibrid a vizsgált három hibrid közül szignifikánsan alacsonyabb MDA szintet eredményezett a tenyészidőszak végén (3. ábra).

3. ábra. Tápanyag-utánpótlás hatása (Dózis 2) a hibridek lipidperoxidációjának mértékére eltérő mintavételi időpontban a keletkezett MDA alapján

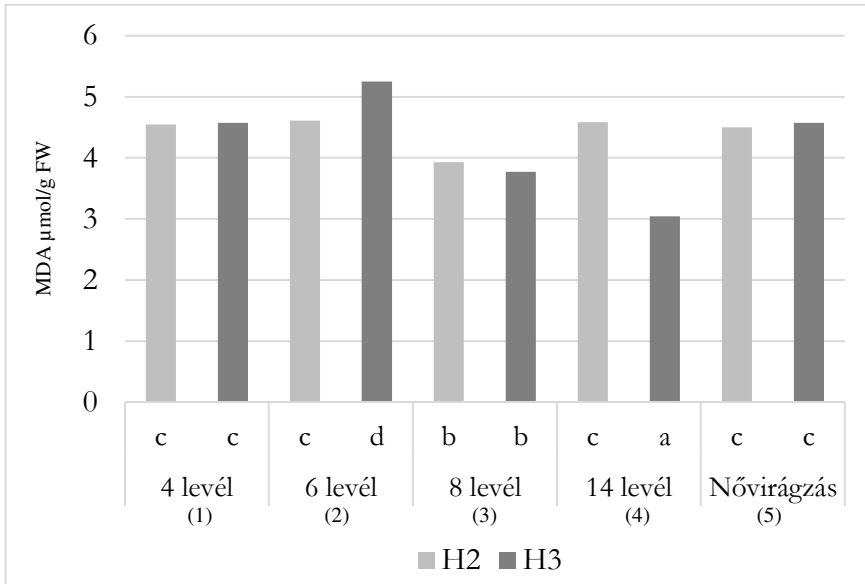


Megjegyzés: N=45, SzD_{5%}=0,0829

Figure 3. The effect of nutrient replenishment (Dose 2) on the extent of lipid peroxidation of maize on different sampling occasions, based on the level of MDA generated. (1) 4-leaf stage, (2) 6-leaf stage, (3) 8-leaf stage, (4) 14-leaf stage, (5) Silking, Note: N=45, LSD_{5%}=0.0829

A kontroll parcellákban a tápanyag-visszapótlás módosító hatása nélkül vizsgáltuk a hibridek között kialakuló különbségeket az MDA szintben a tenyészidőszak folyamán. A 4 leveles fejlettségnél a vizsgált két hibrid között nem volt különbség, viszont a 6 leveles fejlettségénél a H3 hibridnél szignifikánsan nagyobb MDA szintet mértünk. Nővirágzás időszakában a két hibrid között nem volt statisztikai különbség a lipidperoxidáció mértékében (4. ábra).

4. ábra. Tápanyag-utánpótlás hatása (Dózis 1) a hibridek lipidperoxidációjának mértékére eltérő mintavételi időpontban a keletkezett MDA alapján



Megjegyzés: N=30, SzD_{5%}=0,2479

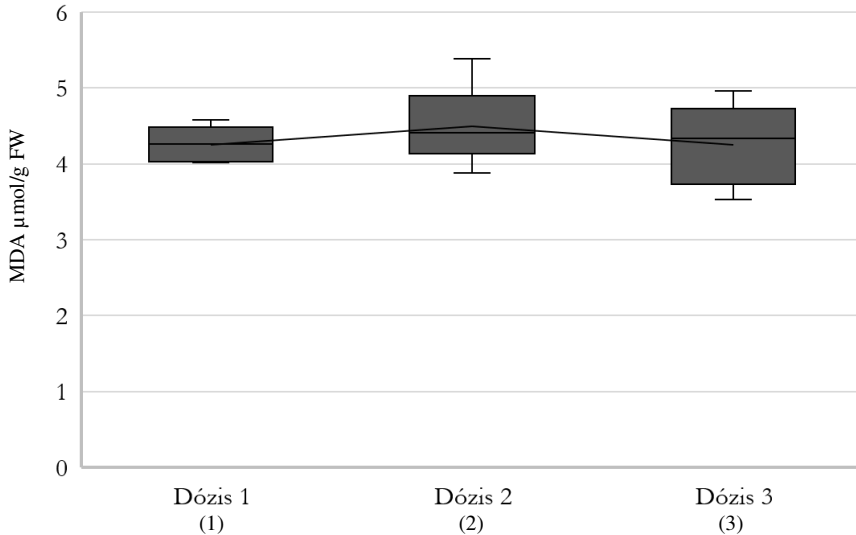
Figure 4. The effect of nutrient replenishment (Dose 1) on the extent of lipid peroxidation of maize on different sampling occasions, based on the level of MDA generated. (1) 4-leaf stage, (2) 6-leaf stage, (3) 8-leaf stage, (4) 14-leaf stage, (5) Silking, Note: N=30, LSD_{5%}=0.2479

Megvizsgáltuk a hibridek és a mintavételi időpontok átlagában a lipidperoxidáció mértékét. A Dózis 2 tápanyagszint eredményezte a legnagyobb MDA szintet. A Dózis 3 és a kontroll (Dózis 1) között szignifikáns eltérés nem volt (5. ábra).

Következtetések

Az eltérő mennyiségű NPK trágyázás szignifikáns hatást gyakorolt a levelekben mérhető MDA tartalomra minden mintavételi időpontban. A hibridek között jelentős különbségek alakultak ki a tenyészedőszak során mért MDA szintjében. Kezdeti fejlődési fázisban 4–6 leveles korban optimális tápanyagellátás mellett a H3 hibrid eredményezte a legkisebb MDA szintet.

5. ábra. A tápanyag-utánpótlás hatása a kukorica lipidperoxidációjának mértékére a keletkezett MDA alapján



Megjegyzés: N=225, SzD_{5%}=0,0479

Figure 5. The effect of nutrient replenishment on the extent of lipid peroxidation of maize on different sampling occasions, based on the level of MDA generated. (1) Dose 1, (2) Dose 2, (3) Dose 3, Note: N=225, LSD_{5%}=0.0479

Megfelelő tápanyagellátás során nővirágzás időszakában a tenyésztidőszak végén növekedett a hibridek MDA szintje, viszont nem ugyanolyan mértékben. A H3-as hibrid a vizsgált három hibrid közül szignifikánsan alacsonyabb MDA szintet eredményezett a tenyésztidőszak végén. A nagy mennyiségű NPK trágyázás növelte a lipidperoxidáció mértékét. A legnagyobb tápanyagszinten 150 kg/ha N és a hozzá tartozó foszfor és káliummal együtt nővirágzás időpontjában szignifikánsan növelte az MDA szintet a levelekben.

Összességében az eltérő mennyiségű NPK hatására különbségek alakultak ki a hibridek lipidperoxidációjának mértékében. A tápanyag-utánpótlás hatására bekövetkező lipidperoxidációs változás során lehetőségünk van az új hibrideket adaptációs és tápanyag-hasznosítási hatékonyságuk szerint vizsgálni.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program NKFIH-1150-6/2019 számon támogatta, a Debreceni Egyetem 4. tématerületi programja keretében, illetve az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 sz. projekt. A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült.

Irodalom

- Aly, A. A.–Mohamed, A. A.*: 2012. The impact of copper ion on growth, thiol compounds and lipid peroxidation in two maize cultivars (*Zea mays* L.) grown 'in vitro'. Australian Journal of Crop Science. 6. 3: 541.
- Azooz, M. M.–Ismail, A. M.–Elhamd, M. A.*: 2009. Growth, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities as a selection criterion for the salt tolerance of maize cultivars grown under salinity stress. International Journal of Agriculture and Biology. 11. 1: 21–26.
- Bhattacharjee, S.*: 2014. Membrane lipid peroxidation and its conflict of interest: the two faces of oxidative stress. Current Science. 107. 11: 1811–1823.
- de Azevedo Neto, A. D.–Prisco, J. T.–Enéas-Filho, J.–de Abreu, C. E. B.–Gomes-Filho, E.*: 2006. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. Environmental and Experimental Botany. 56. 1: 87–94.
- De Mendiburu, F.*: 2017. Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.2-8. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
- Fox, J.–Weisberg, S.*: 2011. An {R} Companion to Applied Regression. Second Edition. Thousand Oaks CA: Sage. <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>
- Ge, T.–Suo, F.–Bai, L.–Lu, Y.–Zhou, G.*: 2005. Effects of water stress on the protective enzyme activities and lipid peroxidation in roots and leaves of summer maize. Zhongguo Nongye Kexue. 38. 5: 922–928.
- Gossett, D. R.–Millhollon, E. P.–Lucas, M. C.*: 1994. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. Crop Science. 34. 3: 706–714.
- Heath, R. L.–Packer, L.*: 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics. 125. 1: 189–198.
- Hernández, J. A.–Almansa, M. S.*: 2002. Short-term effects of salt stress on antioxidant systems and leaf water relations of pea leaves. Physiologia Plantarum. 115. 2: 251–257.

- Jablonska, T. A.*: 2017. Pesticides as Inducers of Oxidative Stress. *Reactive Oxygen Species*. 3. 8: 96–110.
- Nagy J.*: 2019. Komplex talajhasználati, víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérletek 1983-tól a Debreceni Egyetemen. *Növénytermelés*. 68. 3: 5–28.
- Rizwana, B.-Rupesh, T.-Adil, H.-Krishnanand, P. K.-Qari, M.-Bong, G. M.-Byung, W. Y.*: 2019. Nitric oxide regulates plant responses to drought, salinity, and heavy metal stress. *Environmental and Experimental Botany*.
- Shalata, A.-Tal, M.*: 1998. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. *Physiologia Plantarum*. 104. 2: 169–174.
- Szigeti Z.*: 2007. Növények és a stressz 950–1017. [In: Láng F. *Növényélettan*.] ELTE Eötvös Kiadó. Budapest. 1024.
- Team, R.*: 2016a. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc. Boston. MA.USA. <http://www.rstudio.com/>
- Team, R.*: 2016b. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Warnes, G. R.-Bolker, B.-Bonebakker, L.-Gentleman, R.-Liaw, W. H. A.-Lumley, T.-Maechler, M.-Magnusson, A.-Moeller, S.-Schwartz, M.-Venables, B.*: 2015. gplots: Various R Programming Tools for Plotting Data. R package version 2.17.0. <http://CRAN.R-project.org/package=gplots>
- Zhan, X. M.-Han, X. R.-Yang, J. F.-Wang, S.-Gao, M.-Zhao, L. Y.*: 2007. Effect of Different Fertilizer Supply of Maize on Protective Enzyme Activities and Lipid Peroxidation of Leaves in Latter Stage [J]. *Journal of Maize Sciences*. 1.
- Zhang, L. X.-Li, S. X.-Zhang, H.-Liang, Z. S.*: 2007. Nitrogen rates and water stress effects on production, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activities in two maize (*Zea mays* L.) genotypes. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 193. 6: 387–397.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Illés Árpád – Bojtor Csaba – Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*illes.arpad@agr.unideb.hu

**A talaj N-, P- és K-ellátottságának hatása a szója
(*Glycine max* L./Merr.) termésére csernozjom réti talajon –
II. Fehérjetartalom, aminosav-összetétel**

IZSÁKI ZOLTÁN

Szent István Egyetem,

Öntözési és Vízgazdálkodási Intézet, Szarvas

Összefoglalás

A szója trágyázási szaktanácsadásának fejlesztéséhez kísérleti munkánk célja az volt, hogy jól elkülönülő talaj-tápelem ellátottsági szinteken, műtrágyázási tartamkísérletben vizsgáljuk a N-, P- és K-ellátottság hatását a szója fehérjetartalmára és aminosav-összetételére. A műtrágyázási tartamkísérletet 1989-ben állítottuk be mélyben karbonátos csernozjom réti talajon, 4–4 N-, P- és K-ellátottsági szinten, teljes kezelés-kombinációban, 64 kezeléssel. Jelen dolgozatban a szójával végzett 11 éves tartamkísérletekből öt év minőségvizsgálati eredményei szerepelnek, melyek az alábbiakban foglalhatók össze:

1. Az évek többségében a 80 kg N/ha adagnál nagyobb N-trágyázás további szignifikáns fehérjetartalom növekedést nem eredményezett. A 2,8–3,2% humusztartalmú, jó N-szolgáltató képességű csernozjom réti talajon, átlagosnál jobb vízellátottságú évben a N-trágyázás a szójamag fehérjetartalmát és aminosav-összetételét érdemben nem befolyásolta.
2. Csernozjom réti talajon a művelt réteg 120–360 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági tartományában a P-ellátottság a szójamag fehérjetartalmában szignifikáns változást nem okozott.
3. Szignifikáns aminosav-tartalom növekedést a szárazanyag százalékában kifejezve alapvetően a túlzott N-trágyázás (160, 240 kg N/ha) váltott ki. A szójamag fehérje aminosav-összetételét (g/100 g fehérje) a N-ellátottság csak csekély mértékben befolyásolta, és konzekvens N-hatást, amely minden évben egy-egy aminosav arányá-

nak változásában érvényesült volna, nem tapasztaltunk. A N-ellátottság az esszenciális és nem esszenciális aminosavak arányát érdemben nem módosította.

4. A talaj 120–135 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságához viszonyítva a jobb P-ellátottság (150–360 mg/kg AL-P₂O₅) évjáráttól függően módosíthatja a szójamag aminosav-összetételét, de a hatások egy-egy aminosav vonatkozásában nem egyértelműek.
5. Az évek többségében a talaj 150–250 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági tartományában a szójamag fehérje aminosav-összetételében bekövetkezett arányváltozások nem konzekvensenek, az évjárat is befolyásolja a P-hatásokat. A talaj 280–360 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságánál a P-hatás inkább negatív irányú változást okozott az aminosavak többségénél.
6. Az évjárat nagyobb mértékben befolyásolta a szójamag aminosav-összetételét, mint a N- és P-ellátottság. Az aminosav összetételben tapasztalt éves különbségek nem hozhatók konzekvensen összefüggésbe a vízellátottsággal, a fehérjetartalommal és a terméshozam szintjével.

Kulcsszavak: N- és P-ellátottság, szója, fehérjetartalom, aminosav-összetétel, tartamkísérlet

Effect of soil N, P and K supply on soybean (*Glycine max* L./Merr.) yield on chernozem meadow soil – II. Protein content, amino acid composition

Z. IZSÁKI

Szent István University,
Institute of Irrigation and Water Management, Szarvas

Summary

The aim of our experimental work for the development of soybean fertilisation consultancy was to investigate the effect of N-, P- and K-supply on the protein content and amino acid composition of soybeans in well-separated soil nutrient supply levels in a long-term fertilisation experiment. The long-term fertilisation experiment was set up in 1989 on deeply calcareous chernozem meadow soil at 4–4 N-, P-, and K-supply

levels, respectively, in a complete treatment combination with 64 treatments. In the present dissertation, the results of five years of quality testing from the 11-year long-term experiments with soy are presented, summarised as follows:

1. For the majority of the years, N fertilisation above 80 kg N ha⁻¹ did not result in a further significant increase in protein content. In the chernozem meadow soil with a humus content of 2.8–3.2% and good N-supplying ability, in a year with better-than-average water supply, N-fertilisation did not significantly affect the protein content and amino acid composition of soybean seeds.
2. On chernozem meadow soil, the P supply did not cause any significant change in the protein content of soybean in the 120–360 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅ supply range of the cultivated soil layer.
3. Significant increase in amino acid content, expressed as a percentage of dry matter, was mainly caused by excessive N fertilisation (160, 240 kg N ha⁻¹). The protein amino acid composition of soybean (g per 100 g protein) was only slightly affected by the N supply, and no consistent N effect was observed, i.e., there was no change in the ratio of a specific amino acid. N-supply did not substantially alter the ratio of essential and non-essential amino acids.
4. Compared to the supply level of 120–135 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅ of the soil, better P supply (150–360 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅) can potentially modify the amino acid composition of the soybean, depending on the given crop year. However, these effects are not clear in relation to the specific amino acids.
5. In the majority of years, the proportion changes in the amino acid composition of the soybean in the 150–250 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅ supply range of the soil are not consistent and crop year also affects the effects of P. For the majority of amino acids the effect of P resulted in a negative change at the supply level of 280–360 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅.
6. Crop year had a greater effect on the amino acid composition of soybean seed than the N and P supply. Yearly differences in amino acid composition cannot be consistently correlated with water supply, protein content, and yield levels.

Key words: N and P supply, soybean, protein content, amino acid composition, long-term experiment

Влияние обеспечения почвы N, P и K на урожай сои (*Glycine max* L./Merr.) на чернозёмной луговой почве – II. Содержание белка, состав аминокислот

З. ИЖАКИ

Университет им.Св.Иштвана,
Институт Орошения и Водохозяйства, Сарваш

Резюме

Для развития профессионального консультирования внесения удобрения под сою целью нашей опытной работы было исследовать на хорошо различимых уровнях обеспечения питательными элементами почвы, в продолжительном опыте с искусственными удобрениями влияние обеспеченности N, P и K на содержание белка сои и на состав аминокислот. Продолжительный опыт искусственных удобрений установили в 1989 году на чернозёмной, в глубине карбонатной луговой почве, на 4-х уровнях обеспеченности N, P и K, в полной комбинации доз, с 64 дозами. В данной работе показаны 5-летние результаты исследования качества проведённого в течении 11 лет продолжительного опыта с соей, которые можно обобщить следующим образом:

1. В большинстве лет внесение удобрения N дозой более 80 kg N/ha не дало дальнейшего значительное увеличение содержания белка. На чернозёмной луговой почве с 2,8–3,2% содержанием гумуса, с хорошей способностью обслуживания N, в году с большим по сравнению с обычным обеспечением водой внесение удобрения N не повлияло существенно на содержание белка и на состав аминокислот в соевых бобах.
2. На чернозёмной луговой почве в пределах обеспеченности 120–360 mg/kg AL-P₂O₅ обрабатываемого слоя обеспеченность P-ом не вызвала значительное изменение в содержании белка соевых бобов.
3. Значительное увеличение содержания аминокислот, выраженное в процентах сухого вещества, вызвало в основном преувеличенное внесение удобрения N (160, 240 kg N/ha). На состав аминокислот белка соевых бобов (g/100 g белка) обеспеченность N-ом только в малой степени повлияла, и последовательное влияние N, которое каждый год проявлялось бы в изменении соотношения отдельных аминокислот, не обнаружили. Обеспеченность N-ом по существу не изменила соотношение незаменимых и заменимых аминокислот.

4. По сравнению с обеспеченностью почвы 120–135 mg/kg AL-P₂O₅ лучшая обеспеченность Р-ом (150–360 mg/kg AL-P₂O₅) в зависимости от года выращивания может изменить состав аминокислот соевых бобов, но эти влияния не однозначны касательно отдельных аминокислот.
5. В большинстве лет в пределах обеспеченности почвы 150–250 mg/kg AL-P₂O₅ в составе аминокислот белка соевых бобов наступившие изменения а соотношениях не последовательны, год выращивания также оказывает влияние на действие Р. При обеспеченности почвы 280–360 mg/kg AL-P₂O₅ влияние Р в большей мере причинило негативное изменение в большинстве аминокислот.
6. Год выращивания в большей мере повлиял на состав аминокислот соевых бобов, чем обеспеченность N-ом и Р-ом. Обнаруженные в составе аминокислот годовые различия не возможно взаимно связать последовательно с обеспеченностью водой, с содержанием белка и с уровнем урожая.

Ключевые слова: обеспеченность N-ом и Р-ом, соя, содержание белка, состав аминокислот, продолжительный опыт

Bevezetés

A szója 125 millió hektáros vetésterületével (FAOSTAT) a világ legjelentősebb növényi fehérjeforrása. A szójamatag fehérjetartalma genotípustól, földrajzi régiótól, termőhelyi viszonyoktól és az alkalmazott agrotechnikától függően tág intervallumban (35–50%) változik (Kurnik 1970, Zarkadas et al. 1999, Carrera et al. 2011, Sudaric et al. 2019). A mag fehérjét globulin, albumin, prolamin és glutelin frakciók alkotják, melyek közül a globulin és az albumin alkotják a tartalék fehérje fő részét (Koshiyama 1983, Nielsen és Nam 1999, Drzewiecki et al. 2003). A globulin (glicinin, β-konglicinin) frakció az összes fehérje 75–80%-át teszi ki (Csapó és Csapóné 2003, Nishihari et al. 2014). A fehérje frakciók aminosav-összetételében különbségek vannak, így mindazon tényezők (genotípus, környezet), melyek a fehérje frakciók arányát befolyásolják, változást okozhatnak a mag aminosav-összetételében (Li 2005, Ciabotti et al. 2016, Sudaric et al. 2019).

A szója takarmányozás- és táplálkozás-biológiai értékét alapvetően a fehérjetartalom és a fehérje aminosav-összetétele határozza meg. A fehérjetartalom, az aminosav-összetétel és az esszenciális aminosavak részaránya vonatkozásá-

ban a szója valamennyi étkezési- és abraktakarmány-hüvelyes között a legértékesebb. A hüvelyes magvak, így a szója aminosav-összetételére is jellemző, hogy kéntartalmú aminosavakban (metionin, cisztin) viszonylag szegények, de lizinben gazdagok. Az esszenciális aminosavak aránya az összes aminosav-tartalommal belül 40–45% közötti (Kurnik 1970, Bódis 1983, Duranti és Gius 1997, Csapó és Csapóné 2003, Carrera et al. 2011).

A szója fehérjetartalmának növelése és aminosav-összetételének javítása a nemesítési munka permanens feladata. Ennek részeként vizsgálat tárgya a terméshozam és a minőség kapcsolatának feltárása. Az itt elért eredmények eléggé ellentmondásosak. Johnson et al. (1955), Mello Filho et al. (2004) szerint negatív kapcsolat van a terméshozam és a fehérje, valamint az aminosav koncentráció között. Brzostowski és Diers (2017) a magas fehérjetartalmú szója-fajták előállításakor negatív korrelációt tapasztaltak a fehérjetartalom és a terméshozam között. Ezzel szemben Mourtzinis et al. (2017) pozitív korrelációt mutattak ki a nagyobb terméshozam és a fehérjetartalom között. Más kutatási eredmények is arról számoltak be, hogy kedvezőbb vízellátottság és öntözött körülmények mellett a terméshozam gyarapodását a fehérjetartalom növekedése és az olajtartalom csökkenése kísérte (Latifi 1980, Hobbs és Muendel 1983, Foroud et al. 1993). Pfarr et al. (2018) azt tapasztalták, hogy a fehérjetartalom növelése egyes esszenciális aminosavak csökkenésével járt együtt.

Magyarország a 45–49. északi szélességi fokok között fekszik, így a termőhely földrajzi elhelyezkedésének termésminőséget befolyásoló hatása érdemben nem mutatható ki. Bódis (1983) azonban az országos fajtakísérletekben néhány aminosav esetében kismértékű különbséget tapasztalt tájegységenként. Eredményei azt igazolták, hogy hazánkban az évjárat hatása nagyobb mértékű a szója minőségére, mint a termőhely- és fajtahatás. Azonban nagy földrajzi térségben a termőhely földrajzi elhelyezkedése már jelentős hatással lehet a szója minőségére. Assefa et al. (2018) 2012–2016 közötti periódusban az USA 14 államában, a 30 és 50. északi szélességi fokok között széleskörűen vizsgálták a szója minőségét befolyásoló tényezőket és azok hatását a minőségi paraméterekre. Kimutatták, hogy a fontosabb minőségi jellemzők (fehérje- és olajtartalom, aminosav-tartalom, egyes aminosavak) csökkennek a szélességi fokok növekedésével. Míg a hosszúsági fokok növekedésével a legtöbb esszenciális aminosav pozitív korrelációt mutatott. Ezen elemző munka nagyszámú adatbázisra épülve feltárta a minőségi paraméterek közötti összefüggéseket is. Így kimutatták az esszenciális aminosavak közötti pozitív összefüggéseket,

mely szerint igen szoros ($r=0,93$) korreláció van az izoleucin és a valin között, szoros korreláció ($r=0,71-0,88$) az arginin, a leucin, a lizin, a triptofán és a treonin között, ezt követte az arginin, a lizin és a metionin közötti korreláció ($r=0,66-0,70$), majd a cisztin, a leucin és a valin közötti ($r=0,62-0,68$) kapcsolat. Az esszenciális aminosavak és az olajtartalom közötti összefüggésekben negatív korrelációt mutattak ki, részletesen: $r=-0,44-0,56$ az arginin, a leucin és a metionin, $r=-0,32-0,34$ izoleucin, a lizin és a valin és $r=-0,14-0,25$ cisztin, a treonin és a triptofán esetében. A szója terméshozama és a mag aminosav koncentrációja között gyenge és nem konzekvens kapcsolatot tapasztaltak. Az USA déli régióiban, melegebb zónában a szója fehérjetartalma nagyobb (*Rotundo et al.* 2016).

Carrera et al. (2011) Argentínában a 23. és 39. szélességi fokok között vizsgálták a környezeti (csapadék, hőmérséklet, napsugárzás) hatást a szója aminosav-összetételére. Eredményeik azt igazolták, hogy a magképződés időszakában a környezeti hatások jelentősen befolyásolhatják az aminosav-összetételt és az egyes aminosavak eltérően reagálnak az időjárási elemek változására. Más forrásmunkák (*Wolf et al.* 1982, *Grieshop és Fahey* 2001, *Wilson* 2004) is arról számolnak be, hogy a szójamag kémiai összetételét a környezeti hatások befolyásolják, de az eredmények esetenként ellentmondásosak.

A termesztéstechnológián belül az egyik legjelentősebb minőség befolyásoló tényező a tápanyagellátás.

A szója N-igényének jelentős részét a szimbiotikus N-megkötésből elégíti ki. Így a N-trágyázás minőségre gyakorolt hatása mérsékelt, elsősorban gyenge N-ellátottságú talajokon, nagy terméshozamok és N-túltáplálás esetén mutatható ki. Ezt igazolják *Kurnik* (1970) kísérleti eredményei is, miszerint az NPK (105–93–210 kg/ha) műtrágyázás a szójamag összes aminosav-tartalmát és a fehérjén belüli részesedését nem befolyásolta a trágyázás nélküli kontroll kezeléshez képest. A túlzott N-trágyázás (350 kg N/ha) ugyanakkor jelentősen növelte a mag összes aminosav-tartalmát és fehérjén belüli arányát. *Kádár et al.* (2004) jó N-szolgáltatású mészlepedékes csernozjom talajon a N-trágyázás pozitív hatását tapasztalták a szójamag aminosav-tartalmára. Megállapították, hogy N-hiányos (N_0) talajon a mag aminosav készlete 153 g/kg fehérje, amit a N-trágyázás növekvő adagja (100, 200, 300 kg N/ha) fokozatosan 185–187–195 g/kg fehérjeszintre emelt. A N-ellátottság magasabb szintjét az esszenciális aminosavak fehérjén belüli növekvő részesedése kísérte. A N-trágyázás fehérje- és aminosav-tartalom növelő hatásáról számolnak be *Ham et al.* (1975).

Terméshozam tekintetében a szója P-reakciója viszonylag gyenge, azonban a minőségi paramétereket a P-ellátottság jelentősen befolyásolhatja. *Kapoor és Gupta* (1977) vizsgálatai szerint a jobb P-ellátottság növelte a mag nyers- és tényleges fehérjetartalmát. A P-trágyázás fehérjetartalom növelő hatásáról számolnak be *Yin et al.* (2016), valamint *Gaydou és Arrivets* (1983) is. *Krueger et al.* (2013) trágyázási tartamkísérletükben azt tapasztalták, hogy a túlzott P- és K-ellátottság negatívan hat a szójamag minőségére.

A szarvasi műtrágyázási tartamkísérletek két évtizede (1990–2010) alatt 11 kísérleti évben folytak széleskörű vizsgálatok a szója tápanyagellátására vonatkozóan. Előző közleményünkben (*Izsáki* 2018) a terméshozam eredményekről számoltunk be. Jelen dolgozatban a tápanyagellátás és a szójamag minősége közötti összefüggések kérdéseivel foglalkozunk, melyre vonatkozóan a hazai kutatási eredmények eléggé szűkösek. A dolgozat célja, hogy öt év vizsgálati eredményei alapján értékelje a N- és P-trágyázás hatását a szójamag fehérjetartalmára és aminosav-összetételére. A K-ellátottság eredményeire a dolgozat nem tér ki, mert konzekvens K-hatásokat egyik évben sem lehetett kimutatni.

Anyag és módszer

A műtrágyázási tartamkísérletet a jogelőd Kar Növénytermesztéstan Tanszéke Kísérleti Telepén, Szarvason állítottuk be 1989-ben. A kísérleti terület talaja mélyben karbonátos csernozjom réti talaj, a humuszos réteg vastagsága 85–100 cm, a művelt réteg pH_{KCl} -ja 5,0–5,2, humusztartalma 2,8–3,2%, CaCO_3 -ot nem tartalmaz, kötöttsége (K_A) 50, agyagtartalma 32%.

A kísérlet beállítása előtt 1989 őszén az AL- P_2O_5 156 mg/kg, az AL- K_2O 322 mg/kg, AL-Na 212 mg/kg, a KCl-Mg 765 mg/kg, az EDTA-Mn 386 mg/kg, az EDTA-Cu 5,4 mg/kg, és az EDTA-Zn 3,0 mg/kg volt a kísérleti terület átlagában. A MÉM NAK által elfogadott módszerek és határértékek (*Buzás et al.* 1979) alapján a talaj ellátottsága N-ből közepes-jó, P-ből, K-ből, Cu-ből és Zn-ből jó, Mg-ből és Mn-ből igen jó ellátottságot mutatott. A talajvíz átlagos mélysége 300–350 cm.

A műtrágyázási tartamkísérletet három tényezővel (N-, P- és K-trágyázás), tényezőnként négy-négy N-, P- és K-szinten alakítottuk ki, teljes kombinációban (43), azaz 64 kezeléssel, kétszeresen osztott parcellás elrendezésben, három ismétlésben. A három valódi ismétlésen belül a N-trágyázási kezelések 48, a P-trágyázási kezelések 16 belső ismétléssel szerepeltek.

A kísérlet tényezői és kezelései:

„A” tényezőként a K-trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel:

K_0 =K-trágyázás nélkül,

K_1 =300 kg/ha/év K_2O 1989-1992 között, 100 kg/ha/év 1993-tól,

K_2 =600 kg/ha K_2O 1989-ben, 1000 kg/ha 1993-ban és 600 kg/ha 2001-ben,

K_3 =1200 kg/ha K_2O 1989-ben, 1500 kg/ha 1993-ban és 1200 kg/ha 2001-ben.

„B” tényezőként a P-trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel:

P_0 =P-trágyázás nélkül,

P_1 =100 kg/ha/év P_2O_5 ,

P_2 =500 kg/ha P_2O_5 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben,

P_3 =1000 kg/ha P_2O_5 1989-ben, 1993-ban és 2001-ben.

„C” tényezőként a N-trágyázás szerepelt az alábbi kezelésekkel

N_0 =N-trágyázás nélkül,

N_1 =80 kg N/ha/év,

N_2 =160 kg N/ha/év,

N_3 =240 kg N/ha/év.

Az időszakosan végzett nagyadagú P és K feltöltő trágyázás célja az volt, hogy jól elkülönülő ellátottsági szinteket alakítsunk ki a talajban a tápláltsági szituációk tanulmányozására és a talaj tápelem-ellátottsági határértékek megállapítására. A nitrogént ammóniumnitrát (34%), míg a foszfort szuperfoszfát (18%) és a káliumot kálisó (40% vagy 60%) formájában alaptrágyaként juttatuk ki. A gyakorlattól eltérő, túlzott adagú N-trágyázást növényélettani összefüggések vizsgálata céljából alkalmaztunk. A kísérletben évente négy növény szerepelt kiterített vetésforgóban, 4×192 db parcellán, ahol a főparcellák területe 320 m^2 , az elsőrendű alparcellák területe 80 m^2 és a másodrendű alparcellák mérete $4 \times 5 = 20 \text{ m}^2$ volt.

A szója előveteménye 1993 és 1995 között cukorrépa (*Beta vulgaris* L. var. altissima Doell.), míg 2003 és 2010 között kukorica (*Zea mays* L.) volt. A kísérlet minden évben szántásos alpművelésben részesült. A vetést április 3. dekádjában végeztük 50 cm-es sortávolságra, 500 ezer csíra/ha vetőmagnormával, Borostyán korai érésű szója fajtával. A betakarítást parcella kombájnnal végeztük, évjárattól függően augusztus 3., vagy szeptember 1. dekádjában.

A kísérleti évek tenyészidőszakának időjárása a kísérlet helyén mért adatok alapján a következőkkel jellemezhetők (1. táblázat).

1. táblázat. A kísérleti hely időjárási adatai a vizsgálati időszak alatt
(Szarvas, 1901–1975, 1993–2010)

Év (1)	Havi és tenyészidő (IV–VIII.) alatti csapadékösszeg (mm)						Havi és tenyészidő (IV–VIII.) alatti középhőmérséklet (°C)					
	(2)						(3)					
	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IV– VIII.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IV– VIII.
1901–1975	44	59	68	51	52	274	11,0	16,5	19,8	21,9	21,1	18,1
1993	43	7	20	23	31	124	10,6	19,1	20,7	20,9	21,5	18,6
1994	68	35	20	17	48	188	11,3	16,3	20,0	23,8	22,0	18,7
1995	43	80	80	10	28	241	10,5	19,3	19,3	24,3	20,8	18,8
2003	7	20	2	35	13	90	10,5	20,6	23,7	22,8	24,4	20,4
2004	57	39	69	120	72	357	12,1	15,2	19,8	22,0	21,2	18,1
2005	109	34	63	80	174	460	11,6	17,2	19,4	21,7	20,0	18,0
2006	26	67	134	29	88	344	13,1	16,2	19,7	24,1	19,5	18,5
2007	3	89	68	43	31	265	12,8	18,2	22,3	23,6	23,1	20,0
2008	48	37	155	42	56	338	11,8	17,3	21,2	21,6	22,2	18,8
2009	1	16	75	43	38	173	14,9	17,6	19,8	23,1	23,1	19,7
2010	64	142	39	60	54	359	11,9	16,5	20,2	23,4	21,7	18,7

Table 1. Weather data of the experiment site during the period of examination (Szarvas, 1901–1975, 1993–2010). (1) Year, (2) Monthly and growing season (IV–VIII.) precipitation sum (mm), (3) Monthly and growing season (IV–VIII.) mean temperature (°C)

A kísérlet helyszíne az ország legszárazabb térségébe esik, ahol a sokévi (1971–1975) csapadék átlaga 538 mm. A tartamkísérlet két évtizedes ciklusa (1989–2010) alatt az évi csapadék átlag ugyancsak 538 mm-t ért el. A 11 kísérleti évből öt évben (1993, 1994, 1995, 2003, 2009) a tenyészidő a sokévi átlagnál szárazabb volt, különösen a virágzás, hüvelykötődés és magképződés időszakában, amikor e két hónap csapadék összege 30–60 mm közé esett. Átlagosnál kedvezőbb vízellátottságú és csapadék eloszlású években (2004, 2005, 2006, 2010) a tenyészidő alatti csapadék mennyisége 350 mm körüli vagy azt meghaladó volt. A 2007-es tenyészidőszak csapadék ellátottsága az sokévi átlag szintjén alakult, míg a 2008-as tenyészidőszakban átlag feletti csapadék hullott, de eloszlása egyenetlen volt. Két év (2004, 2005) kivételével a tenyészidő alatti középhőmérséklet meghaladta a sokévi átlagot.

A talaj N-ellátottságának jellemzésére vizsgáltuk az elővetemény betakarítása után ősszel a 0–60 cm-es talajréteg ásványi nitrogén-tartalmát. Az ásványi nitrogént ($\text{NO}_3 - \text{NO}_2 - \text{NH}_4 - \text{N}$) 1 mol/dm^3 KCl-os kivonatból fotometriás módszerrel (MSZ 20135:1999) határoztuk meg, melynek értékeit a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A talaj 0–60 cm-es rétegének $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma a vetést megelőző év őszén (Szarvas, 1992–1994, 2002–2009)

Év (1)	N-adag (kg/ha) (2)			
	0	80	160	240
NO ₃ -N (kg/ha)				
1992	70	102	119	126
1993	38	57	81	96
1994	76	73	112	121
2002	19	37	75	160
2003	36	51	80	86
2004	35	40	39	49
2005	8	8	9	12
2006	15	17	20	24
2007	56	65	88	94
2008	69	63	93	141
2009	24	98	103	150
Átlag (3)	41	56	74	96

Table 2. The $\text{NO}_3\text{-N}$ content of the soil in the 0–60 cm soil layer before sowing in autumn (Szarvas, 1992–1994, 2002–2009). (1) Year, (2) N dose (kg ha^{-1}), (3) Average

A talaj tápelem-vizsgálatokat évente, ősszel az elővetemény betakarítása után a 0–60 cm-es talajrétegből vett mintákból végeztük el. A talaj P_2O_5 - és K_2O -tartalmát AL-módszerrel (MSZ 20135:1999) határoztuk meg, és az eredmények értékelésekor a talaj P- és K-ellátottságának megítélésére a szántott (30 cm-es) réteg értékeit használjuk. Az egyes kísérleti évek P- és K-ellátottságát az előző év őszének vizsgálati eredményével jellemezzük (3. táblázat).

3. táblázat. A talaj művelt rétegének P- és K- ellátottsága trágyázási kezelésként
(Szarvas, 1992–1994, 2002–2009)

Év (1)	AL-P ₂ O ₅ (mg/kg)				AL-K ₂ O (mg/kg)			
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃
1992	134	148	194	252	237	342	317	378
1993	122	154	184	230	250	393	299	387
1994	134	175	247	359	251	393	452	562
2002	128	183	195	339	215	347	394	465
2003	139	198	222	362	206	321	367	453
2004	143	220	213	297	211	323	330	395
2005	150	217	186	282	199	320	324	377
2006	141	222	193	273	211	322	301	340
2007	118	181	158	269	235	345	322	375
2008	143	253	193	317	210	310	286	357
2009	147	252	180	272	213	334	315	344
Intervallum (2)	118–	148–	180–	230–	199–	310–	299–	340–
	150	253	247	362	251	393	452	562

Table 3. P and K supply in cultivated soil layer in each fertilisation treatment (Szarvas, 1992–1994, 2002–2009). (1) Year, (2) Interval

A nyersfehérje-tartalom és az aminosav összetétel vizsgálatához a magmintákat a K₁-kezelés 4–4 N és P kezeléseiből szedtük. A parcellánkénti magtermésből átlós felezés módszerével 0,5 kg mintát vettünk, ezt ledaráltuk és ebből 100 grammot adtunk át a laboratóriumnak vizsgálatra. A vizsgálati eredmények három ismétlésre vonatkoznak.

A szója nyersfehérje-tartalmának (%) számításához (N%×6,25) az összes N-t Makro-Kjeldahl módszerrel (MSZ 6830-4:1981), az aminosav-összetételt savas (6N HCl) hidrolízis után ioncserés oszlop-kromatográfias módszerrel (HPLC, Magyar Takarmánykódex 1990) a Bács ÁG Kft. Mezőgazdasági Vizsgáló és Termékminősítő Laboratórium végezte el. Az aminosavak közül a triptofánt nem határoztuk meg. A kísérletek matematika-statisztikai értékelését varianciaanalízissel végeztük Sváb (1981) módszere szerint. A kísérleti eredmények ismertetése a N- és P-főhatásokra terjednek ki.

Eredmények és következtetések

Fehérjetartalom

N-hatás

A N-ellátottság kísérleti évenkénti hatása a szójamag nyersfehérje-tartalmának alakulására a 4. táblázat adatai alapján értékelhető.

4. táblázat. A N-ellátottság hatása a szójamag nyersfehérje-tartalmára
(Szarvas, 1993–2006)

Év (1)	N-ellátottság (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃		
Nyersfehérje-tartalom (g/100 g szárazanyag) (5)						
1993	35,7	36,7	36,3	37,7	1,9	36,6
1994	36,1	37,1	37,4	37,6	0,8	37,1
1995	41,1	41,6	41,7	42,0	0,6	41,6
2003	31,2	36,2	39,1	39,7	1,2	36,6
2006	34,1	34,8	34,3	34,6	NS	34,5
Átlag (4)	35,6	37,3	37,8	38,3	-	37,3
SzD _{5%} évek között (6)	-	-	-	-	-	2,7
Fehérjetartalom intervallum (7)	31,2- 41,1	34,8- 41,6	34,3- 41,7	34,6- 42,0	-	34,5- 41,6

Table 4. Impact of N supply level on crude protein content (g per 100 g dry matter) of soybean seed (Szarvas, 1993–2006). (1) Years, (2) N supply, (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Crude protein content (g per 100 g dry matter), (6) LSD_{5%} between years, (7) Interval of protein content

Egyértelműen megállapítható, hogy az évjárat nagyobb mértékben befolyásolja a fehérjetartalmat, mint a N-trágyázás. A N-kezelések átlagában a fehérjetartalom 34–42% között változott az öt kísérleti évben. Az évhatás N-trágyázás nélkül jelentősebb, a fehérjetartalom különbség az évek között a 25–30%-ot is elérhetik. A jobb N-ellátottság mérsékli az évjáratot. Legnagyobb (41–42%) volt a mag fehérjetartalma olyan rendkívül aszályos évben, amikor a júliusi és augusztusi csapadékösszeg 38 mm, a júliusi középhőmérséklet 24,3 °C volt és a termés hozam 1 t/ha alatt maradt. Jobb vízellátottságú évben,

amikor a tenyészidő alatti csapadékösszeg 344 mm volt és a magtermés 3 t/ha körül alakult, a fehérjetartalom a legkisebb 34–35%-os szintet érte el.

A N-trágyázás fehérjetartalom növelő hatása elsősorban a kedvezőtlenebb vízellátottságú, kis terméshozamú években mutatható ki, mely az évek többségében 1–2 százalékpont fehérjetartalom növekedést jelentett. Különösen száraz évben, 2003-ban még szembetűnőbb volt a N-hatás, amikor a tenyészidő alatti csapadék mennyisége 90 mm-t ért csak el, és N-trágyázás nélkül a fehérjetartalom 31,2%, míg jobb N-ellátottság mellett 36–40% volt. Az évek többségében a 80 kg N/ha adagnál nagyobb N-trágyázás további szignifikáns fehérjekoncentráció emelkedést nem eredményezett. A 2,8–3,2% humusztartalmú, jó N-szolgáltató képességű csernozjom réti talajon, átlagosnál jobb vízellátottságú évben a N-trágyázás a szójamag fehérjetartalmát érdemben nem befolyásolta.

P-hatás

A P-ellátottság szójamag nyersfehérje-tartalmára gyakorolt hatása a 5. táblázat adatai alapján tekinthető át.

5. táblázat. A P-ellátottság hatása a szójamag nyersfehérje-tartalmára
(Szarvas, 1993–2006)

Év (1)	P-ellátottság (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃		
Nyersfehérje-tartalom (g/100 g szárazanyag) (5)						
1993	36,4	36,5	36,8	36,6	NS	36,6
1994	36,8	36,8	37,4	37,3	NS	37,1
1995	41,8	41,3	41,7	41,5	NS	41,6
2003	36,7	36,9	36,0	36,8	NS	36,6
2006	33,9	34,3	34,6	35,0	NS	34,5
Átlag (4)	37,1	37,2	37,3	37,4	-	37,3
SzD _{5%} évek között (6)	-	-	-	-	-	0,5
Fehérjetartalom intervallum (7)	33,9– 41,8	34,3– 41,3	34,6– 41,4	35,0– 41,5	-	34,5– 41,6

Table 5. Impact of P supply level on crude protein content (g per 100 g dry matter) of soybean seed (Szarvas, 1993–2006). (1) Years, (2) P supply, (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Crude protein content (g per 100 g dry matter), (6) LSD_{5%} between years, (7) Interval of protein content

A P-hatások értékelésekor is megállapítható, hogy az évjárat nagyobb mértékben befolyásolja a fehérjetartalmat, mint a P-trágyázás. A P-kezelések általában a fehérjetartalom 33–42% között változott az öt kísérleti évben. P-ellátottsági szintenként ($P_0=120-150$, $P_1=150-220$, $P_2=185-250$, $P_3=230-359$ mg/kg AL- P_2O_5) vizsgálva az évjáráthatásokat az tapasztalható, hogy a jobb P-ellátottság tendencia jelleggel kissé mérsékeli az évhatásból eredő fehérjetartalom változásokat. A kísérleti évek alatt a talaj művelt rétegének AL- P_2O_5 -tartalma 120–360 mg/kg közé esett, és e tág P-ellátottsági tartományban a szójamag fehérjetartalma szignifikánsan egyik évben sem változott. A kísérleti évek általában P-ellátottsági szintenként a fehérjetartalom 37,1–37,4% közé esett. Összefoglalóan megállapítható, hogy csernozjom réti talajon a művelt réteg 120–360 mg/kg AL- P_2O_5 ellátottsági tartományában a P-ellátottság a szójamag fehérjetartalmát nem befolyásolta.

Aminosav-összetétel

N-hatás

A N-trágyázás hatására bekövetkezett aminosav-összetétel változásokat (g/100 g szárazanyag) a 6–7. táblázat mutatja be kísérleti évenként. Takarmányozás-biológiai szempontból az arginin az esszenciális aminosavak között szerepel. Az aminosav vizsgálatok a triptofán kivételével 17 aminosavra terjedtek ki.

Az adatokból kitűnik, hogy az aminosavak mennyiségi változásai évenként jelentős eltéréseket mutattak, amit befolyásolt a fehérjetartalom növekedésének mértéke, a vízellátottság és az ezzel összefüggő terméshozam nagysága, valamint a N-ellátottság szintje. A N-ellátottság mértékére egyes aminosavak kevésbé reagálnak, a szárazanyag százalékában kifejezett arányukat tekintve stabilak, míg más aminosavaknál nagyobb variabilitás tapasztalható, és nagyobb gyakorisággal mutatkozik szignifikáns növekedés a jobb N-ellátottság eredményeként. Az öt vizsgálati évben csak a cisztin volt az, melynek mennyiségét a N-trágyázás nem befolyásolta. Egy évben növekedett megbízhatóan a jobb N-ellátottság hatására a leucin, a lizin, a metionin, a treonin, a valin, az alanin és a glicin aránya a szárazanyagban belül, két évben az arginin, a fenilalanin, a hisztidin, az aszparaginsav, a szerin és a tirozin, míg három évben az izoleucin. A N-trágyázás hatására leggyakrabban, öt évből négy évben, a glutaminsav és a prolin reagált. A jobb N-ellátottsági szint egy évben okozott aminosav-tartalom csökkenést, nevezetesen a glutaminsav esetében.

6. táblázat. A N-ellátottság hatása a szójajamg aminosav-összetételére (g/100 g szárazanyag)
(Szartvas, 1993, 1994)

Aminosav (1)	1993			1994			Szd _{5%} (3)		
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₀	N ₁		N ₂	N ₃
	NO ₃ -N kg/ha a 0-60 cm, ősszel (2)			Szd _{5%} (3)	NO ₃ -N kg/ha a 0-60 cm, ősszel (2)				
	70	102	126	119	38	57	81	96	
	Esszenciális aminosavak (EA) (4)								
Arginin (5)	2,63	2,75	2,77	2,83	2,83	2,98	3,03	3,09	
Fenilalanin (6)	1,90	1,96	1,96	2,05	2,08	2,05	2,06	2,03	
Hisztidin (7)	1,12	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20	1,18	1,23	
Izoleucin (8)	1,55	1,64	1,63	1,69	1,32	1,42	1,40	1,60	
Leucin (9)	2,53	2,60	2,57	2,69	2,42	2,50	2,43	2,52	
Lizin (10)	2,17	2,21	2,21	2,26	2,19	2,26	2,31	2,23	
Metionin (11)	0,44	0,37	0,41	0,46	0,41	0,41	0,45	0,44	
Treonin (12)	1,45	1,48	1,49	1,55	1,45	1,53	1,52	1,54	
Valin (13)	1,61	1,67	1,73	1,71	1,34	1,43	1,38	1,39	
Összesen EA (14)	15,40	15,85	15,95	16,43	-	15,23	15,78	16,07	

A 6. táblázat folytatása a következő oldalon...

... a 6. táblázat folytatása

Aminosav (1)	1993			1994			SzD _{5%} (3)	
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₀	N ₁	N ₂		
	NO ₃ -N kg/ha a 0-60 cm, összesel (2)			NO ₃ -N kg/ha a 0-60 cm, összesel (2)				
	70	102	126	119	38	57	81	96
	Nem esszenciális aminosavak (NEA) (15)							
Alanin (16)	1,60	1,62	1,64	1,66	1,67	1,70	1,69	1,65
Aszparaginsav (17)	3,27	3,55	3,55	3,63	3,85	4,15	4,35	4,35
Ciszтин (18)	0,59	0,55	0,52	0,57	0,51	0,50	0,45	0,45
Glicin (19)	1,45	1,43	1,52	1,52	1,52	1,56	1,53	1,48
Glutaminsav (20)	5,68	5,79	5,94	6,00	5,63	5,85	5,99	6,03
Prolin (21)	1,41	1,67	1,55	1,71	1,38	1,47	1,67	1,63
Szerin (22)	1,81	1,80	1,92	1,95	1,95	2,01	1,99	1,89
Tirozin (23)	1,44	1,50	1,56	1,65	1,49	1,49	1,54	1,49
Összes NEA (24)	17,25	17,91	18,20	18,69	18,00	18,73	19,21	18,97
Összes EA+NEA (25)	32,65	33,76	34,15	35,12	33,23	34,51	34,97	35,04
EA/NEA arány (26)	47/53	47/53	47/53	47/53	46/54	46/54	45/55	46/54

Table 6. The effect of N supply level on the amino acid composition of soybean seed (g per 100 g dry matter) (Szarvas, 1993, 1994).
 (1) Amino acid, (2) NO₃-N kg ha⁻¹ in 0-60 cm soil layer in autumn, (3) LSD_{5%}, (4) Essential amino acids, (5) Arginine, (6) Phenylalanine,
 (7) Histidine, (8) Isoleucine (9) Leucine, (10) Lysine, (11) Methionine, (12) Threonine, (13) Valine, (14) Total EA, (15) Non-essential amino
 acids, (16) Alanine, (17) Asparagine, (18) Cystine, (19) Glycine, (20) Glutamine acid, (21) Proline, (22) Serine, (23) Tyrosine, (24) Total NEA,
 (25) Total EA+NEA, (26) EA/NEA ratio

7. táblázat. A N-ellátottság hatása a szójama aminosav-összetételére (g/100 g szárazanyag)
(Szarvas, 1995, 2003)

Aminosav (1)	1995			2003			SzD _{5%} (3)
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₀	N ₁	N ₂	
	NO ₃ -N kg/ha a 0-60 cm, összesel (2)	NO ₃ -N kg/ha a 0-60 cm, összesel (2)	NO ₃ -N kg/ha a 0-60 cm, összesel (2)	NO ₃ -N kg/ha a 0-60 cm, összesel (2)	NO ₃ -N kg/ha a 0-60 cm, összesel (2)	NO ₃ -N kg/ha a 0-60 cm, összesel (2)	
	76	73	112	121	37	75	160
	1995						2003
	Esszenciális aminosavak (EA) (4)						
Arginin (5)	3,33	3,34	3,39	3,44	2,16	2,07	2,71
Fenilalanin (6)	2,07	2,00	2,00	2,04	1,36	1,45	1,64
Hisztidin (7)	1,27	1,28	1,29	1,39	0,78	0,80	0,94
Izoleucin (8)	1,92	2,00	1,80	1,93	1,48	1,58	1,86
Leucin (9)	2,83	2,78	2,82	2,82	2,43	2,66	2,85
Lizin (10)	2,69	2,74	2,76	2,86	1,87	1,88	2,13
Metionin (11)	0,37	0,52	0,41	0,40	0,52	0,46	0,50
Treonin (12)	1,46	1,54	1,52	1,48	1,00	1,03	1,24
Valin (13)	1,75	1,74	1,75	1,75	1,67	1,67	2,14
Összesen EA (14)	17,69	17,94	17,74	18,11	12,01	13,27	16,01

A 7. táblázat folytatása a következő oldalon...

... a 7. táblázat folytatása

Aminosav (1)	1995			2003			SzD _{5%} (3)
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₃	
	NO ₃ -N kg/ha a 0-60 cm, őszezel (2)			NO ₃ -N kg/ha a 0-60 cm, őszezel (2)			
	76	73	112	121	75	160	
	1995						
	Nem esszenciális aminosavak (NEA) (15)						
Alanin (16)	1,81	1,81	1,82	1,79	1,19	1,40	1,64
Aszparaginsav (17)	4,03	4,14	4,22	4,25	2,97	3,23	3,74
Cisztin (18)	0,50	0,50	0,46	0,50	0,54	0,66	0,59
Glicin (19)	1,72	1,77	1,69	1,78	1,27	1,45	1,58
Glutaminsav (20)	6,59	6,93	6,76	6,48	4,74	5,33	5,95
Prolin (21)	2,26	2,07	2,29	2,85	1,76	2,30	2,35
Szerin (22)	1,93	2,00	1,96	1,93	1,22	1,30	1,49
Tirozin (23)	1,45	1,48	1,49	1,46	0,98	1,01	1,16
Összes NEA (24)	20,29	20,70	20,69	21,04	14,67	16,68	18,50
Összes EA+NEA (25)	37,98	38,64	38,43	39,15	27,94	30,28	34,51
EA/NEA arány (26)	46/54	46/54	46/54	46/54	47/53	45/55	46/54

Table 7. The effect of N supply level on the amino acid composition of soybean seed (g per 100 g dry matter) (Szarvas, 1995, 2003). (1) Amino acid, (2) NO₃-N kg ha⁻¹ in 0-60 cm soil layer in autumn, (3) LSD_{5%}, (4) Essential amino acids, (5) Arginine, (6) Phenylalanine, (7) Histidine, (8) Isoleucine (9) Leucine, (10) Lysine, (11) Methionine, (12) Threonine, (13) Valine, (14) Total EA, (15) Non-essential amino acids, (16) Alanine, (17) Asparagine, (18) Cystine, (19) Glycine, (20) Glutamine acid, (21) Proline, (22) Serine, (23) Tyrosine, (24) Total NEA, (25) Total EA+NEA, (26) EA/NEA ratio

Szignifikáns aminosav-tartalom növekedést a szárazanyag százalékában kifejezve alapvetően a túlzott N-trágyázás (160, 240 kg N/ha) váltotta ki. A N-trágyázás hatására bekövetkezett nagyobb mértékű fehérjetartalom-növekedést több aminosav-mennyiségi gyarapodása kísérte. A nagyobb fehérjetartalommal együtt járt mind az esszenciális, mind a nem esszenciális aminosavak szárazanyagon belüli részeseződésének növekedése, azonban az esszenciális (EA) és nem esszenciális (NEA) aminosavak arányában lényeges változás nem következett be. Jó vízellátottságú, nagy terméshozamú évben a közel 3% humusz-tartalmú talajon a N-trágyázás sem a mag fehérjetartalmát sem annak aminosav-összetételét érdemben nem befolyásolta.

A szójagmag fehérje aminosav-összetételét (g/100 g fehérje) a N-ellátottság csak csekély mértékben módosította, és konzekvens N-hatást, amely minden évben egy-egy aminosav arányának változásában érvényesült volna, nem tapasztaltunk (8. táblázat).

8. táblázat. A N-ellátottság hatása a szójagmag aminosav-összetételére (g/100 g fehérje) (Szarvas, 1994–1995, 2006)

Aminosav (1)	N-ellátottság (2)				SzD _{5%} (3)
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	
1994					
Fenilalanin (4)	5,76	5,52	5,51	5,42	0,33
Izoleucin (5)	3,66	3,82	3,72	4,24	0,38
Aszparaginsav (6)	10,65	11,28	11,61	11,57	0,85
Cisztin (7)	1,40	1,35	1,18	1,21	0,18
Szerin (8)	5,64	5,41	5,31	5,03	0,55
1995					
Metionin (9)	0,91	1,25	1,00	0,94	0,21
Glutaminsav (10)	16,01	16,66	16,24	15,46	1,09
2006					
Glicin (11)	4,45	4,14	4,15	4,02	0,35
Glutaminsav (10)	16,73	15,47	15,65	15,50	1,12

Table 8. The effect of N supply level on the amino acid composition of soybean seed (g per 100 g protein) (Szarvas, 1994–1995, 2006). (1) Amino acid, (2) N supply, (3) LSD_{5%}, (4) Phenylalanine, (5) Isoleucine, (6) Asparagine, (7) Cystine, (8) Serine, (9) Methionine, (10) Glutamine acid, (11) Glycine

A 8. táblázatban csak azok az évek és aminosavak vannak feltüntetve, ahol szignifikáns változások voltak kimutathatók. Az öt vizsgálati évből csak három évben érvényesült a N-trágyázás aminosav-összetételt befolyásoló hatása. Az 1994-es kísérleti évben a túlzott N-ellátás (160, 240 kg N/ha) növelte az izoleucin és az aszparaginsav fehérjén belüli arányát, míg csökkentette a fenilalanin, a cisztin és a szerin részesedését. Az 1995-ös évben a 80 kg/ha-os N-adag növelte a fehérje metionin és glutaminsav koncentrációját, de a N-túltáplálás (240 kg N/ha) már csökkentette azt. Negatívan hatott a N-trágyázás 2006-ban a glicin és a glutaminsav fehérjén belüli arányára.

P-hatás

A talaj 120–360 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági tartományában a P-ellátottság a szójamag nyersfehérje-tartalmát szignifikánsan nem befolyásolta, de az aminosav-összetételben változást okozott.

A P-ellátottságtól függően az öt vizsgálati évből négyben mutatkozott megbízható aminosav-összetétel módosulás a szárazanyag százalékában (g/100 g szárazanyag) kifejezve (9. táblázat). Ezek a P-hatások alapvetően száraz, aszályos években és kis terméshozamok esetében érvényesültek.

A vizsgált 17 aminosavból legstabilabb a lizin és a metionin volt, mert mennyiségüket a P-ellátottság egyik évben sem módosította. Az 1993-as kísérleti évben a talaj 150–200 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági tartományában szignifikánsan növekedett az arginin, a fenilalanin, a hisztidin, a leucin és a glicin koncentrációja a P-trágyázásban nem részesült kezelés 134 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságához képest. 1994-ben a talaj 150–230 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági szintjén az arginin, az izoleucin, a treonin, a valin, a glutaminsav és a tirozin mennyiségének gyarapodása volt kimutatható a gyengébb P-ellátottsághoz (122 mg/kg) viszonyítva. Az 1995-ös vizsgálati évben a talaj 175–360 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági intervallumában az izoleucin, a treonin, a valin, az alanin, az aszparaginsav, a glutaminsav és a prolin mennyisége növekedett, míg az arginin, a fenilalanin, a hisztidin, a cisztin, a glicin és a tirozin mennyisége csökkent a P-trágyázásban nem részesült, gyengébb P-ellátottságú (134 mg/kg) talajhoz képest. 2006-ban csak egy aminosav mennyisége változott, amikor 200 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottság felett az arginin értéke csökkent. Az esszenciális és nem esszenciális aminosavak arányában csak egy évben volt említésre méltó változás, amikor a jobb P-ellátottság hatására csökkent az esszenciális aminosavak aránya.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a talaj 120–135 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságához viszonyítva a jobb P-ellátottság (150–360 mg/kg AL-P₂O₅) évjáratól függően módosíthatja a szójamag g/100 g szárazanyagban kifejezett aminosav összetételét, de a hatások egy-egy aminosav vonatkozásában nem konzekvensek és a változások lehetnek pozitív és negatív irányúak is. A P-ellátottság az esszenciális és nem esszenciális aminosavak arányát gyakorlatilag nem befolyásolja.

9. táblázat. A P-ellátottság hatása a szójamag aminosav-összetételére (g/100 g szárazanyag) (Szarvas, 1993–1995, 2006)

Év (1) Aminosav (2)	P-ellátottság (3)				SzD _{5%} (4)
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	
1993	AL-P ₂ O ₅ mg/kg				
	134	148	194	252	42
Arginin (5)	2,64	2,81	2,81	2,72	0,16
Fenilalanin (6)	1,92	2,05	1,99	1,90	0,14
Hisztidin (7)	1,11	1,25	1,23	1,09	0,07
Leucin (8)	2,62	2,52	2,74	2,52	0,18
Metionin (9)	0,43	0,43	0,45	0,38	0,07
Alanin (10)	1,61	1,64	1,68	1,58	0,09
Glicin (11)	1,41	1,57	1,46	1,44	0,14
1994	AL-P ₂ O ₅ mg/kg				
	122	154	184	230	41
Arginin (5)	2,90	2,88	3,37	2,81	0,31
Izoleucin (12)	1,32	1,35	1,46	1,62	0,21
Treonin (13)	1,46	1,42	1,66	1,56	0,10
Valin (14)	1,31	1,23	1,33	1,68	0,08
Glutaminsav (15)	5,71	5,81	5,93	6,03	0,31
Szerin (16)	2,04	2,01	1,96	1,82	0,15
Tirozin (17)	1,53	1,91	1,51	1,35	0,10

A 9. táblázat folytatása a következő oldalon...

... a 9. táblázat folytatása

Év (1) Aminosav (2)	P-ellátottság (3)				SzD _{5%} (4)
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	
1995	AL-P ₂ O ₅ mg/kg				
	134	175	247	359	56
Arginin (5)	3,74	3,52	3,23	3,01	0,23
Fenilalanin (6)	2,26	2,08	1,98	1,79	0,14
Hisztidin (7)	1,67	1,29	1,25	0,95	0,09
Izoleucin (12)	1,80	1,89	1,92	2,04	0,15
Treonin (13)	1,44	1,52	1,51	1,54	0,08
Valin (14)	1,65	1,67	1,83	1,87	0,10
Alanin (10)	1,75	1,82	1,84	1,83	0,07
Aszparaginsav (18)	3,85	4,18	4,23	4,38	0,17
Cisztin (19)	0,55	0,48	0,46	0,42	0,07
Glicin (11)	1,83	1,77	1,67	1,70	0,11
Glutaminsav (15)	6,39	6,56	6,93	6,88	0,38
Prolin (20)	2,26	2,07	2,29	2,85	0,36
Tirozin (17)	1,62	1,54	1,43	1,30	0,10
2006	AL-P ₂ O ₅ mg/kg				
	150	217	186	282	46
Arginin (5)	2,27	1,84	2,17	1,83	0,28

Table 9. The effect of P supply level on the amino acid composition of soybean seed (g per 100 g dry matter) (Szarvas, 1993–1995, 2006). (1) Year, (2) Amino acid, (3) P supply, (4) LSD_{5%}, (5) Arginine, (6) Phenylalanine, (7) Histidine, (8) Leucine, (9) Methionine, (10) Alanine, (11) Glycine, (12) Isoleucine, (13) Treonine, (14) Valine, (15) Glutamine acid, (16) Serine, (17) Tyrosine, (18) Asparagine acid, (19) Cystine, (20) Proline

A szójameg fehérje aminosav-összetételét - g/100 g fehérjében kifejezve - a talaj P-ellátottsága az öt vizsgálati évből négy évben szignifikánsan módosította, melynek adatait a 10. táblázat tartalmazza. A vizsgált 17 aminosavból csak azok szerepelnek melyeknél megbízható P-hatást tudunk kimutatni. Az aminosavak közül a legstabilabbnak a glutaminsav és a leucin bizonyult, mivel a fehérjén belüli arányukat a P-ellátottság nem befolyásolta. Legnagyobb változékonyságot az arginin, a hisztidin, a tirozin és a valin mutatott. Azonban a

P-hatás ezeknél az aminosavaknál sem egyértelmű, mert közel azonos P-ellátottsági szinten is évenként eltérő irányú lehet a változás.

Évenként elemezve a talaj P-ellátottságának hatását a fehérje aminosav-összetételére a következő megállapítások tehetők. A talaj 150–200 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági tartományában szignifikánsan növekedett az arginin, a fenilalanin, a hisztidin és a tirozin fehérjén belüli aránya, míg csökkent a proliné a P-trágyázásban nem részesült kezelés 134 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságához képest.

10. táblázat. A P-ellátottság hatása a szójajamg aminosav-összetételére (g/100 g fehérje) (Szarvas, 1993–1995, 2006)

Év (1) Aminosav (2)	P-ellátottság (3)				SzD _{5%} (4)
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	
	AL-P ₂ O ₅ mg/kg				
1993	134	148	194	252	42
Arginin (5)	7,25	7,69	7,64	7,44	0,29
Fenilalanin (6)	5,27	5,60	5,41	5,20	0,13
Hisztidin (7)	3,03	3,40	3,38	2,98	0,13
Prolin (8)	4,77	3,94	4,17	4,42	0,34
Tirozin (9)	4,11	4,47	4,46	4,03	0,23
	AL-P ₂ O ₅ mg/kg				
1994	122	154	184	230	41
Arginin (5)	7,89	7,81	8,99	7,53	0,68
Hisztidin (7)	3,31	3,34	3,24	3,09	0,20
Izoleucin (10)	3,58	3,66	3,88	4,32	0,51
Metionin (11)	1,05	1,17	1,11	1,22	0,10
Valin (12)	3,57	3,44	3,56	4,49	0,21
Cisztin (13)	1,34	1,37	1,29	1,15	0,18
Szerin (14)	5,53	5,47	5,26	4,88	0,42
Tirozin (9)	4,15	4,39	4,06	3,63	0,29

A 10. táblázat folytatása a következő oldalon...

... a 10. táblázat folytatása

Év (1) Aminosav (2)	P-ellátottság (3)				SzD _{5%} (4)
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	
1995	AL-P ₂ O ₅ mg/kg				56
	134	175	247	359	
Arginin (5)	8,95	8,52	7,74	7,24	0,50
Fenilalanin (6)	5,42	5,04	4,75	4,30	0,33
Hisztidin (7)	3,99	3,13	2,99	2,30	0,20
Izoleucin (10)	4,31	4,58	4,61	4,90	0,36
Treonin (15)	3,44	3,69	3,64	3,70	0,19
Valin (12)	3,95	4,05	4,40	4,50	0,25
Alanin (16)	4,18	4,40	4,41	4,40	0,19
Aszparaginsav (17)	9,19	10,14	10,13	10,54	0,33
Cisztin (13)	1,31	1,17	1,09	1,01	0,16
Glutaminsav (18)	15,28	15,90	16,61	16,57	0,91
Prolin (8)	5,41	5,31	5,49	6,86	0,88
Tirozin (9)	3,86	3,72	3,43	3,12	0,22
2006	AL-P ₂ O ₅ mg/kg				46
	150	217	186	282	
Arginin (5)	6,68	5,37	6,25	5,21	0,82
Lizin (19)	6,21	6,21	6,51	5,72	0,44
Treonin (15)	3,90	3,93	3,95	3,59	0,28
Valin (12)	4,41	4,01	4,10	4,15	0,25
Glicin (20)	4,25	4,29	4,33	4,00	0,25

Table 10. The effect of P supply level on the amino acid composition of soybean seed (g per 100 g protein) (Szarvas, 1993–1995, 2006). (1) Year, (2) Amino acid, (3) P supply, (4) LSD_{5%}, (5) Arginine, (6) Phenylalanine, (7) Histidine, (8) Proline, (9) Tirozine, (10) Isoleucine, (11) Methionine, (12) Valine, (13) Cistine, (14) Serine, (15) Treonine, (16) Alanine, (17) Asparagine acid, (18) Glutamine acid, (19) Lisyne, (20) Glycine

Az 1994. kísérleti évben nyolc aminosav mutatott változást a P-ellátottságtól függően. Ebből 150–230 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági tartományban az arginin, az izoleucin, a metionin és a valin részesezése a fehérjén belül növekedett, míg a hisztidin, a cisztin, a szerin és a tirozin csökkent. Ezek az aminosav változások az esszenciális és nem esszenciális aminosavak arányában érdemi mó-

dosulást nem indukáltak. Legnagyobb mértékű változást 1995-ben, rendkívül száraz évben és 1 t/ha terméshozam esetében tapasztaltunk, amikor 12 aminosav fehérjén belüli részesezése módosult. A talaj 250 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságáig a treonin, az izoleucin, a valin, az alanin, az aszparaginsav és a glutaminsav növekedett, míg 360 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági szinten az arginin, a fenilalanin, a hisztidin, a cisztin és a tirozin csökkent. E változások következtében az esszenciális és nem esszenciális aminosavak arányában módosulás történt az esszenciális aminosavak rovására. A 2006-os vizsgálati évben a talaj 280 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságánál csökkent az arginin, a lizin, a treonin, a valin és a glicin mennyisége a fehérjén belül.

Összefoglalóan megállapítható, hogy talaj 280–360 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságánál a P-hatás inkább negatív irányú változást okoz az aminosavak többségénél. Az évek többségében a talaj 150–250 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági tartományában bekövetkezett aminosav-arány változások nem konzekvensek, az évjárat is befolyásolja a P-hatásokat.

Kísérleti évek hatása

A szójamag fehérje aminosav összetételének alakulása az egyes kísérleti években a trágyázási kezelések átlagában a 11. táblázat adatai alapján tekinthető át. A szójamag nyersfehérje-tartalma a kísérleti évek átlagában 37% volt, mely az évek alatt 35–39% között változott. A nyersfehérje összes aminosav-tartalma kerekén 91% volt a triptofán (1,0–1,5%) nélkül. Az öt kísérleti évből négyben az összes aminosav nyersfehérjén belüli mennyisége alig mutatott eltérést, értéke 93% körül alakult. Egy évben, amikor a tenyészidő alatti csapadék mennyisége csak 90 mm volt, mértük a legkisebb aminosav arányt, 82%-ot a nyersfehérjén belül. A rendkívül száraz évet kivéve az összes aminosav-tartalomnak átlagosan 42–44%-a az esszenciális aminosav, még 49–52%-a a nem esszenciális aminosav, tehát évenként nem jelentős az eltérés. Az esszenciális és nem esszenciális aminosavak nyersfehérjén belüli százalékos aránya 45/55 és 47/53 közé esik, évenként nagy különbséget nem mutatva. A N- és P-ellátottság fehérje aminosav összetételt módosító hatását összehasonlítva az évjáráthatással megállapítható, hogy az egyes aminosavak fehérjén belüli arányát az évjárat jelentősebben befolyásolja, mint a N- és P-ellátottság. Az aminosav összetételben tapasztalt éves különbségek nem hozhatók konzekvensen összefüggésbe a víz-ellátottsággal, a fehérjetartalommal és a terméshozam nagyságával.

11. táblázat. *A szójagmag aminosav-összetétele a kísérleti időszak alatt a trágyázási kezelések átlagában (g/100 g fehérje)*
(Szarvas, 1993–1995, 2003, 2006)

Aminosav (1)	Kísérleti évek (2)					Átlag (3)	Szélső- értékek (4)
	1993	1994	1995	2003	2006		
Esszenciális aminosavak (EA) (5)							
Arginin (6)	7,50	8,05	8,11	6,13	5,88	7,13	5,88–8,11
Fenilalanin (7)	5,36	5,55	4,88	3,88	4,92	4,92	3,88–5,55
Hisztidin (8)	3,18	3,25	3,10	2,22	3,77	3,10	2,22–3,77
Izoleucin (9)	4,44	3,86	4,60	4,32	4,13	4,27	3,86–4,60
Leucin (10)	7,11	6,67	6,76	6,99	7,27	6,96	6,67–7,27
Lizin (11)	6,04	6,06	6,64	5,24	6,16	6,03	5,24–6,64
Metionin (12)	1,14	1,13	1,02	1,32	1,74	1,27	1,02–1,74
Treonin (13)	4,07	4,07	3,61	2,95	3,87	3,71	2,95–4,07
Valin (14)	4,59	3,74	4,22	4,96	4,17	4,34	3,74–4,96
Összesen EA (15)	43,43	42,38	42,94	38,01	41,91	41,73	38,01–43,43
Nem esszenciális aminosavak (NEA) (16)							
Alanin (17)	4,44	4,53	4,35	3,95	4,58	4,37	3,95–4,58
Aszparaginsav (18)	9,68	11,28	10,00	8,75	10,32	10,00	8,75–11,28
Cisztin (19)	1,52	1,29	1,15	1,62	1,67	1,45	1,15–1,67
Glicin (20)	4,04	4,11	4,19	3,89	4,19	4,08	3,89–4,19
Glutaminsav (21)	16,00	15,83	16,09	13,97	15,84	15,55	13,97–16,09
Prolin (22)	4,33	4,15	5,70	5,32	6,25	5,15	4,15–6,25
Szerin (23)	5,10	5,35	4,71	3,60	4,87	4,73	3,60–5,35
Tirozin (24)	4,19	4,06	3,53	2,78	3,90	3,69	2,78–4,19
Összes NEA (25)	49,30	50,60	49,72	43,88	51,62	49,02	43,88–51,62
Összes EA+NEA (26)	92,73	92,98	92,66	81,89	93,53	90,75	81,89–93,53
EA/NEA arány (27)	47/53	46/54	46/54	46/54	45/55	46/54	45/55–47/53

Table 11. Amino acid composition of soybean seed averaged over different fertilisation treatments and years of experiment. (Szarvas, 1993–1995, 2003, 2006). (1) Amino acid, (2) Years of experiment, (3) Mean, (4) Extreme value, (5) Essential amino acids, (6) Arginine, (7) Phenylalanine, (8) Histidine, (9) Isoleucine, (10) Leucine, (11) Lysine, (12) Methionine, (13) Treonine, (14) Valine, (15) Total EA, (16) Non-essential amino acids, (17) Alanine, (18) Asparagine acid, (19) Cystine, (20) Glycine, (21) Glutamine acid, (22) Proline, (23) Serine, (24) Tyrosine, (25) Total NEA, (26) Total EA+NEA, (27) EA/NEA ratio

Köszönetnyilvánítás

A kísérleti eredmények részben az OTKA (T-034436, T-048816) támogatásával megvalósult kutatási programok keretében születtek.

Irodalom

- Assefa, Y.–Bajjalieh, N.–Archontoulis, S.–Casteel, S.–Davidson, D.–Kovács, P.–Naeve, S.–Ciampitti, I. A.*: 2018. Spatial characterization of soybean yield and quality (amino acids, oil, and protein) for United States. Scientific Report. 8: 14653.
- Bódis L.*: 1983. Az abrakhüvelyesek termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Brzostowski, L. F.–Diers, B. W.*: 2017. Agronomic evaluation of a high protein allele from PI407788A on Chromosome 15 across two soybean backgrounds. Crop Science. 57. 6: 2972–2978.
- Carrera, C. S.–Reynoso, C. M.–Funes, G. J.–Martinez, M. J.–Dardanelli, J.–Resnik, G. S. L.*: 2011. Amino acid composition of soybean seeds as affected by climatic variables. Pesq. Agropec. Bras. 46. 12: 1579–1587.
- Ciabotti, S.–Silva, A. C. B. B.–Juhasz, A. C. P.–Mendonca, C. D.–Tavano, O.–Mandarino, J. M. G.–Goncalves, C. A. A.*: 2016. Chemical composition, protein profile, and isoflavones content in soybean genotypes with different seed coat colors. International Food Research Journal. 23. 2: 621–629.
- Csapó J.–Csapó J.-né*: 2003. Élelmiszer-kémia. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Drzewiecki, J.–Delgado, L. E.–Haruenkit, R.–Pavelzik, E.–Martin, B. O.–Park, Y. S.–Jung, S. T.*: 2003. Identification and differences of total proteins and their soluble fractions in some pseudocereals based on electrophoretic patterns. Journal of Agricultural Food Chemistry. 51: 7798–7804.
- Duranti, M.–Gijs, C.*: 1997. Legume seeds: protein content and nutritional value. Field Crops Research. 53: 31–45.
- FAOSTAT*: <http://faostat3.fao.org>
- Foroud, N.–Mündel, H. H.–Saindon, G.–Entz, T.*: 1993. Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield, protein and oil responses. Field Crop Research. 41: 195–209.
- Gaydou, E. M.–Arrivets, J.*: 1983. Effect of phosphorus, potassium, dolomite and nitrogen fertilization on the quality of soybean. Yields, protein and lipids. Journal of Agricultural Food Chemistry. 31. 4: 765–769.
- Grieshop, C. M.–Fahey, G. C.*: 2001. Comparison of quality characteristics of soybeans from Brasil, China, and the United States. Journal of Agricultural Food Chemistry. 49: 2669–2673.

- Ham, G. E.–Liener, I. E.–Evans, S. D.–Frazier, R. D.–Nelso, W. W.*: 1975. Yield and composition of soybean seed as Affected by N and S fertilization. *Agronomy Journal*. 67. 3: 293–297.
- Hobbs, E. H.–Muendel, H.*: 1983. Water requirements of irrigated soybeans in southern Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*. 63: 855–860.
- Izsáki Z.*: 2018. A N-, P- és K-ellátottság hatása a szója (*Glycine max* L./Merr.) termésére csernozjom réti talajon – I. Terméshozam. *Növénytermelés*. 67. 3: 5–25.
- Johnson, H. W.–Robinson, H. F.–Comstock, R. E.*: 1955. Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. *Agronomy Journal*. 47: 477–483.
- Kádár I.–Lukács D.-né–Fekete S.–Bana K.-né*: 2004. Tápanyagellátás hatása a szója minőségére és elemfelvételére. *Agrokémia és Talajtan*. 53. 1–2: 75–92.
- Kapoor, A. C.–Gupta, Y. P.*: 1977. Effect of phosphorus fertilization on phosphorus constituents in soybean. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 25. 3: 670–673.
- Koshiyama, I.*: 1983. Storage proteins of soybean. [In: Gottschalk, W.–Müller, H. P. (eds.) *Seed proteins*.] Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publisher. The Hague. 427–450.
- Krueger, K.–Goggi, A. S.–Mallarino, A. P.–Mullen, R. E.*: 2013. Phosphorus and potassium fertilization effect on soybean seed quality and composition. *Crop Science*. 53. 2: 602–610.
- Kurník E.*: 1970. Étkezési és abraktakarmány hüvelyesek termesztése. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Latifi, N.*: 1980. Yield and morphological response of soybeans (*Glycine max* L./Merr.) to time of irrigation and sowing rate. *Diss. Abstr.* 40. 11: 5098.
- Li, T. S.*: 2005. Functional and structural properties of molecular soy protein fractions. Thesis. National University of Singapore.
- Magyar Takarmánykódex*: 1990. Földművelésügyi Minisztérium és a Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet kiadványa. Budapest.
- Mello Filho, O. I.–Sigueyuki Sedyama, C.–Moreira, M. A.–Reis, M. S.–Massoni, G. A.–Piovesan, N. D.*: 2004. Seed yield and seed quality of soybean selected for high protein content. *Pesq. Agropec. Bras.* 39: 445–450.
- Mourtzinis, S.–Gaspar, A. P.–Naeve, S. L.–Conley, S. P.*: 2017. Planting data, maturity and temperature effect on soybean seed yield and composition. *Agronomy Journal*. 109. 5: 2040–2049.
- MSZ 20135*: 1999. A talaj oldható tápelemtartalmának meghatározása.
- MSZ 6830-4*: 1981. Nyersfehérje, nyersfehérje tartalom (Makro-Kjeldahl módszer) meghatározása.
- Nielsen, N. C.–Nam, Y. W.*: 1999. Soybean globulins. [In: Shewry, P. R.–Casey, R. (eds.) *Seed proteins*.] Springer Science+Business Media. Dordrecht. 285–313.
- Nishinari, K.–Fang, Y.–Guo, S.–Phillips, G. O.*: 2014. Soy proteins. A review on composition, aggregation and emulsification. *Food Hydrocolloids*. 39: 301–315.

- Pfarr, M. D.–Kazula, M. J.–Miller-Garvin, J. E.–Naewe, S. L.*: 2018. Amino acid balance is affected by protein concentration in soybean. *Crop Science*. 58. 5: 2050–2062.
- Rotundo, J. L.–Miller-Galvin, J.–Naewe, S. L.*: 2016. Regional and temporal variation in soybean seed protein and oil across the United States. *Crop Science*. 56: 797–808.
- Sudaric, A.–Kocar, M. M.–Duvnjak, T.–Zdunic, Z.–Kulundzic, A. M.*: 2019. Improving seed quality of soybean suitable for growing in Europe. Open access per-reviewed chapter.
- Sváb J.*: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Wilson, R.*: 2004. Seed composition. [In: Stewart, B. A.–Nielsen, D. R. (eds.) *Soybeans: improvement, production and uses.*] 3rd ed. Madison. ASA/CSSA/SSSA. 621–677.
- Wolf, R. B.–Cavins, J. F.–Kleiman, R.–Black, L. T.*: 1982. Effect of temperature on soybean seed constituents: oil, protein, moisture, fatty acids, amino acids and sugars. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 59: 230–232.
- Yin, X.–Bellaloui, N.–McClure, A. M.–Tyler, D. D.–Mengistu, A.*: 2016. Phosphorus fertilization differentially influences fatty acids, protein and oil in soybean. *American Journal of Plant Science*. 7: 1975–1992.
- Zarkadas, C. G.–Voldeng, H. D.–Yu, Z. R.–Choi, V. K.*: 1999. Assessment of protein quality of nine northern adapted yellow and brown seed coated soybean cultivars by amino acid analysis. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 47. 12: 5009–5018.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Izsáki Zoltán
Szent István Egyetem
Öntözési és Vízgazdálkodási Intézet
Szarvas
Szabadság út 1-3.
H-5540
izsaki.zoltan@gk.szie.hu

Az évjárat, a vetésidő és a fungicidhasználat hatása a napraforgó kórtani paramétereire és termésére

SZABÓ ANDRÁS – DÓKA LAJOS FÜLÖP – PEPÓ PÉTER

Debreceni Egyetem MÉK,
Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A Hajdúságban, a Látóképi Kísérleti Telepen (É.sz. 47°33', K.h. 21°27') mészlepedékes csernozjom talajon vizsgáltuk az évjárat (2018. és 2019. évek) és agrotechnikai tényezők (vetésidő, tőszám, fungicid) hatását az ES Loris napraforgó hibrid levél-, szár- és tányér-betegségeire, szárszilárdságára és termésmennyiségére. Vizsgálati eredményeink azt bizonyították, hogy az Alternária, tányérbetegségek, Phoma, Sclerotinia és Diaporthe fertőzöttség mértékét a későbbi vetésidő, valamint a fungicidkezelés csökkentette, a nagyobb állománysűrűség viszont növelte az infekció mértékét. A 2018. évben az ES Loris termése 3607–4977 kg/ha, a 2019. évben pedig 3204–4795 kg/ha között változott. Az eltérő évjárat hatások miatt optimális vetésidőnek 2018. évben a korai (április eleje), míg 2019. évben a késői (június eleje) vetésidő bizonyult. Az erőteljes fertőzöttség és szárdőlés miatt mindkét évben az alacsonyabb tőszámok (35–55 ezer/ha) adták a legnagyobb termést. A fungicidkezelés hatására 2018. évben 150–600 kg/ha, 2019. évben pedig 350–500 kg/ha terméstöbbletet kaptunk a kontrollhoz képest. A vizsgált tényezők közül – adott ökológiai és agrotechnikai feltételek mellett – a fungicidkezelés (43%) és a tőszám (31%) gyakorolta a legnagyobb hatást az ES Loris hibrid terméseredményére.

Kulcsszavak: napraforgó, vetésidő, fungicid, növényszám, betegségek, termés

The effect of crop year, sowing date and fungicide treatment on the pathological parameters and yield of sunflower

A. SZABÓ - L. F. DÓKA - P. PEPÓ

University of Debrecen Centre for Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management, Institute of Crop Science, Debrecen

Summary

The effect of crop year (2018 and 2019) and agrotechnical factors (sowing date, crop density, fungicide treatment) was observed on the leaf, stem and head diseases of the sunflower hybrid ES Loris, as well as its stem rigidity and yield on calcareous chernozem soil in the Látókép Experiment Site (47°33', 21°27') located in the Hajdúság region of Hungary. The obtained findings showed that the extent of *Alternaria*, head disease, *Phoma*, *Sclerotinia* and *Diaporthe* infections was reduced by the late sowing date and the applied fungicide treatment, while higher crop density increased infection. In 2018, the yield of ES Loris was between 3607–4977 kg ha⁻¹, while it ranged between 3204–4795 kg ha⁻¹ in 2019. In 2018, early sowing (early April) proved to be optimal, while late sowing (early June) showed better results in 2019. Due to the high level of infection and lodging, lower crop density (35–55 thousand plants per ha) provided the highest yield in both years. As a result of fungicide treatment, the yield surplus obtained in comparison with the control treatment ranged between 150–600 kg ha⁻¹ in 2018 and 350–500 kg ha⁻¹ in 2019. Under the given ecological and agrotechnical circumstances, the highest impact on the yield of ES Loris was observed in the case of the fungicide treatment (43%) and crop density (31%).

Key words: sunflower, sowing date, fungicide, crop density, diseases, yield

Влияние года выращивания, срока посева и использования фунгицидов на патологические параметры и урожай подсолнечника

А. САБО – Л. Ф. ДОКА – П. ПЕПО
Дебреценский Университет МЭК,
Институт Ботаники, Дебрецен

Резюме

В области Хайдушэг (Hajdúság), на Опытной базе в Латокепи (С.ш. 47°33', В.д. 21°27') на чернозёмной почве с известковым налётом исследовали влияние года выращивания (2018 и 2019 годы) и агротехнических факторов (срок посева, густота насаждения, фунгициды) на болезни листьев, стебля, тарелки гибрида подсолнечника «ES Loris», на твёрдость стебля и количество урожая. Наши результаты исследования подтвердили, что размер болезни, заражения *Alternaria*, *Phoma*, *Sclerotinia* и *Diaporthe* более поздние сроки посева, а также обработка фунгицидами уменьшили, а большая густота насаждения увеличила размер инфекции. В 2018 году урожаем «ES Loris»-а изменялся в рамках 3607–4977 kg/ha, а в 2019 году 3204–4795 kg/ha. Из-за различных влияний года выращивания оптимальным сроком посева оказался в 2018 году ранний (начало апреля), а в 2019 году поздний срок посева (начало июня). Из-за сильной заражённости и наклона стеблей в оба года более низкое число стеблей (35–55 тыс/ha) дало самый большой урожай. Под влиянием обработки фунгицидами в 2018 году получили прибавку урожая 150–600 kg/ha, а в 2019 году 350–500 kg/ha по сравнению с контролем. Среди исследованных факторов – в данных экологических и агротехнических условиях – обработка фунгицидом (43%) и число стеблей (31%) оказали самое большое влияние на результат урожая гибрида «ES Loris».

Ключевые слова: подсолнечник, срок посева, фунгицид, число растений, болезни, урожай

Bevezetés

Magyarországon a napraforgó a harmadik legnagyobb vetésterületű (~600 ezer ha) szántóföldön termesztett növényi kultúra. Jelentősége évről-évre növekszik mind a hazai ellátás és feldolgozás, mind a kedvező exportlehetőség miatt. Az elmúlt években technológiai fejlesztések eredményeként a napraforgó országos termésátlaga fokozatosan növekedett és elérte a 3 t/ha-t, amivel világviszonylatban is előkelő helyet foglalunk el a nagyobb területen napraforgót termelő országok között.

A napraforgó termés mennyiségét és olajtartalmát az ökológiai, genetikai és agrotechnikai tényezők interaktív módon befolyásolják (Pepó 2018a). Különösen érzékeny a napraforgó a vegetációs periódus csapadékos időjárására, amelynek negatív hatását – részben – megfelelően megválasztott fungicid kezelésekkel mérsékelni lehetett (Pepó 2018b). *Visič* (1991), *Kotevska és Egumenovski* (1994) és *Frank* (1999) vizsgálatai szerint a tenyészidőszak csapadéka és hőmérsékleti feltételei egyaránt befolyásolták mind a napraforgó termésmennyiségét, mind a kaszatok olajtartalmát. *Balalic et al.* (2016) szerint a napraforgó hozamára a környezeti tényezők jelentős hatást gyakorolnak.

Ion et al. (2015) szerint a napraforgó termés paraméterei a napraforgó hibridre jellemzőek, ám ezeket különböző (környezeti és technológiai) tényezők befolyásolják. A talaj és az éghajlati viszonyok azok a környezeti tényezők, amelyek nagymértékben hatnak a napraforgó termésére. A tőszámnak és a növényállománynak is nagy jelentősége van a technológiai tényezők között.

Ahmed et al. (2015) és *Pepó et al.* (2019) és vizsgálati eredményei azt bizonyították, hogy szoros interaktív hatások mutathatók ki a napraforgó termesztés biológiai alapjai és az agrotechnikai elemek között. Ez utóbbiak közül különösen fontos a vetéstechnológia. A napraforgó termését a vetésidő jelentősen befolyásolhatja. A túl korai vetés esetén vontatott kelés és kezdeti fejlődés, jelentősen nagyobb mértékű infekció jellemzi az állományokat. A megkésett vetések lényegesen rövidebb vegetációs periódusa csökkentheti a napraforgó termését (*Vágvölgyi et al.* 1999, *Pepó* 2010). A vetésidő kockázati elemei azonban az évjáráttól függően jelentősen eltérhetnek egymástól (*Pepó* 2012). A napraforgó vetésénél gondosan szükséges megválasztani az állománysűrűséget is. Több kísérlet is igazolja, hogy a legmagasabb terméseredményeket a legtöbb hibrid esetében a 45 000 tő/ha állománysűrűségnél lehet elérni (*Szabó et al.* 2004). *Szabó* (2014) más vizsgálataiban az állománysűrítés növe-

lésével a termésmennyiség 55 000 tő/ha tőszámig növekedett, majd a további tőszámnövelés hatására jelentős termésmennyiség csökkenés következett be. *Crnobarac et al.* (2014) szerint a termésmennyiség az állománysűrűség növekedésével folyamatosan nőtt az optimális értékig. A túlzottan besűrített állományokban megnőtt a levél-, szár- és tányérbetegségek előfordulásának gyakorisága (*Debeake et al.* 2003, *Encheva et al.* 2003).

Baghdadi et al. (2014) megállapították, hogy a napraforgó növekedését és termésmennyiségét, a vetésidő és a tőtávolság befolyásolta. A vizsgálatok azt mutatták, hogy a tőtávolság befolyásolja a napraforgó termőképességét, a levélterület-indexét, a fotoszintézis intenzitását, valamint az olajtartalmat.

A fertőzöttség mértékét az évjárat (*Angelova* 2003, *Szabó és Pepó* 2005), valamint az állománysűrűség (*Monotti* 1982) egyaránt befolyásolja. *Szabó és Pepó* (2006), valamint *Novák et al.* (2012) vizsgálatai szerint a napraforgó genotípusok hibridspecifikus tőszámreakcióval jellemezhetők. *Ju Fan Chun és Maric* (1989) nem talált összefüggést a napraforgó betegségei és az állománysűrűség között. Más kísérletekben *Gheorgies és Roman* (1988) sem talált összefüggést a tőszám és a Sclerotinia fertőzöttség között, de pozitív korrelációt bizonyítottak a tőszám és a Diaporthe, a Phoma és a Septoria infekciók között.

A talaj és a növény jobb vízellátottsága ugyanakkor növeli a patogének fejlődését elősegítő mikroklíma kialakulását, melyet a genotípus, a tőtávolság, a talaj típusa és a levegő hőmérséklete befolyásol (*Heldwein et al.* 2007).

Futó (2019) vizsgálatai alapján bebizonyította, hogy az intenzív trágyázás alkalmazása csak akkor eredményez nagy hozamot, ha az magas színvonalú növényvédelemmel párosul. Ennek az az oka, hogy a napraforgó hajlamosabb a betegségekre nagy dózisu tápanyag-visszapótlás mellett. Ha bármelyik vizsgált agrotechnikai elem nem hibridspecifikus, termés-csökkenéssel kell számolni. A legmagasabb hozam optimális tápanyagellátással, és kiváló növényvédelem alkalmazásával érhető el.

Kutatásunk célja azt volt, hogy eltérő évjáratokban vizsgáljuk a napraforgó kórtani tulajdonságait, termés mennyiségét különböző vetésidőkben és állománysűrűségnél eltérő fungicid használat mellett.

Anyag és módszer

A kísérletek Debrecentől 15 km-re a Hajdúságban lettek beállítva (É.sz. 47°33' K.h. 21°27'). A kísérleti terület talajvizsgálati eredményei azt bizonyítják, hogy

a mészlepedékes csernozjom talaj fizikai és kémiai tulajdonságai (1. táblázat), valamint vízgazdálkodási paramétereit (2. táblázat) a növénytermesztés számára rendkívül kedvezőek.

1. táblázat. A kísérleti terület talajvizsgálatai adatai (Debrecen)

Talajréteg (cm) (1)	pH _{KCl}	K _A (2)	CaCO ₃ (%)	Humusz (%) (3)	Össz. N (%) (4)	NO ₃ +NO ₂ (ppm)
0–25	6,46	43,0	0	2,76	0,150	6,20
25–50	6,36	44,6	0	2,16	0,120	1,74
50–75	6,58	47,6	0	1,52	0,086	0,60
75–100	7,27	46,6	10,25	0,90	0,083	1,92
100–130	7,36	45,4	12,75	0,59	0,078	1,78

Talajréteg (cm) (1)	P ₂ O ₅ AL oldható (5) (ppm)	K ₂ O (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	SO ₄ (ppm)
0–25	133,4	239,8	332,4	38,0	2,80	5,86	438	9,25
25–50	48,0	173,6	405,4	66,2	0,80	4,54	406	9,13
50–75	40,4	123,0	366,6	55,4	0,58	3,64	339	10,80
75–100	39,8	93,6	249,0	67,8	0,48	2,24	74	7,95
100–130	31,6	78,0	286,6	62,6	0,84	1,64	4	22,98

Table 1. Soil analysis data of the experiment site (Debrecen). (1) Soil layer (cm), (2) Arany's plasticity index, (3) Humus %, (4) Total N content, (5) AL-soluble

A kísérleti terület művelt rétegének a humusztartalma 2,6–2,8%, a talaj pH_{KCl}=6,36–6,58, azaz enyhén savanyú. A talaj kedvező N-szolgáltató képességű, az AL-oldható P₂O₅-tartalma közepes (133 mg/kg), az AL-oldható K₂O-tartalma pedig jó (240 mg/kg). A kísérleti terület kedvező talajfizikai tulajdonságokkal jellemezhető (közepkötött, vályog K_A=40–42). A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai (2. táblázat) kedvező vízbefogadó és jelentős víztartó képességet bizonyítanak. A napraforgó vízellátása szempontjából mértékadó szelvényben (0–2 m) a talaj mintegy 650–750 mm vizet képes megtartani, tárolni, melynek mintegy 65%-a diszponibilis víz.

A kísérletben az ES Loris (CLP) napraforgó hibrid vetésidő, tőszám és fungicid reakcióját vizsgáltuk 2018. és 2019. években. A kísérletet split-split-plot el-

rendezésben négy ismétlésben állítottuk be. A parcellák területe 15 m² volt. A kísérletben vizsgált tényezők a következők voltak:

	2018. év	2019. év
1. vetésidő (korai)	április 09.	március 29.
2. vetésidő (átlagos)	április 24.	április 11.
3. vetésidő (késői)	május 11.	június 02.

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

Talajréteg (cm) (1)	Térfogat-tömeg Tt (dm ³) (2)	Pórus térfogat (P%) (3)	Gravitációs pórustér + levegőzárvány (Pg+1%) (4)
5-25	1,433	45,93	11,53
27-33	1,410	46,73	7,05
47-53	1,275	51,90	12,50
97-103	1,285	51,55	8,73
122-128	1,268	52,20	7,23
147-153	1,268	52,13	6,68
197-203	1,230	53,70	6,30

Talajréteg (cm) (1)	Minimális vízkapacitás (VK _{min} %) (5)	Holtvíz-tartalom (HV%) (6)	hy
5-25	33,65	15,55	2,715
27-33	37,75	15,70	2,783
47-53	36,87	14,75	2,755
97-103	40,93	11,13	2,168
122-128	43,10	9,38	1,853
147-153	43,95	9,03	1,778
197-203	46,00	8,50	1,690

Table 2. Water management indexes of the soil of the experiment site (Debrecen). (1) Soil layer (cm), (2) Bulk density (Tt, dm³), (3) Pore volume (P%), (4) Gravitational pore space + air entrapment (Pg+1%), (5) Minimum water capacity (VK_{min}%), (6) Wilting point (HV%)

A 2019. évi késői vetésidőt egyrészt az extrém csapadékos májusi időjárás, másrészt – a talajfertőtlenítés ellenére bekövetkező – jelentős talajlakó kártétel miatti újravetés magyarázza.

A kísérletben alkalmazott betakarításkori tőszámok mindkét évben, mindhárom vetésidőben a következők voltak: 35 ezer/ha, 45 ezer/ha, 55 ezer/ha, 65 ezer/ha, 75 ezer/ha.

A kísérleti parcellák pontos állománysűrűségét kézzel állítottuk be mindkét évben.

A kísérletben kétféle fungicidkezelést alkalmaztunk (kontroll, 2x fungicid). A 2x fungicidkezelésben az első kijuttatás 10–12 pár leveles állapotban, a második permetezés pedig a virágzás kezdetén történt az egyes vetésidők fenofázisainak a figyelembe vételével. Mindkét alkalommal boszkalid+dimoxstrobín (0,5 l/ha) fungicidet alkalmaztunk földi géppel, illetve hidastraktorral kijuttatva. A termesztéstechnológia egyéb elemei egységesek voltak és megfeleltek a korszerű napraforgó termesztés követelményeinek.

A levél-, szár- és tányérbetegségeket a napraforgó állományokban a vegetáció során több alkalommal felvételeztük parcellánként 10–10 növényen mind a négy ismétlésben. A fertőzöttség mértékét a bonitált növények arányában határoztuk meg és a táblázatokban szereplő adatok a tenyészidő során tapasztalt legnagyobb fertőzöttségi értékeket tartalmazzák. A betakarítás során megmértük a kaszatok nedvességtartalmát, a parcellák tömegét és ezekből határoztuk meg a 8% nedvességtartalomra egalizált terméseredményeket.

A vizsgálati évek csapadék és hőmérsékleti adatait a 3. táblázat tartalmazza. A két év időjárása meglehetősen szélsőségesen alakult a napraforgó növekedése, fejlődése és termésképződése szempontjából. A 2018. vegetációs periódust (április-augusztus) megelőző hónapok (október-március) kedvező csapadéka jelentős mértékben elősegítette a csernozjom talaj vízkészletének feltöltődését. Ennek következtében a szárazabb tavaszi és nyári hónapokat az állományok relatíve kedvező módon tudták tolerálni. Az átlagos vízellátottságú és átlagosnál melegebb 2018. évben a napraforgó betegségek kisebb mértékben jelentek meg a növényeken, a betegségek dinamikája is mérsékeltabb volt az átlagosnál. A 2019. tenyészévet megelőző hónapok (október-március) kifejezetten szárazak voltak (165,2 mm csapadék hullott a 214,1 mm sokévi átlaghoz viszonyítva). A május (103,7 mm) és a július (115,9 mm) extrém csapadékos volt, amely bizonyos mértékig növelte a fertőzöttséget az állományokban. A

vegetációs periódus átlaghőmérséklete (18,1 °C) a 2019. tenyészévben is meghaladta a 30 éves átlagot (17,8 °C).

3. táblázat. A csapadék (mm) és hőmérséklet (°C) havi értékei az őszi búza vegetációs periódusában (Debrecen, 2018–2019)

	Okt. (1)	Nov. (2)	Dec. (3)	Jan. (4)	Febr. (5)	Márc. (6)	Ápr. (7)
Csapadék (mm) (8)							
2017/2018	43,9	53,7	93,6	28,2	57,9	68,5	36,6
2018/2019	10,1	52,0	50,9	36,1	6,7	9,4	38,7
30 éves átlag (9)	37,9	41,6	43,7	29,7	31,0	30,2	52,8
Hőmérséklet (°C) (10)							
2017/2018	10,2	5,1	2,1	1,7	-0,5	2,6	15,5
2018/2019	12,3	6,2	-0,4	-2,4	2,6	8,1	12,4
30 éves átlag (9)	10,4	4,6	-0,1	-1,4	0,1	5,1	11,1
	Máj. (11)	Jún. (12)	Júl. (13)	Aug. (14)	Teny. előtti (X-III.) (15)	Teny. alatti (IV-VIII.) (16)	
Csapadék (mm) (8)							
2017/2018	60,0	60,8	41,9	97,5	345,8	296,8	
2018/2019	103,7	39,4	115,9	14,4	165,2	312,1	
30 éves átlag (9)	64,0	66,5	66,7	49,0	214,1	299,0	
Hőmérséklet (°C) (10)							
2017/2018	19,0	20,1	21,7	23,2	3,5	19,9	
2018/2019	13,1	22,2	20,5	22,2	4,4	18,1	
30 éves átlag (9)	16,6	19,4	21,3	20,7	3,1	17,8	

Table 3. Monthly precipitation (mm) and temperatures (°C) values in the vegetation period of winter wheat (Debrecen, 2018–2019). (1) October, (2) November, (3) December, (4) January, (5) February, (6) March, (7) April, (8) Precipitation (mm), (9) 30-year average, (10) Temperature (°C), (11) May, (12) June, (13) July, (14) August, (15) Before the growing season (X-III), (16) During the growing season (IV-VIII)

A háromtényezős variancia analízist és a variancia komponensek felosztását R 3.5.2 statisztikai környezetben RStudio grafikusfelülettel „gplots”, „car” és

„agricole” csomagok felhasználásával végeztük. A táblázatokat és a grafikont MS Excel 2016 programmal készítettük el.

Eredmények

A napraforgó az egyik leginkább kitett szántóföldi növényünk a különböző növényi kórokozók, elsősorban a gombás megbetegedéseknek. Ezek a kórokozók a teljes vegetációs periódusban veszélyeztethetik az állományokat, illetve okoznak kisebb-nagyobb mértékű megbetegedéseket a levélen, száron és tányéron. A vizsgált két évjárat kórtani szempontból jelentős mértékben eltért egymástól. A 2018. évben az egyes hónapok csapadék mennyisége relatíve egyenletesen oszlott meg (36,6–60,0–60,8–41,9 mm), egyedül az augusztusi csapadék (97,5 mm) volt bőséges, amely a már leszáradó állományokban nem okozott jelentősebb megbetegedéseket. A 2019. év ugyanakkor rendkívül szélsőséges volt mind a csapadék, mind a hőmérséklet vonatkozásában. Szárazcsapadékos, hűvös-meleg időjárási feltételek váltották egymást elősegítve a különböző gombás betegségek fellépését és gyorsabb terjedési dinamikáját az állományokban. A május és július hónapok (növénykórtani szempontból kiemelkedően frekvenciált időszakok) hűvös és extrém csapadékos időjárása kedvezett a betegségek kialakulásának és terjedésének.

A 2018. és 2019. évi növénykórtani és szárszilárdsági paramétereket a 4–5. táblázat tartalmazza. Az eredmények szerint mindkét évben az Alternária és a tányérbetegségek fordultak elő a legnagyobb mértékben az állományokban, míg a Phoma, a Diaporthe fertőzöttség átlagos, a Sclerotinia (száron) fertőzöttsége mérsékelt szintű volt. Az utóbbi 4–5 évben az egyik legnagyobb problémát az Alternária fertőzés általi levélleszáradás okozza a napraforgó állományokban, de rendszeresen jelentkeznek a tányérbetegségek (több betegség komplex módon) is. 2018. évben az Alternária fertőzöttség 4,8–71,9%, a tányérbetegségek 3,1–54,0%, míg 2019. évben 6,3–57,5%, illetve 2,0–41,5% intervallumban változtak vetésidőtől, tőszámától és fungicidkezeléstől függően. A Diaporthe fertőzöttség 2018-ban 3,0–22,0%, 2019-ben 1,1–17,9%, a Phoma fertőzöttség 2,9–25,3%, illetve 1,1–19,3% értékben jelentek meg. Relatíve jelentős különbség volt a Sclerotinia fertőzöttség mértékében a két évjáratban (2018. évben 1,0–12,4%, 2019. évben 0,2–4,6%). Ez a kórokozó más gombás betegséggel (Diaporthe, Phoma) együtt jelentősen eltérő mértékű szárdőlést okozott a két évjáratban (2018. évben 4,1–61,8%, 2019. évben 2,0–39,0%), amely az állományok termésmennyiségében is megjelent.

4. táblázat. A vetésidő, tőszám és fungicid kezelés hatása az ES Loris napraforgó hibrid kórtani paramétereire és szárdőlésére (Debrecen, csernozjom talaj, 2018)

Vetésidő (1)	Tőszám (ezer/ha) (2)	Tányér- betegségek (%) (3)		Sclerotinia (száron) (%) (4)		Phoma (%) (5)		Alternária (%) (6)		Diaporthe (%) (7)		Szárdőlés (%) (8)	
		Ø	2x (9)	Ø	2x (9)	Ø	2x (9)	Ø	2x (9)	Ø	2x (9)	Ø	2x (9)
1. vetés (korai) (10)	35	34,0	27,8	3,9	2,7	12,4	8,4	42,4	34,3	12,0	10,0	24,0	17,2
	45	36,5	29,6	5,1	3,9	14,6	10,5	54,7	39,2	14,0	11,0	29,3	22,6
	55	42,7	36,2	9,6	5,7	20,6	16,2	62,6	47,8	16,0	15,0	42,4	31,0
	65	49,0	40,5	10,1	8,2	22,1	15,2	68,2	54,9	22,0	14,0	54,5	40,8
	75	54,0	43,1	12,4	10,1	25,3	18,0	71,9	60,2	21,0	15,0	61,8	42,7
2. vetés (átlagos) (11)	35	28,1	22,6	2,7	1,8	9,6	6,6	34,8	28,5	10,0	7,0	19,0	13,5
	45	30,6	23,4	3,1	2,9	9,3	8,9	39,6	34,9	12,0	8,0	26,2	16,0
	55	37,4	27,8	5,8	4,7	14,1	10,5	47,2	46,5	16,0	10,0	31,6	21,2
	65	42,7	34,5	6,7	5,9	19,4	13,5	54,3	51,7	18,0	13,0	36,1	24,3
	75	43,2	35,9	8,1	6,3	21,2	13,8	60,3	53,0	17,0	12,0	39,1	29,7
3. vetés (késői) (12)	35	4,5	3,1	1,4	1,0	4,1	2,9	6,3	4,8	4,0	3,0	6,1	4,1
	45	5,4	4,0	1,9	1,8	5,4	3,6	8,5	6,2	5,0	4,0	7,9	5,8
	55	11,3	9,5	2,7	2,4	10,3	5,7	12,4	10,7	8,0	5,0	11,5	11,6
	65	17,6	12,9	3,1	2,2	12,7	7,2	14,7	9,6	11,0	9,0	17,6	14,9
	75	18,7	13,0	3,4	2,5	12,5	8,8	15,5	11,4	10,0	7,0	19,2	15,6
SzD _{5%} (13)				8,3		1,2		2,8		2,5		5,8	5,2

Table 4. The effect of sowing date, crop density and fungicide treatment on the pathological parameters and lodging of the sunflower hybrid ES Loris (Debrecen, chernozem soil, 2018). (1) Sowing date, (2) Crop density (thousand crops per ha), (3) Head diseases (%), (4) Sclerotinia (on the stem) (%), (5) Phoma (%), (6) Alternaria (%), (7) Diaporthe (%), (8) Lodging (%), (9) treated twice, (10) 1st sowing date (early), (11) 2nd sowing date (average), (12) 3rd sowing date (late), (13) LSD_{5%}

5. táblázat. A vetésidő, tőszám és fungicid kezelés hatása az ES Loris napraforgó hibrid kórtani paramétereire és szárdőlésére (Debrecen, csernozjom talaj, 2019)

Vetésidő (1)	Tőszám (ezer/ha) (2)	Tányér- betegségek (%) (3)		Sclerotinia (száron) (%) (4)		Phoma (%) (5)		Alternária (%) (6)		Diaporthe (%) (7)		Szárdőlés (%) (8)	
		Ø	2x kezelt (9)	Ø	2x kezelt (9)	Ø	2x kezelt (9)	Ø	2x kezelt (9)	Ø	2x kezelt (9)	Ø	2x kezelt (9)
1. vetés (korai) (10)	35	24,1	19,1	2,1	1,5	8,5	4,4	36,2	27,3	7,9	4,4	20,1	16,1
	45	29,0	24,3	2,9	1,9	10,0	6,2	42,0	31,0	9,6	6,7	22,6	19,8
	55	34,2	30,4	3,6	2,4	16,5	10,6	49,5	36,4	12,1	10,3	29,4	26,2
	65	41,6	27,7	4,1	2,8	19,3	9,1	52,3	43,6	17,5	9,7	34,7	24,0
	75	42,5	31,5	4,6	3,1	17,4	11,0	57,8	42,8	15,9	11,6	39,0	31,9
2. vetés (átlagos) (11)	35	12,0	9,6	1,7	1,1	5,4	3,6	29,1	21,0	5,1	3,2	16,1	10,1
	45	16,3	11,4	1,9	1,5	7,5	5,0	31,3	24,5	7,3	4,6	19,6	12,8
	55	20,6	15,8	2,6	2,3	11,2	5,3	36,4	28,7	10,6	10,8	24,4	19,7
	65	20,1	14,2	2,4	2,9	10,8	9,7	40,6	31,6	9,7	10,4	28,3	20,9
	75	24,0	16,5	2,9	2,7	14,1	9,9	41,9	36,3	13,2	9,6	29,2	22,3
3. vetés (késői) (12)	35	4,0	2,1	0,4	0,2	2,1	1,1	8,1	6,3	2,1	1,1	4,2	2,0
	45	6,1	2,0	0,3	0,5	3,3	1,7	10,4	9,7	3,6	2,2	7,0	3,4
	55	9,6	6,2	1,2	0,3	5,5	5,6	11,7	10,0	6,1	3,6	11,6	7,7
	65	8,3	5,9	1,6	0,8	8,2	5,8	15,2	10,6	6,9	2,9	13,1	6,3
	75	10,7	8,7	1,5	0,9	6,8	4,3	16,7	12,9	5,7	3,7	15,3	8,6
SzD _{5%} (13)		6,3		1,2		3,8		5,7		2,9		5,0	

Table 5. The effect of sowing date, crop density and fungicide treatment on the pathological parameters and lodging of the sunflower hybrid ES Loris (Debrecen, chernozem soil, 2019). (1) Sowing date, (2) Crop density (thousand crops per ha), (3) Head diseases (%), (4) Sclerotinia (on the stem) (%), (5) Phoma (%), (6) Alternaria (%), (7) Diaporthe (%), (8) Lodging (%), (9) treated twice, (10) 1st sowing date (early), (11) 2nd sowing date (average), (12) 3rd sowing date (late), (13) LSD_{5%}

A vizsgálati eredmények mindkét évben azt bizonyították, hogy a vetésidő és a tőszám igen jelentősen, szignifikánsan befolyásolta a napraforgó betegségek mértékét. A legnagyobb infekciót valamennyi betegségnél a korai vetésidőben észleltük, amely kisebb mértékben csökkent az átlagos vetésidő állományaiban. A későn vetett napraforgók állományai kifejezetten egészségesek maradtak, mert a betegségekre érzékeny fenofázisaik időben később következtek be, mint az inokulációk. Az állománysűrűség növelése szignifikánsan növelte a betegségek és megdőlés mértékét mindhárom vetésidőben mindkét évjáratban. Ennek bemutatására jó példa az Alternária fertőzöttség. A 2018. évben a korai vetésidőben 35 ezer/ha tőszámról 75 ezer/ha tőszámra növelve az állománysűrűséget az 1. vetésidőben (korai) az Alternária fertőzöttség 42,4%-ról 71,9%-ra (kontroll), illetve 34,3%-ról 60,2%-ra (2x fungicid) nőtt, míg a 2. vetésidőben (átlagos) 34,8–60,3% (kontroll) és 28,5–53,0% (2x fungicid). A 3. vetésidőben (késői) 6,3–15,5% (kontroll) és 4,8–11,4% (2x fungicid) értékeket kaptunk. Hasonló megállapításokat tehetünk a többi betegség 2019. évi eredményeire vonatkozóan. Az állományvédelemben nem részesült növényekhez (kontroll) képest a kétszeres fungicides állományvédelem (2x fungicid) a vizsgált betegségek infekciójának a mértékét mindkét évben szignifikánsan csökkentette az eltérő vetésidőkben és növekvő állománysűrűség mellett.

A napraforgó kaszattermésének kialakításában a kórtani és szárszilárdsági paraméterek fontos, meghatározó, de nem kizárólagos hatással vannak. Ezt bizonyították a 2018. és 2019. évi terméseredmények (6. táblázat). A nagyon eltérő évjáratok és eltérő kórtani feltételek ellenére a két évben az ES Loris hibrid terméseredménye közel azonos szinten mozgott. 2018. évben a termések 3607–4977 kg/ha, 2019. évben pedig 3204–4795 kg/ha között változtak. Annak ellenére, hogy a 2019. év kórtani szempontból kisebb terhelést jelentett az állományokra, ugyanakkor a 2019. év extrém, változó időjárása (hűvös-meleget, száraz-csapadékos) nem kedvezett sem a fotoszintetikus, sem a termés-képződési folyamatoknak. A 2018. év nagyobb kórtani nyomását a kiegyenlítettebb időjárási feltételek – részben – kompenzálni tudták. A nagyobb infekciós nyomású 2018. évben a kifejezetten mérsékelt tőszámok bizonyultak optimálisnak a korai (35–45 ezer/ha) és átlagos vetésidőben (35 ezer/ha), míg a sokkal egészségesebb késői vetésidőben a nagy tőszámnál (75 ezer/ha) kaptuk a legnagyobb termést. A 2018. évben a termésmaximumok az 1. vetésidőben (korai) 4344 kg/ha (kontroll) és 4977 kg/ha (2x kezelt) voltak, míg a 2. vetésidőben (átlagos) 4184, illetve 4476 kg/ha, a 3. vetésidőben (késői) pe-

dig 4235 és 4381 kg/ha értékeket értünk el. A kontrollhoz viszonyítva a 2x kezelt állományokban a kórtani szempontból legkritikusabb korai vetésidőben ~600 kg/ha, az átlagos vetésidőben ~300 kg/ha, a késői vetésidőben pedig ~150 kg/ha terméstoppletet értünk el.

6. táblázat. *Az évjárat, vetéstechnológia és fungicidkezelés hatása a napraforgó termésére (Debrecen, csernozjom talaj, 2018–2019)*

Vetésidő (1)	Tőszám (ezer/ha) (2)	2018		2019	
		∅	2x kezelt (3)	∅	2x kezelt (3)
1. vetés (korai) (4)	35	4344	4645	3238	3593
	45	4140	4977	3650	3833
	55	4140	4291	3403	4005
	65	3626	4021	3490	3947
	75	3711	3904	3204	3616
2. vetés (átlagos) (5)	35	4184	4476	3484	3865
	45	3926	4097	3607	4033
	55	3848	4151	3910	4220
	65	3718	3685	3731	4112
	75	3878	3457	3535	3854
3. vetés (késői) (6)	35	3607	3911	3744	4010
	45	3618	4019	4211	4795
	55	3842	4081	3999	4328
	65	3927	3927	3596	3967
	75	4235	4381	3499	3649
SzD _{5%} (7)		644		584	

Table 6. The effect of crop year, sowing technology and fungicide treatment on sunflower yield (Debrecen, chernozem soil, 2018–2019). (1) Sowing date, (2) Crop density (thousand plants per ha), (3) Treated twice, (4) 1st sowing date (early), (5) 2nd sowing date (average), (6) 3rd sowing date (late), (7) LSD_{5%}

A szélsőséges időjárású, de kisebb kórtani terhelésű 2019. évben a legnagyobb termést a késői vetésidőben (kontroll 4211 kg/ha, 2x kezelt 4795 kg/ha) kaptuk, míg az átlagos (3910 kg/ha, illetve 4220 kg/ha), illetve a korai vetésidőben (3650 kg/ha, illetve 4005 kg/ha) csökkentek a termések. A kisebb kórtani

fertőzöttség és szárdőlés miatt az optimális állománysűrűség értékek kisebb növekedést mutattak a 2018. évhez képest (korai vetésben 45–55 ezer/ha, átlagos vetésidőben 55 ezer/ha, késői vetésidőben 45 ezer/ha). A kétszeri fungicidkezelés termésmenővelő hatása – a fentebb részletezett okok miatt – kisebb mértékű volt 2019. évben (korai vetésben ~350 kg/ha, átlagos vetésben ~300 kg/ha, késői vetésben ~500 kg/ha).

A 2018. és 2019. évi kísérleti eredmények felhasználásával elvégeztük a vizsgált tényezők napraforgó terméseredményre gyakorolt hatásának az elemzését (1. ábra). Adott ökológiai és agrotechnikai feltételek mellett a legnagyobb mértékben (43%) a fungicidkezelés befolyásolta az ES Loris napraforgó termését. Jelentős volt a tőszám (31%) és az évjárat (23%) termésre gyakorolt hatása is, míg a vetésidőnek a hatása (3%) elhanyagolható mértékű volt a vizsgált évjáratok speciális időjárásai hatásai miatt.

1. ábra. A tényezők hatása az ES Loris napraforgó hibrid termésére (Debrecen, csernozjom talaj, 2018–2019)

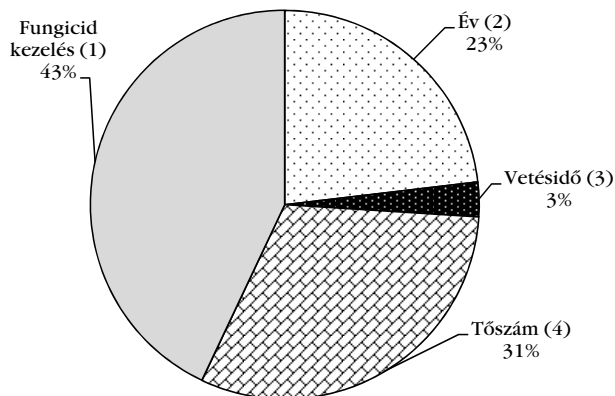


Figure 1. The effect of various factors on the yield of the sunflower hybrid ES Loris (Debrecen, chernozem soil, 2018–2019). (1) Fungicide treatment, (2) Year, (3) Sowing date, (4) Crop density

Következtetések

Mészlepedékes csernozjom talajon beállított háromtényezős napraforgó kísérletekben a vetésidő, az állománysűrűség és fungicidkezelés hatását vizsgáltuk az ES Loris hibrid kórtani tulajdonságaira, szárszilárdságára és terméseredményére a 2018. és 2019. években. Vizsgálati eredményeink megerősítet-

ték *Ahmed et al.* (2015) és *Pepó et al.* (2019) korábbi megállapítását, miszerint szoros interaktív hatások mutathatók ki a napraforgó termesztés biológiai alapjai, ökológiai feltételei és agrotechnikai elemei között. Vizsgálataink szerint a napraforgó állományok *Alternaria*, *Phoma*, *Sclerotinia*, *Diaporthe* és tányérbetegségekkel való infekciójának mértékét befolyásolta a vetésidő, a tőszám és a fungicidkezelés vizsgálataink szerint. *Vágvölgyi et al.* (1999) és *Pepó* (2010) kísérleti eredményeihez hasonlóan saját vizsgálati eredményeink azt bizonyították, hogy a vetésidő későbbre tolódásával csökkent a levél-, szár- és tányérbetegségek infekciójának a mértéke. A növekvő tőszám növelte, míg a fungicidkezelés mérsékelte az állományok megbetegedésének mértékét. Ez utóbbit igazolta *Futó* (2019) is az általa végzett kísérletekben.

Az ES Loris napraforgó termése 2018. évben 3607–4977 kg/ha, 2019. évben 3204–4795 kg/ha között változott vetésidőtől, tőszámtól és fungicidkezeléstől függően, amely eredmények alátámasztották *Pepó* (2018ab) és *Ion et al.* (2015) korábbi vizsgálati eredményeit. Optimális vetésidőt és az optimális tőszámot az évjárat jellege alapvetően determinálta. 2018. évben a korai, míg a teljesen eltérő időjárású 2019. évben pedig a késői vetésidő bizonyult optimálisnak. A mindkét évben előforduló jelentős infekció miatt a mérsékelt tőszámoknál (35–45–55 ezer/ha) kaptuk a legnagyobb termést (kivéve a 2018. év késői vetését).

A variancia komponensek felosztásával elvégeztük a vizsgált tényezők napraforgó termésére gyakorolt hatásának az elemzését, amely szerint meghatározó volt – adott ökológiai és agrotechnikai feltételek mellett – a fungicidkezelés (43%) és az állománysűrűség (31%) hatása, de fontos hatást gyakorolt a termésre az évjárat is (23%).

Köszönetnyilvánítás

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

Irodalom

- Angelova, M.*: 2003. Influence of the sowing density on the yield of sunflower on calcareous chernozem in North-West Bulgaria. *Rasteniev'dni Nauki*. 40. 3: 239-245.
- Ahmed, B.-Sultana, M.-Zaman, J.-Paul, S.-Rahman, M. M.-Islam, M. R.-Majumdar, F.*: 2015. Effect of Sowing Dates on the Yield of Sunflower. *Bangladesh Agronomy Journal*. 18. 1: 1-5.
- Balalić, I. M.-Crnobarac, J. Ž.-Miklić, V. J.-Radić, V. B.*: 2016. Seed yield and protein content in sunflower depending on stand density. *J. Nat. Sci. Novi Sad*. 130: 93-103.
- Baghdadi, A.-Halim, R. A.-Nasiri, A.-Ahmad, I.-Aslani, F.*: 2014. Influence of plant spacing and sowing time on yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Food, Agriculture and Environment*. 12: 688-691.
- Crnobarac, J.-Balalić, I.-Marinković, B.-Jaćimović, G.-Latković, D.*: 2014. Influence of stand density on yield and quality of NS sunflower confectionary hybrids. *Research Journal of Agricultural Science*. 46. 2: 61-66.
- Debeake, P.-Estragnat, A.-Reau, R.*: 2003. Influence of crop management on sunflower stem canker (*Diaporthe helianthi*). *Agronomie*. 23. 7: 581-592.
- Encheva, V.-Tonev, T. K.-Yankov, P.*: 2003. Independent and combined effect of genotype and some agronomy factors on yield and *Phomosis helianthi* infection in sunflower. II. Effect of *Phomosis helianthi* infection. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 9. 5-6: 615-620.
- Frank J.*: 1999. A napraforgó biológiája, termesztése. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 159-188.
- Futó, Z.*: 2019. The effect of fertilization and plant protection on sunflower (*Helianthus annuus* L.) production. *Acta Agraria Debreceniensis*. 2: 57-63.
- Gheorgies, C.-Roman, Gh. V.*: 1988. The effect of some crop production practises on diseases of sunflower on reddish-brown soil. *Agronomie*. 31. 1: 73-79.
- Heldwein, A. B.-Conterato, I. F.-Trentin, G.-Nied, A. H.*: 2007. Princípio para implementar alertas agrometeorológicos e fitossanitários. Usos e benefício da coleta automática de dados meteorológicos na agricultura. Santa Maria: UFSM. 5: 115-134.
- Ion, V.-Dicu, G.-Basa, A. G.-Dumbrava, M.-Temocico, G.-Epureav, L. I.-State, D.*: 2015. Sunflower Yield and Yield Components under Different Sowing Conditions. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 6: 44-51.
- Ju Fan Chun-Maric, A.*: 1989. Effect of crop rotation, sowing date, mineral fertilization and plant density ont the incidence of *Sclerotinia sclerotiorum*, casual agent of sunflower rot and basal rot. *Zastija-Bilja*. 40. 1: 5-16.
- Kotevska, G.-Egumenovski, P.*: 1994. Effect of ecological factors on yield and oil concentration of sunflowers in Pelagonija, Bitola. *Godisen Zbornik na Zemjodelskiot Fakultet Univerzitet. St. Kiril i Metodij. Skopje*. 39: 107-120.

- Monotti, M.*: 1982. A különböző érésidejű és magasságú napraforgófajták és hibridek állományosűrűsége és termesztése. *L'Informatore Agrario*. Verona. 38. 12: 129–135.
- Novák A.–Szabó A.–Pepó P.*: 2012. Napraforgó genotípusok tőszámreakciójának vizsgálata csernozjom talajon. *Acta Agraria Debreceniensis*. 48: 123–128.
- Pepó P.*: 2010. A napraforgó terméshozamának agronómiai feltételei. *Agrofórum*. 21. 3: 12–17.
- Pepó P.*: 2012. Kockázatok és lehetőségek a napraforgó-termesztésben. *Agrofórum Extra*. 44: 20–26.
- Pepó P.*: 2018a. Napraforgó termesztésünk válaszüton. *Magyar Mezőgazdaság*. 73. 41: 26–27.
- Pepó P.*: 2018b. „Lépésváltás” a napraforgó-termesztésben. *Agrofórum*. 29. 11: 20–25.
- Pepó P.–Vad A.–Szabó A.–Dóka L.*: 2019. A biológiai alapok és agrotechnikai elemek interaktív hatásai a napraforgó termesztésben. *Értékálló Aranykorona*. 19. 2: 15–16.
- Szabó A.–Pepó P.–Zsombik L.*: 2004. Az állományosűrűség hatása a napraforgóhibridek termésére és növénykórtani tulajdonságaira. *Növénytermelés*. 53. 6: 571–582.
- Szabó, A.–Pepó, P.*: 2005. Effect of agrotechnical and meteorological factors on yield formation in sunflower production. *Cereal Res. Commun.* 33. 1: 49–52.
- Szabó A.–Pepó P.*: 2006. Újabb adatok a napraforgó-hibridek tőszámreakciójáról. *Gyakorlati Agrofórum*. 17. 3: 25–27.
- Szabó A.*: 2014. A vetéstechnológiai és növényvédelmi tényezők szerepe az integrált napraforgó termesztésben. [In: *Pepó P. (szerk.) A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei: Prof Dr. Sárvári Mihály 70 éves.*] Debreceni Egyetemi Kiadó. Debrecen. 193–200.
- Vágvölgyi S.–Romhányi L.–Sziklai Z.–Bohák H.*: 1999. Fenológiai és kórtani megfigyelések késői napraforgóvetésben a Nyírségben. *Gyakorlati Agrofórum*. 10. 12: 35–41.
- Visić, M.*: 1991. Correlation between eight characters in three sunflower hybrids and path analysis of the coefficients. *Savremena Poljoprivreda*. 39. 3: 27–34.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Szabó András – Dr. Dóka Lajos Fülöp – Dr. Pepó Péter
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
szabo@agr.unideb.hu

A vetésidő, az időjárás és a kukoricaszem fehérje- és olajtartalma közötti kapcsolat eltérő genotípusú kukorica hibrideknél

¹SZÉLES ADRIENN – ¹HORVÁTH ÉVA – ²HUZSVAI LÁSZLÓ

Debreceni Egyetem

¹Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

²Gazdaságtudományi Kar, Statisztika és Módszertani Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A tanulmány az állati takarmányozásra szánt kukorica hibridek minőségi paramétereire, valamint a vetésidő és időjárás tényező hatásának értékelésére irányult. A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Kísérleti Telep (47°33' É, 21°26' K, 111 m), mészlepedékes csernozjom talaján, 2011–2013 év között végeztük. Három vetésidő (VD) és három ugyanazon kukorica hibrid (FAO 290, FAO 350 és FAO 420) bevonásával, természetes csapadékellátottság mellett. A hároméves eredmény azt mutatta, hogy a VD1 és VD2 vetés tenyészidőszakában magasabb a kumulatív növekedési foknap (GDD) érték, azonban a növény fejlődésének korai stádiumában fellépő alacsony hőmérséklet csökkentette a kukoricaszem fehérje- és olajtartalmát. Így a VD késleltetésével (VD3), ahol a napi hőmérséklet már magasabb, azonban alacsonyabb a tenyészidőszak kumulatív GDD értéke a kukoricaszem fehérjetartalma 12,5%-kal, az olajtartalma 12,8%-kal emelkedett ($P < 0,05$; $P < 0,05$). Összességében a legnagyobb kumulatív GDD értékkel és a tenyészidőben lehullott mindössze 277 mm csapadékmennyiséggel rendelkező évben (2012) volt – a hibridek és a VD átlagában – a fehérjetartalom a legnagyobb (10,5 g/100 g sza.; $P < 0,05$), míg az olajtartalom a legalacsonyabb (4,6 g/100 g sza.; $P < 0,05$). A hibridek fehérjetartalma az évek átlagában a – FAO 350 kivételével (VD2) – VD3 vetés-

ben volt igazoltan ($P < 0,05$) a legnagyobb, és a VD3 vetés eredményezte mindhárom hibridnél a legnagyobb ($P < 0,05$) olajtartalmat is.

Kulcsszavak: genotípus, vetésidő, „növekedési foknap” (Growing Degree Day, GDD), fehérjetartalom, olajtartalom

Correlation of sowing time, weather and the protein and oil content of grains in the case of maize hybrids with different genotypes

¹A. SZÉLES – ¹É. HORVÁTH – ²L. HUZSVAI

University of Debrecen

¹Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,
Institute for Land Utilisation, Regional Development and Technology, Debrecen

²Faculty of Economics and Business,
Institute of Statistics and Methodology, Debrecen

Summary

Present study is focused on the quality parameters of maize hybrids used as animal feed and on the evaluation of the effect of sowing dates and weather factors. Our experiments were performed at the Experiment Site of the University of Debrecen, (47°33' N, 21°26' E, 111 m), on calcareous chernozem soil between 2011–2013. The experiment took place with the involvement of three sowing dates (VD) and three hybrids (FAO 290, FAO 350 and FAO 420) with natural precipitation supply. The three-year result showed that the cumulative Growing Degree Day (GDD) value was high during the growing season of VD1 and VD2 sowings, but the low temperature recorded at the early stages of plant development reduces the protein and oil content of the maize grain. Thus, with the postponement of sowing (VD3), where daily temperatures are higher, but the cumulative GDD value of the growing season is lower, the protein and oil content of the maize grain increased by 12.5, 12.8% ($P < 0.05$, $P < 0.05$). Overall, the year with the highest GDD value and only 277 mm of precipitation during the growing season (2012) had the highest protein content (10.5 g per 100 g dry matter, $P < 0.05$) in the average of hybrids and VD, while oil content was the lowest

(4.6 g per 100 g dry matter, $P<0.05$). Protein content of the hybrids was proven to be the highest ($P<0.05$) in the VD3 sowing (with the exception of FAO 350 (VD2), and the VD3 sowing also resulted in the highest ($P<0.05$) oil content in the case of all three hybrids.

Key words: genotype, sowing date, Growing Degree Day (GDD), protein content, oil content

Связь между сроком посева, погодой и содержанием масла и белка кукурузного зерна у различных по генотипу кукурузных гибридов

¹А. СЕЛЕШ – ¹Е. ХОРВАТ – ²Л. ХУЖВАИ

Дебреценский Университет

¹Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента, Институт Землепользования, Технический и Развития Территорий, Дебрецен

²Экономический Факультет, Институт Статистики и Методики, Дебрецен

Резюме

Исследование направлено на оценку качественных параметров кукурузных гибридов, предназначенных для кормления животных, а также влияния сроков посева и погодных факторов. Исследования проводили на чернозёмной с известковой прослойкой почве Дебрецена (47°33' É, 21°26' К, 111 m), в 2011–2013 годах. С привлечением гибридов трёх сроков посева (VD) и трёх таких же гибридов (FAO 290, FAO 350 и FAO 420), при естественных осадках. Результаты трёх лет показали, что посева VD1 и VD2 в вегетационный период дали высокий кумулятивный показатель Growing Degree Day (GDD), однако в ранней стадии развития растения существующая низкая температура уменьшает содержание белка и масла кукурузного зерна. Так с задержкой VD (VD3), когда дневная температура уже выше, но ниже кумулятивный показатель вегетационного периода GDD, содержание белка и масла зерна кукурузы увеличилось на 12,5–12,8% ($P<0,05$; $P<0,05$). В целом в располагающем самым большим показателем GDD и самым низким количеством осадков, выпавших в вегетационный период (277 mm) году (2012) было – в среднем по гибридам

и по VD – самое большое содержанием белка (10,5 g/100 g cb.; $P < 0,05$), а содержание масла самое низкое (4,6 g/100 g cb.; $P < 0,05$). За годы в среднем содержание белка гибридов – за исключением FAO 350 (VD2) – в посеве VD3 было доказуемо ($P < 0,05$) самым высоким, и посев VD3 дал в результате у всех трёх гибридов самое большое содержание масла тоже ($P < 0,05$).

Ключевые слова: генотип, срок посева, „сумма активных температур” (Growing Degree Day, GDD), содержание белка, содержание масла

Bevezetés

A kukorica – a 2019-ben összesen megtermelt 1151 millió tonnával (OECD-FAO 2020) – a világ legnagyobb volumenben termelt kultúrnövénye. Egyesült Államok Mezőgazdasági Minisztériuma (USDA) szerint a kukoricatermelés vezetői az Egyesült Államok (33,1 millió ha területen 347 millió tonna), Kína (41 millió ha területen 254 millió tonna) és Brazília (18,1 millió ha területen 101 millió tonna), amelyek a világ kukoricaterületének 48%-át teszik ki. Kiemelkedő jelentőségét igen sokoldalú hasznosíthatóságának köszönheti (Uarrotta et al. 2011a, Karn et al. 2017). Az állati takarmány kulcsfontosságú összetevője (Shiferaw et al. 2011, Malaviarachch et al. 2014). A takarmány iránti kereslet különösen a nagy népességű fejlődő országokban nagymértékben megnőtt. Ezekben az országokban (pl. Kína, India, más délkelet-ázsiai országok, Dél-Amerika) a gazdaság növekedése és az emelkedő életszínvonal következtében gyors növekedésnek indult az állati eredetű élelmiszerek iránti kereslet (Delgado 2003, Uarrotta et al. 2011b, Huma et al. 2019). Az éhséggel küzdő országokban (37 ország, köztük 28 afrikai) a kukorica termésének 80–90%-át emberi táplálékként hasznosítják. Ezért a kukorica szerepe az emberiség élelmezésben rendkívül fontos. A kukorica ipari felhasználhatósága egyre dinamikusabban fejlődik – cukor, glükóz, olaj, ecet, whisky, sör, liszt, festékek, lakkok és szappan, környezetbarát csomagolóanyagok, bioetanol stb. (Ayub et al. 2002, Harsányi et al. 2008, Nagy 2008, Vlachos et al. 2015, Rátonyi et al. 2018).

Magyarországon a kukorica vetésterülete az összes szántóterület 25%-át teszi ki (KSH 2020), ezzel a területnagysággal az EU-28-ak összes kukoricaterületének kb. 20%-át adja, és a harmadik előkelő helyet foglalja el Románia és

Franciaország után (*OECD-FAO 2020*). A termésingadozás azonban rendkívül nagy. Az 1990–2019 közötti időszak 5,9 t/ha-os (szélsőségek: 3,5–8,6 t/ha) országos átlagtermését 17 évben sikerült felülmúlni, négy évben átlag körül alakultak és kilenc évben az értékek jóval az átlag alatt voltak. A termésátlagok növelése mellett a minőség fontos tényező (*Győri et al. 2005, Loar és Corzo, 2011, Nagy 2012, Miranda et al. 2013, Sharma et al. 2017, Singh et al. 2017*), ugyanis a kukorica mint alapanyag az élelmiszer- és takarmány-előállítás első láncszemét képezi.

Hazánkban a megtermelt kukorica 89%-a takarmányozási célra kerül felhasználásra, ezért nagyon fontos a jó minőségű biológiai értékkel rendelkező hibridek termesztése. 2019-ben a köztermesztésbe engedélyezett kukorica hibridek száma több mint 300 volt, és folyamatosan új hibridek jelennek meg a piacon.

A kukorica a gabonamagvak közül a legértékesebb energiaforrásnak tekinthető. Keményítőtartalma 62–67%, és 3–4% körül van a nyerszsír- (csíraolaj) tartalma. A normál kukorica hibridek mag fehérje takarmány értéke viszonylag alacsony 8–12% (*Izsáki 2007, Flint-Garcia et al. 2009, Singh et al. 2014, Wu és Messing 2014, Varga és Vajda 2017*). Ezzel az értékkel elmarad más gabonaféléhez képest. Táplálóanyag paramétereinek fontos szabályozó tényezője a meteorológiai tényező (*Izsáki 2007, Hegyi et al. 2008, Franklin et al. 2010, Butts-Wilmsmeyer et al. 2019*), továbbá a talaj termékenysége (*Major et al. 2010*), a trágyázás (*Triboi et al. 2000, Taub et al. 2008, Karasu 2012, Riedell 2014*) és a genotípus (*Hegyi et al. 2007, Kim et al. 2001, Guo et al. 2013*).

A tanulmány célja vizsgálni és értékelni a különböző környezeti feltételek mellett, hogy a (1) vetésidő hogyan befolyásolja a különböző tenyészidejű kukorica hibridek fehérje- és olajtartalmát? (2) Milyen mértékben befolyásolja a tenyészidő hőmérséklete és csapadékellátottsága az eltérő genotípusú kukorica hibridek fehérje- és olajtartalmát? (2) Segítséget nyújtani a gazdálkodók számára a kukoricamag kémiai összetevőinek (fehérje és olaj) alapján a felhasználási célnak legjobban megfelelő hibrid kiválasztását.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén (47°33' É, 21°26' K, 111 m), mérsékelt meleg és száraz termesztési körzetben beállított négyismétléses, véletlen blokk elrendezésű kis parcellás szántóföldi kísér-

letben végeztük, három év (2011., 2012 és 2013) tenyészidőszakában. A parcellák mérete 15 m² volt.

Az évjáratok klimatikus jellemzése

Az időjárást a kísérleti területen elhelyezett automata időjárás állomás által mért és rögzített adatok alapján értékeltük. Az értékeket az 1981–2010 időszak átlagához viszonyítottuk (Nagy 2019).

2011. év tenyészidőszakában a csapadék eloszlása rendkívül egyenetlen volt. Júliusban 185 mm csapadék hullott, azonban a többi hónapban az átlaghoz viszonyítva csapadékhiány alakult ki. A hőmérséklet – május és július kivételével – jelentősen melegebb (+1,5–2,7 °C) volt az átlagértéknél. Összeségében a tenyészidőszak csapadéka (324 mm) az átlag körül alakult, a hőmérséklet +1,4 °C-kal tért el a 30 éves átlagtól. A kukorica kumulatív növekedési foknap (Growing Degree Days, GDD) értéke: VD1: 1472 °C, VD2: 1408 °C és a VD3: 1363 °C volt (1. ábra).

2012. év vegetációs időszakában 277 mm volt a csapadék. Április hónapban az átlagnak mindössze az 50%-a hullott. Májusban, júniusban és júliusban lehullott nagy mennyiségű csapadék, kedvező feltételeket teremtett a virágzáshoz. Ezekben a hónapokban a hőmérsékleti értékek rendkívül magasak voltak, az átlaghoz viszonyítva 2–3 °C-kal volt melegebb. Augusztusban nagy volt a csapadékhiány, mindössze 4 mm volt a csapadék és a hőmérséklet eltérés +2,9 °C volt. A tenyészidőszak jelentős csapadékhiánnyal (-70 mm) zárt és 2 °C-kal volt melegebb, mint az átlag. A kumulatív GDD érték: VD1: 1543 °C, VD2: 1522 °C és a VD3: 1403 °C volt.

2013. év tenyészidőszakában csapadékhiány volt (-93 mm), amely rendkívüli meleggel párosult, 6 °C-kal volt melegebb, mint az átlag. A kumulatív GDD érték: VD1: 1456 °C, VD2: 1389 °C és a VD3: 1250 °C volt.

A kísérlet talaja

A kísérlete talaja jó kultúrállapotú löszön kialakult, mély humuszos rétegű közép kötött alföldi mészlepedékes csernozjom talaj (Mollisol-Calciustoll vagy Vermustoll, agyagos vályog ($K_A=42$); USDA), átlagos pH_{KCl} értéke 6,6 (gyengén savanyú kémhatású), humusztartalma 2,6% és a humuszréteg vastagsága 80–100 cm. A szénsavas mésztartalom a talaj felső 80 cm-ében 0% körül van (mészhiányos), de 100 cm-től a 12% (közepesen meszes). A talaj eredeti AL-oldható P_2O_5 tartalma 130 mg/kg, AL-oldható K_2O tartalma pedig 240 mg/kg.

1. ábra. A kísérleti terület csapadékkellátottsága és a növekedési foknap (GDD) alakulása a tenyészidőszakban (2011–2013)

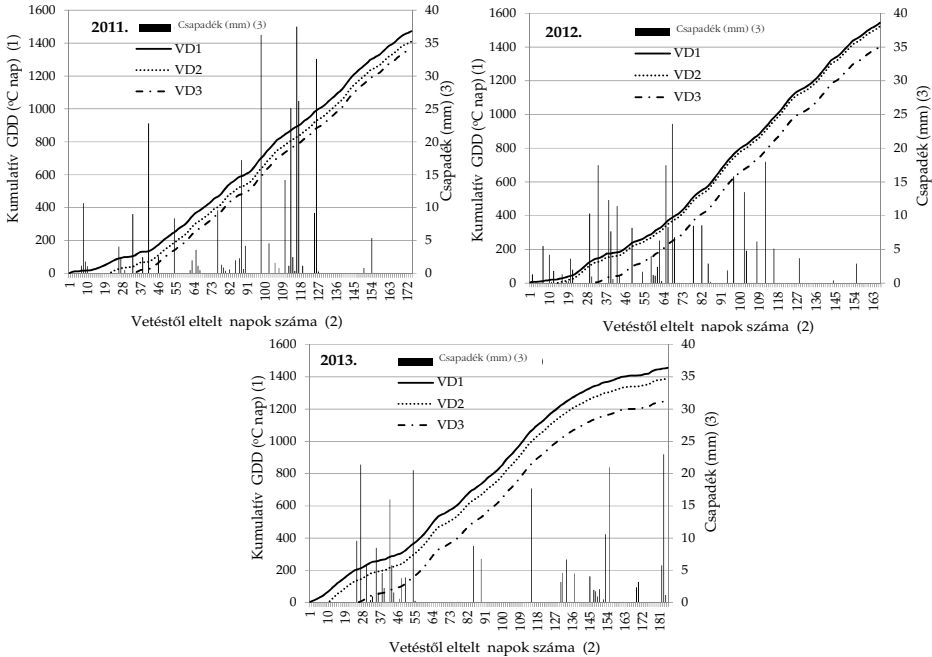


Figure 1. Precipitation of the experimental area development of the growth degree day (GDD) during the growing season (2011–2013). (1) Cumulative GDD (°C day), (2) Days after planting, (3) Precipitation (mm)

A kísérleti tér jellemzői

A szántóföldi kísérletben három vetésidőt (VD1, VD2, VD3) alkalmaztunk mindhárom évben. A VD1 április 6-án, a VD2 április 20-án és a VD3 május 10-én volt. Az elővetemény őszi búza volt. A területre 150 kg N/ha, 65 kg P₂O₅/ha és 130 kg K₂O/ha műtrágya-hatóanyag lett kijuttatva. A 34%-os ammónium-nitrát mennyiségének 50%-a ősszel, 50%-a tavasszal magágykészítés előtt, a foszfor és a kálium 100%-ban az őszi alpműveléssel került bedolgozásra. Az alpművelést 27 cm mély, őszi szántással végeztük. A vetésmélység 5 cm volt. A növény-számot 73 ezer növény/ha-ra állítottuk be. A vizsgálatokba ugyanazon igen korai (FAO 290), korai (FAO 350) és középérésű (FAO 420) kukorica hibridet vontuk be az elemzésbe. A betakarítás 2011-ben szeptember 26-án, 2012-ben szeptember 18-án és 2013-ban október 20-án történt. A betakarított szemtermést 14%-os nedvességtartalomra számítva adtuk meg.

A kukorica GDD érték kiszámításához a CERES Maize modell algoritmusát alkalmaztuk (Ritchie 1994) Ez az algoritmus a minimum és maximum léghőmérsékletet használva nyolc háromórás szakaszra bontja a napi hőmérséklet menetét. A nyolc darab súly egy szinusz-exponenciális függvény alapján kerül meghatározásra. A nappali hőmérséklet menete egy fél szinusz hullámmal, a napnyugta utáni hőmérsékletek egy exponenciálisan csökkenő függvénnyel vannak modellezve. Minden háromórás átlaghőmérséklet összehasonlításra kerül a bázis, a 34 °C és 44 °C hőmérséklettel. Amennyiben a háromórás átlaghőmérséklet a bázis hőmérséklet (10 °C) alatt van, akkor a GDD értéke nulla. Ha a normális tartományban található, azaz 10 °C < T < 34 °C, akkor 1/8-ad súllyal járul hozzá a napi GDD értékéhez. A 34 °C és 44 °C tartományban található hőmérsékletet lineárisan csökkentve veszi figyelembe, 44 °C esetében a GDD nulla lesz.

$$GDD = \sum_{i=1}^8 GDD_i / 8 = \begin{cases} 0, & \text{if } T < 10^\circ\text{C} \\ T - T_{base}, & \text{if } 10^\circ\text{C} < T < 34^\circ\text{C} \\ (34 - T_{base}) * (1 - (T - 34) / 10) & \text{if } 34^\circ\text{C} < T < 44^\circ\text{C} \end{cases}$$

A három kukorica hibrid terméséből mindhárom évben, minden kezeléssel mintát gyűjtöttünk és a szem fehérje- és olajtartalmát közeli infravörös spektroszkópiai technika, transzmissziós (near-infrared-transmittance=NIT) mérési elvre épülő Foss Infratec™ 1241 műszerrel határoztuk meg.

Statisztikai értékelés

A kezelések fehérje- és olajtartalomra gyakorolt hatását általános lineáris modellel (GLM) vizsgáltuk (Huzsvai és Vincze 2013). A GLM-en belül az értékelést Repeated Measurement Model alapján végeztük, ismételt tényezőként az évet vettük figyelembe. Fix tényező a vetésidő és a genotípus volt. A szignifikancia-szintet 5%-nak választottuk. A kezelés középértékek összehasonlítását Duncan-teszttel (Duncan 1965) végeztük, az elsőfajú hiba halmozódásának elkerülése céljából. A homogén csoporton belül a termések 5%-os szignifikancia szint mellett nem különböztek egymástól. A kiértékelést az SPSS for Windows 21.0 statisztikai programcsomaggal végeztük. A nemlineáris regresszió-analízis során a Mitscherlich-féle telítődési függvényt illesztettük a fehérje- és olajtartalom közötti összefüggés paramétereinek meghatározására (Mitscherlich 1919). A Mitscherlich-féle telítődési függvény az alábbi volt:

$$\hat{y} = K(1 - e^{-bx})$$

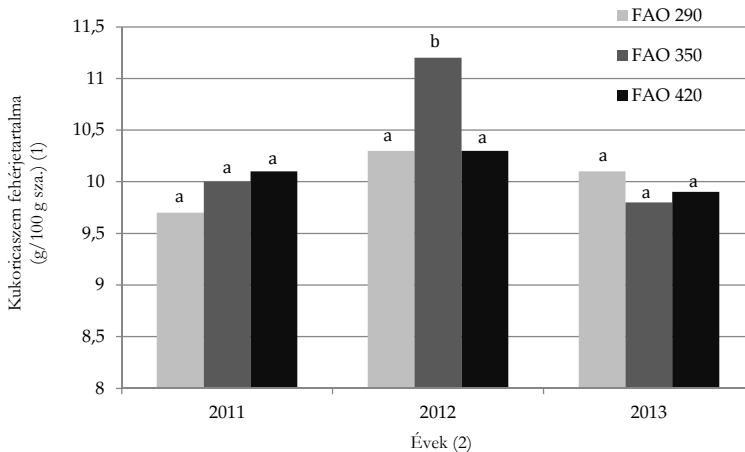
ahol y =protein (%), x =oil (%), K =maximális protein (%), b =növekedési tényező.

Eredmények

A vetésidő hatása a kukoricaszem fehérjetartalmára

A hibridek fehérjetartalma között – a VD kezelés átlagában – 2011. és 2013. években szignifikáns eltérés nem volt. 2012. évben a legnagyobb fehérjetartalmat a korai (FAO 350) hibrid érte el (11,2 g/100 g szá.), 8,7%-kal volt nagyobb, mind az igen korai (FAO 290, $P < 0,05$), mind a középérésű (FAO 420, $P < 0,05$) hibrid értékétől (2. ábra).

2. ábra. Az évjárat hatása az eltérő genotípusú kukorica hibridek mag-fehérjetartalmára (2011–2013)



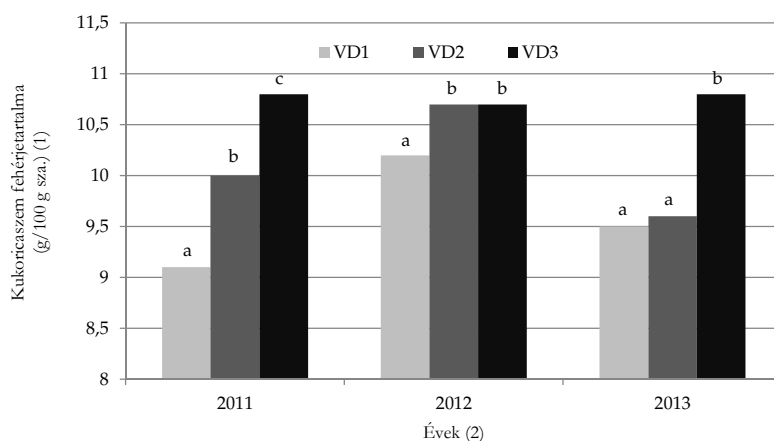
Megjegyzés: a különböző betűvel jelzett mag-fehérjetartalom értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $P \leq 0,05$ valószínűségi szinten.

Figure 2. Effect of the production year on the grain protein content of different genotype maize hybrids (2011–2013). (1) Grain protein content (g per 100 g dry matter), (2) Years, Note: based on the Duncan's test, grain protein content indicated with different letter significantly differ from each other at the significance level of $P \leq 0.05$.

A hibridek átlagos fehérjetartalma a VD3 vetésidőben bizonyult eredményesnek (10,8 g/100 g szá.) 2011. évben, ettől 8%-kal ($P < 0,05$) kevesebb fehérje-

tartalommal rendelkezett a VD2, illetve 18,7%-kal ($P < 0,05$) a VD1 vetés. A VD2 vetésben elért fehérjetartalom 9,9%-kal ($P < 0,05$) volt nagyobb, mint a VD1 vetésben. A hibridek 2012-ben a legalacsonyabb fehérjetartalmat a VD1 vetéssel érték el (10,2 g/100 g szá.), a két későbbi vetés fehérjetartalom növekedést ($P < 0,05$) eredményezett, azonban a VD2 és VD3 vetések között szignifikáns eltérés nem volt kimutatható. 2013. évben a VD1 és VD2 vetések fehérjetartalma között szignifikáns különbség nem volt. Jelentős növekedést a VD3 vetés eredményezett, a növekedés mértéke a VD1 és VD2 vetéshez viszonyítva 13,7–12,5% ($P < 0,05$) volt (3. ábra).

3. ábra. Az évjárat és vetésidő hatása a kukorica mag-fehérjetartalmára (2011–2013)



Megjegyzés: a különböző betűvel jelzett mag-fehérjetartalom értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $P < 0,05$ valószínűségi szinten.

Figure 3. Effect of the production year and sowing dates on the grain protein content of maize (2011–2013). (1) Grain protein content (g per 100 g dry matter), (2) Years, Note: based on the Duncan's test, grain protein content indicated with different letter significantly differ from each other at the significance level of $P \leq 0.05$.

Hasonló eredményre jutottunk, mint Hegyi és Berzy (2009) és Izsáki (2009), miszerint a kukoricamag fehérjetartalmát jelentős mértékben a genetikai tulajdonságok határozzák meg. Eredményeink azonban rámutatnak arra is, hogy az ökológiai és agrotechnikai tényezők befolyásoló hatással vannak a kukoricamag fehérjetartalmára (Badu-Apraku et al. 2005, Széll et al. 2005, Ványiné és Nagy 2012, Széles et al. 2018, 2019). A FAO 290 kukorica hibrid fehérjetar-

talmát a VD 2011. évben nem befolyásolta. A FAO 350 hibridnél a VD2 és VD3 vetésben magasabb fehérjetartalmat lehetett kimutatni, mint a VD1 vetésben. A különbség mindkét esetben szignifikáns (1,4–1,6 g/100 g sza.; $P < 0,05$) volt, azonban a VD2 és VD3 közötti eltérés statisztikailag nem igazolt. A FAO 420 hibrid fehérjetartalma a vetésidő kitolódásával jelentősen nőtt. A legnagyobb növekedés a VD1 és a VD3 között (2,6 g/100 g sza.; $P < 0,05$) volt. 2012. évben a VD2 a FAO 350 hibrid fehérjetartalmát növelte (0,7 g/100 g sza.; $P < 0,05$). A másik két hibridnél a VD1 és a VD3 között volt fehérjetartalom növekedés, a növekedés mértéke a FAO 290 hibridnél 0,5 g/100 g sza. ($P < 0,05$) és a FAO 420 hibridnél 0,6 g/100 g sza. ($P < 0,05$) volt. 2013. évben mindhárom hibridnél a VD3 vetésidő eredményezte a szignifikánsan nagyobb fehérjetartalmat (1. táblázat).

1. táblázat. A különböző vetés időpontok hatása a kukorica hibridek mag-fehérjetartalmára (2011–2013)

Hibridek (1)	Vetésidő (2)	2011	2012	2013	Vetésidő átlag (3)
FAO 290	VD1	9,5Aa	10,0Aa	9,4Aa	9,6a
	VD2	9,7Aa	10,4Bab	9,6Aa	9,9a
	VD3	9,8Aa	10,5Bb	11,5Cb	10,6b
FAO 350	VD1	9,0Aa	10,9Ba	9,0Aa	9,6a
	VD2	10,4Ab	11,6Bb	9,7Aa	10,6b
	VD3	10,6Ab	11,2Ab	10,7Ab	10,8b
FAO 420	VD1	8,9Aa	9,9Ba	9,7Ba	9,5a
	VD2	9,9Ab	10,4Bab	9,7Aa	10,0b
	VD3	11,5Bc	10,5Ab	10,4Ab	10,8c

Megjegyzés: az oszlopon belül a különböző kisbetűk jelzik a vetésidők közötti eltérést egy éven belül ($P < 0,05$). A soron belül a különböző nagybetűk jelzik az évek közötti eltérést azonos vetésidőben ($P < 0,05$).

Table 1. Effect of different sowing dates on the protein content of maize grain (2011–2013). (1) Hybrids, (2) Sowing date, (3) Sowing date mean, Note: different small letters indicate the difference of sowing dates within the same year in every column ($P < 0,05$). Different capital letters indicate the difference among production years in the same sowing date in every line ($P < 0,05$).

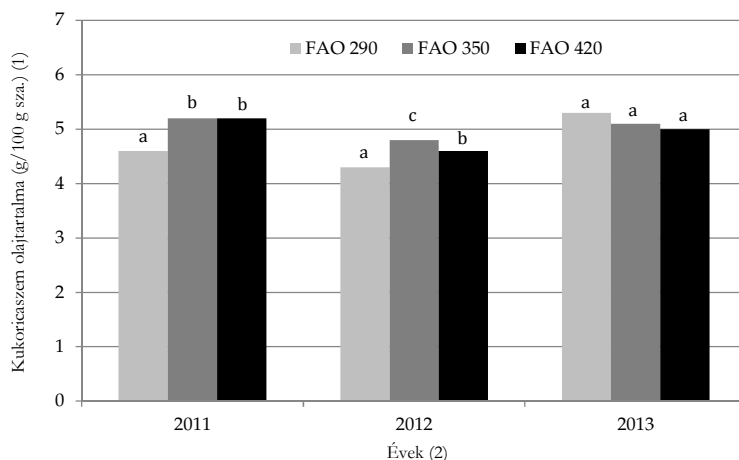
Az egyes évek változó időjárása a FAO 290 hibrid fehérjetartalmát a VD1 vetésben nem befolyásolta, míg a VD3 vetésben mindhárom évben szignifikáns ($P < 0,05$) eltérést okozott. A VD2 vetésben 2012. év időjárása eredmé-

nyezett megbízható ($P < 0,05$) növekedést. Az évjárat módosító hatása FAO 350 hibridnél a VD3 vetésnél nem érvényesült. A VD1 és VD2 vetésben a 2012. év fehérjetartalma volt a legnagyobb és megbízható eltérést ($P < 0,05$) mutatott 2011 és 2013 évekhez viszonyítva. A FAO 420 hibrid fehérjetartalmát a VD1 és VD2 vetésben 2012. év időjárási tényezői növelték ($P < 0,05$), míg az VD3 vetésnél a 2011. évnek volt kimutatható fehérjetartalom növelő hatása (1,0 g/100 g szá.; $P < 0,05$) (1. táblázat).

A vetésidő hatása a kukoricaszem olajtartalmára

A hibridek olajtartalma között – a kezelések átlagában – 2013. évben nem volt szignifikáns különbség. 2011. évben a FAO 350 hibrid és a FAO 420 hibrid olajtartalma azonos 5,2–5,2 g/100 g szá. volt, ettől a FAO 290 hibrid 13,0%-kal kevesebb ($P < 0,05$) olajtartalommal rendelkezett. 2012. évben mindhárom hibrid olajtartalma jelentős mértékben eltért, az eltérés minden esetben szignifikáns ($P < 0,05$). A korai (FAO 350) hibrid olajtartalma volt a legnagyobb (4,8 g/100 g szá.) (4. ábra).

4. ábra. Az évjárat hatása az eltérő genotípusú kukorica hibridek mag-olajtartalmára (2011–2013)

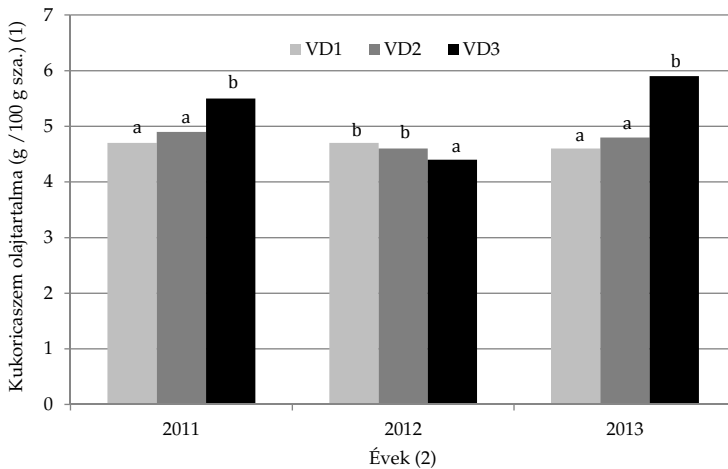


Megjegyzés: a különböző betűvel jelzett mag-olajtartalom értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $P \leq 0,05$ valószínűségi szinten.

Figure 4. Effect of the production year on the grain oil content of different genotype maize hybrids (2011–2013). (1) Grain oil content (g per 100 g dry matter), (2) Years, Note: based on the Duncan's test, grain protein content indicated with different letter significantly differ from each other at the significance level of $P \leq 0.05$.

Az olajtartalom – a hibridek átlagában – 2011. évben a VD3 vetésidőben volt a legnagyobb (5,5 g/100 g szá.), a VD1 vetésben elért fehérjetartalom 17,0%-kal ($P < 0,05$), a VD2 vetésben 12,2%-kal ($P < 0,05$) volt alacsonyabb. 2012. évben a VD1 és VD2 vetésben elért olajtartalom között szignifikáns eltérés nem volt. A VD3 vetés 4,4 g/100 g szá. olajtartalma volt a legalacsonyabb, az eltérés szignifikáns a VD1 és VD2 vetéshez viszonyítva. A kukoricamag olajtartalma 2013. évben teljesen ellentételesen alakult, mint 2012. évben. Ugyanis 2013-ban a VD3 vetés olajtartalma volt a legnagyobb (5,9 g/100 g szá.), és ettől szignifikánsan kevesebb volt a VD2 (-22,9%) és a VD1 (-28,3%) vetésben (5. ábra).

5. ábra. Az évjárat és a vetésidő hatása a kukorica mag-olajtartalmára (2011–2013)



Megjegyzés: a különböző betűvel jelzett mag-olajtartalom értékek szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, $P \leq 0,05$ valószínűségi szinten.

Figure 5. Effect of the production year and sowing dates on the grain oil content of maize (2011–2013). (1) Grain oil content (g per 100 g dry matter), (2) Years, Note: based on the Duncan's test, grain protein content indicated with different letter significantly differ from each other at the significance level of $P \leq 0,05$.

Az olajtartalom tekintetében a vetésidő hatása 2011. évben a FAO 420 hibrid esetében volt igazolható. A késleltetett vetés (VD3) 1,0–1,2 g/100 g szá. ($P < 0,05$) olajtartalom növekedést eredményezett. A FAO 290 hibridnél a 2012. évben az olajtartalom tekintetében a statisztikai vizsgálatok igazolható különbséget nem mutattak a három vetésidő között. A FAO 350 olajtartalma a VD2 vetésben 5,0 g/100 g szá. volt, amely szignifikáns ($P < 0,05$) eltérést mutatott a VD3

vetéshez viszonyítva és nem különbözött igazolhatóan a VD1 vetéstől. A FAO 420 hibrid olajtartalma hasonlóan alakult a vetésidők hatására, mint a FAO 350 hibridé. 2013. évben mindhárom hibrid a legnagyobb olajtartalmat a VD3 vetésben érte el, és a legjelentősebb a FAO 290 hibridé (6,9 g/100 g sza.) volt (2. táblázat).

2. táblázat. A különböző vetés időpontok hatása a kukorica hibridek mag-olajtartalmára (2011–2013)

Hibridek (1)	Vetésidő (2)	2011	2012	2013	Vetésidő átlag (3)
FAO 290	VD1	4,6Aa	4,4Aa	4,8Aa	4,4a
	VD2	4,5Aa	4,3Aa	4,5Aa	4,4a
	VD3	4,8Ba	4,2Aa	6,9Cb	5,3b
FAO 350	VD1	4,9Ba	4,9Bb	4,5Aa	4,8a
	VD2	5,3Ba	5,0Bb	4,6Aa	5,0ab
	VD3	5,3Ba	4,5Aa	6,1Cb	5,3b
FAO 420	VD1	4,7Aa	4,8Ab	4,8Aa	4,8a
	VD2	4,9Ba	4,6Aab	5,0Ba	4,8a
	VD3	5,9Cb	4,5Aa	5,3Bb	5,2b

Megjegyzés: az oszlopon belül a különböző kisbetűk jelzik a vetésidők közötti eltérést egy éven belül ($P<0,05$). A soron belül a különböző nagybetűk jelzik az évek közötti eltérést azonos vetésidőben ($P<0,05$).

Table 2. Effect of different sowing dates on the oil content of maize grain (2011–2013). (1) Hybrids, (2) Sowing date, (3) Sowing date mean, Note: different small letters indicate the difference of sowing dates within the same year in every column ($P<0.05$). Different capital letters indicate the difference among production years in the same sowing date in every line ($P<0.05$).

A klimatikus viszonyok nem befolyásolták a FAO 290 hibrid olajtartalmát a VD1 és VD2 vetésben. Az időjárási tényezőknek a VD3 vetésben volt nagyobb hatása, az eltérés mindhárom évben jelentős ($P<0,05$) volt. A FAO 350 hibrid legalacsonyabb olajtartalma a VD1 és a VD2 vetésben 2013. évben volt, – ahol a vizsgált évek közül a legkisebb volt a kumulatív GDD érték és a csapadék mennyisége – és szignifikáns ($P<0,05$) eltérést mutatott 2012 és 2011 évi olajtartalommal. A VD3 vetésnél az évek közötti eltérés minden esetben szignifikáns, a legnagyobb kumulatív GDD értékkel rendelkező 2012. évben volt az olajtartalma a legkisebb (4,5 g/100 g sza.) és a legkisebb hússzázzal rendelkező 2013. évben a legnagyobb (6,1 g/100 g sza.). A FAO 420 hibridet a VD1

vetésben klímaérzékenység nem jellemezte. A VD2 vetésben a 2012. év olajtartalma tért el igazolhatóan ($P < 0,05$) a másik két év eredményétől. A VD3 vetésben az évjárat hatására jelentős olajtartalom ingadozás volt. 2011. évben volt az olajtartalom a legnagyobb (5,9 g/100 g szá.) és ehhez az évhez viszonyítva 31%-kal kevesebb volt 2012. évben és 11%-kal 2013. évben (2. táblázat).

A fehérje- és olajtartalom összefüggése a vizsgált genotípusoknál

A fehérje- és olajtartalom közötti összefüggés statisztikailag igazolt volt, a telítődési függvénnyel jól jellemezhető (6. ábra). A regresszió-analízis alapján a kukorica hibridek maximális fehérjetartalma 12,2%. Ennél több nem tud beépülni a szembe. A növekedési tényező (b) értéke 0,368 volt. A mérési adatok alapján a kukoricaszem olajtartalmának maximális értéke 7% körül alakult. Az olaj- és fehérjetartalom növekedésével természetesen arányosan csökken a szem keményítőtartalma.

6. ábra. A fehérje- és olajtartalom összefüggés telítődési függvénnyel, három év (2011, 2012 és 2013) átlagában

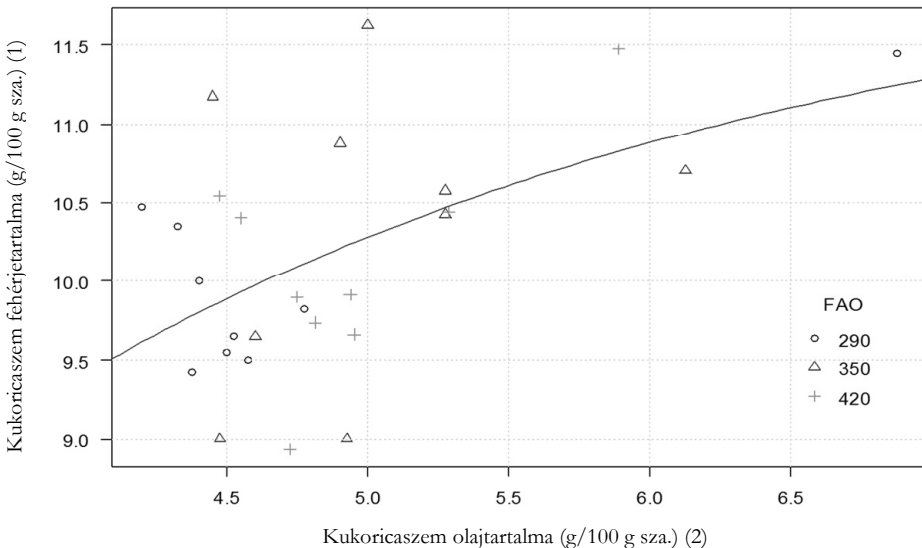


Figure 6. Correlation of protein and oil content with a growth function in the average of three years (2011, 2012 and 2013). (1) Grain protein content (g per 100 g dry matter), (2) Grain oil content (g per 100 g dry matter)

Az olaj- és fehérjetartalom közötti statisztikai összefüggés igazolása nem jelenti a két tényező tényleges összefüggését. A valóságban a két tényező párhuzamosan változik, együtt mozog, egy telítődési függvényhez hasonlóan. Ez akkor áll fenn, ha mindkét beltartalmi értéket közös háttérváltozó vagy háttérváltozók alakítanak. Ezek lehetnek genetikai okok és környezeti tényezők. A környezeti tényezők közül a levegő hőmérséklete az egyik legfontosabb tényező.

Következtetések

Három év átlagában a varianciaanalízis eredménye kimutatta, hogy a fehérje- és olajtartalomra mindhárom fő tényező (VD, genotípus, év) szignifikáns ($P < 0,001$) hatással volt. A tényezők közül az eltérés-négyzetösszegek alapján mind a fehérje, mind pedig az olajtartalomra a VD hatása volt a legjelentősebb. A legerősebb szignifikáns interakció a fehérjetartalom tekintetében az év és a kukorica genotípus között volt, ami arra utal, hogy a hibridek közötti különbségek nem ugyanazok a különböző években. Az olajtartalom esetében az év és a VD kölcsönhatás volt a legmarkánsabb.

A kukoricamag fehérjetartalmában – VD átlagában –, azokban az években, ahol a kumulatív GDD érték alacsony (2011. és 2013. évek) a hibridek között szignifikáns eltérés nem volt kimutatható. 2012. évben ahol a kumulatív GDD magasabb, a FAO 350 hibrid fehérjetartalma volt a legnagyobb (11,2 g/100 g szá.) és szignifikánsan eltért ($P < 0,05$) mindkét hibridtől. Az időjárás az igen korai (FAO 290, $P < 0,05$) és a korai hibridnél (FAO 350, $P < 0,05$) befolyásolta a mag fehérjetartalmát, míg a középerésű (FAO 420) hibridnél kimutatható különbség nem volt.

A VD1 vetésidőben – a hibridek átlagában – volt szignifikánsan ($P < 0,05$) a legalacsonyabb, mindhárom évben a kukoricamag fehérjetartalma. Az eredmények nem egyeznek meg *Koca* és *Canavar* (2014) megállapításával, miszerint a vetés késleltetése fehérjetartalom csökkenést okoz, azonban igazolja a két eltérő térség időjárási körülményeinek jelentős befolyásoló hatását. Az időjárás változékonysága ellenére a VD3 vetés fehérjetartalma azonosan alakult, míg a VD1 és VD2 vetésekben szignifikáns ($P < 0,05$) eltéréseket okozott.

A hibridenként számszerűsített fehérjetartalom – az évek átlagában – azt igazolta, hogy mindhárom hibridnél a VD1 vetésben volt a legalacsonyabb a fehérjetartalom, amely a vetés késleltetésével nőtt. A középerésű (FAO 420) hibrid fehérjetartalma növekedett a legnagyobb mértékben.

Abban az évben – VD átlagában –, ahol a kumulatív GDD magas (2012. év), ott mindhárom hibrid olajtartalma szignifikáns ($P < 0,05$) különbséget mutatott, ahol a kumulatív GDD csökkent (2011), ott a korai és a középérésű hibridek között már nem volt eltérés, és a további kumulatív GDD csökkenés (2013) hatására már nem volt a hibridek olajtartalma között szignifikáns különbség. Az időjárás tényező a korai (FAO 350) hibrid olajtartalmára nem volt hatással. Az igen korai (FAO 290) és a középérésű (FAO 420) hibrid esetében azonban már igazolt eltérés ($P < 0,05$) mutatkozott. Az alacsonyabb kumulatív GDD értékkel rendelkező 2011 és 2013. években volt az olajtartalmuk magasabb, mindkét hibridnél.

A VD3 vetésidő – a hibridek átlagában – biztosította szignifikánsan ($P < 0,05$) a legmagasabb olajtartalmat két évben (2011 és 2013). Ezekben az években alacsonyabb volt a kumulatív GDD mint 2012. évben, ahol a VD1 vetés olajtartalma volt a legnagyobb (4,7 g/100 g szá.), de szignifikánsan nem tért el a VD2 vetéstől (4,6 g/100 g szá.). Az időjárás tényező legnagyobb mértékben a VD3 vetésben jelentkezett, ahol a kumulatív GDD minden esetben jelentősen alacsonyabb volt a VD1 és VD2 vetésekhez viszonyítva.

Mindhárom hibrid – az évek átlagában – a legnagyobb olajtartalmat a VD3 vetésben érte el, a VD1 és a VD2 között nem volt megbízható különbség.

A magas léghőmérséklet több szerző szerint (*Szulc et al.* 2013, *Halford et al.* 2015, *Mayer et al.* 2016) is növelte a fehérjetartalmat. Vizsgálataink szerint, azonban a fejlődés korai stádiumában fellépő alacsony hőmérséklet csökkenti a kukoricaszem fehérje- és olajtartalmát. Ezt a hatást a korai vetésidőkben egyértelműen tudtuk igazolni.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program NKFIH-1150-6/2019 számon támogatta, a Debreceni Egyetem 4. tématerületi programja keretében, valamint az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt.

Irodalom

- Ayub, M.–Nadeem, M. A.–Sharar, M. S.–Mahmood, N.*: 2002. Response of maize (*Zea mays* L.) fodder to different levels of nitrogen and phosphorus. *Asian Journal of Plant Sciences*. 1: 352–354.
- Badu-Apraku, B.–Fakorede, M. A. B.–Menkir, A.–Kamara, A. Y.–Dapaah, S.*: 2005. Screening maize for drought tolerance in the Guinea savanna of West and Central Africa. *Cereal Res. Commun.* 33: 533–540.
- Butts-Wilmsmeyer, C. J.–Seebauer, J. R.–Singleton, L.–Below, F. E.*: 2019. Weather during key growth stages explains grain quality and yield of maize. *Agronomy*. 9: 16.
- Delgado, C. J.*: 2003. Rising consumption of meat and milk in developing countries has created a new food revolution. *The Journal of Nutrition*. 133: 3907S–3910S.
- Duncan, D. B.*: 1965. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11: 1–42.
- Flint-Garcia, S. A.–Bodnar, A. L.–Scott, M. P.*: 2009. Wide variability in kernel composition, seed characteristics, and zein profiles among diverse maize inbreds, landraces, and teosinte. *Theoretical and Applied Genetics*. 119: 1129–1142.
- Franklin, P.–Gardner, R.–Pearce, B.–Mitchell, R. L.*: 2010. *Physiology of crop plants*. Scientific Press. 336.
- Guo, Y.–Yang, X.–Chander, S.–Yan, J.–Zhang, J.–Song, T.–Li, J.*: 2013. Identification of unconditional and conditional QTL for oil, protein and starch content in maize. *The Crop Journal*. 1: 34–42.
- Győri, Z.–Sipos, P.–Tóth, A.*: 2005. Changes in the quality of maize hybrids in various agricultural management systems. *Acta Agronomica Hungarica*. 53: 9–15.
- Halford, N. G.–Curtis, T. Y.–Chen, Z. W.–Huang, J. H.*: 2015. Effects of abiotic stress and crop management on cereal grain composition: implications for food quality and safety. *Journal of Experimental Botany*. 66: 1145–1156.
- Harsányi, E.–Rátonyi, T.–Kiss, Cs.–Juhász, Cs.*: 2008. How does maize-based bioethanol production contribute to energy production and employment in Hungary. [In: Koutev, V. (ed.) 13th Ramiran International Conference Potential for simple technology solutions in organic manure management.] 323–326.
- Hegyí, Z.–Árendás, T.–Pintér, J.–Marton, L. C.*: 2008. Evaluation of the grain yield and quality potential of maize hybrids under low and optimum levels. *Cereal Res. Commun.* 36: 1263–1266.
- Hegyí, Z.–Pók, I.–Szőke, C.–Pintér, J.*: 2007. Chemical quality parameters of maize hybrids in various FAO maturity groups as correlated with yield and yield components. *Acta Agronomica Hungarica*. 55: 217–225.
- Hegyí, Zs.–Berzy, T.*: 2009. Effect of abiotic stress factors on the yield quantity and quality of maize hybrids. *Cereal Res. Commun.* 37: 233–236.
- Huma, B.–Hussain, M.–Ning, C.–Yuesuo, Y.*: 2019. Human Benefits from Maize. *Scholar Journal of Applied Sciences and Research*. 2. 2: 04–07.

- Huzsvai L.–Vincze Sz. (Huzsvai L. szerk.):* 2013. SPSS-Könyv. Debrecen. 325.
- Izsáki, Z.:* 2009. Effect of nitrogen supply on nutritional of maize. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 40: 960–973.
- Izsáki, Z.:* 2007. Quality of maize (*Zea mays* L.) 2007. Kernels affected by the NP supplies of the soil. *Acta Agronomica Hungarica*. 55: 99–114.
- Karasu, A.:* 2012. Effect of nitrogen levels on grain yield and some attributes of some hybrid maize cultivars (*Zea mays* indentata Sturt.) grown for silage as second crop. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 18: 42–48.
- Karn, A.–Gillman, J. D.–Flint-Garcia, S. A.:* 2017. Genetic analysis of teosinte alleles for kernel composition traits in maize. *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 7: 1157–1164.
- Kim, J. D.–Kwon, C. H.–Kim, D. A.:* 2001. Yield and quality of silage corn as affected by hybrid maturity, sown date and harvest stage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 14: 1705–1711.
- Koca, O. Y.–Canavar, Ö.:* 2014. The effect of sowing date on yield and yield components and seed quality of corn (*Zea mays* L.). *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 57: 227–231.
- KSH:* 2020. http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn007a.html
- Loar II, R. E.–Corzo, A.:* 2011. Effects of feed formulation on feed manufacturing and pellet quality characteristics of poultry diets. *World's Poultry Science Journal*. 67: 19–28.
- Major, J.–Rondon, M.–Molina, D.–Riha, S. J.–Lehmann, J.:* 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant Soil*. 333: 117–128.
- Malaviarachchi, M. A. P. W. K.–De Costa, W. A. J. M.–Fonseka, R. M.–Kumara, J. B. D. A. P.–Abhayapala, K. M. R. D.–Suriyagoda, L. D. B.:* 2014. Response of maize (*Zea mays* L.) to a temperature gradient representing long-term climate change under different soil management systems. *Tropical Agriculture Research*. 25: 327–344.
- Mayer, L. I.–Savin, R.–Maddonna, G. A.:* 2016. Heat stress during grain filling modifies kernel protein composition in field-grown maize. *Crop Science*. 56: 1890–1903.
- Miranda, A.–Vásquez-Carrillo, G.–García-Lara, S.–Vicente, F. S.–Torres, J. L.–Ortiz-Islas, S.–Salinas-Moreno, Y.–Palacios-Rojas, N.:* 2013. Influence of genotype and environmental adaptation into the maize grain quality traits for nixtamalization. *CyTA. Journal of Food*. 11. 1: 54–61.
- Mitscherlich, E. A.:* 1919. Das Gesetz des Pflanzenwachstums. *Landwirtschaftliche Jahrbücher*. 53: 167–182.
- Nagy, J.:* 2008. Maize production: Food, bioenergy, forage. *Akadémiai Kiadó. Budapest*. 391.
- Nagy J.:* 2012. Versenyképes kukoricatermesztés. *Mezőgazda Kiadó. Budapest*.
- Nagy J.:* 2019. Komplex talajhasználati, víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérletek 1983-tól a Debreceni Egyetemen. *Növénytermelés*. 68. 3: 5–28.

- OECD-FAO: 2020. Crop production. <https://data.oecd.org/agroutput/crop-production.htm>
- Rátonyi T.–Ragán P.–Nagy J.–Harsányi E.: 2018. A kukorica alapú bioetanol előállítás eredményességének vizsgálata. [In: Nagy J. (szerk.) Hangsúlyok a térfejlesztésben.] Debrecen. 355–369.
- Riedell, W. E.: 2014. Nitrogen fertilizer applications to maize after alfalfa: grain yield, kernel composition, and plant mineral nutrients. *Journal of Plant Nutrition*. 37. 12: 2026–2035.
- Ritchie, J. T.–Singh, U.–Godwin, D. C.–Humpries, J.: 1994. CERES creal generic model FORTAN source code. Michigan State University. East-Lansing. MI. 28–42.
- Sharma, P.–Punia, M. S.–Kamboj, M. C.–Singh, N.–Chand, M.: 2017. Evaluation of quality protein maize crosses through line x tester analysis for grain yield and quality traits. *Agricultural Science Digest*. 37: 42–45.
- Shiferaw, B.–Prasanna, B. M.–Hellin, J.–Bänziger, M.: 2011. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*. 3: 307.
- Singh, N.–Sharma, P.–Kamboj, M. C.: 2017. Maize Scenario in Haryana: A Brief Review. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*. 5: 1616–1623.
- Singh, N.–Vasudev, S.–Yadava, D. K.–Chaudhary, D. P.–Prabhu, K. V.: 2014. Oil Improvement in Maize: Potential and Prospects. [In: Chaudhary et al. (eds.) *Maize: Nutrition Dynamics and Novel Uses*.] 77–82.
- Széles, A.–Horváth, É.–Vad, A.–Harsányi, E.: 2018. The impact of environmental factors on the protein content and yield of maize grain at different nutrient supply levels. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 30. 9: 764–777.
- Széles, A.–Nagy, J.–Rátonyi, T.–Harsányi, E.: 2019. Effect of differential fertilisation treatments on maize hybrid quality and performance under environmental stress condition in Hungary. *Maydica*. 64. 2: 1–14.
- Széll, E.–Szél, S.–Kalmán, L.: 2005. New maize hybrids from Szeged and their specific production technology. *Acta Agronomica Hungarica*. 53: 143–151.
- Szulc, P.–Bocianowski, J.–Kruczek, A.–Szymańska, G.–Roszkiewicz, R.: 2013. Response of two cultivar types of maize (*Zea mays* L.) expressed in protein content and its yield to varied soil resources of N and Mg and a form of nitrogen fertilizer. *Polish Journal of Environmental Studies*. 22. 6: 1845–1853.
- Taub, D. R.–Miller, B.–Allen, H.: 2008. Effects of elevated CO₂ on the protein concentration of food crops: a meta-analysis. *Global Change Biology*. 14: 565–575.
- Triboi, E.–Abad, E.–Michelena, A.–Lioveras, J.–David, C.: 2000. Environmental effects on the quality of two wheat genotypes. I. Quantitative and qualitative variations of storage proteins. *European Journal Agronomy*. 13: 47–64.
- Uarrota, V. G.–Schmidt, E. C.–Bouzon, Z. L.–Maraschin, M.: 2011a. Histochemical Analysis and Protein Content of Maize Landraces (*Zea mays* L.) *Journal of Agronomy*. 10: 92–98.

- Uarrota, V. G.–Severino, R. B.–Maraschin, M.*: 2011b. Maize Landraces (*Zea mays* L.): A new prospective source for secondary metabolite production. *International Journal of Agricultural Research*. 6: 218–226.
- Varga E.–Vajda Á.*: 2017. Kukorica, a takarmánygyártók szemszögéből. *Agrofórum Extra*. 72.
- Ványiné Széles, A.–Nagy, J.*: 2012. Effect of nutrition and water supply on the yield and grain protein content of maize hybrids. *Australian Journal of Crop Science*. 6: 381–290.
- Vlachos, C. E.–Mariolis, N. A.–Skaracis, G. N.*: 2015. A comparison of sweet sorghum and maize as first-generation bioethanol feedstocks in Greece. *The Journal of Agricultural Science*. 153. 5: 853–861.
- Wu, Y.–Messing, J.*: 2014. Proteome balancing of the maize seed for higher nutritional value. *Frontiers in Plant Science*. 5: 240.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Széles Adrienn – Horváth Éva
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*szelesa@agr.unideb.hu

Dr. Huzsvai László
Debreceni Egyetem GTK
Statisztika és Módszertani Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

A búzatermesztés ökonometriája – felmérésre alapozva Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében

¹TAKÁCS ISTVÁN – ²SINÓROS-SZABÓ BOTOND

Debreceni Egyetem

¹Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Debrecen,

²MÉK Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A búzatermesztés az emberi társadalmak írott történelmével azonos és mindig nagy jelentősége volt. A búza tápértéke meghaladja minden más gabonaféle beltartalmi értékét. Magyarország a világ búza termelésének 0,5–0,7%-át adja. A 1,1–1,2 millió hektáron a termésátlagtól függően, 4–6 millió tonna búzát termelünk.

A dolgozatunkban Szabolcs-Szatmár-Bereg megye mezőgazdaságát vizsgáltuk a gazdálkodók véleményein, tapasztalatain keresztül. Kutatást végeztünk a búza termesztésével foglalkozó szervezetek között. A vizsgálat alapsokasága a megye mezőgazdasági vállalkozói világa. Hozzáfértést a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében található 60 Nemzeti Agrár Kamara falugazdászán keresztül nyertünk. Őket kerestük meg elektronikus úton a NAK megyei igazgatóságának segítségével, nyílt típusú kérdőívvel, Excel program használatával. A kérdőívet elektronikus formában juttattuk el a falugazdászokhoz és elektronikus formában küldték vissza a válaszokat. A kapcsolatok kimutatására különböző módszerekkel összefüggés vizsgálatot végeztünk. Az adatok feldolgozása, tömörítése során egyszerű és súlyozott számtani átlagszámítást, megoszlási viszonyszám számítást végeztünk. A minőségi ismérvek közötti kapcsolat szorosságát keresztábra elemzéssel, asszociációs illetve korrelációs együttható számítással vizsgáltuk. A kutatás kezdetének eszmei és gyakorlati időpontja 2018. december 12. Zárása 2019. szeptember 15.

A mintában elsősorban a nagyobb területen gazdálkodókra jellemző a negatív tevékenységi jövedelem. A mintasokaságban ezek jellemzően a Nyíregyházi járás gazdálko-

dói. A szemléltetett eredmény, hogy 2017-re vonatkozó adatok alapján a búzatermesztés nem homogén, a jövedelmezőség (szórás 63 720 Ft/ha) és a termelési költség (szórás 55 038 Ft/ha) alapján. Jelentős különbségek figyelhetők meg a járáások, és a terület-nagyságok között.

A jövedelem, a bevételek és kiadások egymással, és a terület nagyságával, a terület minőségével, a gazdálkodás minőségével, illetve külső természeti tényezőkkel vannak összefüggésben. Az átlagtermés az előző évekhez képest nőtt, a termelői átlagár viszont csökkent. Ez összefüggésbe hozható a világgpiaci és az Európai Unió folyamatokkal. Már 2016-ban is erőteljes volt a termelői átlagár visszaesése, a mintasokaság 2017-es adatában pedig még inkább megmutatkozik. Elsősorban a mintában szereplő nagy gazdálkodók értékei miatt az ágazati jövedelem, így a fajlagos jövedelem is veszteséget mutat. Ebből adódóan visszaesés figyelhető meg a támogatásokat is magába foglaló ágazati eredményben, amely a mintasokaságra vonatkozóan jól mutatja a támogatások szerepét.

Kulcsszavak: mezőgazdaság, elemzés, értékelés, búzatermesztés

Econometrics of wheat production based on a survey in Szabolcs-Szatmár-Bereg County

¹I. TAKÁCS–²B. SINÓROS-SZABÓ

University of Debrecen

¹Kálmán Kerpely Doctoral School, Debrecen

²University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute for Land Utilisation, Regional Development and Technology, Debrecen

Summary

Wheat cultivation has been the same as the written history of human societies and has always had great importance. Its nutritional value exceeds the content of all other cereals. Hungary accounts for 0.5–0.7 percent of global wheat production. Depending on the average yield we produce 4–6 million tons of wheat on 1.1–1.2 million hectares.

In our dissertation we had examined the agriculture of Szabolcs-Szatmár-Bereg county through the opinions and experiences of farmers. We had conducted a research among organisations dealing with wheat production. The research sample was the entrepreneurial world of the county. We have gained access to them via the county's sixty agricultural advisors from the Hungarian Chamber of Agriculture. We had reached them electronically with the help of the HCA's county office via an open ended questionnaire, and Excel Forms. We had sent and received the surveys electronically. To detect relationships we had made a correlation study with different methods. During data processing and compression we performed simple and weighted arithmetic mean and distribution ratio calculations. The closeness of the relationship between the quality criteria was examined by cross-table analysis and calculated by Tschuprow's T measure of association. The ideal and practical date of starting the research was December 12, 2018. The closing date was September 15, 2019.

In the sample, farmers operating in larger areas are characterized by negative operating income. In the sample population these are typically farmers of the Nyíregyháza district. The illustrated result based on data collected in 2017 is that wheat production is not homogeneous in terms of profitability and production cost. It can be observed that there are significant differences between districts and land sizes as well.

The profit, income and costs are related to land sizes. The average yield increased, while the average selling price decreased. This could be linked to world market and European Union processes. The downturn was already strong in 2016 and is even more observable in the data of the 2017 sample population. Primarily because of the values of the large farmers in the sample the operating income including unit income shows losses. As a result, a decline can be observed in sector results including subsidies which shows well the role of subsidies in the sample population. The four large farmers in the sample were able to make positive results with subsidies.

Key words: agriculture, analysis, evaluation, wheat production

Эконометрия выращивание пшеницы, основанное на измерениях в области Саболч-Сатмар-Берег

¹И. ТАКАЧ–²Б. ШИНОРОШ-САБО

Дебреценский Университет

¹Докторская Растениеводческая и Садоводческая Школа

им. Керпеи Калмана, Дебрецен,

²Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента, Институт Землепользования, Технический и Развития Территорий, Дебрецен

Резюме

Выращивание пшеницы тесно связано с историей человеческих обществ и всегда имело большое значение. Её питательная ценность превышает показатели внутреннего содержания всех других зерновых культур. Венгрия даёт 0,5–0,7% всей произведённой в мире пшеницы. На 1,1–1,2 миллионах гектаров в зависимости от урожая выращиваем 4–6 миллионов тонн пшеницы.

В нашей работе исследовали сельское хозяйство области Саболч-Сатмар-Берег на основе мнений хозяйствующих, и их опыта. Проводили исследование среди занимающихся выращиванием пшеницы организаций. Широкая основа данного исследования – мир сельскохозяйственных предпринимателей области. С помощью Национальной Аграрной Палаты (НАП) получили доступ к шестидесяти сельским хозяйствам, расположенным в области Саболч-Сатмар-Берег. К ним обратились в электронном виде с помощью областной дирекции НАП, с открытой анкетой, используя программу «Excel». Эти анкеты выслали в электронном виде сельским хозяйствам и также в электронном виде получили их ответы. Для показания связей проводили взаимосвязанные с различными методами исследования. В ходе обработки данных, их обобщения проводили вычисление простого и среднего арифметического взвешенного, коэффициента распределения. Размер связи среди качественных критериев исследовали кросс- анализом, а также ассоциативным и коэффициентом корреляции. Теоретическое и практическое начало исследования 12 декабря 2018 года. Окончание – 15 сентября 2019 года.

В образце в первую очередь для хозяйствующих на большей территории характерна негативная прибыль от деятельности. Во множестве образцов это характерно для хозяйствующих Ниредьхазского уезда. Наглядный результат, что на основе дан-

ных 2017 года выращивание пшеницы не гомогенно, на основе доходности (расброс 63 720 Ft/ha) и расходы производства (расброс 55 038 Ft/ha). Можно заметить значительные различия среди уездов, и величин участков.

Прибыль, доходы и расходы находятся во взаимосвязи друг с другом, а также связаны с величиной территории, с качеством территории, с качеством хозяйствования и также с внешними природными факторами. Средний урожай по сравнению с предыдущими годами вырос, но средняя цена производителя уменьшилась. Это можно связать с происходящими в Европейском Союзе и на мировом рынке процессами. Уже и в 2016 году было сильное падение средней цены производителя, а в среднем по множеству образцов 2017 года также проявляется. В первую очередь из-за показателей участвующих в образце больших хозяйств отраслевая прибыль, также и удельная прибыль тоже показывает потери. Происходящее из этого падение можно заметить и в отраслевом результате, включающем в себя и поддержки, который в отношении множества образцов хорошо показывает роль поддержек.

Ключевые слова: сельское хозяйство, анализ, оценка, выращивание пшеницы

Bevezetés

A gazdasági élet bármely szegmensében, a bevételek és a termelési költségek különbsége alkotja az adott szereplő gazdasági tevékenységének pénzben kifejezett eredményét. Ez a törvényszerűség igaz a mezőgazdaságban jelenlévő, profitorientált termelő szervezetekre is. Különös jellemzője azonban eme szegmensnek, hogy a termelési eszközük a termőföld, nagyobb érzelmi- és jelentéstöbblettel rendelkezik, mint amit bármely más gazdasági szegmensben megfigyelhetünk. A jövedelem maximalizálás, a fenntartható gazdálkodás és az egészséges termék előállítás bonyolult, egymásnak sokszor ellentmondó térben kell piaci alapú szerepüket betölteni. A fenntartható, minőségorientált, környezet és tájvédelmet biztosító, vidékfejlesztést és szociális-társadalmi követelményeket egyformán szolgáló gazdálkodások összessége szolgáltatja a megoldást a mezőgazdaságunk előtt álló rendkívüli kihívásokra (*Antal* 2005, *Nagy és Kith* 2014). A termőföld pótolhatatlan és legértékesebb természeti kincse hazánknak (*Várallyay* 1994, 2012; *Nagy* 2012). Másokkal együtt vallom, hogy egyet jelent a magyarsággal (*Harsányi et al.* 2006). Ezért megóvása a fenntartható gazdálkodás és hazánk megmaradásának alapja (*Kátai* 2012). Az

egyres gazdálkodókra vonatkozó, termelési költségek és bevételek összessége alkotja a megyére jellemző termelés adatbázisát. A mezőgazdasági vállalkozások, hasonlóan más területeken tevékenykedő gazdasági szervezetekhez magába foglal minden olyan tevékenységet és magatartást, ami kreatív, innovatív. Célja a profitmaximalizálás mellett a tágan értelmezett értékteremtés, kockázatviselés (Szerb 2004).

Az egyes gazdaságok különbözőek a méretüket, jellegüket és sajátásaikat tekintve, de mégis közösen alkotják a vidékfejlesztés meghatározó területeit, s mint részrendszerek egymással kapcsolatban állnak (Sinóros-Szabó 2018). Magyarország és ezen belül a mezőgazdaság elsődleges és komplexitásában leginkább előtérbe kerülő kérdése a vidéki tér fejlesztése, fejlődése (Sinóros-Szabó és Dinya 2006).

Az ökonometria egyesíti a statisztikai, közgazdaság elméleti és a matematikaelemzést szolgáló részét, melyek önmagukban nem elégségesek a modern gazdasági élet minősítéséhez (Frisch 1933). A gazdasági folyamatok elemzésére képes ökonometria a matematikával szorosán összekapcsolva fejlődött. A gazdálkodás időben és térben egyre összetettebbé vált, úgy lett a közgazdaságtan is egyre komplexebbé (Mátyás 1999). Az ökonometria a matematikai statisztika, ökonomiai modellek és a gazdasági adatok egységesített tudománya, amely a gazdasági jelenségek matematikai jellegű elemzésével, a közgazdasági elméletek és modellek tapasztalati adatok alapján történő igazolásával, vagy cáfolásával foglalkozik (Hansen 2000, Nagy és Balogh 2013). Alapját a regresszió számítás és az idősor elemzés adja. Az idősor elemzések a gazdálkodási mutatók vizsgálatának az egyik legfontosabb módszere (Huzsvai et al. 2004). A vállalkozás pénzügyi-jövedelmi helyzetét leíró modellek folyamatosan fejlődnek, a feljük támasztott elvárásokhoz igazodva (Kovács és Nagy 1997). Értelmezési és értékelési funkciójuk alapján igazodnak a gazdasági jelenségekhez (Nagy és Kovács 1999, Nagy et al. 2000).

A gabonanövények jelentősége

A gabonanövények döntő többsége alapvető kultúrnövény, azaz a legelsőök között történt a termesztésbe vételük. A tudatos növénytermesztés rövid időszakot (mintegy tízezer évet) fog át, mégis a szántóföldi növénytermesztés fejlődése hatalmas, technológiai szempontból (Pepó és Sárvári 2011). Az egy főre vetített szántóterület a világon és hazánkban is fokozatosan csökken (Kismányoki és Weisz 2013). A csökkenő fajlagos szántóterület mellett az ész-

szerűtlen használat következményei tovább csökkenti a szántóföldi növénytermesztésre használható terület nagyságát és megnehezítik az agrotechnikai beavatkozások hatékonyságát (Sinóros-Szabó 1994).

A gabonanövények szerepe – az emberiség éhezés ellen futott versenyében – alapvető. A termésnövekedés a növénytermesztési tényezők arányainak betartásán múlik (Nagy 2005). A burgonyával együtt a világnépesség energiaigényének több mint 75%-át fedezi. Nélkülözhetetlen társai életünknek, mezőgazdaságunknak (Izsáki et al. 2005). Ázsia bizonyos részein a 90%-ot is elérheti (Sárvári 2012). Az egészséges és kiegyensúlyozott emberi táplálkozáshoz a gabonaféléknek – mint a táplálkozási piramis alapkövének – 35% kellene lennie, kiegészülve zöldségekkel (20%), gyümölcsökkel (15%), tejtermékekkel (15%) és állati eredetű táplálékkal (15%) (Helyes 2018).

Magyarországon a gabonatermelés vetésterülete a szántóterület 65–67%-át foglalja el (Pepó és Tóth 2004, KSH 2019). A szántóföldi növénytermesztésünk jellemzője a gabonatúlsúly (Szász 2006, Széles és Sedlák 2006, Nagy 2012, Kismányoki és Weisz 2013, KSH 2019), a két legjelentősebb növénykultúra vetésterülete több mint 50% (Pepó 2012, KSH 2019).

A búza jelentősége

A feudális Magyarországon árunövény lett a 14–15. században. Az első dokumentálható búzaexport Zsigmond korából ismert (Jolánkai 2005). A magyar ember gondolkodását a búzáról mi sem szemlélteti jobban, mint hogy nemzeti imánkban, a Himnuszban is megemlékezik róla Kölcsey Ferenc. A legszebben és legérzékletesebben Móra Ferenc, a „Himnusz a búzamezőn” című versében hagyta az útókorra magyar nyelven a magyar nép viszonyát a búzához.

A búzatermesztés és a gabonafélék termésátlag-növekedésében három tényezőnek van szerepe. A gépesítés mint a talajművelés alapja. Az agrokémia fejlődése, amely a tápanyagellátás és a növényvédelem területén biztosította a termésbiztonságot. Harmadrészt a genetika és a fajtanemesítés. Magyarország a világ búza termelésének 0,5–0,7%-át adja. A 1,1–1,2 millió hektáron a termésátlagtól függően, 4–6 millió tonna búzát termelünk (Pepó 2019). A termelés szűk keresztmetszete a víz (Láng és Bedő 2006).

A búzatermesztésének elődleges feladata Magyarországon a belföldi humán és takarmányozási igények kielégítése. Emellett a búzaexportálás és a feldolgozóipari felhasználás jelentős. Ipari felhasználás a fehérje-, illetve a szénhidrát-tartalmú anyagok kinyerésére és további feldolgozására irányul.

Termése termőhelyi kategóriákban az alábbiak szerint alakulhat (*Jolánkai* 2005):

1. középkötött mezősegi talajok 4,0–8,6 t/ha,
2. középkötött erdőtalajok 3,5–8,0 t/ha,
3. kötött réti talajok 3,5–7,5 t/ha,
4. laza és homoktalajok 2,5–5,0 t/ha,
5. szikesek 3,0–6,0 t/ha,
6. sekély termőrétegű talajok 3,0–5,6 t/ha.

Anyag és módszer

A dolgozatunkban Szabolcs-Szatmár-Bereg megye mezőgazdaságát vizsgáltuk a gazdálkodók véleményein, tapasztalatain keresztül. Kutatást végeztünk az őszi búza – mint az egyik legfontosabb szántóföldi gabonaféle – termesztésével foglalkozó szervezetek között. A vizsgálat alapsokasága a megye mezőgazdasági vállalkozói világa. Hozzáférést Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében található 60 Nemzeti Agrár Kamara (NAK) falugazdászán keresztül nyertünk. Őket kerestük meg elektronikus úton a NAK megyei igazgatóságának segítségével, nyílt típusú kérdőívvel, Excel program használatával. A kérdőívet elektronikus formában juttattuk el a falugazdászokhoz és elektronikus formában küldték vissza a válaszokat. A kapcsolatok kimutatására különböző módszerekkel összefüggés vizsgálatot végeztünk. Az adatok feldolgozása, tömörítése során egyszerű és súlyozott számtani átlagszámítást, megoszlási viszonyszámítást végeztünk, a mennyiségi ismérvek közötti kapcsolatot korrelációs együttható számítással elemeztük 5%-os szignifikancia szint mellett.

A falugazdászok segítettek kitölteni a kérdőívet az általuk véletlenszerűen kiválasztott, ügyfélkörükben lévő, szántóföldi növénytermesztést végző egy-egy gazdálkodónak. A kutatás kezdetének eszmei és gyakorlati időpontja 2018. december 12. Zárása 2019. szeptember 15. Az elemzésekhez Guilford skáláját használjuk a kapcsolatok szorosságának jellemzéséhez (*Guilford* 1956).

A 2013–2016 évekre vonatkozóan Agrárgazdasági Kutató Intézet (AKI) 2017-es, illetve 2018-as „*A főbb mezőgazdasági ágazatok költség- és jövedelmhelyzete 2013–2015, illetve 2016*” c. kiadványait használtam fel. A két kiadványban szereplő ágazati adatok 2013–2015-re vonatkozóan mintegy 1750, a 2016-os évre vonatkozóan valamivel több mint 1900 mezőgazdasági vállalkozás

adatait tartalmazzák, amely mintegy 110 ezer mezőgazdasági vállalkozást képvisel, akik az összes regisztrált gazdaság által használt földterület 95%-át művelték (Béládi *et al.* 2017, Szili és Szlovák 2018). A búzatermesztés tekintetében kilenc gazdálkodótól kaptunk adatokat.

Eredmények

A kutatás során búzára vonatkozóan gyűjtöttük és számoltuk mutatókat 2017-re vonatkozóan. A 2013–2016 évek között a területegységre jutó termelési költség folyamatosan nőtt. A mintasokaságban számított átlagos termelési költségadat is ezt a növekvő tendenciát támasztja alá, és utal a megyére jellemző eltérésekre is (a mintában a termelési költségek értéke az egyes járásokban 112 000–334 000 Ft között szóródott). Jellemző volt a búzatermesztés alapvető költségeit alkotó anyagköltségek (műtrágya, növényvédőszer, vetőmag) árainak infláció feletti emelkedése, illetve a gépi költségek, a földbérleti díjak emelkedése is (1. táblázat).

Az átlagtermésekre javuló tendencia volt jellemző, ami alapvetően a búza számára kedvező időjárásnak tudható be. A mintasokaságban 2017-ben 6,28 t/ha átlagtermés volt jellemző, ugyanebben az időszakban az országos átlag 5,43 t/ha, a régiós átlag 6,31 t/ha, a megyei átlag 6,92 t/ha volt (KSH 2017). A termelési mennyiség illeszkedik a KSH által mért adataihoz.

A búza önköltsége az AKI felmérés adatai szerint folyamatosan csökken 2013–2016 között, a mintaátlag azonban nagyobb értéket mutat. Ebben nagy szerepe van, hogy a mintasokaságban szereplő négy, nagy területen gazdálkodó cég az átlagnál nagyobb önköltségi értéket adott meg (ez nagyrészt a földterületek bérleti díjából adódik).

Az ágazat jövedelmezősége 2015-ig pozitív képet mutatott, 2016-ban jelentős visszaesés következett be a 100 Ft termelési költségre jutó ágazati eredmény szempontjából, amely a mintasokaságban 2017-re vonatkozóan még erőteljesebben visszaesett (2. táblázat). Történt mindez úgy, hogy a termelési érték az AKI adatsoraiban és a mintasokaságra jellemzően is javuló tendenciát mutat. A költség szint emelkedett, a költségarányos jövedelmezőség ezzel párhuzamosan csökkenő tendenciát mutat az elemzési időszakra vonatkozóan (3. táblázat).

1. táblázat. A búza költség- és jövedelemhelyzete (2013–2017)

Megnevezés (1)	AKI árutermelő ágazatok átlaga (2)				Minta- átlag (3)
	2013	2014	2015	2016	2017
Termelési költség (Ft/ha) (4)	209584	218793	227466	239705	292840
Átlaghozam (t/ha) (5)	4,78	5,16	5,59	5,91	6,28
Önköltség (Ft/t) (6)	43228	41944	40070	39995	46626
Értékesítési ár (Ft/t) (7)	47711	47756	48231	41258	43191
Fajlagos jövedelem (Ft/t) (8)	4483	5812	8161	1263	-3435
Ágazati eredmény (Ft/ha) (9)	98279	108970	110183	72457	47659
100 Ft termelési költségre jutó ágazati eredmény (10)	46,89	49,8	48,44	30,23	16,27
Termelési érték (Ft/ha)* (11)	307863	318554	337649	312162	340498
Tevékenységi jövedelem (Ft/ha)* (12)	21428,74	29989,92	45619,99	7464,33	-21573,72
Költségszint (%)* (13)	68,08	65,79	67,37	76,79	86,00
Fedezeti termésátlag (t/ha)* (14)	4,39	4,39	4,72	5,81	6,78
Költségarányos jövedelmezőség (%)* (15)	46,89	51,99	48,44	30,23	16,27
Eredmény búzában (t/ha)* (16)	0,39	0,77	0,87	0,10	-0,50

Forrás: *saját számítás

Table 1. The cost and income situation of wheat (2013–2017). (1) Description, (2) RIAE production sectors' average, (3) Sample average, (4) Production cost (Ft ha⁻¹), (5) Average yield (t ha⁻¹), (6) Overhead costs (Ft t⁻¹), (7) Selling price (Ft t⁻¹), (8) Unit costs (Ft t⁻¹), (9) Sector results (Ft ha⁻¹), (10) Sector costs for each 100 Ft production costs, (11) Production value (Ft ha⁻¹), (12) Operating income (Ft ha⁻¹), (13) Cost level (%), (14) Average hedge yield (t ha⁻¹), (15) Cost effectiveness (%), (16) Results in wheat (t ha⁻¹), Source: *own calculation

A korrelációs vizsgálatok során $H_0: r=0$, 5%-os szignifikancia szint mellett a megyei adatok kapcsán szoros negatív kapcsolatot tudtunk kimutatni a min-tasokaságra vonatkozóan a területnagyság, a tevékenységi jövedelem, a támogatókat is magában foglaló jövedelem, a költségarányos jövedelmezőség és az eredmény búzában kifejezve mutatók között.

2. táblázat. A búzatermelés ökonómiája a megyében I. (n=09, 2017)

Járás (1)	Terület (ha) (2)	Termelési költség (Ft/ha) (3)	Értéke- sítési ár (Ft/t) (4)	Ho- zam (t/ha) (5)	Árbevétel (Ft/ha) (6)	Termelési érték (Ft/ha) (7)	Tevékeny- ségi jövedelem (Ft/ha) (8)
Csenger	5,00	112000	47000	5,50	258500	323500	146500
Ibrány	5,00	162800	42000	4,00	168000	238000	5200
Nyírbátor	20,00	173000	46000	8,00	368000	438000	195000
Nagykálló	24,09	188606	44000	5,03	221320	291320	32714
Nyíregyháza	30,90	285568,22	45828,70	7,94	363860,58	432860,58	78292,36
Nyíregyháza	83,10	334000,52	42254,83	6,41	270994,29	339994,29	-63006,23
Nyíregyháza	83,40	247906,75	44500	5,45	242525	312525	-5381,75
Nyíregyháza	99,20	347787,88	42475,98	7,09	300944,03	369944,03	-46843,86
Nyíregyháza	120,60	305799,39	41939,05	5,77	241912,84	310912,84	-63886,56

Table 2. Wheat production economics within the county I (n=09, 2017). (1) District, (2) Land size (ha), (3) Pruduction cost (Ft ha⁻¹), (4) Selling price (Ft t⁻¹), (5) Yield (t ha⁻¹), (6) Income (Ft ha⁻¹), (7) Production value (Ft ha⁻¹), (8) Operating income (Ft ha⁻¹)

Pozitív és erős kapcsolat mutatkozott viszont a 2017-es adatok alapján a fedezeti termésátlag, a költségszint, a termelési költség az önköltség és a terület-nagyság között (4. táblázat). Ez arra utal, hogy a búza esetében nagymértékben függ a jövedelmezőség a megművelt terület nagyságától, illetve a kapcsolódó földbérleti díjaktól. A többi mutató esetén az 5%-os szignifikancia szinthez tartozó kritikus érték nagyobb volt az általam számított próbafüggvény értéknél, így a nullhipotézis igazolódott, a kimutatott kapcsolat nem szignifikáns.

Következtetések

A gazdaságok számai alapján összegeztük a búzatermelés adatait. Eredményünk, hogy a megyében a búzatermelés visszaszorulóban van. A számított értékek alapján kedvezőtlen a termelés, nem jövedelmező a tevékenység. A vizsgált év mutatószámai alapján a búzatermelés nem volt nyereséges a mintavállalkozások adatainak átlagát vizsgálva. Ez lehet az oka a termelési szerkezetben elfoglalt alacsony %-os érték szerinti rangsor helyének.

3. táblázat. A búzatermelés ökonómiája a megyében II. (n=09, 2017)

Járás (1)	Jövedelem (Ft/ha) (2)	Költség- arányos jövedelme- zőség (%) (3)	Költség- szint (%) (4)	Ön- költség (Ft/kg) (5)	Fedezeti termés- átlag (t/ha) (6)	Eredmény búzában kifejezve (t/ha) (7)
Csenger	211500	188,84	34,62	20,36	2,38	3,12
Ibrány	75200	46,19	68,40	40,70	3,88	0,12
Nyírbátor	265000	153,18	39,50	21,63	3,76	4,24
Nagykálló	102714	54,46	64,74	37,50	4,29	0,74
Nyíregyháza	147292,36	51,58	65,97	35,97	6,23	1,71
Nyíregyháza	5993,77	1,79	98,24	52,08	7,90	-1,49
Nyíregyháza	64618,25	26,07	79,32	45,49	5,57	-0,12
Nyíregyháza	22156,14	6,37	94,01	49,09	8,19	-1,10
Nyíregyháza	5113,44	1,67	98,36	53,01	7,29	-1,52

Table 3. Wheat production economics within the county II (n=09, 2017). (1) District, (2) Income (Ft ha⁻¹), (3) Cost-effective profitability (%), (4) Cost level (%), (5) Unit cost (Ft kg⁻¹), (6) Average hedge yield (t ha⁻¹), (7) Result in wheat (t ha⁻¹)

Az átlagtermés adatai alapján megállapíthatjuk, hogy a búzatermesztést leginkább az időjárás befolyásolja, mint abiotikus tényező. Kedvező csapadék mennyiség és eloszlás mellett jövedelmező a termesztés. A termés biztonság-
ra és mennyiségre a talaj vízháztartási jellemzői hatást gyakorolnak. Ezért fontos szempont a gazdálkodási területhez leginkább igazodó vetésszerkezet kialakítása.

A gazdaságok területi jellemzői határozzák meg a biomassa produktumot. Megyénkre sokrétű talajtani viszonyok jellemzőek és gondot jelent a megtermelt búza minőségi romlása, ami elsősorban az időjárási körülményekre vezethető vissza. A termés mennyisége és minősége az adott gazdaság szántóterületének domborzata, talaja között összefüggés van.

A mintában elsősorban a nagyobb területen gazdálkodókra jellemző a negatív tevékenységi jövedelem. A mintasokaságban ezek jellemzően a Nyíregyházi járás gazdálkodói. A szemléltetett eredmény, hogy 2017-re vonatkozó adatok alapján a búzatermesztés a mintában nem homogén a jövedelmezőség és

a termelési költség alapján. Jelentős különbségek figyelhetők meg a járások, és a területnagyságok között.

4. táblázat. *A korrelációs értékek (területhez viszonyítva)*

Megnevezés (1)	Korrelációs együttható (2)	Korreláció mértéke (3)
Fedezeti termésátlag (t/ha) (4)	0,863	magas erősségű, markáns kapcsolat (15)
Költségszint (%) (5)	0,862	magas erősségű, markáns kapcsolat (15)
Termelési költség (6)	0,845	magas erősségű, markáns kapcsolat (15)
Önköltség (Ft/kg) (7)	0,821	magas erősségű, markáns kapcsolat (15)
Költségarányos jövedelmezőség (%) (8)	-0,734	magas erősségű, markáns kapcsolat, negatív előjellel (16)
Tevékenységi jövedelem (Ft/ha) (9)	-0,759	magas erősségű, markáns kapcsolat, negatív előjellel (16)
Jövedelem (Ft/ha) (10)	-0,760	magas erősségű, markáns kapcsolat, negatív előjellel (16)
Eredmény búzában kifejezve (11)	-0,769	magas erősségű, markáns kapcsolat, negatív előjellel (16)
Hozam (t/ha) (12)	0,148	nem szignifikáns (17)
Termelési érték (Ft/ha) (13)	0,017	nem szignifikáns (17)
Árbevétel (Ft/ha) (14)	0,012	nem szignifikáns (17)

Table 4. Correlational value (compared to land size). (1) Description, (2) Correlation coefficient, (3) Degree of correlation, (4) Average hedge yield (t ha⁻¹), (5) Cost level (%), (6) Production cost, (7) Unit cost (Ft kg⁻¹), (8) Cost-effective profitability (%), (9) Operational income (Ft ha⁻¹), (10) Income (Ft ha⁻¹), (11) Results in wheat, (12) Yield (t ha⁻¹), (13) Production value (Ft ha⁻¹), (14) Income (Ft ha⁻¹), (15) High-strength, strong correlation, (16) High-strength, strong correlation with a negative sign, (17) Weak correlation

A régió fejlesztésére kitekintő komplex, integrált tudományos térszemlélet és módszer a kiindulópontja az Alföld nagyrégió egyetemes érvényű, szisztematikus, interdiszciplináris analízisének. Kölcsönös kapcsolatrendszerben a

környezeti konfliktusokkal elemezni és minősíteni a gazdaság igényeit, az agrárium jellegzetességeit, a településhálózat, a társadalom, a táj és a kulturális tagoltság jellemzőit, a modernizáció eltérő területi problémáinak figyelembe vételével, a téma multidiszciplináris jellegéből adódóan.

A jelenlegi mezőgazdasági támogatási rendszerek hibásak, konzerválják a rossz gazdálkodást és akadályozzák a tulajdonosi-termelési koncentrációt. Szükségességük nyomós oka azonban, hogy támogatás nélkül nagyrészt veszteséges a magyar agrárszektor. Leginkább a természet-megőrzési értékek elfogadott mértékegységének hiánya miatt „*vélhetően a jelenlegi tökéletlen rendszerek a lehető legjobbak*”. Közgazdaságilag igazolt rendszereket szükséges és lehetséges kialakítani, akár a támogatási rendszer igazságosabbá tételére. Olyan szakmai eredményekre épített politikai döntésekre van szükség, ami megteremti a környezeti javak és szolgáltatások megfelelő szintjét valamint a gazdálkodók és az élelmiszertermelés érdekeit a fenntartható hatékonysághoz igazítva a társadalmi igényeket úgymint a vidék fejlődését, a termelési rendszerek és a kereskedelmi piac biztonságát, a projektszemléletű munkahelyfejlesztést.

Irodalom

- Antal J.*: 2005. Növénytermesztés alapjai Gabonafélék. [In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztéstan 1.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 9–18.
- Béládi K.–Kertész R.–Szili V.*: 2017. A főbb mezőgazdasági ágazatok költség- és jövedelmhelyzete 2013–2015. AKI. Budapest. 5–14.
- Frisch, R.*: 1933. Editorial. *Econometrica*. 1. 1: 1–4.
- Guilford, J. P.*: 1956. *Fundamental Statistics in Psychology and Education*. McGraw-Hill Book Company. New York. 565.
- Hansen, B. E.*: 2000. Sample splitting and threshold estimation. *Econometrica*. 68. 3: 575–603.
- Harsányi E.–Széles A.–Harsányi G.*: 2006. A birtokszerkezet alakulása Magyarországon. [In: Baranyi B.–Nagy J. (szerk.) Területfejlesztés. Agrárium és Regionalitás Magyarországon.] MTA RKK – DE ATC. Debrecen. 221–228.
- Helyes L.*: 2018. Fitonutriensek táplálkozás-élettani hatásának értékelése (hitek, tévhitek). [In: Nagy J. (szerk.) Hangsúlyok a térfejlesztésben. Kerpely Kálmán Doktori Iskola. Debrecen. 167–180.

- Huzsvai L.–Nagy J.–Kovács G. J.–Fodor N.*: 2004. Termőhelyre adaptált növényi modellek alkalmazása a kukorica termesztésben. [In: Pepó P.–Sárvári M. (szerk.) Integrált agrárgazdasági modellek a XXI. század mezőgazdaságában.] Debreceni Egyetem ATC. Debrecen. 79–100.
- Izsáki Z.–Antal J.–Kruppa J.–Pocsai K.–Schmidt R.*: 2005. Gyökér és gumós növények. [In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztéstan 2.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 41–43.
- Jolánkai M.*: 2005. Búza. [In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztéstan 1.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 151–153.
- Kátai J.*: 2012. Napjaink talajbiológiai kihívásai. *Acta Agraria Debreceniensis*. 49: 193–196.
- Kismányoki T.–Weisz M.*: 2013. Versenyképes búzatermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 13–26.
- Kovács, G. J.–Nagy, J.*: 1997. Test runs CERES-Maize for yield and water use estimations. [In: Nagy J. (ed.) Current Plant and Soil Science in Agriculture. Soil, Plant and Environment Relationships.] Agricultural University of Debrecen. 120–136.
- KSH*: 2017. http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn011c.html Elérve: 2020. május 20.
- KSH*: 2019. http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn007a.html Elérve: 2020. május 18.
- Láng L.–Bedő Z.*: 2006. A hazai búzanemesítés stratégiai jelentősége. [In: Dudits D. (szerk.) A búza nemesítésének tudománya. A funkcionális genomikától a vetőmagig.] MTA Szegedi Biológiai Központ – Winter Fair. Szeged. 19–25.
- Mátyás A.*: 1999. A modern közgazdaságtan története. Aula Kiadó. Budapest. 671.
- Nagy J.*: 2005. 30 év a kukoricakutatás és fejlesztés szolgálatában. [In: Nagy J. (szerk.) Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága.] DE ATC. Debrecen. 8–53.
- Nagy J.*: 2012. Versenyképes kukoricatermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 15–33., 476–482.
- Nagy, J.–Huzsvai, L.–Mika, J.–Dobi, I.–Fodor, N.–Kovács, G. J.*: 2000. Weather generator and crop models for long term decisions. *Acta Agronomica Hungarica*. 125–131.
- Nagy J.–Kovács J.*: 1999. Növénytermesztési sajátosságok a keleti háromhatár térségben, a növénytermesztési szerkezet módosításának lehetőségei. [In: Sinóros-Szabó Botond (szerk.) Komplex környezetkímélő agrártermelés fejlesztése Magyarország keleti háromhatár szegletében.] MTA. Budapest. 25–35.
- Nagy L.–Balogh P.*: 2013. Ökonometria. Debreceni Egyetem AGTC. Debrecen. 68.
- Nagy O.–Kith K.*: 2014. Az éghajlatváltozás hatásai a mezőgazdaságra. [In: Rajnai et al. (szerk.) Tanulmányok, publikációk és előadások az 5. Báthory-Brassai Konferencia programjából. 5. Báthory-Brassai Tanulmánykötet 2. Óbudai Egyetem. Budapest. 395–399.
- Pepó P.*: 2012. Néhány agrotechnikai tényező szerepe a gabonafélék precíziós termesztéstechnológiájában. *Acta Agraria Debreceniensis*. 49: 241–244.

- Pepó P.*: 2019. Közönséges búza. [In: Pepó P. (szerk.) Alapnövények. Integrált növénytermesztés II.] Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó. Budapest. 11–58.
- Pepó P.–Sárvári M.*: 2011. Gabonanövények termesztése. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem. 1–5., 11–40.
- Pepó P.–Tóth Sz.*: 2004. Kukorica vonalak szelekciója, keresztezése, ökológiai stressztűrése, takarmányminőség fejlesztése. [In: Pepó P.–Sárvári M. (szerk.) Integrált agrárgazdasági modellek a XXI. század mezőgazdaságában.] Debreceni Egyetem ATC. Debrecen. 65–79.
- Sárvári M.*: 2012. A természeti tényezők hatása a kukorica termésére és termésbiztonságára. Acta Agraria Debreceniensis. 49: 263–265.
- Sinóros-Szabó B.*: 1994. Talajfizikai és művelésenergetikai kölcsönhatások. Akadémiai doktori értekezés. MTA. Budapest. 30–50.
- Sinóros-Szabó B.*: 2018. A fejlesztés új dimenziói – valóság a mérhető világon túl. [In: Nagy J. (szerk.) Hangsúlyok a térfejlesztésben.] Debrecen. 13–24.
- Sinóros-Szabó B.–Dinya L.*: 2006. A bioenergia előállítás vidékfejlesztési többlethatásai. [In: Baranyi B.–Nagy J. (szerk.) Területfejlesztés, Agrárium és Regionalitás Magyarországon.] MTA RKK – DE ATC. Debrecen. 229–238.
- Szász G.*: 2006. Pedoklimatikus index alkalmazása különböző földrajzi térségek növénytermesztési értékeléséhez. [In: Baranyi B.–Nagy J. (szerk.) Területfejlesztés, Agrárium és Regionalitás Magyarországon.] MTA RKK – DE ATC. Debrecen. 279–290.
- Széles A.–Sedlák G.*: 2006. Az éghajlat és a műtrágyázás hatása a Dekalb kukoricahibridek termésére. [In: Baranyi B.–Nagy J. (szerk.) Területfejlesztés, Agrárium és Regionalitás Magyarországon. MTA RKK – DE ATC. Debrecen. 253–264.
- Szerb L.*: 2004. A vállalkozás és a vállalkozói aktivitás mérése. Statisztikai Szemle. KSH. Budapest. 82. 6–7: 8.
- Szili V.–Szlovák S.*: 2018. A főbb mezőgazdasági ágazatok költség- és jövedelemhelyzete 2016. AKI. Budapest. 5–13.
- Várallyay Gy.*: 2012. Talaj – Környezet – Fenntarthatóság. Acta Agraria Debreceniensis. 49: 331–337.
- Várallyay, Gy.*: 1994. Soil databases for sustainable land use: Hungarian case study. [In: Greenland, D. J.–Szabolcs, I. (eds.) Soil Resilience and Sustainable Land Use.] CAB Int. Wallingford. UK. 26: 469–495.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Takács István
Debreceni Egyetem
Kerpely Kálmán Doktori Iskola
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
taktamist@gmail.com

Dr. Sinóros-Szabó Botond
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032



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

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika
