

Crop
Production

 NAKVI Nemzeti Agrárszaktanácsadási,
Képzési és Vidékfejlesztési Intézet

NÖVÉNYTERMELÉS

63. kötet | 1. szám | 2014. március

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



A foszfor-ellátottság hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termőképességére mezősi és barna erdőtalajú termőhelyeken, különböző évjáratokban

Műtrágyahatások vizsgálata 10. éves telepített gyepen

Időjárási extrémítások a napraforgótermesztésben – A kritikus agrotechnikai tényezők szerepe a termés-mennyiség növelésében

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

A Nemzeti Agrárszaktanácsadási, Képzési és Vidékfejlesztési Intézet kiadásában,
a Vidékfejlesztési Minisztérium támogatásával megjelenő folyóirat
a növénytermesztés, növénynevelés, növénygenetika, növényélettan, agrobotanika
területén magyar és külföldi szerzők által írt, angol és orosz nyelvű összefoglalókkal
ellátott tudományos közleményeket, vitacikkeket, szemlét, könyvismertetést közöl.

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

DEBRECENI EGYETEM
Agrártudományi Központ
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
4015 Debrecen, Pf. 36.
Telefon: (06 52) 508-310
Fax: (06 52) 508-460
E-mail: novenytermeles@agr.unideb.hu
szelesne@agr.unideb.hu

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

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

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

ISSN 0546-8191
Növényterm 63 (2014) 1
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

63. kötet, 1. szám, 2014. március

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

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

VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM

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

A nyomást és kötést a Demax Művek Nyomdaipari Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Sulyok Dénes

Megjelent: 7 (A/5) iv terjedelemben

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Hermann Tamás–Kismányoky Tamás–Tóth Gergely</i> : A foszfor-ellátottság hatása a kukorica (<i>Zea mays</i> L.) termőképességére mezőségi és barna erdőtalajú termőhelyeken, különböző évjáratokban	5
<i>Kádár Imre–Ragályi Péter–Szemán László</i> : Műtrágyahatások vizsgálata 10. éves telepített gyepeken	23
<i>Szabó András</i> : Időjárási extremitások a napraforgótermesztésben II. – A kritikus agrotechnikai tényezők szerepe a termésmennyiség növelésében	45
<i>Török Gábor–Bajnok Márta–Gyuricza Csaba–Kasperné Szél Zsuzsanna–Tasi Julianna</i> : Hasznosítási gyakoriság-vizsgálat különböző típusú magyarországi gyepeken I. – A biodiverzitás és az időjárási tényezők közötti összefüggések	69

SZEMLE

<i>Vida Gyula</i> : A durumbúza sárga pigment tartalma	87
--------------------------------------------------------------	----

CONTENTS

<i>T. Hermann–T. Kismányoky–G. Tóth</i> : The impact of phosphorus supply on the yield potential of maize (<i>Zea mays</i> L.) on chernozem and brown forest soil in various crop years	5
<i>I. Kádár–P. Ragályi–L. Szemán</i> : Examination of fertiliser impacts on a grassland established 10 years ago	23
<i>A. Szabó</i> : Weather extremities in sunflower production II. – The role of critical agrotechnical factors in increasing yield	45
<i>G. Török–M. Bajnok–Cs. Gyuricza–Zs. Kasperné Szél–J. Tasi</i> : Study of utilisation frequency of different Hungarian grassland types I. – Correlations between biodiversity and weather conditions	69

REVIEW

<i>Gy. Vida</i> : Yellow pigment content of durum wheat	87
---------------------------------------------------------------	----

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Т. Херманн–Т. Кишманьоки–Г. Тотх:</i> Влияние обеспеченности фосфором на плодородность кукурузы (<i>Zea mays</i> L.) в местах выращивания на чернозёмной и бурой лесной почвах в различные годы	5
<i>И. Кадар–П. Рагайи–Л. Семан:</i> Исследование влияния искусственного удобрения на 10-летнем искусственном газоне	23
<i>А. Сабо:</i> Погодные экстремальности в выращивании подсолнечника II. – Роль критических агротехнических факторов в увеличении количества урожая	45
<i>Г. Тёрёк–М. Байнок–Ч. Дьюрица–Ж. Кашперне Сел–Я. Таши:</i> Исследование частоты использования на дёрне различного в Венгрии I. – Взаимосвязи между биодиверсификацией и погодными факторами	69
ОБЗОР	
<i>Дь. Вида:</i> Содержание жёлтого пигмента твёрдой пшеницы	87

A foszfor-ellátottság hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termőképességére mezőszégi és barna erdőtalajú termőhelyeken, különböző évjáratokban

¹HERMANN TAMÁS – ²KISMÁNYOKY TAMÁS – ¹TÓTH GERGELY

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

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

Összefoglalás

Az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) keretei között begyűjtött országos adatbázis parcellaszintű adatain vizsgálatokat végeztünk arra vonatkozóan, hogy két különböző termőhelyen (mezőszégi és barna erdőtalajon), eltérő évjáratokban (kedvező és kedvezőtlen), a talaj foszfor ellátottsága milyen hatással van a kukorica terméshozamainak alakulására. Mindkét termőhelyen jelentős különbségek alakultak a kukoricahozamok és a foszfor-ellátottság összefüggéseiben az évhatások között. Az elemzésből kitűnik, hogy míg kedvező évjáratban mezőszégi talajon a magasabb szintű foszfor-ellátottságnak már nincs terméshozam-növelő hatása, addig barna erdőtalajokon érdemes közepes tápanyag-ellátottságra feltölteni a talajokat, mely már szignifikáns terméshozam-növekedést eredményez. Kedvezőtlen évjáratban a talaj növekvő foszfor-ellátottsága mindkét termőhely esetében már termésdepressziót okoz, ami a mezőszégi talajokon eredményezi a legszembetűnőbb, drasztikus termés-csökkenést. Következtetésként megfogalmazható, hogy maximum a közepes foszfor-ellátottságra érdemes a mezőszégi és barna erdőtalajokat feltölteni, mely így kielégítő produktív, illetve megbízható hozamokat nyújthat az évjáratos kockázat figyelembevételével is.

Kulcsszavak: AIIR, foszfor-ellátottság, évjárat-hatás, termőhely, kukorica hozam

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

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

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

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

Summary

Plot level data of the country-wide database developed using the Agrochemical Information and Management System (AIIR) were used to examine the impact of the soil phosphorus supply on maize yield on two different production sites (chernozem and brown forest soil) in different crop years (favourable and unfavourable). There were significant differences in the correlation of maize yield and phosphorus supply in both production sites between the two crop years. It can be seen in the analysis that higher phosphorus supply does not have any yield increasing effect on chernozem soil in a favourable crop year, it is worth fertilising brown forest soils to obtain medium nutrient supply to crops so that significant yield increase can be obtained. In unfavourable crop years, the increasing phosphorus supply of the soil causes yield depression in both production sites, with chernozem soils showing the most apparent and drastic yield decrease. It can be concluded that chernozem and brown forest soils should not be filled up with phosphorus more than medium supply, as they are able to provide satisfactory production and stable yield, taking crop year risk into consideration.

Key words: AIIR, phosphorus supply, production site, maize yield

Влияние обеспеченности фосфором на плодородность кукурузы (*Zea mays* L.) в местах выращивания на чернозёмной и бурой лесной почвах в различные годы

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

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

²Университет Паннон, факультет Георгикон, кафедра Растениеводства и Почвоведения, Кестхей

Резюме

Исследовали данные базы данных страны на уровне парцелл, собранных в рамках Агрехимической Информационной и Управленческой Системы (AIPR) относительно того, что какое влияние имеет обеспеченность фосфором почвы на формирование урожайности кукурузы в двух разных местах выращивания (на чернозёмной и на бурой лесной почве), в различные годы выращивания (благоприятный и неблагоприятный). В обоих местах выращивания получили значительные отличия в корреляциях между урожаями кукурузы и обеспеченностью фосфором в годы выращивания. На основании анализа видно, что в благоприятный год на чернозёмной почве более высокий уровень обеспеченности фосфором уже не имеет влияния на увеличение урожая, а на бурой лесной почве всё-таки стоит дополнить почву до среднего уровня обеспеченности питательными веществами, что даёт уже значительный рост урожая. В неблагоприятный год выращивания увеличивающаяся обеспеченность почвы фосфором в обоих местах выращивания уже причиняет депрессию урожая, результаты которой на чернозёмной почве более заметные, резкое сокращение урожая. В качестве вывода можно сформулировать, что стоит максимально дополнить уровень обеспеченности фосфором до среднего уровня в чернозёмных и бурых лесных почвах, которые в таком случае могут дать удовлетворительную и надёжную продукцию, учитывая также риски года выращивания.

Ключевые слова: AIPR, обеспеченность фосфором, влияние года выращивания, место выращивания, урожай кукурузы

Bevezetés

Az 1950-es évektől kezdve a szerves és műtrágyázással földekre jutott foszfor növekvő mennyisége az európai országok többségében pozitív foszfor mérlegeket eredményezett (*Granstedt* 2000, *Tunney et al.* 1997, 2003). Magyarországon hasonló folyamat játszódott le az 1960-as évektől kezdve, ami harminc év alatt a mezőgazdasági talajok jelentős foszfor dúsulását eredményezte (*Csathó és Radimszky* 2005, *Kovács és Csathó* 2005). A termőhelyekhez és várható hozamokhoz igazított, okszerű trágyázás érdekében hazánkban országos talajerő-gazdálkodási rendszer került kialakításra, aminek fontos részét képezték a tápanyagellátottsági vizsgálatok (*MÉM* 1976). A talajvizsgálati eredményeket, trágyázási és hozamadatokat a '70-es évek végétől az Agrokémiai Irányítási és Információs Rendszer (AIIR) adatbázisában gyűjtötték, tárolták. A kijuttatott trágya területi megoszlása ugyanakkor, hazánknak ebben az intenzív mezőgazdasági időszakában is jelentős különbségeket mutatott, ami a talajok tápanyag-ellátottságában is érvényesült. Míg például a '80-as évek közepén, Veszprém megyében a szántóterületek 30%-a volt igen jó foszfor ellátottságú, addig Nógrádban csak 17,5%-a. Az igen gyenge vagy gyenge ellátottságú talajok aránya Tolnában volt a legkisebb, 2,4%-os részesedéssel, Borsod-Abaúj-Zemplénben pedig a legnagyobb 33,8%-os aránnyal (*Baranyai et al.* 1987).

A különböző trágyázási szaktanácsadási rendszerek a termőhelyek és megcélzott termésszint mellett legtöbb esetben a talajok tápanyag-ellátottsági értékeit veszik figyelembe (*Jordan-Meille et al.* 2012). A tápanyag-ellátottság és trágyázás kölcsönhatásainak, de mindenekelőtt a trágyázás hozamképzésben betöltött szerepének vizsgálata az elmúlt évtizedek agrokémiai és növénytermesztési kutatásainak kitüntetett témája volt (*Debreczeni és Debreczeniné* 1994, *Németh* 1996, *Debreczeniné és Németh* 2009). A talajok tápanyag-ellátottságának a termésképzésben betöltött – trágyázástól független – szerepét itthon kevesebben vizsgálták. Ilyen jellegű vizsgálatokat a '80-as évek közepén rendelkezésre álló AIIR adatok földolgozásával, búza jelzőnövényvel végzett *Baranyai et al.* (1987), majd az újabb talajvizsgálati és hozamadatokat is tartalmazó későbbi AIIR adatbázissal, szintén búza jelzőnövényvel *Hermann és Tóth* (2011). A kapott eredmények azt mutatják, hogy a búza termésmennyisége a foszforellátottság függvényében termőhelyenként és évjáratonként is különböző dinamikát mutat.

Jelen kutatásunk célja annak megállapítása volt, hogy különböző termőhelyek várható kukorica hozamait milyen mértékben befolyásolja a talajok foszforellátottsága.

Anyag és módszer

Az eltérő foszfor-szintek hatásának értékelésekor a trágyázási kutatások (Kádár 1992, Debreczeni és Debreczeniné 1994, Kovács és Csathó 2005) nyomán kidolgozott szaktanácsadási rendszerek elméleti alapjából indultunk ki (Antal et al. 1987, Debreczeniné 1999, Csathó et al. 2005, Németh 2005). Ennek megfelelően a különböző szántóföldi termőhelyek (Antal et al. 1987) egyes ellátottsági kategóriák szerinti értékelését végeztük el. A termőhelyek és a termőhelyek tápanyag-ellátottsági viszonyainak csoportosítását a MÉM NAK (Antal et al. 1987) és egy egyetemek és kutatóintézetekből létrehozott munkabizottság által kialakított módszer alapján végeztük. Itt jegyezzük meg, hogy más, a gyakorlatban is kipróbált szaktanácsadási rendszerek (pl. MÉM NAK 1979, Csathó 2002, Antal et al. 2005) P ellátottsági szintjeinek határértékei alacsonyabbak az általunk választott rendszer határértékeinél. Érdeemes lehet a későbbiekben egy összehasonlító tanulmányt végezni a különböző határértékek mellett kapott eredmények értelmezéséről is, de sajnos a jelen tanulmányban terjedelmi korlátok miatt erre nincs lehetőség.

Vizsgálati adatbázisunk az 1980-as években az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) keretei között begyűjtött országos adatbázis volt. A parcella részletességű országos adatbázis 5 év (1985–1989), évenként mintegy 4 millió hektár szántóföld, átlagosan 80 000 művelt táblájának talajtani-, trágyázási-, tápanyagvizsgálati- és terméshozam adatait tartalmazza (Baranyai et al. 1987). Az adatbázis idősoros adatai három nagy csoportba oszthatók: (1) tábla törzsadatok, (2) talajvizsgálati adatok és (3) talajművelési és növénytermesztési adatok. Az AIIR adatbázis részletes ismertetését Baranyai et al. (1987) adják. Az adatok a Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóságának (MgSZH-KNTAI; a kutatások ideje alatt: Budapest Fővárosi Növény- és Talajvédelmi Szolgálat) kezelésében vannak. Az MgSZH-KNTAI jogelődje, a Budapest Fővárosi Növény- és Talajvédelmi Szolgálat bocsátotta rendelkezésünkre az 1980-as évek technikai szintjét jellemző MS-DOS alapú formátumban, nagy alakú mágneslemezekben tárolt adatokat. Az adatokat többszörös konverziós eljárást követően

MS Excel táblázatokba rendeztük és korszerű adathordozókra mentettük, .xls és .mdb formátumokban. Az így tárolt adatokat importáltuk statisztikai feldolgozásra az SPSS szoftvercsomagot használva, majd tároltuk a továbbiakban .sav formátumban is.

Az AIIR adatbázisból jelen kutatásunkhoz a mezőségi és barna erdőtalajok termőhelyein lévő szántó területek kukorica tábláit, azok hozamait és foszforvizsgálati eredményeit vizsgáltuk. Ehhez a kukoricatáblák talajait termőhelyi típusokba kellett osztani, majd a kiválasztott táblákról rendelkezésre álló adatokat tápanyagellátottsági szintek szerint kellett csoportosítanunk.

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

Második lépésben a táblák tápanyagvizsgálati eredményei, termőhely és egyéb tulajdonságok (KA; CaCO₃; pH értékek) alapján, a MÉM NAK (Antal et al. 1987) által megállapított határértékek szerinti 6 ellátottsági kategóriába (1. táblázat) osztottuk a tápanyagokra vonatkozó adatokat. (1 - igen gyenge; 2 - gyenge; 3 - közepes; 4 - jó; 5 - igen jó; 6 - túlzott).

Az így kialakított termőhelyi csoportokkal illetve tápanyag-ellátottsági kategóriákkal végeztük a további vizsgálatainkat a tápanyaghatás számszerűsítésére, kukorica jelzőnövényekkel, azoknak a tábláknak az adatait figyelembe véve, ahol legalább 30 kg/ha foszfor és 125 kg/ha nitrogén műtrágya került az adott évben kiszórásra. Az adatbázis idősoros adatai közül két év adatait választottuk ki. A termés nagyságokat elemezve 1985-ös év volt a vizsgálati időszak kiemelkedően legjobb évjárata, közepes csapadék összeg, de jó csapadékeloszlás, normál hőmérsékletek voltak jellemzőek. Ezzel ellentétben az 1988-as év volt a legkedvezőtlenebb, júliusban, a kukorica számára kritikus időszakban hőség volt, havi átlag hőmérséklet 23 °C volt és csak 17,7 mm csapadék esett. A kukorica szempontjából, így e két eltérő évtípusban illetve ennek e két évnek az adatait értékelve vizsgáltuk a tápanyag-ellátottság hatását.

Termőhelyenként varianciaanalízissel vizsgáltuk a 6 eltérő foszfor ellátottsági szinten mért hozamok különbségeit. Vizsgálatainkoz SPSS statisztikai elemző szoftvert használtunk.

1. táblázat. *Mezőségi (I. termőhely) és barna erdőtalajok (II. termőhely) foszfor-ellátottsági határértékei*

Termőhelyi kategória (1)	CaCO ₃ % vagy pH _(KCl) (2)	Al-oldható P ₂ O ₅ (mg/1000 g) (3)					
		Igen gyenge (4)	Gyenge (5)	Közepes (6)	Jó (7)	Igen jó (8)	Túlzott (9)
I. mezőségi (10)	CaCO ₃ % < 1	< 80	81–110	111–150	151–190	191–250	> 250
	CaCO ₃ % > 1	< 120	121–160	161–200	201–240	241–300	> 300
II. barna erdőtalaj (11)	pH < 5,5	< 45	46–90	91–130	131–180	181–200	> 200
	pH 5,5–6,5	< 60	61–110	111–150	151–200	201–240	> 240
	pH > 6,5	< 75	76–120	121–170	171–220	221–280	> 280

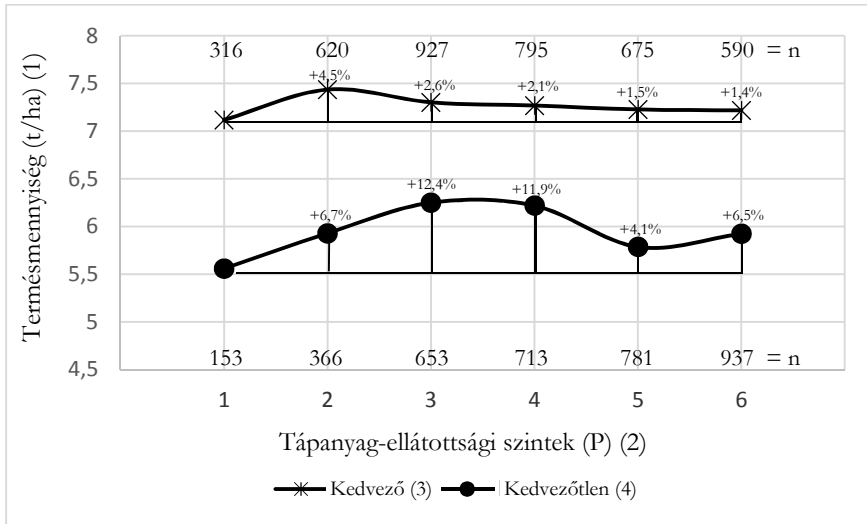
Table 1. Phosphorus supply limit values of chernozem (1st production site) and brown forest soils (2nd production site). (1) Production site category, (2) CaCO₃ % or pH_(KCl), (3) Al-soluble P₂O₅ (mg 1000 g⁻¹), (4) Very low, (5) Low, (6) Medium, (7) Good, (8) Very good, (9) Excessive, (10) Chernozem (I), (11) Brown forest soil (II).

Vizsgálati eredmények

Az I–II. termőhelyekbe tartozó talajok, kukorica produkciót befolyásoló, különböző P tápanyag-ellátottsági kategóriákhoz tartozó hozamértékeit az *1. ábra* (I. termőhely – mezőségi talajok,) és *2. ábra* (II. termőhely – barna erdőtalajok) szemlélteti. A termőhelyek különböző tápanyagszintű táblái közötti hozamok átlagos eltéréseit pedig a *2–5. táblázatok* mutatják be.

Az I. szántóföldi termőhely esetében az *1. ábrán* látható módon, a kukorica termésszintek alakulásában különböző trendeket láthatunk a kedvező és a kedvezőtlen évjáratok esetében. Míg a kedvező évjáraton a kukorica a termés maximumát a gyenge ellátottsági szinten már eléri, addig a kedvezőtlen évjárat esetében a közepes, illetve a jó ellátottsági szintekhez köthetjük a legnagyobb terméseket, itt már egyben szignifikánsan jobb hozamokkal.

1. ábra. Foszfor tápanyagszintek hatása a kukorica termésére különböző évjáratokban, I. termőhelyen (mezősgési talajon)

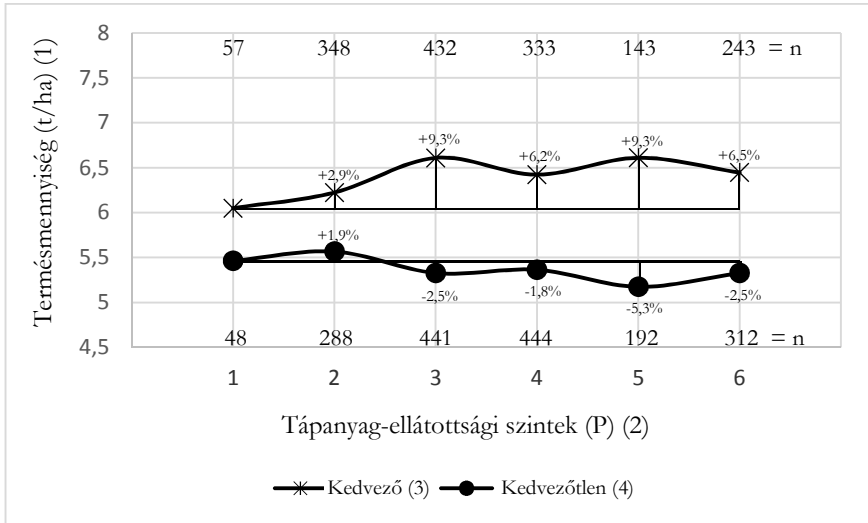


Megjegyzés: a százalékos értékek az igen gyenge ellátottságú talajokhoz képest mért hozamtöbbletet jelzik (1: igen gyenge, 2: gyenge, 3: közepes, 4: jó, 5: igen jó, 6: túlzott), (n=parcella elemszám).

Figure 1. The impact of phosphorus nutrient levels on maize yield in different crop years on production site I (Chernozem soil). (1) Yield (t ha⁻¹), (2) Nutrient supply levels (P), (3) Favourable, (4) Unfavourable, Note: percentage values represent the yield surplus measured in comparison with soils with very weak supply (1: very weak, 2: weak, 3: medium, 4: good, 5: very good, 6: excessive), (n=plot sample number).

Azonosan kiegyensúlyozott trágyázás mellett a kedvező évjáratban a mezősgési talajon az igen gyenge, legkisebb ellátottsági szint esetében a legalacsonyabb a termés, amihez képest a következő, gyenge ellátottsági szinthez már a legnagyobb termés kötődik, ami 4,5%-kal magasabb termés elérését teszi lehetővé az igen gyenge szinthez képest. A legmagasabb termésszint kedvező évjáratban tehát a mezősgési talajon már a gyenge ellátottságnál elérhető, a tápanyag-ellátottság további növekedésével nem érhetünk el magasabb hozamokat. Statisztikai vizsgálataink azonban nem mutatnak matematikailag igazolható különbséget az egyes tápanyag-ellátottsági szintek termésmagyságai között, ezért szigorú értelemben véve azt fogalmazhatjuk meg, hogy kedvező évjáratban a foszfor-ellátottságnak nincs hatása a kukorica termések alakulására mezősgési talajon, lévén a kukorica kevésbé P-igényes növény (Csathó 2002).

2. ábra. Foszfor tápanyagszintek hatása a kukorica termésére különböző évjáratokban, II. termőhelyen (barna erdőtalajokon)



Megjegyzés: a százalékos értékek az igen gyenge ellátottságú talajokhoz képest mért hozamtöbbletet jelzik (1: igen gyenge, 2: gyenge, 3: közepes, 4: jó, 5: igen jó, 6: túlzott), (n=parcella elemszám).

Figure 2. The impact of phosphorus nutrient levels on maize yield in different crop years on production site II (brown forest soil). (1) Yield (t ha⁻¹), (2) Nutrient supply levels (P), (3) Favourable, (4) Unfavourable, Note: percentage values represent the yield surplus measured in comparison with soils with very weak supply (1: very weak, 2: weak, 3: medium, 4: good, 5: very good, 6: excessive), (n=plot sample number).

Kedvezőtlen évjárat esetén azonban máshogy alakulnak az elérhető hozamok a tápanyag-ellátottság függvényében. A közepes ellátottsági szint esetében mintegy 12,4%-os, a jó ellátottsági szint esetében pedig mintegy 11,9%-os hozamnövekedés állapítható meg. A jó ellátottsági szintet követően a mezőszégi talajok tápanyag-ellátottságának további növekedésével már nem érhetünk el nagyobb hozamokat kedvezőtlen évjárat esetén, sőt hirtelen termésdepresszió állapítható meg, a termésszintek meredeken, 7,8%-kal esnek, majdnem a kiinduló, legalacsonyabb, igen gyenge ellátottságnak megfelelő termésszintre. Száraz évben a P indukálta Zn hiány is erőteljesebben jelentkezhet, nagyobb termés-csökkenést eredményezve a P túlkínálat hatására (Csathó és Kádár 1989, Csathó et al. 1991).

Vizsgálatunkat alátámasztják *Kádár et al.* (1999) eredményei is, miszerint jó évjáratokban, jó vízellátás esetén a P felvétele megnő, a kisebb és a nagyobb tápanyag-ellátottságok mellett is magas hozamok érhetők el. Csökkenő vízellátás mellett a tápanyagellátás hatása mérsékeltebb lesz, azonban aszály idején a tápanyagbőség már termésdepressziót is okoz, a tápanyagbőség károsává válik. Száraz évben sokszor egy ellátottsági szinttel magasabban van a termésmaximum, mint csapadékos, vagy átlagos évben, a talajból történő kedvezőtlenebb P felvétel miatt (*Csathó et al.* 1991).

A terméskülönbséget számszerűsítve a 2. táblázat adataiból következtetve megfogalmazhatjuk, hogy az I. szántóföldi termőhely, mezőiségi talajok esetében a kukorica legalacsonyabb termése (igen gyenge ellátottsági szinten), kedvező évhatás esetén 4,5%-kal, összesen átlagosan 0,32 t-val kevesebb a legmagasabb termést adó foszfor ellátottsági szinthez (gyenge ellátottsági szinthez) képest.

2. táblázat. Különböző foszfor ellátottságú táblák kukorica szemtermése közötti átlagos különbségek, q/ha (mezőiségi talaj, kedvező évjárat)

Foszfor ellátottság	Igen gyenge	Gyenge	Közepes	Jó	Igen jó	Túlzott
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Igen gyenge (2)	-	-3,183	-1,846	-1,509	-1,098	-,991
Gyenge (3)		-	1,337	1,674	2,084	2,192
Közepes (4)			-	,337	,747	,855
Jó (5)				-	,411	,518
Igen jó (6)					-	,107
Túlzott (7)						-

Table 2. Average differences between maize yields on plots with different phosphorus supply, q ha⁻¹, chernozem soil, favourable crop year. (1) Phosphorus supply, (2) Rather weak, (3) Weak, (4) Medium, (5) Good, (6) Very good, (7) Excessive.

Kedvezőtlen évhatást figyelembe véve a 3. táblázat adataiból kitűnik, hogy a I. szántóföldi termőhelyen, mezőiségi talajok esetében a kukorica legalacsonyabb termése (igen gyenge ellátottsági szinten) 12,4%-kal, összesen átlagosan 0,69 t-val kevesebb a legmagasabb termést adó foszfor ellátottsági szinthez (közepes ellátottsági szinthez) képest.

3. táblázat. *Különböző foszfor ellátottságú táblák kukorica szemtermése közötti átlagos különbségek, q/ha (mezőségi talaj, kedvezőtlen évjárat)*

Foszfor ellátottság	Igen gyenge	Gyenge	Közepes	Jó	Igen jó	Túlzott
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Igen gyenge (2)	-	-3,699	-6,913*	-6,598*	-2,266	-3,640
Gyenge (3)		-	-3,214	-2,900	1,433	,058
Közepes (4)			-	,314	4,647*	3,272
Jó (5)				-	4,333*	2,958
Igen jó (6)					-	-1,374
Túlzott (7)						-

Table 3. Average differences between maize yields on plots with different phosphorus supply, q ha⁻¹, chernozem soil, unfavourable crop year. (1) Phosphorus supply, (2) Rather weak, (3) Weak, (4) Medium, (5) Good, (6) Very good, (7) Excessive, *LSD_{5%}.

Az eredmények közlésénél azonban mindenképpen ki kell térni arra, hogy az I. szántóföldi termőhelyen (mezőségi talajokon) kedvező évjáratban nincs szignifikáns különbség az eltérő foszfor ellátottságú talajok hozamai között (2. táblázat). Csupán kedvezőtlen meteorológiai évjáratban jelentkezik a közepes és jó foszfor ellátottságú talajoknál szignifikánsabb nagyobb kukorica szemtermés, a foszforral igen gyengén ellátott talajokhoz képest. Statisztikailag számszerűsíthető különbség (terméstöbblet) mutatkozik továbbá a közepes és a jó ellátottságú talajokhoz képest az igen jól ellátott talajokon (3. táblázat) is, ami egyértelműen alátámasztja a hirtelen termés-depressziót.

Az II. szántóföldi termőhely (barna erdőtalajok) esetében az 2. ábrán látható módon, a kukorica termésszintek alakulásában nagyon ellentétes hatások érvényesülnek a kedvező és a kedvezőtlen évjáratok esetében.

Míg kedvező évjáraton a kukorica termése enyhe növekvő tendenciát mutat a foszfor-ellátottsági szintek növekedésével, a maximumát pedig a közepes és az igen jó ellátottsági szinteken éri el, addig a kedvezőtlen évjárat esetében a gyenge szinten tapasztalható kismértékű növekedés után a foszfor-ellátottság növekedésével teljesen ellentétes negatív, csökkenő trend figyelhető meg.

Kedvező évjáratban a barna erdőtalajon az igen gyenge, legkisebb ellátottsági szint esetében a legalacsonyabb a termés, amihez képest a közepes, illetve

az igen jó ellátottsági szinthez már a legnagyobb termékek köthetők, 9,3%-kal magasabb termésszinttel. A legmagasabb termékek már a közepes foszfor-ellátottságnál jelentkeznek 6,6 t/ha átlagterméssel, de az igen jó ellátottság mellett is hasonló nagyságú 6,6 t/ha átlagtermés figyelhető meg, igaz, ez utóbbi esetben alacsonyabb esetszám mellett. A legmagasabb termésnek ugyanakkor a közepes foszfor-ellátottsághoz tartozó termésszintet nevezhetjük meg, ugyanis 5%-os szignifikancia szinten csak ezen esetben mutatható ki statisztikailag igazolható különbség az eggyel alacsonyabb, gyenge foszfor-ellátottsági szinthez képest a termékekben. A legmagasabb hozamokkal jellemezhető közepes foszfor-ellátottsági szint felett a termékek stagnálnak, kisebb negatív és pozitív irányú elmozdulásoktól eltekintve, statisztikailag nem igazolhatóak a termésszintekben bekövetkező további változások.

Annak ellenére, hogy a barna erdőtalajok többsége a homokos vályog, míg a mezősegi talajoké a vályog-agyagos vályog fizikai féleségű, a kedvező és a kedvezőtlen év közötti terméskülönbség a jobb vízgazdálkodási mezősegi talajokon volt a nagyobb. Ennek oka az is lehetett, hogy a barna erdőtalajokon a vizsgált időszakban mind kedvező, mind kedvezőtlen évben nagyobb az átlagos csapadék mennyiség, ennek igazolására azonban sajnos nem álltak rendelkezésünkre részletes adatok.

Kedvezőtlen évjárat esetén, statisztikai vizsgálataink alapján kijelenthetjük, hogy egyik foszfor-ellátottsági szint között sem tapasztaltunk matematikailag igazolható különbséget az átlagtermékek között, ugyanakkor az egyes foszfor-ellátottságokhoz köthető termésszinteket a grafikonon vizsgálva egyértelműen kitűnik a negatívba hajló, csökkenő trend. A gyenge ellátottsági szint esetében ugyan jelentkezik egy csekély, mintegy 1,9%-os emelkedés az igen gyenge szinthez képest, de ez a hozamnövekedés rögtön termésdepresszióba vált át. A csökkenés mértéke az igen jó foszfor-ellátottságnál a legszembevetőbb, -5,3%-os mértékű.

A kedvezőtlen, csapadékhiányos évjárat terméscsökkentő hatását, annak kukorica terméseredményeire való hatását *Bocz* (1995) közlésében is megtalálhatjuk. Kutatásai alapján megállapítható, hogy a szárazság fokozódásával a műtrágya, illetve a talajban lévő tápanyag hasznosulása kukoricánál átcsap termés csökkentő tényezővé. Szárazabb években a P-indukálta Zn hiány is erőteljesebben felléphet.

Kedvezőtlen, száraz évben a talaj fizikai féleségeiben lévő különbségek is okozhatják a különbséget a könnyebb, homok-homokos vályog talajokon.

A 4. táblázat adataiból következtetve megfogalmazhatjuk, hogy a II. szántóföldi termőhely, barna erdőtalajok esetében a kukorica legalacsonyabb termése (igen gyenge ellátottsági szinten), kedvező évhatás esetén 9,3%-kal, összesen 0,56 t-val kevesebb a legmagasabb termést adó foszfor ellátottsági szinthez (közepes ellátottsági szinthez) képest.

4. táblázat. Különböző foszfor ellátottságú táblák kukorica szemtermése közötti átlagos különbségek, q/ha (barna erdőtalaj, kedvező évjárat)

Foszfor ellátottság	Igen gyenge	Gyenge	Közepes	Jó	Igen jó	Túlzott
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Igen gyenge (2)	-	-1,733	-5,597	-3,737	-5,607	-3,961
Gyenge (3)		-	-3,864*	-2,004	-3,874	-2,229
Közepes (4)			-	1,860	-,010	1,635
Jó (5)				-	-1,870	-,224
Igen jó (6)					-	1,645
Túlzott (7)						-

Table 4. Average differences between maize yields on plots with different phosphorus supply, q ha⁻¹, brown forest soil, favourable crop year. (1) Phosphorus supply, (2) Rather weak, (3) Weak, (4) Medium, (5) Good, (6) Very good, (7) Excessive, *LSD_{5%}.

A negatív trend eredményeképpen a kedvezőtlen évjárat hatására az 5. táblázatban látható módon a II. szántóföldi termőhelyen, barna erdőtalajokon a kukorica legalacsonyabb termése (igen jó ellátottsági szinten) 7,6%-kal, összesen 0,39 t-val kevesebb a legmagasabb termést adó foszfor ellátottsági szinthez (gyenge ellátottsági szinthez) képest.

Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

Az ismertetett eljárással évjárat-típusonként (kedvező, kedvezőtlen) számszerűsítettük két eltérő termőhelyi kukorica termelési képességének foszfor-ellátottsági tényezőjét. A két termőhelyi kategóriába tartozó talajtípusok jellemzéséből kitűnik, hogy mezőgazdasági talajokon kedvező évjáratban nincs komolyabb hatása a magasabb foszfor-ellátottságra feltöltött talajoknak a termés nagysá-

gok alakulására, viszont érdemes a tápanyag-ellátottságot foszfor tekintetében minimum a közepes szinten tartani, ami kielégítő termésszint elérését teszi lehetővé még a kedvezőtlen évjáratokban is.

5. táblázat. *Különböző foszfor ellátottságú táblák kukorica szemtermése közötti átlagos különbségek, q/ha (barna erdőtalaj, kedvezőtlen évjárat)*

Foszfor ellátottság	Igen gyenge	Gyenge	Közepes	Jó	Igen jó	Túlzott
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Igen gyenge (2)	-	-1,035	1,353	,992	2,880	1,349
Gyenge (3)		-	2,388	2,027	3,915	2,384
Közepes (4)			-	-361	1,527	-,004
Jó (5)				-	1,888	,357
Igen jó (6)					-	-1,531
Túlzott (7)						-

Table 5. Average differences between maize yields on plots with different phosphorus supply, q ha⁻¹, brown forest soil, unfavourable crop year. (1) Phosphorus supply, (2) Rather weak, (3) Weak, (4) Medium, (5) Good, (6) Very good, (7) Excessive.

További következtetésként fogalmazható meg, hogy barna erdőtalajon kisebb az évjáráthatás, mint a mezőszégi talajok esetében. Más megközelítésben úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a mezőszégi talajon a kukorica gyengébb minőségű, II. termőhelybe sorolt, jellemzően barna erdőtalajokon, hasonló termés elérésére képes kedvezőtlen évjáratok esetén, mint a jobb minőségű, I. termőhelyi kategóriába tartozó mezőszégi talajokon, azonban a mezőszégi talajok magasabb produktions potenciálja előtérbe kerül a kedvező évjáratokban, ugyanis ekkor mintegy 28,1%-kal nagyobb termésszint elérésére teszi képessé a kukoricát, mint kedvezőtlen évjáratokban. Ez az évjáratos differencia a II. termőhelybe sorolt barna erdőtalajokon csupán 10,7%-os termésnövekedést jelent az 1. foszfor ellátottsági szinten kukorica esetében. Ez a terméskülönbség a kedvező, illetve kedvezőtlen évjáratok között a mezőszégi talajok esetében csökkenthető a közepes és jó ellátottság esetében 16,8%-ra, ami a barna erdőtalajok terméseredményei között nem mutatható ki, tehát barna erdőtalajokon

a kedvező és a kedvezőtlen évjáratok közötti 10,7%-os kimutatott differencia a talaj foszfor tápanyaggal való feltöltésével sem csökkenthető.

A mezőségi és a barna erdőtalajok foszfor szintjeinek hatásvizsgálata kapcsán, kukorica esetében az is megállapítható, hogy a barna erdőtalajok termékenysége kedvező évjáratban mindegyik foszfor ellátottsági szinten magasabb a mezőségi talajok kedvezőtlen évjáratokon várható termékenységénél. Vagyis a talajok termőhelyi besorolásuktól függő termékenysége, legalábbis az I. és II. termőhelyet figyelembe véve, kisebb különbségeket mutat, mint amekkora hozamkülönbséget az egyes évjáratok jelentenek.

A vizsgált növény és talajok esetében a legnagyobb termésszint elérése a mezőségi talajokon lehetséges gyenge foszfor-ellátottság mellett kedvező évjáratban, a legkisebb termésszint pedig a barna erdőtalajokon igen jó foszfor-ellátottság és kedvezőtlen évjárat esetén.

Mindenképpen megjegyzendő, hogy mivel az *Antal et al.* (1987) által meghatározott határértékeihez viszonyítva más szaktanácsadási rendszerek (pl. *Csathó* 2002) alacsonyabb, ill. eltérő határértékeket tartalmaznak, másképp fogalmazva az *Antal et al.* (1987) rendszeréhez képest az alacsonyabb foszfor szintekre is külön határértékeket adnak, érdemes lehet a vizsgálatokat későbbiekben más szaktanácsadási rendszerek felhasználásával és az alacsonyabb foszfor ellátottságú termőhelyek részletesebb elemzésével tovább folytatni.

A kapott eredmények alapján kijelenthetjük, hogy az AIIR adatbázis táblaszintű tápanyag-ellátottságainak összehasonlító vizsgálata alkalmas a talajtermékenység ilyen irányú elemzésére.

A kapott eredmények egyértelműen arra adnak következtetést, hogy a mezőségi és a barna erdőtalajokat közepes ellátottságra érdemes foszforral feltölteni annak érdekében, hogy a megbízható termésszint biztosított legyen kedvező és kedvezőtlen évjáratokon is.

Megállapítható, hogy foszforban mérsékelttel feltöltött talajokon (mezőségi és barna erdőtalajon) érhető el nagy kukoricatermés, növekszik a termésbiztonság és csökkenthető az előre nem kiszámítható évjáratthatás kockázat.

Várhatóan, az adatbázisból még pontosabb következtetések vonhatók le, amennyiben az újabb kukorica P-ellátottsági határértékeket, a talajok Zn-ellátottságát, a fizikai féleséget, valamint a táblákhoz köthető időjárási adatokat is figyelembe vesszük az értékelésben.

Köszönetnyilvánítás

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

IRODALOM

- Antal J. (szerk.):* 2005. Növénytermesztés tan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Antal J.–Buzás I.–Debreczeni B.–Fekete A.–Nagy M.–Patócs I.:* 1987. Új műtrágyázási irányelvek. MÉM NAK. Budapest. 102.
- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.:* 1987. A magyarországi tápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 189.
- Bocz E.:* 1995. Vízellátottsági és öntözési jelzés. XXIV. évf. November havi zárójelentés. DATE Növénytermesztési Tanszék. Debrecen.
- Csathó P.:* 2002. Az AL-P korrekciós modell értékelése a hazai szabadföldi őszi búza P kísérletek adatbázisán, 1960–2000. *Agrokémia és Talajtan*. 51: 351–380.
- Csathó P.–Árendás T.–Németh T.:* 2005. Új, költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer. [In: Németh T.–Magyar M. (szerk.) Üzemi szintű tápanyagmérleg számítási praktikum.] MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Budapest. 21–30.
- Csathó P.–Lásztity B.–Sarkadi J.:* 1991. Az „évjárat” hatása a kukorica termésére és terméselemeire P-műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 40: 339–351.
- Csathó, P.–Kádár, I.:* 1989. P-Zn interaction studies on maize (*Zea mays* L.) monoculture. [In: Anke, M. et al. (eds.) 6th International Trace Element Symposium. Cu, Zn and other Trace Elements.] Leipzig-Jena GDR. 2: 630–637.
- Csathó P.–Radímszky L.:* 2005. A magyar mezőgazdaság környezetvédelmi és agronómiai megközelítésű NPK tápelem-mérlege 1901 és 2000 között. *Szemle. Agrokémia és Talajtan*. 54: 217–234.
- Csathó, P.–Radímszky, L.:* 2011. Towards sustainable agricultural NP turnover in the EU 27 countries. A Review. [In: Tóth G.–Németh T. (eds.) Land quality and land use information in the European Union.] Publication office of the European Union. Luxembourg. 69–85.
- Debreczeni B.-né:* 1999. A foszfor szerepe a növények életében. [In: Füleky Gy. (szerk.) Tápanyag-gazdálkodás.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 30–45.
- Debreczeni B.–Debreczeni B.-né:* 1994. Trágyázási kutatások 1960–1990. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Debreczeni B.-né–Németh T.:* 2009. Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967–2001). Akadémiai Kiadó. Budapest.

- Granstedt, A.*: 2000. Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the load to the environment-experience from Sweden and Finland. *Agric. Ecosys. Environ.* 80: 169–185.
- Hermann, T.–Tóth, G.*: 2011. Evaluating the effect of nutrient levels of major soil types on the productivity of wheatlands in Hungary. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 42: 1497–1509.
- Jordan-Meille, L.–Rubæk, G. H.–Ehlert, P. A. I.–Genot, V.–Hofman, G.–Goulding, K.–Recknagel, J.–Provolo, G.–Barraclough, P.*: 2012. An overview of fertilizer-P recommendations in Europe: Soil testing, calibration and fertilizer recommendations. *Soil Use and Management*. 28. 4: 419–435.
- Kádár I.*: 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA-TAKI-Akaprint. Budapest. 398.
- Kádár I.–Kismányoky T.–Németh T.–Pálmai O.–Sarkadi J.*: 1999. Tápanyag-gazdálkodásunk az ezredfordulón. *Szemle. Agrokémia és Talajtan*. 48. 1–2:193–216.
- Kovács G. J.–Csathó P. (szerk.)*: 2005. A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. *Agonómiai és környezetvédelmi tanulságok. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet*. Budapest. 235.
- MÉM NAK [Buzás I.–Fekete A. (szerk.)]*: 1979. Műtrágyázási irányelvek és a műtrágyázás üzemi számítási módszere.
- MÉM NAK*: 1976. A mezőgazdasági és élelmezésügyi miniszter 5/1978. (V. 26.) NÉM számú rendelete a gazdálkodó szervezetek talaj-tápanyagvizsgálati kötelezettségéről. *Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Értesítő*. 29. 12: 387–388.
- Németh T.*: 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Budapest.
- Németh T.*: 2005. A hatékony tápanyag-gazdálkodás tényezői. [In: Németh T.–Magyar M. (szerk.) Üzemi szintű tápanyagmérleg számítási praktikum.] MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet. Budapest. 1–9.
- Tunney, H.–Breeuwsma, A.–Withers, P. J. A.–Ehlert, P. I. A.*: 1997. Phosphorus fertiliser strategies: present and future. [In: Tunney, H. et al. (eds.) Phosphorus loss from soil to water.] CABI Wallingford. 177–204.
- Tunney, H.–Csathó, P.–Ehlert, P.*: 2003. Approaches to calculating P balance at the field-scale in Europe. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166: 438–446.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

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

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

Műtrágyahatások vizsgálata 10. éves telepített gyepon

¹KÁDÁR IMRE-¹RAGÁLYI PÉTER-²SZEMÁN LÁSZLÓ

¹MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

²Szent István Egyetem Gyepgazdálkodási Tanszék, Gödöllő

Összefoglalás

Egy műtrágyázási kísérlet 37. évében, 2010-ben vizsgáltuk az eltérő N, P, K, ellátottsági szintek és kombinációik hatását a réti csenkesz (*Festuca pratensis*) vezérnövényű, nyolc komponensű pillangós nélküli gyepeverék 10. évének termésére, ásványi elem-tartalmára és elemfelvételére. A termőhely talaja a szántott rétegben 3% humuszt, 3–5% CaCO₃-ot és 20–22% agyagot tartalmazott, N és K elemekben eredetileg közepesen, P és Zn elemekkel viszonylag gyengén ellátottnak minősült. A kísérlet 4N × 4P × 4K = 64 kezelést × 2 ismétlést = 128 parcellát foglal magában. A talajvíz 13–15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. A vizsgált 2010-ben azonban az állomány az 1. kaszálás idejéig 319 mm esőt kapott. A szokásos szeptemberi 2. kaszálásra a bőséges további csapadék ellenére sem került sor az előregedő 10. éves gyepon. Főbb eredmények:

Az állomány botanikai összetételét döntően az N×P trágyázás befolyásolta. A nitrogénnel és foszforral egyaránt jól ellátott talajon a taréjos búzafű 37, a betelepült magyar rozsnok 27%-os borítottságot ért el. A nádképű csenkesz és a betelepült madárhúr a N-nel közepesen ellátott kezelésekből szaporodott el. A N-nel nem trágyázott parcellákon a pillangós gyomok borítása 16% fölé nőtt, főleg a komlós lucerna, bükköny és a tarka koronafürt térfoglalásával. N-trágyázás hatására a gyepeborítás 13-ról 66%-ra, a gyomborítás 32-ről 16%-ra, az összes borítás 45-ről 82%-ra változott. Nőtt egyidejűleg a gyepefajok, illetve csökkent a gyomfajok átlagos száma is.

A széna tömegét a N-trágyázás 6-szorosára, az együttes NP-trágyázás közel a 7-szeresére emelte. A N-kínálattal javult a széna N, Mn, Cu; P-kínálattal a P, S, Sr; K-kínálattal a K tartalma. Az egyéb vizsgált elemek koncentrációja általában hígult a növekvő termés-tömegben. Az N×P kölcsönhatások eredményeképpen a P 0,12–0,31%; Na 25–1302 mg/kg;

Sr 9–20 mg/kg; Mo 0,4–1,8 mg/kg; az N×K kezelésekben a K 0,86–1,84% tartományban változott. A terméssel felvett elemek az N×P kezelésekben az alábbi tartományban ingadoztak: N 8–132 kg, Ca 3–30 kg, P 2–13 kg, S 1–12 kg, Mg 1–8 kg, Na 0,1–4,2 kg hektáronként. Az N×K kezelésekben a K 8–103 kg, Zn 10–138 g, Al 48–243 g, B 7–20 g, Ni 0,4–1,8 g, Co 0,1–0,4 g hektáronként.

Az NH₄-acetát+EDTA oldható P-tartalom a hagyományos ammóniumlaktát + ecetsavas módszerhez hasonlóan jól tükrözte a talaj trágyázottsági, ellátottsági állapotát. Az adatok átszámíthatók: NH₄-acetát+EDTA-P × 1,7 = AL-P. A két módszer azonos nominális értékeket ad az oldható K-tartalom tekintetében. Tehát mindkét módszer egyaránt alkalmas a talaj K-állapotának megítélésére a szaktanácsadásban. Az NH₄-acetát+EDTA módszerrel nyert adatok külön kalibrálást nem igényelnek az ellátottsági határértékek terén. Az oldható Al és Sr koncentrációja nőtt a szántott rétegben a szuperfoszfát adagokkal, míg a N-trágyázás a Sr tartalmát mérsékelte.

Kulcsszavak: telepített pillangós nélküli gyepek, NPK műtrágyázás, botanikai összetétel, elemfelvétel, talajvizsgálat

Examination of fertiliser impacts on a grassland established 10 years ago

¹I. KÁDÁR - ¹P. RAGÁLYI - ²L. SZEMÁN

¹Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences, Budapest

²Szent István University, Department of Grassland Management, Gödöllő

Summary

The impact of different NPK supply levels and their combinations on the yield, mineral nutrient content and element uptake of an eight-component, legume-free grass mix with meadow fescue (*Festuca pratensis*) as the main species was examined in 2010, the 37th year of the experiment and the 10th year of the grassland. The soil of the production site contained 3% humus, 3–5% CaCO₃ and 20–22% clay. The N and K supply of the site was originally moderate, but the P and Zn supply was relatively low. The experiment consists of 4N × 4P × 4K = 64 treatments × 2 replications = 128 plots.

Groundwater level is 13–15 m and the area is drought sensitive. In the examined year of 2010, there was 319 mm precipitation in the area until the first cutting. Despite the plentiful subsequent precipitation, the usual September reaping did not take place in the aging 10-year-old grassland. Main results:

The botanical composition of the population was mainly determined by the N×P fertilisation. The coverage of crested wheatgrass was 37% and that of smooth brome was 27% on the soil which was well supplied with both nitrogen and phosphorus. Tall fescue and cerastium proliferated in treatments moderately supplied with N. The coverage of legume weeds (mainly black medic, vetch and coronilla vetch) increased over 16% in plots not fertilised with N. As a result of N fertilisation, grass coverage increased from 13% to 66%, while weed coverage decreased from 32% to 16% and the total coverage changed from 45% to 82%. At the same time, the average number of grass species increased and the number of weed species decreased.

The hay mass increased sixfold as a result of N fertilisation and nearly sevenfold as the joint result of NP fertilisation. The N, Mn and Cu content of hay increased with the N supply, its P, S and Sr content increased with the P supply and the K content increased with the K supply. The concentration of other examined elements became more diluted in the increasing yield. As a result of the N×P interactions, the following ranges were observed: P 0.12–0.31%; Na 25–1302 mg kg⁻¹; Sr 9–20 mg kg⁻¹; Mo 0.4–1.8 mg kg⁻¹; N×K treatments: K 0.86–1.84%. Elements taken up with yield had the following ranges in the N×P treatments: N 8–132 kg, Ca 3–30 kg, P 2–13 kg, S 1–12 kg, Mg 1–8 kg, Na 0.1–4.2 kg per hectare. N×K treatments: K 8–103 kg, Zn 10–138 g, Al 48–243 g, B 7–20 g, Ni 0.4–1.8 g, Co 0.1–0.4 g per hectare.

Similarly to the ammonium lactate + acetic acid method, the NH₄-acetate+EDTA soluble P content well reflected the fertilisation level and nutrient supply condition of the soil. The obtained data can be obtained in the following way: NH₄-acetate+EDTA-P × 1.7 = AL-P. The two methods provide identical nominal soluble K content values. For this reason, both methods are equally suitable for the determination of the K condition of the soil in consulting. The data obtained with the NH₄-acetate+EDTA method do not need specific calibration in terms of supply level limit values. The soluble Al and Sr concentration increased in the ploughed layer by applying superphosphate doses, while the N and Sr content decreased.

Key words: established all-grassland, NPK fertilisation, botanical composition, element uptake

Исследование влияния искусственного удобрения на 10-летнем искусственном газоне

¹И. КАДАР–¹П. РАГАЙИ–²Л. СЕМАН

¹Исследовательский Институт Почвоведения и Агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

²Университет им.Св.Иштвана, Кафедра Газонохозяйства, Гёдёллэ

Резюме

На 37-ом году опыта искусственного удобрения, в 2010, исследовали влияние различных уровней обеспечения N, P, K и их комбинаций на урожай, содержание минеральных элементов и приём элементов 10-летнего восьмикомпонентного, с ведущим растением луговая овсяница (*Festuca pratensis*), без бобовых, смеси газона. Почва места выращивания в пашенном слое содержала 3% гумуса, 3–5% CaCO₃ и 20–22% глины, первоначально была средне обеспечена элементами N и K, а элементами P и Zn относительно слабо. Опыт включал в себя 4N × 4P × 4K = 64 дозы × 2 повторения = всего 128 парцелл. Почвенные воды расположены на глубине 13–15 м, территория чувствительна к засухе. Однако исследованное насаждение в 2010 году во время 1-го покоса получила 319 мм осадков. Несмотря на дальнейшие обильные осадки не получилось собрать привычный сентябрьский 2-ой покос на стареющем 10-летнем газоне. Главные результаты:

На ботанический состав насаждения в основном повлияло удобрение N×P. На хорошо обеспеченной в одиноковой степени азотом и фосфором почве пырей-житняк (широколиственный пырей) достиг 37%-го покрытия, а распространившийся безостый костёр достиг 27%-го покрытия. Тросниковидная овсяница и ясколка распространились при обработках средними дозами N. На неудобренных N парцеллах покрытие бобовыми сорняками превысило 16%, главным образом распространились хмелевая люцерна, вика и пёстрый вязель. Под влиянием удобрения N изменилось покрытие дёрна с 13% до 66%-ов, сорняковое покрытие с 32 до 16%, всё покрытие изменилось с 45% до 82%. Одновременно выросло количество сортов дёрна, а также уменьшилось среднее количество видов сорняков.

Массу сена удобрение N увеличило в 6 раз, а совместное удобрение NP почти в 7 раз. С внесением N улучшилось содержание N, Mn, Cu в сене; с внесением P улучшилось содержание P, S, Sr; с предложением K выросло содержание K. Концентра-

ция других исследованных элементов обычно уменьшалась в растущей массе урожая. В результате взаимовлияний N×P изменялось содержание элементов в следующих пределах: P 0,12–0,31%; Na 25–1302 mg/kg; Sr 9–20 mg/kg; Mo 0,4–1,8 mg/kg; а в обработках N×K изменялось K в пределах 0,86–1,84% . Принятые с урожаем элементы в обработках N×P изменялись в следующих рамках: N 8–132 kg, Ca 3–30 kg, P 2–13 kg, S 1–12 kg, Mg 1–8 kg, Na 0,1–4,2 kg по-гектарно. В обработках N×K изменялись в пределах: K 8–103 kg, Zn 10–138 g, Al 48–243 g, B 7–20 g, Ni 0,4–1,8 g, Co 0,1–0,4g на гектар.

NH₄-ацетат+EDTA растворимое содержание P схоже с традиционным методом аммонийлактат+уксусная кислота хорошо показывал состояние удобрённости, обеспеченности почвы. Данные можно подсчитать: NH₄-ацетат+EDTA-P × 1,7 = AL-P. Эти два метода дают одинаковые номинальные показатели в отношении растворимого содержания K. Значит оба способа в одинаковой степени пригодны для оценки состояния K почвы в профессиональном консультировании. Полученные методом NH₄-ацетат+EDTA данные не требуют отдельной калибровки в области предельных показателей обеспеченности. Концентрация растворимого Al и Sr выросла в пашенном слое с дозами суперфосфата, а удобрение N уменьшило содержание Sr.

Ключевые слова: посеенный газон без бобовых, внесение искусственных удобрений NPK, ботанический состав, приём элементов, исследование почвы

Ключевые слова: посеенный газон без бобовых, внесение искусственных удобрений NPK, ботанический состав, приём элементов, исследование почвы

Bevezetés

Schechtner (1972) Ausztriában összefoglalva a gyakorlati trágyázási tanácsokat megállapítja, hogy a trágyázás célja kettős: növelni a hozamot és javítani a minőséget. Utóbbi magában foglalhatja az értékesebb fűfajok meghonosítását, valamint a takarmány ásványi és szerves összetételének kedvezőbbé tételét. A kielégítő PK-ellátottságot a 150 mg/kg feletti AL-P₂O₅, ill. AL-K₂O tartalom jelezheti a szántott rétegben. Ekkor megelégszenek a terméssel felvett P és K viszszajuttatásával. Véleménye szerint legnagyobb hatású a N-trágyázás, 1 kg N 10–12 kg szárazanyag többletet adhat átlagos viszonyok között. Az 1 számosállat takarmányigényét mintegy 350 kg N felhasználása biztosíthatja kedvező körülmények között.

Angliában, általában Északnyugat-Európában a gyepek terméspotenciálja nagyobb, mint a szántóké. Az egyéb tápelemekkel ellátott talajokon meghatározó a N-trágyázás, illetve a N-ellátás. A 300 kg/ha/év N-adagig a növényi hozamok és ezzel együtt az állati termékek is gyakorlatilag lineárisan növelhetők, a 300–600 kg/ha/év tartományban a terméstöbbség csökkenő, majd 600–1200 kg/ha/év N-kínálattal jelentkezik a depresszió. A termőhely talaja 10–100 kg/ha/év N-t szolgáltathat N-trágyázás nélkül, de ezt általában nem veszik figyelembe a szaktanácsadásban (NAAS 1967, Whitehead 1970).

A N-igényt a pillangósok aránya döntően befolyásolhatja, melyek 200–300 kg/ha/év N-t köthetnek meg Északnyugat-Európa egyes tájain. Új-Zélandon, ahol a herefélék fejlődésére a körülmények rendkívül kedvezőek, a N-kötés akár a 600–700 kg/ha/év mennyiséget is elérheti. Ezért a N-trágyázás itt nem hatékony. Hollandiában viszont fordított a helyzet. A herefélék szerepe elenyésző, a N-trágyázás meghatározó 300 kg/ha/év feletti adagokkal. Szaktanácsadás során a tervezhető termés N-igényén túl a lombanalízis is segítséget nyújthat. A N-gyűjtő pillangósokat is magában foglaló állomány kielégítően ellátottnak tekinthető, amennyiben a N 3,0–3,5%-ot, illetve a NO₃-N a 0,10–0,14%-ot eléri (Whitehead 1970). A 0,25% feletti NO₃-N tartalom a hazai előírások szerint már nem megengedett a takarmányban (Barcsák 2004).

Előző munkáinkban bemutattuk az eltérő tápláltsági szintek és kombinációik hatását a telepített gyepek fejlődésére, termésére, makro- és mikroelem összetételére a kísérlet korábbi éveiben (Kádár 2004, Kádár et al. 2011, Kádár és Ragályi 2011). Értékeljük a műtrágyázás hatását a gyepek takarmányértékére, aminosav tartalmára és hozamára (Kádár és Győri 2004, 2005).

Ami a botanikai összetételt illeti, drasztikus módosulások történtek az évek és a műtrágyázás függvényében. A kísérlet 9. évére az elvetett 8 komponensből 3 növényfaj volt azonosítható: nádképű csenkesz, taréjos búzafű és a csomós ebír. A zöld pántlikafű már az 1. évben sem tudott 1% feletti borítást elérni. A kísérlet 3. évében kipusztult a réti komócsin, 5. évben az angolperje, 6. évben a réti és a vörös csenkesz. Közben a gyomborítás 6%-ra emelkedett és 14%-ot ért el a betelepült magyar rozsnok, az összes növényborítás pedig a kezdeti 99%-ról 64%-ra csökkent. A nádképű csenkesz a 0 és a 100 kg/ha/év N-kezelésben 45–46% borítottságot ért el, az e feletti N-adagnál részaránya 10% alá süllyedt. A tarélyos búzafűnél a 200–300 kg/ha/év N-adag 26–28% borítást eredményezett, míg a N-kontroll parcellán nem is jelent meg. A betelepült magyar rozsnok minden tápláltsági szituációban 10% felett volt képviselve, míg

a csomós ebír 3% borítást jelzett (Szemán *et al.* 2010). Jelen munkánk a 10. kísérleti év eredményeit tárgyalja.

Anyag és módszer

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, Intézetünk nagyhőrcsöki kísérleti telepén. A termőhely löszön képződött karbonátos csernozjom talaja a szántott rétegben mintegy 3–5% CaCO_3 -ot és 3% humuszt tartalmaz. A $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ 7,3, az $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ 60–80 mg/kg, $\text{AL-K}_2\text{O}$ 140–160 mg/kg, KCl -oldható Mg 150–180 mg/kg. Ami a $\text{KCl}+\text{EDTA}$ -oldható mikroelemeket illeti a Mn 80–150 mg/kg, a Cu 2–3 mg/kg, a Zn 1–2 mg/kg értékkel jellemezhető. A hazai szaktanácsadásunkban irányadó határértékek alapján ezek az adatok igen jó Mn, kielégítő Mg és Cu, közepes N és K, valamint gyenge P és Zn ellátottságról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen található, a kísérleti terület az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny.

A N-t megosztva, felét ősze, felét tavasszal alkalmaztuk pétisó formájában 0, 100, 200, 300 kg/ha/év N-adagban. A P és K trágyázás 0, 500, 1000, 1500 kg/ha P_2O_5 illetve K_2O adaggal történik, 5–10 évente ismételve a feltöltést. Legutóbb 1999 őszén végeztünk PK feltöltő trágyázást. A N, P és K műtrágyákat 4–4 szinten adagolva 1973 őszén minden lehetséges kombinációt beállítottunk $4\text{N} \times 4\text{P} = 16 \times 4\text{K} = 64$ kezelés $\times 2$ ismétlés = 128 parcellában. A parcellák mérete $6 \times 6 = 36 \text{ m}^2$, elrendezésük kevert faktoriális. A kísérleti terv, illetve az alkalmazott műtrágyázás lehetővé tette, hogy valamennyi olyan tápláltsági állapotot (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott) és azok változatait létrehozzuk, amelyek a gyakorlatban is előfordulnak, vagy táblaszinten a jövőben előfordulhatnak.

A 37 év alatt 0, 3700, 7400, 11 100 kg/ha N-t használtunk fel. A növények által fel nem vett N 40–60%-át $\text{NO}_3\text{-N}$ formában tudtuk korábban kimutatni a túltrágyázott talajon. Az időnként végzett mélyfúrásaink szerint a $\text{NO}_3\text{-N}$ 20–30 cm/év sebességgel szivároghat lefelé, a kísérlet 17. illetve 22. éve után a beosódás mélysége elérte e termőhelyen a 6 m mélységet (Kádár és Németh 1993; Németh és Kádár 1999). Megemlítjük, hogy 2001-ben az 1 éves gyep alatt a feltalaj $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete drasztikusan lecsökkent, még a 300 kg/ha/év N kezelésekben is, ami visszavezethető jelentős részben a növénybe épült hatalmas N-mennyiségekre. A két kaszálással felvett N földfeletti mennyisége megközelítette a 400 kg/ha tömeget. Akár hasonló lehetett a gyökerekbe épült N mennyisége is.

A 37 év alatt 0, 1500, 3000, 4500 kg/ha P_2O_5 , illetve 2500, 5000, 7500 kg/ha K_2O felhasználásra került sor, mely tükröződik a feltalaj ammóniumlaktát oldható PK-készletén. Megtalálható a gyenge, közepes, igen jó és a káros P-ellátottság. Hasonló a helyzet a talaj mobilis K-készletét illetően. Talajvizsgálatokat 2010 őszén végeztünk. A kísérletben alkalmazott kezeléseket és a talaj szántott rétegének oldható elemtartalmát az 1. táblázat tekinti át. A kísérlet növényi sorrendje a 2. táblázatban tanulmányozható.

1. táblázat. *Kezelések és hatásuk a talaj szántott rétegének AL-oldható elemkészletére 2010-ben (karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)*

Műtrágyázás és talajvizsgálat (1)	Kezelések, illetve műtrágyázási szintek (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	1	2	3		
N (kg/ha/év) (5)	0	100	200	300	-	150
N (kg/ha/37 év) (6)	0	3700	7400	11100	-	5550
P ₂ O ₅ (kg/ha/37 év) (7)	0	1500	3000	4500	-	2250
K ₂ O (kg/ha/37 év) (8)	0	2500	5000	7500	-	3750
AL-P ₂ O ₅ (mg/kg) (9)	82	201	374	600	65	314
AL-K ₂ O (mg/kg) (10)	131	174	240	301	34	212

Table 1. Treatments and their effects on the soluble PK-content in the plough layer, 2010 (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Mezőföld region). (1) Fertilisation and soil analysis, (2) Treatments or fertilisation levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) N kg ha⁻¹ years⁻¹, (6) N kg ha⁻¹ 37 years⁻¹, (7) P₂O₅ kg ha⁻¹ 37 years⁻¹, (8) K₂O kg ha⁻¹ 37 years⁻¹, (9) Ammoniumlactate soluble AL-P₂O₅, (10) AL-K₂O mg kg⁻¹.

A gyeptelepítését a spenót betakarítása után 2000. szeptember 20-án végeztük el 8 komponensből álló gyeptetők keverékével. A vetőmag a Szarvasi Gyepnemesítő Telep (Bikazug) 1999. évi terméséből származott. A viszonylag sok komponens azt a célt szolgálta, hogy kellő borítottság alakulhasson ki és tájékozódjunk arról, mely fajok alkalmasak e termőhelyre.

Az alkalmazott fűmag keverék adag 60 kg/ha volt, amelynek 25%-át (15 kg) a réti csenkesz (*Festuca pratensis*); 21–21%-át (12,6 kg) a nádképi csenkesz (*Festuca arundinacea*) és az angol perje (*Lolium perenne*), 9%-át (5,4 kg) a taréjos búzafű (*Agropyron cristatum*), valamint 6–6%-át (3,6 kg) a vörös csenkesz (*Festuca rubra*), a réti komócsin (*Phleum pratense*), a zöld pántlikafű (*Phalaris arundinacea*) és a csomós ebír (*Dactylis glomerata*) tette ki.

2. táblázat. *Növényi sorrend a kísérletben 1974–2013 között
(karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)*

N°	Évek (1)	Kísérleti növény (2)	N°	Évek (1)	Kísérleti növény (2)
1.	1974	Búza (3)	21.	1994	Sárgarépa (21)
2.	1975	Búza (3)	22.	1995	Rozs (22)
3.	1976	Kukorica (4)	23.	1996	Köles (23)
4.	1977	Kukorica (4)	24.	1997	Bab (24)
5.	1978	Burgonya (5)	25.	1998	Olaszperje (25)
6.	1979	Őszi árpa (6)	26.	1999	Olaszperje (25)
7.	1980	Zab (7)	27.	2000	Spenót (26)
8.	1981	Cukorrépa (8)	28.	2001	Gyep (27)
9.	1982	Napraforgó (9)	29.	2002	Gyep (27)
10.	1983	Mák (10)	30.	2003	Gyep (27)
11.	1984	Repce (11)	31.	2004	Gyep (27)
12.	1985	Mustár (12)	32.	2005	Gyep (27)
13.	1986	Sörárpa (13)	33.	2006	Gyep (27)
14.	1987	Olajlen (14)	34.	2007	Gyep (27)
15.	1988	Szója(15)	35.	2008	Gyep (27)
16.	1989	Rostkender (16)	36.	2009	Gyep (27)
17.	1990	Borsó (17)	37.	2010	Gyep (27)
18.	1991	Tritikále (18)	38.	2011	Gyep (27)
19.	1992	Cirok (19)	39.	2012	Gyep (27)
20.	1993	Silókukorica (20)	40.	2013	Gyep (27)

Table 2. Crop sequence in the experiment between 1974–2013 (calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, Mezőföld region). (1) Years, (2) Crop species, (3) Winter wheat, (4) Maize, (5) Potato, (6) Winter barley, (7) Oat, (8) Sugarbeet, (9) Sunflower, (10) Poppy, (11) Rapeseed, (12) Mustard, (13) Spring barley, (14) Oilflax, (15) Soybean, (16) Flax, (17) Pea, (18) Triticale, (19) Sorghum, (20) Fodder maize, (21) Carrot, (22) Rye, (23) Millet, (24) Bean, (25) Italian ryegrass, (26) Spinach, (27) Grasses.

A vetőmagkeverék fajonkénti tömegéből, a fajok ezerszemtömege alapján meghatároztuk az egyes gyepalkotók telepítés után várható növényállomány arányát. Amint a 3. táblázatban látható, növényarány szerint vezérnövényünk, a réti csenkesz 18%-ot képvisel, a nádképi csenkesz 12%, az angolperje 13%, a taréjos búzafű 6%, a vörös csenkesz 8%, réti komócsin 19%, zöld pántlikafű 15% és a csomós ebír 9% részesedést adott. A vezérnövény virágzása előtti, bim-

bózási stádiumban évente általában 2–2 kaszálást végzünk, míg a szárazabb években csak egy kaszálásra kerül sor. A parcellák szegélyétől 1,4 m-eket jobbról és balról hagyva $3,2 \times 6 = 19,2 \text{ m}^2$ nettó parcellák területét értékeljük az eke általi korábbi talajáthordás hatásának kizárása céljából.

3. táblázat. A kísérletben elvetett fűmagkeverék összetétele

Sorszám N°	Fűmagkeverék összetevői, komponensek (1)	Vetett mag (kg/ha) (2)	Ezermagtömeg szerinti fajarány (%) (3)
1.	Réti csenkesz (<i>Festuca pratensis</i>) (4)	15,0	18
2.	Nádképi csenkesz (<i>Festuca arundinacea</i>) (5)	12,6	12
3.	Angol perje (<i>Lolium perenne</i>) (6)	12,6	13
4.	Taréjos búzafű (<i>Agropyron pectinatum</i>) (7)	5,4	6
5.	Vörös csenkesz (<i>Festuca rubra</i>) (8)	3,6	8
6.	Réti komócsin (<i>Phleum pratense</i>) (9)	3,6	19
7.	Zöld pántlikafű (<i>Phalaris arundinacea</i>) (10)	3,6	15
8.	Csomós ebir (<i>Dactylis glomerata</i>) (11)	3,6	9
	Összesen (12)	60,0	100

Table 3. Seed mixture of sown grass species. (1) Components of grass mixture, (2) Sown seed (kg ha^{-1}), (3) Ratio of grass species based on 1000-kernel weight (%), (4) Meadow fescue, (5) Tall fescue, (6) Perennial ryegrass, (7) Agropyron, (8) Red fescue, (9) Timothy, (10) Reed canarygrass, (11) Cocksfoot, (12) Total.

Laboratóriumi növényvizsgálatok céljára, parcellánként 20–20 helyről a fűkasza után, átlagmintákat vettünk. Mintáknak mértük a friss és légszáraz tömeget 50°C -on történt szárítást követően, majd finomra őröltük és 23–25 elemre vizsgáltuk $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ roncsolás után, ICP technikát alkalmazva. A N-tartalmat hagyományos $\text{cc.H}_2\text{SO}_4 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ feltárásból határoztuk meg. A $\text{NO}_3\text{-N}$ készletét 1:800 arányú desztillált vizes kivonatból mértük *Thammné* (1990) által ajánlott módszerrel, a Cl-iont pedig 1:5 vizes kivonatból argentometrián. A talajok vizsgálatait, valamint a KCl-kicserélhető $\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$ mérését a *MÉMNAK* (1978), illetve *Baranyait et al.* (1987) által javasolt módon végeztük. A $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ feltárással becsült „összes” elemtartalmakat az *MSZ 21470-50* (2006) szabvány szerint mértük. Az összes N-t hagyományos

cc.H₂SO₄+cc.H₂O₂ feltárásból határoztuk meg az *ISO 11261* (1995) szerint módosított *Kjeldahl* (1883) eljárással.

Kaszálásonként és parcellánként rendszeresen bonitáltuk a növényállomány fejlettségét, borítottságát, magasságát. A botanikai összetétel vizsgálatát és a fajok százalékos borítottságának becslését dr. Szemán László (SZIE Gödöllő) végezte szemrevételezéssel. A telepítés előtt talajmintákat vettünk a szántott rétegből parcellánként 20–20 pontminta/lefűrés egyesítésével. A mintákban meghatároztuk a NH₄-acetát+EDTA-oldható makro- és mikroelemeket *Lakanen és Erviö* (1971), valamint az NH₄-laktát-oldható PK tartalmat *Egnér et al.* (1960) szerint.

Csapadékelátottság. A vizsgált 2010. év kimondottan csapadékban gazdag volt. Az éves csapadékösszeg 861 mm-t tett ki, a telepen mért 536 mm 50 éves átlagot 61%-kal haladta meg. Januárban 35, februárban 57, márciusban 12, áprilisban 56, májusban 130, júniusban 139, júliusban 44, augusztusban 132, szeptemberben 115 mm eső esett. Az 1. kaszálás június 7-én történt, az állomány a júniusi csapadékból ez ideig 29 mm-rel részesült. A gyeptehát 2010-ben az 1. kaszálás idejéig 319 mm esőt kapott. Ezen túlmenően hasznosította az előző év őszi-téli csapadékát is, mely 191 mm-t tett ki még a 2009. évi 2. kaszálás után. Összességében tehát 510 mm vízkészlettel rendelkezhetett, amennyiben az előző év őszi-téli csapadéka is a talaj vízkészletét gazdagította. Megemlítjük, hogy az 1. kaszálást követően júniusban, júliusban, augusztusban és szeptemberben összesen még 401 mm csapadékban részesült a terület. Ennek ellenére 2. kaszálásra nem került sor. Az előregedő gyept nem fejlesztett betakarításra érdemes hajtástömeget, sarjút szeptember végére, a 2. kaszálás idejére.

Eredmények értékelése

A botanikai felvételezést május 20-án végeztük. A fűfajok átlagos borítottságát parcellánként becsültük meg, a %-os borítottság adatait statisztikailag értékeltük. Amint a 4. táblázatban látható, a botanikai összetételt az N×P trágyázás drasztikusan módosította. A taréjos búzafű a N-nel és P-ral egyaránt bőségesen ellátott kezelésekben 37% borítottságot ért el, míg N nélküli parcellákban meg sem jelenik. Vetéskor 6% növényarányt képviselt a keverékben. A magyar rozsnok a vetőmag keverékben nem szerepelt. Betelepült faj. Trágyaigényes. A

kísérlet 10. évében már 20% feletti borítást jelez a jó NP-ellátottságon, de az átlagos borítottsága is 15%-ot ér el.

4. táblázat. A N×P ellátás hatása a gyep botanikai összetételére 2010. 05. 20-án (borítottsági % a K-kezelések átlagában) (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

AL-P ₂ O ₅ (mg/kg)	N-trágyázás (N kg/ha/év)				SzD _{5%} (2)	Átlag (3)	N-trágyázás (N kg/ha/év)				SzD _{5%} (2)	Átlag (3)
	(1)						(1)					
	0	100	200	300			0	100	200	300		
	Taréjos búzafű (4)					Madárhúr (7)						
82	0	4	16	22		10	15	17	12	10		13
201	0	6	28	29	6	16	5	21	4	0	8	7
374	0	6	32	31		17	3	15	1	1		5
600	0	10	37	37		21	9	11	0	0		5
Átlag (3)	0	6	28	30	3	16	8	16	4	3	4	8
	Magyar rozsnok (5)					Pászortáska (8)						
82	3	9	11	14		9	0	0	1	0		0
201	4	7	27	28	8	16	0	6	8	6	6	5
374	6	13	20	27		16	0	11	9	6		7
600	4	15	21	28		17	0	4	7	11		5
Átlag (3)	4	11	20	24	4	15	0	5	6	6	3	4
	Nádképű csenkesz (6)					Aprószulák (9)						
82	8	32	18	18		19	2	2	5	6		4
201	6	20	7	6	8	10	1	0	1	2	4	1
374	11	27	8	6		13	0	0	4	4		2
600	7	29	9	3		12	0	0	2	1		1
Átlag (3)	8	27	10	8	4	13	1	1	3	3	2	2

Table 4. The effect of N×P supply on the botanical composition of grass on 20th May 2010 (coverage % averaged over the K treatments) (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Mezőföld region). (1) N fertilisation (N kg ha⁻¹ year⁻¹), (2) LSD_{5%}, (3) Average, (4) Agropyron, (5) Smooth brome, (6) Tall fescue, (7) Cerastium, (8) Cassweed, (9) Field bindweed.

A nádképű csenkesz 12% növényarányt képviselt 2000 szeptemberében. Kintűnik közepes N-igényével. A 100 kg/ha/év N-adagú kezelésekben 27%-os borítottsággal szerepel. A N-hiányos és a N-túlsúlyos parcellákban a borítása 8–10%-ra

esik vissza. A madárhúr az előző években nem fordult elő érdemben. A közepes N-ellátottságú kezelésekben 16%-ot ért el a borítása, míg a N és P túlsúlyos talajon nem fejlődött. Jelentős arányt, átlagosan 13%-ot képvisel a P-kontroll parcellákon. Megjelent még a pásztortáska átlagosan 4%-kal, illetve az apró szulák 2%-kal. Az átlagfeletti borítást mindkét gyomfaj a NP trágyázott talajon mutatta (4. táblázat).

A N-hiányos kezelésben betelepült pillangósok borítása a 16%-ot is meghaladta. A komlós lucerna közel 10, a kaszanyűg bükköny 5, a tarka koronafürt 2% borítottságot képviselt 2010-ben. A N-nel kezelt parcellákon a pillangósok borítása 0% körül maradt. A N-kontroll talajon a gyepek jórészt kipusztultak, a gyomok borítása (pillangós és nem pillangós) viszont 32%-ot ért el. A N-trágyázás nyomán a gyomborítás 16%-ára esett, míg gyp+gyom együttes borítása a N-kontroll talajon becsült 45%-ról 82%-ra emelkedett. Ezzel párhuzamosan a gypfajok átlagos száma is igazolhatóan nőtt, míg a gyomfajszám némileg visszaszorult a PK kezelések átlagában. A P és K javuló ellátottság átlagosan szintén 4-4% összes borításnövekedést eredményezett, így a maximális összes fedtség a bőséges NPK trágyázással elérte a 90%-ot (5. táblázat).

Az 1. kaszálás előtt, június 7-én végzett állománybonítálásunk szerint a N-hiányos talajon a gyp kicsi, ritka és sárga maradt a P-ellátottságtól függetlenül. A N-nel jól ellátott parcellákon magas, sűrű és sötétzöld fűtömeg képződött. Az átlagos növénymagasság az NP-kontroll talajon 7 cm-t, a jó NP-ellátottnon 80-90 cm-t ért el. A fű légszáranyag %-át mind a N, mind a P növelte, amennyiben a nagyságrenddel nagyobb termés a talaj vízkészletét feltehetően jobban kimerítette. A légszár széna tömege 0,7 t/ha-ról 7,1 t/ha-ra emelkedett. A K-trágyázás átlagosan 0,7 t/ha szénatöbbletet adott, némileg növelte az átlagos növénymagasságot és mérsékelte 2,6%-kal a légszáranyag-tartalmat (6. táblázat).

A N-trágyázással nőtt a széna N, Mn és Cu koncentrációja. A korábbi években megfigyeltekhez hasonlóan a mérsékelt 100 kg/ha/év N-adag nyomán a széna Na-tartalma nagyságrenddel emelkedett, majd a további N-adagolással visszaesett. A N-kínálat javulásával viszont hígulás lépett fel a K, Ca, P, Mg, Sr, B, Mo elemekben. A P-kínálattal nőtt a P, S és Sr koncentrációja. A szuperfoszfát műtrágya összetételéből eredően foszfor, kén és a stroncium elemeknek is forrása. Mérséklődött ugyanakkor a Na, Zn és a Mo beépülése a növényi szövetekbe, érvényesült a P-Zn, P-Mo antagonizmus. A K-trágyázás eredményeképpen a K %-a emelkedett, míg a kationantagonizmus jelensége a Mg és Na felvételének gátlásához vezetett (7. táblázat).

5. táblázat. *N-ellátottság hatása a 10. éves gyep botanikai összetételére 2010. 05. 20-án (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)*

Vizsgált jellemzők (1)	N-trágyázás (N kg/ha/év) (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	100	200	300		
Gyepfajok borítása (%) (5)						
Taréjos búzafű (7)	0	6	28	30	3	16
Magyar rozsnok (8)	4	11	20	24	4	15
Nádképű csenkesz (9)	8	27	10	8	4	13
Csomós ebír (10)	1	3	4	3	1	3
Zöld pántlikafű (11)	0,0	0,0	0,4	1,1	0,6	0,4
Gyep összesen (12)	13	48	62	66	5	47
Gyomfajok borítása (%) (6)						
Madárhúr (13)	8	16	4	3	4	8
Pásztortáska (14)	0	5	6	6	3	4
Komlós lucerna (15)	10	0	0	0	3	2
Kaszanyűg bükköny (16)	5	0	0	0	4	1
Tarka koronafürt (17)	2	0	0	0	1	1
Vadrezeda (18)	0	1	1	1	2	1
Egyéb gyomok (19)	5	3	3	3	2	4
Ebből összes pillangós (20)	16	0	0	0	4	4
Gyom összesen (21)	32	26	18	16	6	23
Gyom+gyep (22)	45	74	80	82	5	70
Gyepfaj (23)	2,2	3,4	3,9	4,1	0,3	3,4
Gyomfaj (24)	2,6	2,2	2,2	2,2	0,4	2,3

Megjegyzés: A P és a K javuló ellátottsága átlagosan 4–4%-os összes (gyep+gyom) borításnövelést eredményezett. A maximális összes fedettség a PK-val is jól ellátott parcellákon elérte a 90%-ot.

Table 5. The effect of N supply on the botanical composition of the 10-year-old grassland grass on 20th May 2010 (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Mezőföld region). (1) Examined characteristics, (2) N fertilisation (N kg ha⁻¹ year⁻¹), (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Coverage of grass species (%), (6) Coverage of weed species (%), (7) Chested wheatgrass, (8) Smooth brome, (9) Tall fescue, (10) Cocksfoot, (11) Reed canarygrass, (12) Grass total, (13) Cerastium, (14) Cassweed, (15) Black medic, (16) Tufted vetch, (17) Crown vetch, (18) Wild mignonette, (19) Other weeds, (20) Of them: other legumes, (21) Weeds total, (22) Weeds + grass, (23) Grass species, (24) Weed species. Note: the improving P and K supply resulted in 4–4% total coverage increase (grass + weed) on average. The maximum coverage reached 90% on plots well supplied with PK.

6. táblázat. *N×P ellátottság hatása a gyepek fejlődésére és termésére a K-kezelések átlagában 2010. június 7-én (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)*

AL-P ₂ O ₅ (mg/kg)	N-trágyázás (N kg/ha/év) (1)				SzD _{5%} (2)	Átlag (3)
	0	100	200	300		
Bonitálás*						
82	1,0	3,5	3,9	4,2		3,2
201	1,2	2,5	4,5	4,9	0,8	3,3
374	1,2	3,2	4,9	5,0		3,6
600	1,2	3,6	4,9	4,9		3,7
Átlag (3)	1,2	3,2	4,5	4,8	0,4	3,4
Átlagos növénymagasság (cm) (4)						
82	7	41	53	63		41
201	9	46	82	86	14	56
374	19	62	78	92		63
600	13	73	84	81		63
Átlag (3)	12	55	74	81	7	56
Légszáranyag (%) (5)						
82	36	32	37	37		36
201	36	37	39	40	3	38
374	34	40	41	40		39
600	38	38	41	40		39
Átlag (3)	36	37	40	39	2	38
Légszár szén (t/ha) (6)						
82	0,7	2,9	4,3	5,5		3,3
201	1,7	3,0	6,0	6,7	1,2	4,4
374	1,2	4,5	6,5	7,3		4,9
600	0,8	4,8	6,7	7,1		4,8
Átlag (3)	1,1	3,8	5,9	6,6	0,6	4,4

*Bonitálás: 1= kicsi, ritka, sárga; 5= magas, sűrű, sötétzöld állomány. Megjegyzés: K-trágyázás átlagosan 0,7 t/ha szénatöbbletet adott, némileg növelte az állománymagasságot és 2,6%-kal mérsékelte a légszáranyag tartalmát.

Table 6. The impact of N×P supply on the development and yield of grass averaged over K treatments on 7th June 2010 (calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsök, Mezőföld region). (1) N fertilisation (N kg ha⁻¹ year⁻¹), (2) LSD_{5%}, (3) Average, (4) Average crop height (cm), (5) Air dry material (%), (6) Air dry hay (t ha⁻¹). *Classification: 1= small, rare, yellow; 5= tall, thick, dark green population. Note: on average, the K fertilisation resulted in 0.7 t ha⁻¹ yield surplus and it somewhat increased population height and decreased the air dry material content by 2.6%.

7. táblázat. NPK ellátottság hatása a gyepszéna összetételére 2010. 06. 07-én
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	N-trágyázás (N kg/ha/év) (3)				SzD _{5%} (4)	Átlag (5)
		0	100	200	300		
N	%	1,22	1,29	1,66	1,79	0,20	1,49
K	%	1,72	1,26	1,05	1,09	0,11	1,28
Ca	%	0,48	0,42	0,38	0,38	0,06	0,42
P	%	0,29	0,17	0,16	0,16	0,02	0,19
S	%	0,16	0,13	0,15	0,15	0,02	0,15
Mg	%	0,14	0,14	0,11	0,11	0,02	0,12
Na	mg/kg	112	1066	224	162	268	391
Mn	mg/kg	58	68	69	72	9	67
Sr	mg/kg	17	15	14	14	2	15
B	mg/kg	5,7	4,1	3,4	3,1	0,7	4,1
Cu	mg/kg	3,6	3,9	4,9	4,8	0,7	4,3
Mo	mg/kg	1,7	1,2	0,7	0,6	0,2	1,0
Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	AL-oldható P ₂ O ₅ (mg/kg) (6)				SzD _{5%} (4)	Átlag (5)
		82	201	374	600		
P	%	0,15	0,19	0,21	0,22	0,02	0,19
S	%	0,14	0,14	0,15	0,16	0,02	0,15
Na	mg/kg	627	387	277	273	268	391
Zn	mg/kg	24	18	15	15	3	18
Sr	mg/kg	10	14	17	18	2	15
Mo	mg/kg	1,3	1,0	0,9	0,9	0,2	1,0
Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	AL-oldható K ₂ O (mg/kg) (7)				SzD _{5%} (4)	Átlag (5)
		130	170	235	299		
K	%	1,01	1,15	1,39	1,58	0,11	1,28
Mg	%	0,13	0,14	0,12	0,11	0,02	0,12
S	%	0,16	0,15	0,14	0,14	0,02	0,15
Na	mg/kg	490	692	275	107	268	391

Megjegyzés: Fe 109, Al 42, Ba 5, Ni 0,3 és a Co 0,07 mg/kg átlagosan a kezelésektől függetlenül. A Se 0,6; As 0,4; Pb 0,3; Hg 0,12; Co 0,04; Cd 0,02 mg/kg kimutatási határ alatt.

Table 7. The impact of NPK supply on the composition of grass hay on 7th June 2010 (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Mezőföld region). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) N fertilisation (N kg ha⁻¹ year⁻¹), (4) LSD_{5%}, (5) Average, (6) AL-soluble P₂O₅ (mg kg⁻¹), (7) AL-soluble K₂O (mg kg⁻¹). Note: Average values independently of treatments: Fe 109, Al 42, Ba 5, Ni 0,3 and Co 0.07 mg kg⁻¹. The following values were below the level of detection: Se 0.6; As 0.4; Pb 0.3; Hg 0.12; Co 0.04; Cd 0.02 mg kg⁻¹.

Az N×P elemek közötti kölcsönhatások eredményeképpen a P 0,12–0,31%; Na 25–1302 mg/kg; Sr 9–20 mg/kg; Mo 0,4–1,8 mg/kg koncentráció tartományban változott. A P és a Sr esetében tehát több mint 2-szeres, a Sr esetén 3-szoros, a Mo esetén 4,5-szeres, míg a Na esetében 52-szeres módosulás történt. Takarmányozási szempontból ez azt is jelenti, hogy ugyanazon a talajon vagy termőhelyen a műtrágyázás függvényében képződhet kifejezetten Na-hiányos vagy Mo-hiányos széna. Az N×K ellátottság függvényében pedig a takarmány K-tartalma ingadozhat széles tartományban (8. táblázat).

A földfeletti terméssel kivont elemek mennyiségét a termés tömegének és az összetételének szorzata adja. Ebből kifolyólag a hektáronként felvett elemek mennyisége a kezelésektől, a tápláltsági szituációktól, tehát az elemek közötti kölcsönhatásoktól függően igen széles sávban ingadozhat. Amint a 9. táblázat adataiból kitűnik, a N 8–132 kg, Ca 3–30 kg, P 2–13 kg, S 1–12 kg, Mg 1–8 kg, Na 0,1–4,2 kg tartományban szórt az N×P ellátottság függvényében.

Megemlítjük, hogy ugyanitt a Fe 80–866 g, Mn 38–530 g, Sr 8–120 g, Ba 4–41 g, Cu 2–32 g, Mo 1–3 g sávban ingadozott az N–P kínálat függvényében. A N×K kezeléseknél a K 8–103 kg, Na 0,1–6,4 kg, Zn 10–138 g, Al 48–143 g, B 7–20 g, Ni 0,4–1,8 g, Co 0,1–0,4 g minimum-maximum értékeket jelzett hektáronként. Az As, Pb, Hg, Co, Cd g/ha kimutatási határ alatt maradt. Az adatok részletesebb közlésétől, a terjedelmes N×P, illetve N×K kétirányú táblázatok bemutatásától hely hiányában eltekintünk.

Talajvizsgálataink szerint az N×P trágyázás nyomán változott a Mg, P, Al, Sr, míg az N×K trágyázással az NH₄-acetát+EDTA oldható K koncentrációja a szántott rétegben, a kísérlet 37. évében, 2010-ben. Eredmények a 10. táblázatban tanulmányozhatók. Megállapítható, hogy az e módszerrel mért Mg-tartalom némileg mérséklődik a P, illetve szignifikánsan emelkedik a N adagolással. A műtrágyákat 25–28%-os pétisó, 18%-os szuperfoszfát és 50–60%-os kálisó formában alkalmaztuk. A pétisó 2% körüli Mg-szennyezettségét figyelembe véve 200 kg/ha Mg-bevitelre kerülhetett sor maximálisan a 37 év alatt. A növényi kivonás ezt becsléseink, illetve számításaink szerint 3–4-szeresen haladta meg. A talajok Mg-készlete valójában nem nőtt, hanem csökkent. Csupán a NH₄-acetát+EDTA oldható Mg-tartalom emelkedett, tehát a Mg kémiai oldhatósága a N-trágyázás nyomán. A P-trágyázás a terméstömeget növelve szintén szegényíthette a talajt, mely azonban tükröződik is a csökkenő oldható Mg-tartalomban.

8. táblázat. A N×P és N×K ellátottság hatása a gyepszéna elemtartalmára 2010. 06. 07-én
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld)

AL-P ₂ O ₅ (mg/kg)	N-trágyázás (N kg/ha/év) (1)				SzD _{5%} (2)	Átlag (3)
	0	100	200	300		
P%						
82	0,25	0,11	0,11	0,12		0,15
201	0,29	0,17	0,15	0,15	0,04	0,19
374	0,30	0,19	0,17	0,17		0,21
600	0,31	0,21	0,18	0,19		0,22
Átlag (3)	0,29	0,17	0,16	0,16	0,02	0,19
Na (mg/kg)						
82	124	1302	662	422		627
201	106	1182	98	161	536	387
374	91	929	62	25		277
600	127	849	74	41		273
Átlag (3)	112	1066	224	162	268	391
Sr (mg/kg)						
82	12	10	10	9		10
201	15	16	14	13	4	14
374	20	15	15	16		16
600	20	19	17	17		18
Átlag (3)	17	15	14	14	2	15
Mo (mg/kg)						
82	1,8	1,6	1,0	0,9		1,3
201	1,6	1,2	0,8	0,6	0,4	1,0
374	1,8	0,8	0,5	0,4		0,9
600	1,8	0,9	0,5	0,4		0,9
Átlag (3)	1,7	1,2	0,7	0,6	0,2	1,0
AL-K ₂ O (mg/kg)	N-trágyázás (N kg/ha/év) (1)				SzD _{5%} (2)	Átlag (3)
	0	100	200	300		
K%						
130	1,49	0,90	0,77	0,86		1,01
170	1,71	1,03	0,92	0,94	0,22	1,15
235	1,82	1,45	1,16	1,12		1,39
299	1,84	1,67	1,35	1,45		1,58
Átlag (3)	1,72	1,26	1,05	1,09	0,11	1,28

Table 8. The impact of N×P and N×K supply on the element content of grass hay on 7th June 2010 (calcareous loamy chernozem, Nagyhörscök, Mezőföld region). (1) N fertilisation (N kg ha⁻¹ year⁻¹), (2) LSD_{5%}, (3) Average.

9. táblázat. A N×P ellátás hatása a gyepszéna elemfelvételére 2010. 06. 09-én
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

AL-P ₂ O ₅ (mg/kg)	N-trágyázás (N kg/ha/év) (1)				SzD _{5%} (2)	Átlag (3)
	0	100	200	300		
N (kg/ha)						
82	8	42	71	98		55
201	29	41	102	116	20	72
374	17	52	106	132		77
600	9	57	109	127		75
Átlag (3)	16	48	97	118	10	70
Ca (kg/ha)						
82	3	11	15	17		12
201	9	14	24	27	6	19
374	8	17	25	30		20
600	3	20	26	27		19
Átlag (3)	6	16	22	26	3	17
P (kg/ha)						
82	1,7	3,1	4,9	6,6		4,1
201	4,9	5,1	9,2	10,2	2,6	7,4
374	3,7	8,6	11,3	12,3		9,0
600	2,5	10,2	12,0	13,1		9,5
Átlag (3)	3,2	6,7	9,3	10,6	1,3	7,5
S (kg/ha)						
82	1,1	3,8	5,9	7,3		4,5
201	2,7	3,6	8,0	9,7	1,8	6,0
374	2,0	5,4	9,9	12,2		7,4
600	1,3	6,0	11,0	12,0		7,6
Átlag (3)	1,8	4,7	8,7	10,3	0,9	6,4
Mg (kg/ha)						
82	1,0	4,3	4,7	5,3		3,8
201	2,2	4,7	6,8	8,0	1,6	5,4
374	1,9	4,9	6,2	7,9		5,2
600	1,0	6,2	6,9	8,1		5,6
Átlag (3)	1,5	5,0	6,2	7,4	0,8	5,0
Na (kg/ha)						
82	<0,1	3,5	2,9	2,1		2,1
201	0,1	3,2	0,5	1,0	1,0	1,2
374	0,1	3,7	0,4	0,2		1,1
600	<0,1	4,2	0,5	0,3		1,3
Átlag (3)	0,1	3,7	1,1	0,9	0,5	1,4

Table 9. The impact of N×P supply on the element uptake of grass hay on 9th June 2010 (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Mezőföld region). (1) N fertilisation (N kg ha⁻¹ year⁻¹), (2) LSD_{5%}, (3) Average.

10. táblázat. A N×P ellátás hatása a gyepszéna elemfelvételére 2010. 06. 09-én
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscsök, Mezőföld)

AL-P ₂ O ₅ (mg/kg)	N-trágyázás (N kg/ha/év) (1)				SzD _{5%} (2)	Átlag (3)
	0	100	200	300		
Fe (g/ha)						
82	78	293	370	525		317
201	177	244	635	866	107	481
374	113	359	557	635		416
600	92	390	726	574		445
Átlag (3)	115	322	572	650	53	415
Mn (g/ha)						
82	38	184	237	357		204
201	91	225	515	530	72	340
374	68	259	437	518		321
600	49	360	431	515		339
Átlag (3)	62	257	405	480	36	301
Sr (g/ha)						
82	8	30	43	47		32
201	31	48	81	88	22	62
374	31	65	96	114		76
600	14	91	111	120		84
Átlag (3)	21	58	83	92	11	64
Ba (g/ha)						
82	4	14	17	25		15
201	7	20	28	30	6	21
374	7	21	35	36		25
600	3	23	34	41		25
Átlag (3)	5	20	28	33	3	22
Cu (g/ha)						
82	2	13	24	25		16
201	7	12	27	34	6	20
374	5	16	26	35		20
600	2	17	38	32		22
Átlag (3)	4	14	29	31	3	20
Mo (g/ha)						
82	1,2	4,7	4,4	4,6		3,7
201	2,6	3,5	4,5	4,2	1,2	3,7
374	2,2	3,8	3,3	2,9		3,1
600	1,4	4,4	3,2	2,9		3,0
Átlag (3)	1,8	4,1	3,8	3,6	0,6	3,4

Table 10. The impact of N×P supply on the element uptake of grass hay on 9th June 2010 (calcareous loamy chernozem, Nagyhörscsök, Mezőföld region). (1) N fertilisation (N kg ha⁻¹ year⁻¹), (2) LSD_{5%}, (3) Average. Note: average values: Ca 12 409, Al 91, Fe 78, Ba 19, Na 16, Cd 0.13 mg kg⁻¹.

Vizsgálataink szerint a hazai szuperfoszfátok átlagosan 20% körüli Ca, 13% S, 8% P és 1% Sr tartalommal bírtak (Kádár 1992). A P-trágyázás kumulatív hatását az AL-oldható és az NH₄-acetát+EDTA oldható P-tartalom egyaránt jól tükrözi. A két módszer főátlagait tekintve megállapítható, hogy az AL-P × 1,7 = NH₄+EDTA-oldható P-tartalommal. Tehát az adatok egyszerűen átszámíthatók, transzformálhatók ezen a talajon. Az oldható Al-tartalom mérsékelten, de igazolhatóan emelkedik mind a P, mind a N adagolással. Az oldható Sr mennyisége nőtt a P-trágyázással, a pozitív Sr-mérleggel, ugyanakkor mérséklődik a N-bősséggel, ahol a növényi felvétel is nagyságrenddel nagyobb lehet (10. táblázat). Nem kizárható az Al és Sr foszfátok képződése a Ca foszfátok túlsúlya mellett.

Az oldható K a szántott rétegben erősen változik az N×K kezeléseknél. A vizsgált homokos vályog K-készlete viszonylag látványosan csökken K-trágyázás nélkül a N-nel kielégítően ellátott talajon, ahol megfelelő termésmegképződik. A N-nel nem trágyázott parcellákon viszont az oldható K-készletben a dúsulás is kifejezett. Az is megállapítható, hogy az AL-oldható módszer gyakorlatilag azonos értékeket mutat átlagait tekintve, mint az NH₄-acetát+EDTA módszerrel mért. Az oldható S koncentrációja is szignifikáns emelkedést mutatott a N-kínálattal. A kezelésektől függetlenül a Ca 12 409, Al 91, Fe 78, Ba 19, Na 16, Cd 0,13 mg/kg átlagos tartalmat mutatott (10. táblázat).

IRODALOM

- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.: 1987. A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Barcsák Z.: 2004. Biogyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Egnér, H.–Riehm, H.–Domingo, W. R.: 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. Lantbr. Högsk. Ann. 26: 199–215.
- ISO 11261: 1995. Soil Quality. Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl method.
- Kádár I.: 1992. A növény táplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Kádár I.: 2004. Műtrágyázás hatása a telepített gyeptermesésre és N-felvételére 1. Gyepgazd. Közl. 2: 36–45.
- Kádár I.–Németh T.: 1993. Nitrát bemosódásának vizsgálata műtrágyázási kísérletben. Növénytermelés. 42. 3: 331–338.
- Kádár I.–Győri Z.: 2004. Műtrágyázás hatása a telepített gyeptermesésre és tápanyaghozamára 2. Gyepgazd. Közl. 2: 46–56.

- Kádár I.–Győri Z.:* 2005. Műtrágyázás hatása a telepített gyeper aminosav tartalmára és hozamára. 5. Gyepgazd. Közl. 3: 11–20.
- Kádár I.–Vinczeffy I.–Ragályi P.:* 2011. Műtrágyahatások vizsgálata 6. éves telepített gyeperen. Gyepgazdálkodási Közlemények. 2010/2011. 1: 19–30.
- Kádár I.–Ragályi P.:* 2011. Műtrágyahatások vizsgálata 7. éves telepített gyeperen. Növénytermelés. 60. 4: 69–93.
- Kjeldahl, J.:* 1883. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Zeitschr. f. analyt. Chemie. 22: 366–382.
- Lakanen, E.–Erviö, R.:* 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123: 223–232.
- MÉM NAK:* 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest. 48.
- MSZ 21470-50:* 2006. Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Az összes és oldható toxikus elem, nehézfém és Cr (VI) tartalmának meghatározása. Magyar Szabványügyi Testület. Budapest. 33.
- NAAS:* 1967. Fertilizer recommendation for agricultural and horticultural crops. National Agricultural Advisory Service. Advis. Pap. N.4. Minist. Agric. Fish. Fd.
- Németh T.–Kádár I.:* 1999. Nitrát bemosódásának vizsgálata és a N-mérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. 48: 377–386.
- Schechtner, G.:* 1972. Das 1x1 der Grünlandwirtschaft. Beratungsschrift N. 31. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wien. Austria.
- Szemán L.–Kádár I.–Ragályi P.:* 2010. Műtrágyázás hatása a telepített pillangós nélküli gyeper botanikai összetételére. Növénytermelés. 59. 1: 85–105.
- Thamm F.-né:* 1990. Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. Agrokémia és Talajtan. 39: 191–206.
- Whitehead, D. C.:* 1970. The role of nitrogen in grassland productivity. Commonwealth Agric. Bureaux. Bulletin N. 48. Hurley. Berkshire. England.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

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

Dr. Szemán László
SZIE Gyepgazdálkodási Tanszék
Gödöllő
Páter K. u. 1.
H-2103

Időjárési extremitások a napraforgó-termesztésben II. – A kritikus agrotechnikai tényezők szerepe a termésmennyiség növelésében

SZABÓ ANDRÁS

Debreceni Egyetem

Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A korszerű napraforgó hibridek környezeti érzékenysége jelentős. Napjaink hibridjeinek megfelelő átlagos vagy intenzív agrotechnikai modellek kidolgozása egyre sürgetőbb feladattá válik, ami által a termésbiztonság fokozható, valamint a termésmennyiség és minőség növelhető illetve javítható.

A napraforgó termesztésben az agrotechnikai elemek közül a növényvédelem, valamint a vetéstechnológiai elemek közül az állománysűrűség és a vetésidő meghatározó tényező. Optimális vetéstechnológia és növényvédelem alkalmazása a hibridek termőképességének kihasználását teszi lehetővé.

A szántóföldi kísérletet a Debreceni Egyetem MÉK növénytermesztési kísérleti telepén végeztük. A vizsgálatokban a 2008–2009. években 2 hibrid (2008. év: NK Delfi, PR64D82; 2009. év: Petunia, NK Kondi), a 2010. évben 1 hibrid (NK Kondi) szerepelt.

A kísérleti parcellák véletlen blokk elrendezéssel, 4 ismétlésben lettek beállítva. A hibrideket 3 vetésidőben (2008. évben: 1. korai vetésidő: március 29.; 2. optimális vetésidő: április 09.; 3. megkésett vetésidő: május 04. ; 2009. évben: 1. korai vetésidő: március 31.; 2. optimális vetésidő: április 18.; 3. megkésett vetésidő: május 05. ; 2010. évben: 1. korai vetésidő: március 26.; 2. optimális vetésidő: április 9.; 3. megkésett vetésidő: május 03.), és négy különböző elméleti termőtőszámában állítottuk be (35 000–65 000 tő/ha) 10 000 tő/ha-os lépcsőben. A kísérletben a fungicid kezelést az 1× kezelt parcellákon 8 pár leveles állapotban, a 2× kezelt parcellákon 8 pár leveles állapotban és virágzáskor alkalmaztuk.

A kísérletben alkalmazott agrotechnikai és növényvédelmi kezelések, valamint az évjáráthatás a termésmennyiséget, és a termésbiztonságot, egyaránt erősen befolyásolták. A három vizsgált évjárat átlagértékeit alapul véve megállapítható, hogy az évjárat, az állománysűrűség, a vetésidő valamint a gombás megbetegedések elleni védekezés egymással kölcsönhatásban – egymás hatását erősítve vagy gyengítve – fejtik ki hatásukat. Csapadékos évjáratban alacsonyabb 35 000–55 000 tő/ha tőszám mellett kaphatunk maximális termést, száraz aszályos évjáratban nagyobb tőszám a kedvező (55 000–65 000 tő/ha). A fungicides növényvédelem használata nagyobb tőszám alkalmazását tette lehetővé. Csapadékos évjáratban az egyszeri védekezés termésmenővelő hatása nagyobb volt, mint a szárazabb évben. A 2008. csapadékos és a 2009. aszályos évjáratokban az első fungicid kezelés termésmenővelő hatása jelentősebbnek bizonyult, mint a második fungicid kezelésé. A 2010-ben lehullott jelentős mennyiségű csapadékmennyiség kórtani nyomást menővelő hatása miatt az első és a második fungicid kezelés hatékonysága is jelentősnek bizonyult. Az eredmények alapján megállapítottuk továbbá, hogy a vetésidő későbbre tolódása a termésmennyiség növekedését idézte elő a csapadékos és extrém csapadékos 2008. és 2010. évjáratokban. A 2009. évjáratban az áprilisi aszály miatt a korai vetésidő terméseredményei szintén elmaradtak az optimális és megkésett vetésidők eredményeitől. A termésmaximumot az optimális, április közepi vetésidő adta.

Kulcsszavak: napraforgó, termésmennyiség, tőszám, vetésidő, fungicides növényvédelem

Weather extremities in sunflower production II. – The role of critical agrotechnical factors in increasing yield

A. SZABÓ

University of Debrecen

Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,

Institute of Crop Production, Debrecen

Summary

Modern sunflower hybrids have significant environmental sensitivity. The development of average and intensive agrotechnical models is becoming an increasingly urgent task

which makes it possible to increase yield safety, while yield quantity and quality can also be improved.

Of the various agrotechnical elements, crop protection is significant in sunflower production, while the main sowing technological factors are crop density and sowing date. Optimal sowing technology and crop protection makes it possible to maximise the yield potential of hybrids.

The field experiment was carried out in the experimental crop production site of the Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences of the University of Debrecen. Two hybrids were involved in the examinations in 2008-2009 (2008: NK Delfi, PR64D82; 2009: Petunia, NK Kondi) and one hybrid (NK Kondi) was examined in 2010.

The experimental plots were established with randomised block design and four replications. Three sowing dates (2008: 1st early sowing date: 29th March; 2nd optimal sowing date: 9th April; 3rd late sowing date: 4th May; 2009: 1st early sowing date: 31st March; 2nd optimal sowing date: 18th April; 3rd late sowing date: 5th May; 2010: 1st early sowing date: 26th March; 2nd optimal sowing date: 9th April; 3rd late sowing date: 3rd May) and four different theoretical plant numbers were used (35 000–65 000 plants ha⁻¹) in 10 000 plants ha⁻¹ steps. The fungicide treatment of the experiment was performed at the 8 pair leaf stage on plots treated once and both at the 8 pair leaf and at the flowering stage on plots treated twice.

The agrotechnical and crop protection treatments in the experiment and the crop year effect strongly affected yield quantity and yield safety. Based on the average values of the three examined crop years, it can be established that crop year, population density, sowing date and the protection against fungal diseases act in correlation with each other – strengthening or weakening each other's impact. In the wet crop year, maximum yield was obtained in the case of lower population density (35 000–55 000 plants per hectare), while yield was more favourable in the dry crop year if higher population density was used (55 000–65 000 plants per hectare). Fungicide crop protection made it possible to use higher crop density. In the wet crop year, the yield increasing effect of the one-time protection was higher than in the dry crop year. The yield increasing effect of the first fungicide treatment was more significant in 2008 (wet) and 2009 (dry) than the second treatment. In 2010, the significant amount of precipitation resulted in a high plant pathological pressure; therefore, the effect of both the first and the second fungicide treatment was shown to be significant. Based on the obtained findings, it was established that later sowing dates result in increasing yield in the rainy and extremely rainy crop years of 2008 and 2010. In 2009, drought in April resulted in lower yields

in the case of the early sowing date in comparison with the optimal and late sowing dates. The highest yield was obtained in the optimal sowing date in the middle of April.

Key words: sunflower, yield, plant number, sowing date, fungicide crop protection

Погодные экстремальности в выращивании подсолнечника II. – Роль критичных агротехнических факторов в увеличении количества урожая

А. САБО

Дебреценский Университет

Сельскохозяйственный, Пищевой и Экологический Факультет,

Институт Растениеводства, Дебрецен

Резюме

Современные гибриды подсолнечника очень чувствительны к окружающей среде. Выработка средних или интенсивных агротехнических моделей, подходящих для гибридов, в наши дни становится всё более важной задачей, с помощью которой можно увеличить надёжность урожая, а также можно увеличить количество и качество урожая или улучшить эти показатели.

В выращивании подсолнечника среди агротехнических элементов- защита растений, а среди элементов посевной технологии- густота насаждения и срок посева также являются решающими факторами. Применение оптимальной посевной технологии и защиты растений позволяет использовать урожайность гибридов.

Полевой опыт проводили на растениеводческой опытной базе Центра Аграрных и Прикладных Экономических Наук Дебреценского Университета. В исследованиях в 2008–2009 годах участвовало 2 гибрида (2008 год: NK Delfi, PR64D82; 2009 год: Petunia, NK Kondi), а в 2010 году 1 гибрид (NK Kondi).

Опытные парцеллы были установлены в случайно расположенных блоках, в 4 повторениях. Гибриды в 3 сроках посева (в 2008 году: 1. ранний срок посева: 29 марта; 2. оптимальный срок посева: 09 апреля; 3. поздний срок посева: 04 мая ; в 2009 году: 1. ранний срок посева: 31 марта; 2. оптимальный срок посева: 18 апреля;

3. поздний срок посева: 05 мая; в 2010 году: 1. ранний срок посева: 26 марта; 2. оптимальный срок посева: 9апреля; 3. поздний срок посева: 03 мая), и в четырёх разных теоретических числах растений установили (35 000–65 000 стеблей/га) с разницей по 10 000 стеблей/га. В опыте фунгицидную обработку проводили 1раз на обработанных парцеллах в состоянии 8 пар листьев, 2 раза на обработанных парцеллах в состоянии 8 пар листьев и во время цветения.

Применённые в опыте агротехнические и защищающие растения обработки, а также влияние года выращивания в одинаковой степени сильно повлияли на количество урожая и на надёжность урожая. Принимая за основу средние показатели трёх лет выращивания можно установить, что год выращивания, густота насаждения, срок посева, а также защита от грибковых заболеваний во взаимовлиянии друг с другом – усиливая или ослабляя влияние одного на другое – оказывают своё влияние. Во влажный год при более низком количестве стеблей (35 000–55 000 стебель/га) могли получить максимальный урожай, а в сухой, засушливый год большее количество стеблей благоприятно (55 000–65 000 стебель/га). Использование фунгицидной защиты позволило использовать большее число растений. Во влажный год выращивания влияние одноразовой защиты на рост урожая было больше, чем в более сухой год. В 2008-ом влажном и в 2009 сухом годах выращивания влияние на рост урожая первой фунгицидной обработки оказалось значительнее, чем вторая фунгицидная обработка. Из-за растущего патологического давления, вызванного выпавшим в 2010 году значительным количеством осадков, эффективность первой и второй фунгицидной обработки оказалась значительной. На основании результатов установили также, что более поздний срок посева вызвал рост количества урожая во влажный и крайне влажный 2008 и 2010 годы выращивания. В 2009 году выращивания из-за апрельской засухи результаты раннего срока посева также отстали от результатов оптимального и позднего срока посева. Максимум урожая дал оптимальный, в середине апреля, срок посева.

Ключевые слова: подсолнечник, количество урожая, количество стеблей, срок посева, фунгицидная защита растений

Bevezetés

A napraforgó az egyik legnagyobb termőterületen termesztett szántóföldi kultúra. A korszerű hibridek (HO, IMI stb.), valamint a napraforgó nagyfokú kör-

nyezeti érzékenysége egyre inkább mid-tech vagy intenzív agrotechnikai modellek kidolgozását teszik szükségessé, melyek kidolgozása csupán korszerű agrotechnikai növényfiziológiai és élettani vizsgálatokkal értelmezhetőek. A napraforgó kritikus természetstechnológiai tényezői a vetéstechnológia és a növényvédelem, melyek hibridspecifikus optimumainak a meghatározása csupán kísérleti úton lehetséges. Az erre irányuló kísérletek célja korszerű napraforgó hibridek bevonásával a kritikus agrotechnikai reakciók vonatkozásában az optimális értékek felderítése.

A napraforgó termesztésben az agrotechnikai elemek közül a növényvédelem valamint a vetéstechnológiai elemek közül az állománysűrűség és a vetésidő meghatározó tényező. Optimális vetéstechnológia és növényvédelem alkalmazása a hibridek termőképességének jobb kihasználását teszik lehetővé (Pepó 1999).

A napraforgó hibridek termőképességére jelentős hatást gyakorolnak a különböző agrotechnikai és klimatikus tényezők az eltérő évjáratokban (pl. tőszám, vetésidő) (Zsombik 2006; Borbélyné et al. 2007).

Az állománysűrűség növelése (50–55 ezer/ha felett) költségnövelő és termés csökkentő tényező (Pepó et al. 2002). A termésátlagokat és a termésszámot a klimatikus tényezők mellett a talaj vízforgalma, és vízháztartása is befolyásolja (Birkás et al. 2007). A biológiai optimumon belül a napraforgó vetésidője és a tőszám szignifikánsan befolyásolja a hibridek produktivitását (Zsombik 2007).

Szekrényes (2000) szerint a 2 t/ha feletti termésátlagok eléréséhez a genetikai háttér biztosított. A jövőben kedvező kórtani értékű hibridekkel, és ehhez kapcsolódó vegyszeres védekezéssel érhetők el jobb eredmények. A napraforgó hibridek között lévő termésbeli különbségeket az eltérő potenciális termőképesség és termésszám okozza.

Zsombik (2007) vizsgálataiból megállapította, hogy nagyobb terméseredményt átlagos évjáratban a napraforgó hibridek az optimális vetésidőben adják, a terméseredmények korai és megkésett vetésidőben alacsonyabbak.

Aguilar et al. (2002) kísérleteik alapján megállapították, hogy az állománysűrűség növelésével nőtt a növények magassága, a levelek száma, a levélterületi index, továbbá a vízfelhasználás, a napfényenergia hasznosítása és a biomassa mennyisége.

Szendrő (1980) szerint rövidebb tenyészidejű napraforgónál az 50 000–55 000 tő/ha, a közepes érésű kategóriánál a 45 000–50 000 tő/ha állomány-

sűrűség javasolható. A tőszámon túl a termés fontos tényezője az is, hogy a soron belül a növények egyenletesen helyezkedjenek el. Az egyenetlen töeloszlás megfelelő növényszám esetén is termés csökkentő hatású.

Harmati (1991) 1988–1989-ben meszes réti talajon tíz napraforgó hibrid tőszám- és trágyareakcióját vizsgálta. A N hasznosulás a legmagasabb állománysűrűségnél (70 000 tő/ha) volt a kedvezőbb. A legnagyobb olajhozamot 70 000 tő/ha állománysűrűségnél kapta. Száraz évjáratban az alacsonyabb állománysűrűségnél volt kedvezőbb az olajhozam.

A napraforgó termőképességének jobb kihasználásában a gombás eredetű betegségeknek hazánkban is meghatározó szerepe van. A peronoszpóra az ellenálló fajták és a hibridek megjelenésével és a csávázásos védekezési eljárás gyors elterjedésével teljesen visszaszorult. A növény termésbiztonságát évről évre legnagyobb mértékben a szürkepenészes és fehérpenészes szár- és tányérrothadás, valamint a diaportés szár- és tányérfoltosság veszélyezteti. Ezen gombás betegségek okozta kár csökkenése végett évjáratoktól és termesztési körzetektől függően állományban két- három fungicides kezelést ajánlanak. Az első permetezés a növény 6-8 pár leveles fejlettségében a *Diaporte Helianthi* ellen irányul. A második kezelést a napraforgó tányérképződése, virágzása kezdetén célszerű elvégezni, amikor mind a három veszélyes kórokozó ellen védekezünk. A harmadik kezelést teljes virágzásban, virágzás végén akkor kell alkalmazni, ha csapadékos meleg az időjárás (*Bocz* 1992).

Anyag és módszer

A kísérletet a Debreceni Egyetem ATK Látóképi Kísérleti Telepén végeztük. A kísérleti telep Debrecentől 15 km-re a 33-as számú út mellett helyezkedik el a hajdúsági löszháton.

A kísérlet talaja löszön képződött, mély humuszrétegű alföldi mészlepedékes csernozjom talaj. A kísérleti terület talaja jó kultúrállapotú, középkötött (Arany-féle kötöttségi száma 43), talajfizikailag a vályog kategóriába sorolható.

A termőréteg 80–90 cm vastagságú, átlagos humusztartalma 2,6–2,8%. A talaj P-ellátottsága közepesnek, K-ellátottsága jónak tekinthető (*1. táblázat*).

A kísérleti terület talaja kedvező vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkezik. A Várallyay-féle osztályozás szerint a IV. vízgazdálkodási kategóriába tartozik, azaz jó vízvezetési és víztartó tulajdonságokkal rendelkezik.

1. táblázat. A kísérleti terület talajvizsgálatai adatai
(Debrecen-Látókép, 2008–2010)

Talajréteg (cm) (1)	pH (KCl)	K _a (2)	CaCO ₃ (%)	Humusz (%) (3)	Össz. N (%) (4)	NO ₃ ⁻ NO ₂ ⁻ (ppm)	P ₂ O ₅	K ₂ O
							AL oldható (ppm) (5)	
0–25	6,46	43,0	0	2,76	0,150	6,20	133,4	239,8
25–50	6,36	44,6	0	2,16	0,120	1,74	48,0	173,6
50–75	6,58	47,6	0	1,52	0,086	0,60	40,4	123,0
75–100	7,27	46,6	10,25	0,90	0,083	1,92	39,8	93,6
100–130	7,36	45,4	12,75	0,59	0,078	1,78	31,6	78,0

Table 1. Soil analysis data of the experiment site (Debrecen-Látókép, 2008–2010). (1) Soil layer (cm), (2) Arany plasticity index, (3) Humus content (%), (4) Total N content (%), (5) AL-soluble (ppm).

A hibrideket 95 ezer/ha csíraszámmal vetettük el Gaspardo szemenkénti vetőgéppel, majd a kelést követően állítottuk be a kísérleti termőtőszámot.

A betakarítást speciális adapterrel felszerelt Sampo parcellakombájnnal végeztük el. Betakarításkor a parcellák nyers termését és nedvességtartalmát mértük. A terméseredményeket, 8% nedvességtartalomra standardizáltuk.

A kísérleti parcellák osztott parcellás elrendezéssel kombinált véletlen blokk elrendezéssel, 4 ismétlésben lettek beállítva.

A kísérletben alkalmazott napraforgó hibridek:

2008. tenyészév: NK Delfi, PR64D82;

2009. tenyészév: Petunia, NK Kondi;

2010. tenyészév: NK Kondi.

A kísérletben alkalmazott vetésidők időpontjai:

2008. tenyészév: korai vetésidő: március 29., optimális vetésidő: április 09., megkésített vetésidő: május 04.;

2009. tenyészév: korai vetésidő: március 31., optimális vetésidő: április 18., megkésített vetésidő: május 05.;

2010. tenyészév: korai vetésidő: március 26., optimális vetésidő: április 9., megkésített vetésidő: május 03.

A kísérletben alkalmazott elméleti termőtőszámok:

35 000 tő/ha, 45 000 tő/ha, 55 000 tő/ha, 65 000 tő/ha.

A kísérletben alkalmazott fungicides kezelések kijuttatási fenofázisai:

- 1× kezelt parcellák: 8 pár leveles állapot,
- 2× kezelt parcellák: 8 pár leveles állapot és virágzás fenofázisa.

A kísérletben alkalmazott fungicidok:

- 2008. tenyészcév: Pictor (0,5 l/ha),
- 2009. tenyészcév: Tanos (0,4 kg/ha),
- 2010. tenyészcév: első védekezés Pictor (0,5 l/ha),
második védekezés Trezor (0,4 l/ha).

A vizsgálatokban szereplő hibridek fenológiai, fenometriai, agronómiai, kórtani adatait négy ismétlésben felvételeztük. Az eredményeket a hibridek átlagában közöltük. A kísérleti eredményeket PC számítógépen kéttényezős varianciaanalízissel értékeltük, valamint MS Office 2010 programmal ábráztuk.

A kísérleti időszak időjárási adatait a 2. és a 3. táblázat tartalmazza.

A 2008. évben jelentős mennyiségű csapadék hullott, ami hűvös időjárással párosult, és ez a napraforgó hibridek számára kedvezőtlen volt. A csapadék mennyisége a tenyészidőszakban (441,7 mm) jelentősen meghaladta a 30 éves átlagot (307,1 mm), míg az átlaghőmérséklet (18,0 °C) 1 °C-kal haladta meg a 30 éves átlagot. A tenyészidőszakban minden hónapban sok csapadék hullott, június és július hónapokban ez a mennyiség meghaladta a 140 mm-t.

A 2009. év tenyészidőszakában a csapadék mennyisége csupán harmada volt az előző évben mért mennyiségnek (147,1 mm) és közel fele a 30 éves átlagnak. A csapadék eloszlása is rendkívül egyenlőtlen volt. Jelentősebb mennyiségű csapadék június hónapban hullott (96,6 mm), a tenyészidőszak többi hónapjában a csapadék mennyisége rendkívül kevés volt. A tenyészidőszak első három hónapjában 126,6 mm esett, ami a tenyészidőszak csapadékának több mint 85%-át tette ki. 2009-ben a tenyészidőszak átlaghőmérséklete 1,6 °C-kal haladta meg az előző évi értéket, és 2,6 °C-kal a 30 éves átlagot. A tenyészidő első három hónapjának (április, május, június) átlaghőmérséklete 1,1 °C-kal, a két utolsó hónap (július, augusztus) átlaghőmérséklete pedig 2,5 °C-kal volt magasabb a 2008. év értékeinél.

2. táblázat. A csapadékmennyiség alakulása a vizsgált tenyészévekben
(Debrecen-Látókép, 2007–2010)

2007–2008 (mm)											
Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Össz.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
71,4	40,9	29,8	26,4	4,6	41,7	74,9	47,6	140,1	144,9	34,2	656,5
214,8						441,7			179,1		
2008–2009 (mm)											
Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Össz.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
16,1	19,8	52,2	29,5	44,0	41,6	9,9	20,1	96,6	9,2	11,3	350,3
203,2						147,1			20,5		
2009–2010 (mm)											
Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Össz.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
79,3	78,3	54,9	48,8	58,6	14,4	83,9	111,4	100,9	97,2	98,3	826,0
334,3						491,7			195,5		

Table 2. Amount of precipitation in the examined growing seasons (Debrecen-Látókép, 2007–2010). (1) October, (2) November, (3) December, (4) January, (5) February, (6) March, (7) April, (8) May, (9) June, (10) July, (11) August, (12) Total.

A 2010. év időjárását rendkívüli szélsőségek jellemezték. A csapadék mennyisége a tenyészidőszakban 491,7 mm volt, ami 184,6 mm-rel haladta meg a 30 éves átlagot. A tenyészidőszak első három hónapjában 296 mm, a tenyészidőszak végén szintén jelentős mennyiségű (195,5 mm) csapadék esett. A csapadék mennyisége minden hónapban meghaladta a 80 mm-t, ami példátlan az előző éveket figyelembe véve. A 2010. tenyészévben a tenyészidőszakot megelőző hónapok (október–március) csapadékmennyisége szintén felülmúlta a sokévi átlagot (334,3 mm).

3. táblázat. A hőmérséklet alakulása a vizsgált tenyészévekben
(Debrecen-Látókép, 2008–2010)

2008 (°C)					
Április (1)	Május (2)	Június (3)	Július (4)	Augusztus (5)	Átlag (6)
11,4	16,8	20,6	20,4	20,6	
	16,3	18,0		20,5	18,0
2009 (°C)					
Április (1)	Május (2)	Június (3)	Július (4)	Augusztus (5)	Átlag (6)
14,9	17,4	19,8	23,4	22,6	
	17,4	19,6			19,6
2010 (°C)					
Április (1)	Május (2)	Június (3)	Július (4)	Augusztus (5)	Átlag (6)
11,6	16,6	19,7	22,0	19,0	
	14,1	17,8		20,5	17,8

Table 3. Temperature in the examined growing seasons (Debrecen-Látókép, 2008–2010). (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) Average.

Eredmények értékelése

A 2008. tenyészév terméseredményeinek értékelése

A kísérletben alkalmazott agrotechnikai és növényvédelmi kezelések, valamint az évjáráthatás a termésmennyiséget, és a termésbiztonságot, egyaránt erősen befolyásolták. A 2008. évben az alkalmazott vetésidők vizsgálata során megállapítottuk, hogy a termésmennyiség a vetésidő későbbre tolódásával nőtt. A kezelések átlagában a korai vetésidőben 4543 kg/ha, az optimális vetésidőben 4560 kg/ha, a megkésített vetésidőben 4820 kg/ha termést takarítottunk be. A legnagyobb átlagos termésmennyiséget a 2× kezelt állományban értük el mindhárom vetésidőben (korai, optimális, megkésített vetésidő: 4818 kg/ha, 4750 kg/ha, 5051 kg/ha). A korai és az optimális vetésidő közötti terméstöbblet

minimális volt (68 kg/ha), nagyobb termésmennyiség növekedést a megkésett vetésidőben tapasztaltunk a korai vetésidőhöz képest (233 kg/ha). A kontroll (fungicidkezelés nélküli) kezelésben a tőszámok átlagában számított három vetésidő közötti terméskülönbség kisebb volt, mint a fungicid kezeléseknél (a korai és megkésett vetésidő közötti különbség 169 kg/ha). A tőszámok átlagában a legnagyobb termésmennyiség növekedést az egyszeri fungicides kezelés mutatta (a korai és megkésett vetésidő közötti különbség 426 kg/ha), míg a második kezelés kisebb mértékű növekedést eredményezett. A fungicid kezelése hatására az egyes vetésidőben is növekedés következett be. A korai vetésidőben a tőszámok átlagában az 1× kezelt állományban a kontrollhoz képest 398 kg/ha, a 2× kezelt állományban az 1× kezelt állományhoz képest 213 kg/ha volt a termésnövekedés. Az optimális és a megkésett vetésidőben a kontrollhoz képest az 1× kezelt kultúrában jelentős (655 kg/ha, 522 kg/ha) a 2× kezelt kultúrában elhanyagolható termésnövekedést tapasztaltunk (29 kg/ha, 20 kg/ha) az egyszeri fungicid kezeléshez viszonyítva.

A fungicidek alkalmazása a hibridek tőszám-sűrítettségét is befolyásolta. A kontrollkezelésben a korai vetésidőben 55 000 tő/ha, az optimális és a megkésett vetésidőben, és a vetésidők átlagában 45 000 tő/ha tőszám volt az optimális. Az 1× kezelt és 2× kezelt napraforgóban mindhárom vetésidőben, és a vetésidők átlagában egyaránt 55 000 tő/ha tőszámnál értük el a termésmaximumot. A 2008. évben a termésmennyiség szempontjából az optimális és minimális tőszámsűrítési értékek közötti különbség a fungicides kezeléseknél a vetésidők átlagában nagyobb volt, mint a kontrollkezelésben (kontroll: 517 kg/ha, 1× kezelt: 865 kg/ha, 2× kezelt: 842 kg/ha) (4. és 7–10. táblázat).

A 2009. tenyészcsoport terméseredményeinek értékelése

A 2009. évben a legnagyobb termésmennyiséget a kezelések átlagában az optimális vetésidőben kaptuk (5090 kg/ha). A korábbi és későbbi vetésidő alkalmazása egyaránt termésnövekedést eredményezett (3731 kg/ha, 4744 kg/ha).

Ugyanez a tendencia volt megfigyelhető a három kezelésben (kontroll, 1× kezelt, 2× kezelt) a tőszámok átlagában. Az optimális vetésidőben a termésnövekedés 1333–1383 kg/ha között változott a korai vetésidőhöz viszonyítva. Az optimális vetésidő terméseredményeihez képest a megkésett vetésidőben a termésnövekedés intervalluma 328 kg/ha és 354 kg/ha között változott. A vetésidők és tőszámok átlagában a 2× kezelt napraforgó termésmennyisége volt a legnagyobb (4747 kg/ha) és a kontrollkezelésben a legkisebb (4247 kg/ha).

4. táblázat. A termésmennyiség alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnikai elemeknél (Debrecen-Látókép, 2008)

Fungicid kezelés (2)	Tőszám (tő/ha) (3)	Terméshozam (kg/ha) (1)			
		1. vetésidő (4)	2. vetésidő (5)	3. vetésidő (6)	Átlag (7)
Kontroll (8)	35 000	4008	3935	4082	4008
	45 000	4419	4582	4575	4525
	55 000	4451	4379	4506	4445
	65 000	3950	3940	4342	4077
Átlag (11)		4207	4209	4376	4264
SzD _{5%} vetésidő (12)			344		
SzD _{5%} tőszám (13)			293		
SzD _{5%} kölcsönhatás (14)			508		
1× kezelt (9)	35 000	4213	4155	4480	4282
	45 000	4675	4916	5182	4924
	55 000	4938	5115	5388	5147
	65 000	4596	4699	5076	4790
Átlag (11)		4605	4721	5031	4786
SzD _{5%} vetésidő (12)			343		
SzD _{5%} tőszám (13)			293		
SzD _{5%} kölcsönhatás (14)			508		
2× kezelt (10)	35 000	4361	4268	4549	4392
	45 000	4839	4895	5114	4949
	55 000	5137	5061	5504	5234
	65 000	4936	4775	5040	4917
Átlag (11)		4818	4750	5051	4873
SzD _{5%} vetésidő (12)			477		
SzD _{5%} tőszám (13)			325		
SzD _{5%} kölcsönhatás (14)			563		
Kezelések átlaga (15)		4543	4560	4820	4641

Table 4. Yield as a function of the examined crop protection and sowing technological elements (Debrecen-Látókép, 2008). (1) Yield (kg ha⁻¹), (2) Fungicide treatment, (3) Plant number (plant ha⁻¹), (4) 1st sowing date, (5) 2nd sowing date, (6) 3rd sowing date, (7) Average, (8) Control, (9) Treated once, (10) Treated twice, (11) Average, (12) LSD_{5%} sowing date, (13) LSD_{5%} plant number, (14) LSD_{5%} interaction, (15) Average of treatments.

Az alacsonyabb kórtani nyomás miatt az egyszeri fungicides kezelés termésnövelő hatása egyik vetésidőben sem érte el a tőszámok átlagában a 2008. csapadékos évben kapott eredményeket (314 kg/ha, 316 kg/ha, 324 kg/ha). Az évjárat hatások miatt a kontrollkezelésben mindhárom vetésidőben 55 000 tő/ha, az 1× kezelt állományban a korai és az optimális vetésidőben 65 000 tő/ha, a megkésett vetésidőben 55 000 tő/ha tőszámnál realizáltuk a maximális termésmennyiséget. A kétszer kezelt parcellákban mind a három vetésidőben 65 000 tő/ha tőszám volt az optimális. A 2009. évben a termésmennyiség szempontjából az optimális és minimális tőszámsűrűségi értékek közötti különbség a fungicides kezelésekben a vetésidők átlagában nagyobb volt, mint a kontrollkezelésben (kontroll: 577 kg/ha, 1× kezelt: 761 kg/ha, 2× kezelt: 905 kg/ha).

A legnagyobb termésmennyiséget az optimális vetésidőben 65 000 tő/ha tőszámnál kaptuk a kétszeres kezeléshöz (5. és 7–10. táblázat).

A 2010. tenyészév terméseredményeinek értékelése

A 2010. év átlagostól eltérő csapadékviszonyai következtében jelentős eltérések adódtak a terméseredmények tekintetében az előző két vizsgált évhez képest. A napraforgó számára kedvezőtlen és a patogén gombák számára kedvező időjárás miatt a termésmennyiségek ebben az évben voltak a legalacsonyabbak. A kezelések átlagában a termésmennyiség 2742 kg/ha volt.

A tőszámok és fungicides kezelések átlagában a legnagyobb termésmennyiséget a megkésett vetésidőben takarítottuk be (3296 kg/ha), amely jelentősen elmaradt az előző két év eredményeitől. A korai vetésidőben a termésmennyiség minden esetben a legkisebb volt. A három fungicides kezelésben egyaránt a megkésett vetésidőben értük el a legnagyobb termésmennyiséget (2651 kg/ha, 3269 kg/ha, 3968 kg/ha). A gombaölőszeres kezelések számának növekedése a tőszám-sűrűségét fokozta. A vetésidők átlagában a kontrollkezelésben a legnagyobb termésmennyiséget 35 000 tő/ha, az 1×-es és 2×-es fungicid kezelésnél 45 000 tő/ha-nál értük el.

A 2×-es gombaölőszeres kezelés hatására a megkésett vetésidőben a termésmaximumhoz tartozó optimális tőszám 55 000 tő/ha volt. A fungicid használat következtében a tőszámok és vetésidők átlagában termésmenyekeedés volt megfigyelhető. A kontrollkezelésnél 2308 kg/ha termést takarítottunk be. Az 1×-es kezelés termésnövelő hatása 410 kg/ha, a 2×-es fungicid használat további 484 kg/ha termésmenyekeedést okozott (6–10. táblázat).

5. táblázat. A termésmennyiség alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnikai elemeknél
(Debrecen-Látókép, 2009)

Fungicid kezelés (2)	Tőszám (tő/ha) (3)	Terméshozam (kg/ha)			
		(1)			Átlag (7)
		1. vetésidő (4)	2. vetésidő (5)	3. vetésidő (6)	
Kontroll (8)	35 000	3120	4546	4181	3949
	45 000	3439	4787	4476	4234
	55 000	3760	5086	4731	4526
	65 000	3552	4786	4504	4280
Átlag (11)		3468	4801	4473	4247
SzD _{5%} vetésidő (12)			376		
SzD _{5%} tőszám (13)			321		
SzD _{5%} kölcsönhatás (14)			556		
1× kezelt (9)	35 000	3336	4635	4374	4115
	45 000	3666	5006	4716	4462
	55 000	3984	5433	5079	4832
	65 000	4143	5499	4987	4876
Átlag (11)		3782	5143	4789	4571
SzD _{5%} vetésidő (12)			354		
SzD _{5%} tőszám (13)			302		
SzD _{5%} kölcsönhatás (14)			523		
2× kezelt (10)	35 000	3356	4813	4504	4224
	45 000	3861	5182	4940	4661
	55 000	4187	5580	5160	4976
	65 000	4372	5732	5285	5129
Átlag (11)		3944	5327	4972	4747
SzD _{5%} vetésidő (12)			370		
SzD _{5%} tőszám (13)			316		
SzD _{5%} kölcsönhatás (14)			548		
Kezelések átlaga (15)		3731	5090	4744	4522

Table 5. Yield as a function of the examined crop protection and sowing technological elements (Debrecen-Látókép, 2009). (1) Yield (kg ha⁻¹), (2) Fungicide treatment, (3) Plant number (plant ha⁻¹), (4) 1st sowing date, (5) 2nd sowing date, (6) 3rd sowing date, (7) Average, (8) Control, (9) Treated once, (10) Treated twice, (11) Average, (12) LSD_{5%} sowing date, (13) LSD_{5%} plant number, (14) LSD_{5%} interaction, (15) Average of treatments.

6. táblázat. *A termésmennyiség alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnikai elemeknél (Debrecen-Látókép, 2010)*

Fungicid kezelés (2)	Tőszám (tő/ha) (3)	Terméshozam (kg/ha) (1)			
		1. vetésidő (4)	2. vetésidő (5)	3. vetésidő (6)	Átlag (7)
Kontroll (8)	35 000	2410	2673	2968	2684
	45 000	2251	2370	2719	2447
	55 000	2005	2341	2658	2335
	65 000	1061	1976	2258	1765
Átlag (11)		1932	2340	2651	2308
SzD _{5%} vetésidő (12)			587		
SzD _{5%} tőszám (13)			294		
SzD _{5%} kölcsönhatás (14)			510		
1× kezelt (9)	35 000	2602	2758	3310	2890
	45 000	2686	2990	3674	3117
	55 000	2317	2752	3242	2770
	65 000	1191	2236	2851	2093
Átlag (11)		2199	2684	3269	2717
SzD _{5%} vetésidő (12)			442		
SzD _{5%} tőszám (13)			377		
SzD _{5%} kölcsönhatás (14)			654		
2× kezelt (10)	35 000	2910	3017	3817	3248
	45 000	3136	3412	4059	3536
	55 000	2602	3568	4376	3515
	65 000	1519	2381	3618	2506
Átlag (11)		2542	3095	3968	3201
SzD _{5%} vetésidő (12)			520		
SzD _{5%} tőszám (13)			444		
SzD _{5%} kölcsönhatás (14)			769		
Kezelések átlaga (15)		2224	2706	3296	2742

Table 6. Yield as a function of the examined crop protection and sowing technological elements (Debrecen-Látókép, 2010). (1) Yield (kg ha⁻¹), (2) Fungicide treatment, (3) Plant number (plant ha⁻¹), (4) 1st sowing date, (5) 2nd sowing date, (6) 3rd sowing date, (7) Average, (8) Control, (9) Treated once, (10) Treated twice, (11) Average, (12) LSD_{5%} sowing date, (13) LSD_{5%} plant number, (14) LSD_{5%} interaction, (15) Average of treatments.

A 2008., 2009. és a 2010. tenyészév terméseredményeinek értékelése

A napraforgó termésmennyiségének alakulása a technológiai tényezők és az évjárat együttes eredőjeként realizálódik. Kevésbé csapadékos évjáratban a termésmennyiség az egyszeri fungicides kezelés hatására nagyobb mértékben növekedett, mint a két alkalommal elvégzett kezelés során. A 2008. és a 2009. években a legjelentősebb termésváltozás a gombás fertőzéseknek jobban kitett nagyobb tőszámsűrűségi szinteknél jelentkezett (55 000–65000 tő/ha). A csapadékos 2008. évben az egyszeres kezelés termésnövelő hatása 55 000 tő/ha és 65 000 tő/ha tőszámnál 702 kg/ha és 713 kg/ha volt, míg a szárazabb 2009. évben a legnagyobb termésváltozást 65 000 tő/ha állománysűrűségi szintnél érték el (596 kg/ha) (7. táblázat).

7. táblázat. *A termésmennyiség változása a fungicides kezelések hatására a vizsgált tőszámoknál a vetésidők átlagában (Debrecen-Látókép, 2008–2010)*

Fungicid kezelés (1)	Termésváltozás (kg/ha)				Átlag (7)
	35 000 tő/ha (3)	45 000 tő/ha (4)	55 000 tő/ha (5)	65 000 tő/ha (6)	
2008. tenyészév (8)					
1× kezelt - Kontroll (9)	274	399	702	713	522
2× kezelt - 1× kezelt (10)	110	25	87	127	87
2009. tenyészév (11)					
1× kezelt - Kontroll (9)	166	228	306	596	324
2× kezelt - 1× kezelt (10)	109	199	144	253	176
2010. tenyészév (12)					
1× kezelt - Kontroll (9)	206	670	435	328	410
2× kezelt - 1× kezelt (10)	358	419	745	413	484

Table 7. Yield as a result of fungicide treatments in the case of the examined plant numbers averaged over the applied sowing dates (Debrecen-Látókép, 2008–2010). (1) Fungicide treatment, (2) Change in yield (kg ha⁻¹), (3) 35 000 t ha⁻¹, (4) 45 000 t ha⁻¹, (5) 55 000 t ha⁻¹, (6) 65 000 t ha⁻¹, (7) Average, (8) Production year 2008, (9) Treated once - control, (10) Treated twice - treated once, (11) Production year 2009, (12) Production year 2010.

Csapadékos évjáratban a fungicides kezelés(-ek) termésnövelő hatása a gombás megbetegedések fokozottabb infekciója miatt, már alacsony tőszám-sűrűség alkalmazása során is kiemelkedő volt, valamint a második kezelés szerepe is fokozottabban nyilvánult meg a termésmennyiség növelése által. A 2010. évben az egyszeri kezelés során már alacsony, 45 000 tő/ha tőszám használata során is 670 kg/ha volt a termésnövekedés mértéke az állományokban. A második kezelés termésmennyiséget fokozó hatása minden tőszámnál meghaladta a 350 kg/ha-t (7. táblázat). Hasonló eredményeket tapasztalhatunk, ha a fungicides kezelések termésmódosító hatását a vizsgált vetésidők alkalmazásakor értékeljük. Az egyszeri gombaölőszeres kezelés hatékonysága a kevésbé csapadékos 2009. évben elmaradt mindhárom vetésidőben (314–342 kg/ha) a csapadékos 2008. év (398–658 kg/ha), valamint az erősen csapadékos 2010. év (267–618 kg/ha) hatékonyságától. A második kezelés termésnövelő képessége csupán az esősebb évjáratokban volt meghatározó. A 2009. évben egyik vetésidő alkalmazása esetén sem volt kiugró változás a termésmennyiségben, azonban a 2008. évben az egyszer kezelt állományban az optimális és megkésett vetésidőben 512 kg/ha és 655 kg/ha, 2010-ben a megkésett vetésidőben az első és a második védekezés hatása is jelentős volt (618 kg/ha, 699 kg/ha) (8. táblázat).

A termés nagyságának alakulását a növényvédelem mellett a vetéstechnológia is döntően befolyásolja. A 2010. év éghajlati viszonyai következtében az optimális tőszám értékhez tartozó termésmennyiség nagysága a kontroll és a fungicides kezeléseknél is több mint 900 kg/ha-ral haladta meg a legkedvezőtlenebb tőszámhoz tartozó termés nagyságot, és a növekedés mértéke a kontroll és a kétszer kezelt állományok között csupán 111 kg/ha volt.

A 2008–2009. években ugyanez az érték a növényvédelmi kezelések hatására jelentősebb mértékben növekedett (8. táblázat). A vetésidők vizsgálata során megállapítottuk, hogy aszályos évben (2009. év) az optimális vetésidőben a termésnövekedés jelentős (1333–1383 kg/ha) volt mindhárom növényvédelmi modellben, míg a megkésett vetésidőben termés-csökkenés következett be az optimális vetésidőhöz képest, valamint a gombaölőszeres kezelés hatása kevésbé volt karakteres.

Csapadékos évjáratokban ezzel szemben a termésmennyiség növekedése a megkésett vetésidőben is tovább folytatódott. A termésnövekedés a vizsgált vetésidők között mérsékelt volt, és a fungicides állományvédelem hatása fokozottabban jelentkezett a termésmennyiség változásában (9–10. táblázat).

8. táblázat. *A termésmennyiség változása a fungicid kezelések hatására a vizsgált vetésidőkben a tőszámok átlagában (Debrecen-Látókép, 2008–2010)*

Fungicid kezelés (1)	Termésváltozás (kg/ha) (2)			
	1. vetésidő (3)	2. vetésidő (4)	3. vetésidő (5)	Átlag (6)
2008. tenyészév (7)				
1× kezelt – Kontroll (8)	398	512	655	522
2× kezelt – 1× kezelt (9)	213	29	20	87
2009. tenyészév (10)				
1× kezelt – Kontroll (8)	314	342	316	324
2× kezelt – 1× kezelt (9)	162	184	183	176
2010. tenyészév (11)				
1× kezelt – Kontroll (8)	267	344	618	409
2× kezelt – 1× kezelt (9)	343	411	699	484

Table 8. Yield as a result of fungicide treatments at the examined sowing dates, averaged over the different plant numbers (Debrecen-Látókép, 2008–2010). (1) Fungicide treatment, (2) Change in yield (kg ha⁻¹), (3) 1st sowing date, (4) 2nd sowing date, (5) 3rd sowing date, (6) Average, (7) Production year 2008, (8) Treated once – control, (9) Treated twice – treated once, (10) Production year 2009, (11) Production year 2010.

9. táblázat. *A termésmennyiség változása a maximális és minimális termésmennyiségű tőszámok között a vetésidők átlagában a fungicid kezelésekben (Debrecen-Látókép, 2008–2010)*

Fungicid kezelés (2)	Termésváltozás (kg/ha) (1)			
	2008	2009	2010	Átlag (3)
Kontroll (4)	517	577	919	671
1× kezelt (5)	865	761	1024	883
2× kezelt (6)	842	905	1030	926

Table 9. Different yield as a result of fungicide treatments in the case of the plant numbers showing the maximum and minimum yield, averaged over the applied sowing dates (Debrecen-Látókép, 2008–2010). (1) Change in yield (kg ha⁻¹), (2) Fungicide treatment, (3) Average, (4) Control, (5) Treated once, (6) Treated twice.

10. táblázat. A termésmennyiség változása a vizsgált vetésidőkben a tőszámok átlagában a fungicid kezelésekben (Debrecen-Látókép, 2008–2010)

Termésváltozás (kg/ha)			
(1)			
Fungicid kezelés (2)	2. vetésidőben az 1. vetésidőhöz képest (3)	3. vetésidőben a 2. vetésidőhöz képest (4)	3. vetésidőben az 1. vetésidőhöz képest (5)
2008. tenyészév (6)			
Kontroll (7)	2	167	169
1× kezelt (8)	116	310	426
2× kezelt (9)	-68	301	233
2009. tenyészév (10)			
Kontroll (7)	1333	-328	1005
1× kezelt (8)	1361	-354	1007
2× kezelt (9)	1383	-355	1028
2010. tenyészév (11)			
Kontroll (7)	408	311	719
1× kezelt (8)	485	585	1070
2× kezelt (9)	553	873	1426

Table 10. Change of yield at the applied sowing dates in the fungicide treatments, average over the different plant numbers (Debrecen-Látókép, 2008–2010). (1) Change in yield (kg ha⁻¹), (2) Fungicide treatment, (3) In the 2nd sowing date compared to the 1st sowing date, (4) In the 3rd sowing date compared to the 2nd sowing date, (5) In the 3rd sowing date compared to the 1st sowing date, (6) production year 2008, (7) Control, (8) Treated once, (9) Treated twice, (10) Production year 2009, (11) Production site 2010.

Következtetések, javaslatok

A három vizsgált évjárat átlagértékeit alapul véve megállapítható, hogy az évjárat, az állománysűrűség, a vetésidő valamint a gombás megbetegedések elleni védekezés egymással kölcsönhatásban – egymás hatását erősítve vagy gyengítve – fejtik ki hatásukat. Az 1., 2. és 3. ábra adatai alapján az a következtetés vonható le, hogy csapadékos évjáratban alacsonyabb (35 000–55 000 tő/ha), száraz aszályos évjáratban nagyobb (55 000–65 000 tő/ha) tőszám mellett érhető el a maximális termés.

1. ábra. A termésmennyiség alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnológiai elemeknél (Debrecen-Látókép, 2008)

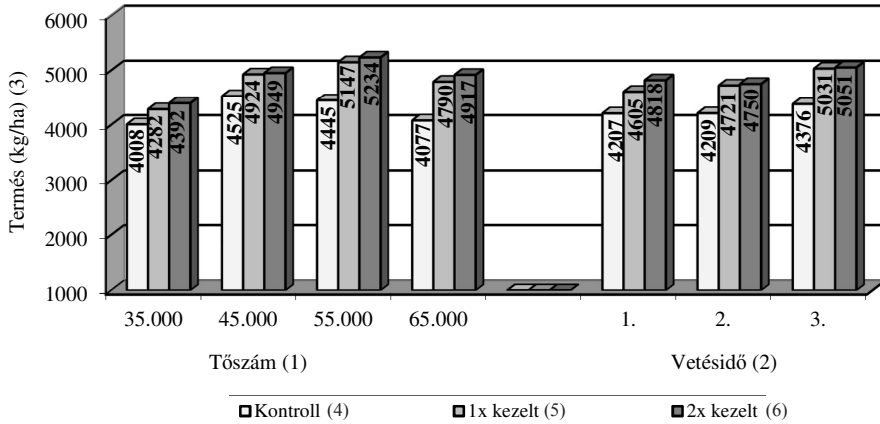


Figure 1. Yield as a result of the examined crop protection and crop technological elements (Debrecen-Látókép, 2008). (1) Plant number, (2) Sowing date, (3) Yield (kg ha⁻¹), (4) Control, (5) Treated once, (6) Treated twice.

2. ábra. A termésmennyiség alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnológiai elemeknél (Debrecen-Látókép, 2009)

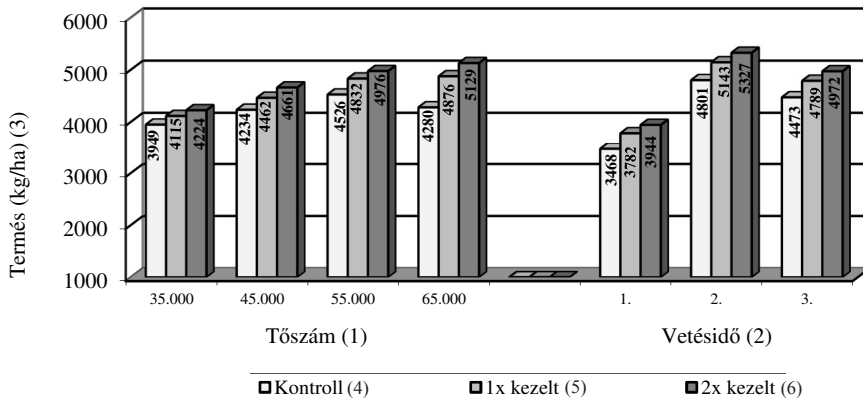


Figure 2. Yield as a result of the examined crop protection and crop technological elements (Debrecen-Látókép, 2009). (1) Plant number, (2) Sowing date, (3) Yield (kg ha⁻¹), (4) Control, (5) Treated once, (6) Treated twice.

3. ábra. A termésmennyiség alakulása a vizsgált növényvédelmi és vetéstechnológiai elemeknél (Debrecen-Látókép, 2010)

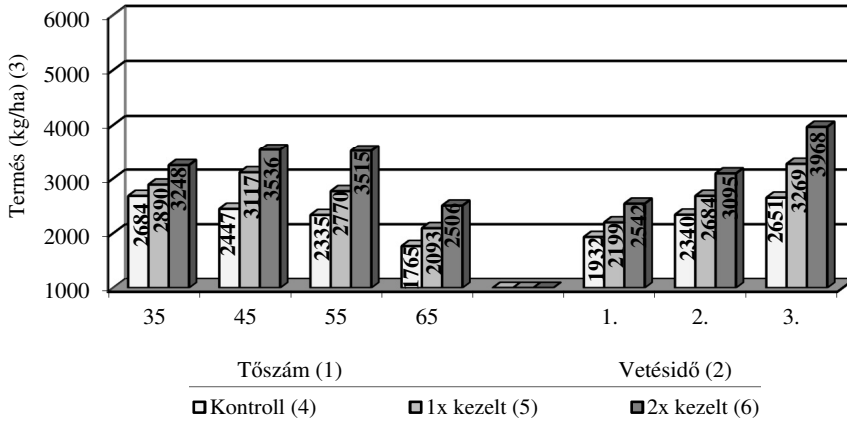


Figure 2. Yield as a result of the examined crop protection and crop technological elements (Debrecen-Látókép, 2010). (1) Plant number, (2) Sowing date, (3) Yield (kg ha⁻¹), (4) Control, (5) Treated once, (6) Treated twice.

A 2010. év extrém körülményei miatt az egyszeri védekezés termésmenővelő hatása 410 kg/ha volt, míg a 2 fungicides védekezés során bekövetkező termésmenővekedés meghaladta ezt (484 kg/ha). A 2008. évben nagy terméskülönbségek nem voltak a korai március végi, optimális április közepi, valamint a megkésett május eleji vetésidők között. A legnagyobb terméssátlagot ebben az évben a megkésett május eleji vetésidőben kaptuk a 2× kezelt hibrideknél. A 2009. évben a korai március végi vetésidő termése jelentősen elmaradt az optimális április közepi és a megkésett május eleji vetésidő terméseredményeitől. A legnagyobb termésmenőnyiséget az optimális április közepi vetésidőben kaptuk. A termésmenővekedés átlagos nagysága 1359 kg/ha volt. A megkésett május eleji vetésidőben az optimális vetésidőhöz viszonyítva 346 kg/ha átlagos terméscsökkenés következett be. A 2010. évben a szintén a megkésett május eleji vetésidőben értük el a termésmenőmaximumot (3296 kg/ha). Az optimális április közepi vetésidőben 509 kg/ha, a korai március végi vetésidőben a megkésett vetésidőhöz képest 1072 kg/ha volt a terméscsökkenés (1–3. ábra).

A fungicides növényvédelem használata nagyobb tőszám alkalmazását teszi lehetővé. A 2008. évben az NK Delfi és PR64D82 hibridek kontroll parcellái-

nak betakarított termésmennyisége 45 000 tő/ha tőszámnál volt a legnagyobb, míg az 1× és 2× kezelt parcellákon 55 000 tő/ha tőszámnál kaptuk a maximális termést. Hasonló tendencia érvényesült 2009-ben a Petunia és NK Kondi hibrideknél is, azonban ebben az esetben a kontroll kezelésben 55 000 tő/ha tőszámnál (4526 kg/ha), a fungicides kezelésekben 65 000 tő/ha tőszámnál értük el a termésmaximumot (4876 kg/ha, 5129 kg/ha). Az erősen csapadékos 2010. évben az NK Kondi hibridnél a kontrollkezelésben 35 000 tő/ha tőszámnál (2684 kg/ha), az 1× és 2× kezelt parcellákon 45 000 tő/ha tőszámnál kaptuk a termés csúcsot (3117 kg/ha, 3516 kg/ha). A 2008–2010. években – a termésmennyiség szempontjából – az optimális és minimális tőszámsűrűségi értékek közötti különbség a vetésidők átlagában nagyobb volt a fungicides kezelésekben, mint a kontroll kezelésben (2008. évben: kontroll: 517 kg/ha, 1× kezelt: 865 kg/ha, 2× kezelt: 842 kg/ha), (2009. évben: kontroll: 577 kg/ha, 1× kezelt: 761 kg/ha, 2× kezelt: 905 kg/ha), (2010. évben: kontroll: 919 kg/ha, 1× kezelt: 1024 kg/ha, 2× kezelt: 1030 kg/ha). A fungicides permetezések termésnövelő hatása azonban a különböző kezelésekben eltérő. Csapadékos évjáratban az egyszeri védekezés hatékonysága nagyobb, mint száraz évjáratokban.

A második fungicides permetezés azonban már csak kisebb termésmenővekedést képes előidézni csapadékosabb és aszályos évjáratban egyaránt. A fungicidek termésmennyiséget befolyásoló szerepe a különböző vetésidőkben is eltérő volt. A 2008. évben az egyszeri kezelés termésnövelő hatása a kontrollhoz viszonyítva a vetésidők átlagában 522 kg/ha, a 2× kezelt hibridek további átlagos termésmenővekedése csupán 87 kg/ha volt. A 2009. évben az egyszeri kezelés átlagos termésnövelő hatása kisebb volt (324 kg/ha). A kétszer kezelt hibrideknél a további termésmenővekedés nagyobb volt, mint az előző évben (176 kg/ha), a júniusban lehullott jelentős mennyiségű csapadék következtében.

IRODALOM

- Aguilar, G. L.–Escalante, E. J. A.–Rodríguez, G. M. T.–Zak, L. F.*: 2002. Dry matter, yield and geophitoelectrical current in sunflower . Terra. 20. 3: 277–284.
- Bocz E.*: 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 887.
- Borbélyné Hunyadi, É.–Csajbók, J.–Lesznyák, M.*: 2007. Relations between the yield of sunflower and the characteristics of the cropyear. Cereal Res. Commun. 35. 2: 285–288.

- Birkás, M.–Kalmár, T.–Fenyvesi, L.–Földesi, P.*: 2007. Realities and beliefs in sustainable soil tillage systems – a research approach. *Cereal Res. Commun.* 35. 2: 257–260.
- Harmati I.*: 1991. A műtrágyázás hatása a napraforgó hibridek kaszattermésére, olajtartalmára, és olajhozamára meszes réti talajon. *Növénytermelés.* 40. 6: 543–551.
- Pepó P.*: 1999. A genotípus szerepe a napraforgó termesztésben. V. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest. 95.
- Pepó P.–Borbélyné Hunyadi É.–Zsombik L.*: 2002. A napraforgó-termesztés agrotechnikai fejlesztési lehetőségei. *Agrofórum.* 13. 1: 19–22.
- Szekrényes G.*: 2000. Az államilag elismert napraforgó hibridek kísérleti eredményeinek tapasztalatai. *Gyakorlati Agrofórum.* 11. 4: 25–28.
- Szendrő P.*: 1980. A napraforgó termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 302.
- Zsombik, L.*: 2006. Effect of sowing time on the oil content of different sunflower hybrids. *Cereal Res. Commun.* 34. 1: 725–728.
- Zsombik, L.*: 2007. Effect of sowing time on yield and oil content of sunflower hybrids in Hajdúság. *Cereal Res. Commun.* 35. 2: 1349–1352.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Szabó András
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

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

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

Összefoglalás

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

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

A jó vízellátottságú mendei gyepeken, stabil ökológiai környezetben a telepítéshez képest kevésbé változott meg a növényi összetétel (10,85 faj). A száraz fekvésű természetes gyepeken szélesebb korlátok között változott az időjárási tényezők mértéke, ehhez más és más növények alkalmazkodtak. Ezáltal diverzebb (26, ill. 34 faj) növényállomány alakulhatott ki.

A terméshezam ingadozása jól követte az éves csapadékmennyiség alakulását, de a gyepeállományban bekövetkezett borítási arányváltozások többnyire nem voltak statisztikailag bizonyítottan a csapadék változásának tulajdoníthatók. A tendencia alapján a vizsgált száraz fekvésű területeken az eddiginél magasabb hőmérséklet és globálsugár-

zás növelheti a borítatlan részek nagyságát és csökkentheti a takarmányozás szempontjából értékes növényekét.

Kulcsszavak: gyeptípusok, hasznosítási gyakoriság, növényállomány, biodiverzitás, időjárási tényezők

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

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

Summary

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

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

Plant diversity (10.85 species) was slightly changed (compared to planting conditions) on wet grassland at Mende, under stable ecological conditions. Climatic factors varied considerably on dry located natural grasslands and plants had adapted to this condition. Therefore, more diverse (26.34 species) plant composition was developed.

Yield fluctuations were strongly correlated to annual rainfall, but coverage ratio changes could not be statistically correlated to changes in rainfall. On the basis of trends, higher temperature and more intensive solar radiation than ever experienced can increase the size of the uncovered areas and reduce the number of plants valuable for feeding on dry areas.

Key words: grasslands, utilisation frequency, plant population, biodiversity, climatic factors

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

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

Резюме

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

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

На хорошо обеспеченном влагой участке дёрна в местечке Менде, в стабильном экологическом окружении по сравнению с посеянным в меньшей мере изменился состав растений (10,85 сортов). На естественных дёрнах сухого расположения в более широких рамках изменялся размер погодных факторов, к этому приспособлялись разные растения. В результате этого смогло образоваться более разнообразное (26 и 34 сортов) растительное насаждение.

Колебания урожая хорошо следовало за формированием годового количества осадков, но последовавшие в составе дёрна изменения соотношения долей покрытия в большинстве случаев не были статистически доказуемо объяснены изменением осадков. На основании тенденции на исследованных территориях сухого расположения более высокая температура, чем раннее и глобальная радиация могут увеличить величину непокрытых частей и может уменьшить ценные с кормовой точки зрения растения.

Ключевые слова: типы дёрна, частота использования, растительное насаждение, биодиверсификация, погодные факторы

Bevezetés

A mezőgazdaság kereteit minden egyes földrészen, régióban, országban, tájon az adott éghajlat határozza meg. Magyarország élelmiszerellátásának kockázata a hazai növénytermelés, állattenyésztés és gyepgazdálkodás alkalmazkodó képességének erősítésével csökkenthető (Láng et al. 2007).

Az agrárágazaton belül a gyepgazdálkodás jelentős részt képvisel. A kérődzők legolcsóbb takarmánya (Vinczeffly 1993, Horn 1995, Schmidt 1996, Tasi 2010), a Föld 20%-át gyeptes területek borítják (World Research 2000, FAO), hazánk területének 10%-a gyepterület (KSH, Tasi 2010). Mindezek bizonyítják, hogy a klímaváltozás vizsgálatának kiterjesztése megalapozott a gyepgazdálkodásra is és nem csak élőhelyként, hanem gazdálkodási területként, termelési ágazatként is. A mezőgazdasági termelés – így a gyepgazdálkodás is – állandóan változó környezetben zajlik, a természeti tényezők, az ökológiai adottságok nagyrészt függetlenek az embertől (Vinczeffly 1993).

A különböző talaj-ökotípusok más és másképp befolyásolják a rajtuk kialakuló növényzetet, így az egyes gyepek összetételét is. A növényi összetételen keresztül a gyepek talajai befolyásolják a termés mennyiségét és minőségét (Barcsák et al. 1978, Vinczeffly 1993). A talaj egyik legfontosabb befolyásoló tényezője a vízellátottság, amit a gyepgazdálkodásban fekvésnek nevezünk. Meghatározza, hogy éves átlagban a talaj pórustérfogatának hány százaléka telített vízzel (Barcsák et al. 1978, Barcsák 2004, Tasi 2010, Szemán 2011).

Barcsák et al. (1978) leírják, hogy az éghajlati adottságok jelentősen meghatározzák a gyep kialakulását, befolyásolják a gyepgazdálkodást, kiemelik a csapadékot, a kitétséget és az egyéb légköri viszonyokat. Vinczeffly (1993) szerint meglehetősen összetett kapcsolatok miatt az egyes éghajlati elemek nehezen választhatók szét, de néhány szempont lehetővé teszi hatásaik elemzését. A klímaváltozás során a növényfajok számára klimatikusan megfelelő területek határai megváltoznak, és mivel ez nem csak az őshonos, hanem az idegen fajtákat is érinti, számítani kell a növénytársulások átalakulására (Czúcz et al. 2007).

Barcsák (1989, 2004) a gyep növényállomány-összetételének kialakulását elsősorban a víznek és a tápanyagnak tulajdonítja. A víz csapadék formájában áll a gyeplévyenyek rendelkezésére, hazánkban az öntözés nem jellemző. Nagy (1994) szerint a vízfogyasztást alapvetően a biotikus, a klimatikus és agrotechnikai tényezők kölcsönös hatása befolyásolja. Bajnok et al. (2011) átlagosnál

csapadékosabb évben különböző hasznosítási rendszereknél 15–30% szárazanyaghozam növekedést mért száraz fekvésű gyepon, míg üde fekvésben 30–85%-ost.

A klímaváltozás gyepgazdálkodásra gyakorolt hatásai egyrészt a hőmérséklet emelkedő tendenciájában és a hőségnapok gyakoriságának növekedésében mutatkoznak meg, másrészt pedig a csapadék mennyiségének csökkenésében. *Török et al.* (2011) vizsgálatai során száraz fekvésű gyepon a csapadék és szárazanyaghozam között szoros korrelációt mutatott ki. Viszont a hőmérséklet, ill. globálsugárzás és szárazanyaghozam között száraz ökológiai körülmények között nem volt kimutatható az összefüggés. Üde fekvésben – ahol a csapadék nem volt limitáló tényező – egyértelmű, szoros korrelációt állapított meg a szárazanyaghozam és a hőmérséklet, valamint a szárazanyaghozam és a globálsugárzás között. A nyári csapadékmentes időszakban magas hőmérséklet és globálsugárzás alacsony páratartalommal jár együtt, ilyen körülmények között a fűvek fejlődése leáll (*Tasi* 2010). *Török et al.* (2011) és *Tasi et al.* (2012) megállapították, hogy üde és száraz fekvésű gyepon a páratartalomnak nincs statisztikailag igazolható hatása a szárazanyag hozamra. A minőséget viszont befolyásolja a magas páratartalom üde fekvésben, csökkenti az emészthetőséget és a metabolizálható energia (ME) tartalmat.

A rétek és legelők értékét nagymértékben meghatározza azok botanikai összetétele, a hasznos, a káros és egyéb fajok egymáshoz viszonyított aránya (*Kota et al.* 1993, *Bajnok et al.* 2000, *Barcsák* 2004). A gyepek borítása nagyon változatos és gyorsan képes változni a hasznosítástól függően (*Parsons et al.* 1984, *Orr et al.* 1988). *Szentes et al.* (2009a,b) Klapp-féle értékszámokkal jellemzett több hazai gyeplet is, ahol változatos eredményre jutott (1,5–6,4), ami a különböző takarmányértékű növényi csoportok borítási arányával magyarázható. Az egyes növénycsoportok egymáshoz viszonyított arányát vizsgálta *Penksza et al.* (2013) három különböző hasznosítású területen. Megállapították, hogy a legeltetett terület növényállománya a gyomfajok irányába tolódott el, de diverzitása nem csökkent. Bizonyították, hogy az alullegetetés hatására (kiegészítő legelőn) csökken a terület fajszáma. *Pavlu et al.* (2006) a pászitfűvek, a pillangósok, az egyéb növények és a borítatlan részek arányát vizsgálta egy csehországi üde gyepon, amit több évig nem hasznosítottak. A vizsgált három év során megállapították, hogy mind az intenzív, mind az extenzív hasznosítás növelte a pászitfűvek (*Festuca rubra*), a pillangósok (*Trifolium repens*)

és az egyéb növények egységnyi területre vetített számát. A kezeltlen (kontroll) terület minden évben a legnagyobb borítatlan területtel bírt. A használat eredményeként zártabb és fajgazdagabb gyepek alakultak ki.

Anyag és módszer

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

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

A mendei gyepek földrajzilag az észak-magyarországi Középhegység nagytáj része, ahol a Cserhát vidék középtáján és a Gödöllői-dombságon kistáj része (É. sz.: 47°25'54"; K. h.: 19°29'13"). A '90-es évek végén telepített, nádképzű csenkesz (*Festuca arundinacea*) vezérnövényű, réthasználatú terület. Az első növedék kaszálása után juhok legeltetésével hasznosítják. Völgyben terül el, vízviszonyai alapján üde fekvésű. Nem védett, azonban bejelentett AKG ökológiai gazdálkodási terület.

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

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

A hasznosítások előtt a növényállomány felvételezését Balázs-féle quadrát módszerrel (Balázs 1949) végeztük el. A növények megnevezésénél Simon (2000) nevezéktanát használtuk. A napi időjárási adatokat térítésmentes szolgáltatás keretei között az Országos Meteorológiai Szolgálattól kaptuk. 2010-től

mobil meteorológiai állomás szolgáltatja az adatokat Kisfüzesen. A kísérlet ideje alatt mért éves adatok a 2. táblázatban láthatók.

1. táblázat. A hasznosítások jellemzői

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

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

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

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

Vizsgálati eredmények

Szárazanyaghozam

A szárazanyaghozamok alakulását az 1. ábra mutatja. A különböző típusú gyepek termőképességének változatosságát jól tükrözi az ábra. Az üde fekvésben (Mendén) mért adatok 6 és 13 t/ha között változnak. A nagy terméshez a változó évjáráthatás miatt nagy termésingadozás is társul, az 2006 és 2008 között

átlagosan 3,95 t/ha-os. Hasznosítási rendszertől függetlenül minden esetben szignifikánsan nagyobb volt a mendei gyepprodukciója, mint a bösztörié és kislefűzese.

2. táblázat. A kísérleti helyszínek éves időjárási adatai

Hely (1)	Év (2)	Csapadék (mm) (3)	G. sugárzás (J/cm ²) (4)	Hőösszeg (C°) (5)	Hőmérséklet (C°) (6)	Páratartalom (%) (7)
Mende	2006	568,3	44 9611	2634,3	10,30	73,47
	2007	490,4	47 9218	2758,9	11,57	69,53
	2008	654,3	46 9830	2656,3	11,23	69,77
	2009	563,2	46 3813	2727,0	11,01	72,09
Bösztör	2006	615,2	44 2215	2647,9	10,48	75,97
	2007	531,4	46 3899	2767,5	11,65	69,26
	2008	625,0	45 6495	2713,1	11,45	71,79
	2009	554,9	44 9703	2854,3	11,45	70,82
	2010	974,0	41 1843	2597,8	10,26	77,42
Kislefűzes	2009	579,3	45 2960	2819,6	11,24	67,02
	2010	1012,3	42 2774	2503,9	9,95	75,89
	2011	315,04	53 6062	2395,2	9,43	80,05
	2012	355,2	50 1415	2598,8	9,84	76,64

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

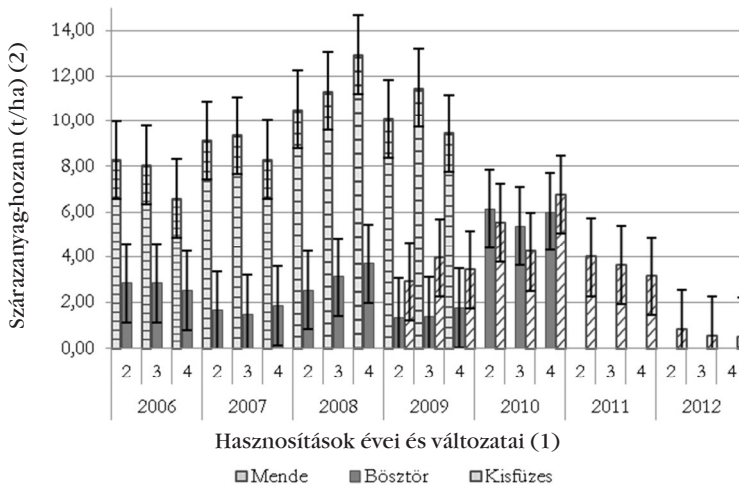
A száraz fekvésű gyepek (Bösztör, Kislefűzes) esetén jóval kisebb terméshozamokat mértünk. Bösztörön – az extrém csapadékos évet leszámítva – 1,5 és 4 t/ha között alakult a szárazanyaghozam. A 2010-es év nagy mennyiségű csapadéka az addigi 2,26 t/ha-os átlagtermést megduplázta, 5,83 t/ha-ra. Ebben az évben a *Festuca pseudovina* vezérnövény helyét átvette az üde, nedves fekvést kedvelő *Alopecurus pratensis* és az *Agrostis stolonifera*, valamint megjelent a *Bromus inermis* is a területen, ezen fajok nagyobb termőképessége eredményezte a hozamnövekedést. A kislefűzesi gyepproduktum ideje alatt ki volt téve mind az extrém mennyiségű csapadéknak (2010), mind az aszálynak is (2011, 2012).

3. táblázat. A talajvizsgálatok fontosabb eredményei

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

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

1. ábra. Szárazanyaghozamok alakulása a kísérleti helyszíneken (t/ha)



Megjegyzés: SzD_{5%}=1,722.

Figure 1. Changes in annual dry material content (t ha⁻¹) on experimental areas. (1) Systems of utilization per year, (2) Yield of dry matter (t ha⁻¹). Note: LSD_{5%}=1.722.

A 2010-ben lehullott 1012 mm csapadék még kompenzálta a következő évi 315 mm-t és 4,00; 3,65 és 3,15 t/ha szárazanyaghozamot mértünk hasznosítási rendszertől függően. 2012-ben az újabb aszályos év (355 mm) hatására az éves szárazanyaghozamok nem érték el az 1 t/ha-t.

A terméshozamok ingadozása jelentős mértékű, mind pozitív mind negatív irányba és az egyes gyeptípusokra más és más mértékben hat. A csapadék mennyiségének kiszolgáltatott gyepek – tehát a száraz fekvésű legelők, rétek – hozamának kockázata fokozódik az egyenetlen csapadékeloszlás miatt.

Növénycsoportok borítása

A kialakított 5 növénycsoport borítási %-a mellett látható a 4. táblázatban a borítatlan terület %-a és a fajok száma a kísérleti évek átlagában. Mende esetén a kis fajsám és az egyéb egyszikűek (EE) teljes hiánya is a telepített gyeprétegen. Az 50% feletti HE és a 15%-ot meghaladó HP takarmányozási szempontból kiváló értékek. Kicsi a borítatlan részek aránya, ami kedvez a nagy hozamok elérésének. A közömbös kétszikűek aránya nem éri el a 20%-ot, ez a szakirodalom szerint még elfogadható - ilyen arányban még elfogyasztják az állatok – tehát nem tekinthetjük még gyomnak őket (Tasi 2010). A hasznosítási változatok közötti különbségek leginkább a MSZ-nél jelentkeznek, évi 3×-i hasznosítás esetén 7,2%-os borítást ért el ez a csoport, a *Ranunculus repens* felszaporodása és a 2009-ben megjelent *Cirsium arvense* miatt.

4. táblázat. A növénycsoportok borítása a kísérleti évek átlagában

Hely (1)	Haszn. száma/év (2)	HE % (3)	HP % (4)	EE % (5)	KK % (6)	MSZ % (7)	Borítatlan % (8)	Fajsám (9)
Mende	2	59,9	16,7	0,0	19,9	3,3	0,3	10,7
	3	57,8	16,1	0,0	17,6	7,2	1,2	10,8
	4	55,6	17,8	0,0	19,4	4,8	2,4	11,0
Bösztör	2	68,2	5,7	2,4	13,1	5,2	5,3	25,3
	3	64,4	4,8	2,1	15,2	4,2	9,3	26,0
	4	62,1	7,3	1,4	14,9	4,6	9,7	27,0
Kisfüzes	2	31,2	15,8	0,6	27,9	2,5	22,0	36,5
	3	21,7	15,4	0,7	34,9	0,9	26,4	32,4
	4	23,8	16,7	1,1	33,3	2,0	23,0	34,7

Table 4. The plant groups cover of the average of the experimental years. (1) Experimental area, (2) Number of use/year, (3) Useful monocotyledonous, (4) Useful legumes, (5) Other monocotyledonous, (6) Indifferent dicotyledonous, (7) Poisonous and prickly plants, (8) Gaps, (9) Number of species.

A bősztöri gyepen felvételeztük a legnagyobb HE arányt, de ehhez a HP csekély borítási %-a kapcsolódik, ami a kedvezőtlenebb fekvési viszonyoknak tulajdonítható. A 2009-es évig a *Festuca pseudovina* dominált, kisebb borítottsággal megjelent a *Cynodon dactylon* is, a 2010-es csapadékos év átalakította a pázsitfűvek fajösszetételét. Diverzitása nagyobb, mint a mendei gypé, átlagos fajszáma a hasznosítási rendszertől függően 25–27 faj. A gypé zártsága az 5 év átlagában 90–95%-os volt. A nagy HE arány mellett néhány %-ban már megtalálhatók voltak az EE-k fajai (*Bothriochloa ischaemum*, *Carex caryophylla*, *Echinochloa crus galli*) is. Az MSZ növények gyepgazdálkodási szempontból megközelítették, ill. az évi 2×-i hasznosításnál meg is haladták azt az 5%-os határt, ami felett ajánlott beavatkozni terjedésük ellen.

A kislejtési gypé kettős képet mutat. Diverzitás szempontjából felülmúlja az előző két gypét, a fajok száma meghaladja a 30-at. Ezzel szemben takarmányérték szempontjából kedvezőtlen a helyzet. A HE és HP értékei együtt sem érik el az 50%-ot. Főként a *Festuca* fajok bírtak jelentős borítással, szárazabb évjáratokban a *Festuca pseudovina*, *Festuca rubra* és *Festuca valesiaca* domináltak, míg 2009 és 2010-ben a *Festuca arundinacea* volt uralkodó. Ezek mellett a nedvesebb évek első növedékében 7%-os borítást is elért az *Arrhenatherum elatius*. A KK-ek 30% feletti értékeket is elérnek, ilyenkor már gyepgazdálkodási szempontból gyomként tekintünk rájuk (Baskay Tóth 1966, Barcsák et al. 1978, Barcsák 2004, Tasi 2010, Szemán 2011). A legnagyobb borítással bíró fajok az *Achillea collina*, a *Daucus carota*, a *Tragopogon orientalis*, a *Plantago lanceolata* és az *Agrimonia eupatoria* voltak. Ezek mellett jelentős a borítatlan részek aránya: 22,0; 26,4 és 23,0% a hasznosítási rendszerek függvényében. Az EE és az MSZ aránya egyaránt elfogadhatóan alacsony.

Időjárási tényezők és a növénycsoportok kapcsolata

Az időjárási tényezők, a szárazanyaghozam és a gazdasági érték szempontjából kialakított növénycsoportok közötti összefüggéseket Person-féle korrelációval vizsgáltuk meg (5–7. táblázat). A betakarítások előtt elvégzett felvételezések eredményeit vettük össze az adott növedékben mért szárazanyag-hozammal, a lehullott csapadék mennyiségével, az összegződött globálsugárzással és hőmérséklettel, valamint az átlagos páratartalommal.

Mende esetén a vizsgált tényezők két növénycsoporttal (HP, KK) mutattak szignifikanciát. A szárazanyaghozam a 2×-i hasznosítás esetén pozitív a HP-val és negatív KK-val $P < 0,01$ szinten. Ezzel szemben évi 3 hasznosítás esetén a HP

és a szárazanyaghozam között negatívvá változik az összefüggés ($P < 0,05$). Mindkét esetben a *Trifolium pratense* domináns növény, a 2×-i hasznosítás esetén 11,1 %-os, a 3×-inál 14,4%-os átlagborítással. A negatív összefüggést az évi 3 hasznosítás esetén a kisebb szárazanyaghozamokhoz párosuló nagyobb *Trifolium pratense* és ezzel HP arány indokolja. Mivel a fekvését tekintve üde gyepeknek számít a vizsgált terület, a csapadék mindösszesen egy esetben szignifikáns, a KK-val.

5. táblázat. Korrelációs összefüggések a növénycsoportok borítási %-a, a sz. a. hozam és az időjárási tényezők között (Mende, 2006–2009)

Mende	Haszn. száma/év (1)	N (2)	HE (3)	HP (4)	EE (5)	KK (6)	MSZ (7)	Borítatlan (8)
Sz.a. hozam (9)	2	8	-,557	,938**	.a	-,907**	-,210	,376
	3	12	,237	-,604*	.a	,009	,451	-,353
	4	16	,157	-,096	.a	,096	-,425	,041
Csapadék (10)	2	8	-,067	,090	.a	-,164	,496	-,328
	3	12	-,399	,272	.a	,589*	-,291	-,069
	4	16	-,084	,399	.a	,028	-,231	-,404
G.sugárzás (11)	2	8	-,529	,548	.a	-,243	-,398	,585
	3	12	-,412	,222	.a	,701*	-,215	-,388
	4	16	-,204	,082	.a	-,049	,065	,334
Hőmérséklet (12)	2	8	,580	-,855**	.a	,774*	,086	-,427
	3	12	-,267	-,123	.a	,634*	,058	-,428
	4	16	-,030	-,265	.a	,503*	,159	-,370
Páratartalom (13)	2	8	,514	-,803*	.a	,722*	,276	-,462
	3	12	-,305	,092	.a	,121	,566	-,362
	4	16	,063	,107	.a	-,033	,000	-,294

Megjegyzés: *a korreláció szignifikáns $P=0,05$ -os szinten, **a korreláció szignifikáns $P=0,01$ -os szinten.

Table 5. Correlation between plant groups cover and dry matter yield, and weather conditions (Mende, 2006–2009). (1) Number of use/year, (2) Df, (3) Useful monocotyledonous, (4) Useful legumes, (5) Other monocotyledonous, (6) Indifferent dicotyledonous, (7) Poisonous and prickly plants, (8) Gaps, (9) Dry matter yield, (10) Precipitation, (11) Global radiation, (12) Temperature, (13) Humidity. Note: *correlation is significant at the 0.05 level; **correlation is significant at the 0.01 level.

6. táblázat. *Korrelációs összefüggések a növénycsoportok borítási %-a, a sz. a. hozam és az időjárási tényezők között (Bösztör, 2006–2010)*

Bösztör	Haszn. száma/év (1)	N (2)	HE (3)	HP (4)	EE (5)	KK (6)	SZM (7)	Borítatlan (8)
Sz.a. hozam (9)	2	10	,241	-,107	,637*	-,538	-,422	-,119
	3	15	,162	,006	,350	-,294	-,376	,144
	4	20	,269	,143	,332	-,587**	-,277	-,014
Csapadék (10)	2	10	,544	-,115	,285	-,803**	-,597	-,009
	3	15	,034	-,050	,073	,014	-,039	-,077
	4	20	,333	,056	-,264	-,554*	-,221	,016
G.sugárzás (11)	2	10	-,688*	,401	,526	,362	,366	,137
	3	15	-,410	-,043	,172	,408	,673**	-,308
	4	20	,035	,023	,462*	-,091	-,023	-,096
Hőmérséklet (12)	2	10	,332	-,730*	-,049	,042	-,599	,510
	3	15	,099	-,328	,057	,226	,304	-,614*
	4	20	,341	-,303	-,033	-,135	,274	-,411
Páratartalom (13)	2	10	,762*	-,535	-,087	-,620	-,682*	,022
	3	15	,507	-,019	-,018	-,427	-,671**	,057
	4	20	,393	-,112	-,256	-,721**	-,338	,208

Megjegyzés: *a korreláció szignifikáns P=0,05-os szinten, **a korreláció szignifikáns P=0,01-os szinten.

Table 6. Correlation between plant groups cover and dry mater yield, and weather conditions (Bösztör, 2006–2010). (1) Number of use/year, (2) Df, (3) Useful monocotyledonous, (4) Useful legumes, (5) Other monocotyledonous, (6) Indifferent dicotyledonous, (7) Poisonous and prickly plants, (8) Gaps, (9) Dry matter yield, (10) Precipitation, (11) Global radiation, (12) Temperature, (13) Humidity. Note: *correlation is significant at the 0.05 level; **correlation is significant at the 0.01 level.

A csapadék mellett hasznosítási rendszertől függetlenül a hőmérséklet hat pozitívan a KK-ek arányára. A klímaváltozás velejáróit elfogadva, hogy emelkedik az átlaghőmérséklet, a forrónapok száma és nő az aszály valószínűsége (Harnos 2005, Jolánkai és Birkás 2010) az üde fekvésű gyepeken számítani kell a közbős kétszikű (KK) növények felszaporodására.

A Bösztörön felvételezett és mért adatok összefüggései változatosabban alakulnak. A szárazanyaghozam P<0,01 szinten a KK-val szoros negatív összefügg-

gést mutat az évi 4×-i hasznosításnál és nem szignifikánsan negatív a másik két esetben is. Az ezen a területen felvételezett közömbös kétszikűek terjedése csökkenti a betakarítható hozamot. A kései első kaszálásos (2×-i hasznosítás) rendszer esetén az EE pozitívan hat a szárazanyag hozamra, de mivel az ebbe a csoportba tartozó növények takarmányszennyezők, takarmányozási szempontból ez kedvezőtlen. Száraz területről lévén szó, a csapadék erős befolyásoló hatását várnánk. Ezzel szemben az eredmények azt mutatják, hogy a csapadék statisztikailag igazolhatóan csak a KK-ra hat és arra is negatívan, mivel a többlet csapadékot a HE és HP tudják jól hasznosítani és így kiszoríthatják a közömbös kétszikűeket. A globálsugárzás gyeptápanyagellátási szempontból kedvezőtlen eredményeket mutat. Az emelkedő radiáció csökkenti a HE borítási arányát (2×-i hasznosítás) és növeli az EE (4×-i hasznosítás), valamint MSZ (3×-i hasznosítás) arányt. A sugárzáshoz szorosan kötődő hőmérséklet pedig a HP-re van kedvezőtlen hatással. Az üde területtel ellentétben a páratartalom takarmányozás szempontjából kedvező hatást mutat. A magasabb páratartalom hosszabb regenerációs időnél növelheti a HE arányát a gyeptápanyagellátásban.

A másik száraz fekvésű, de domboldali elhelyezkedésű, kistűzesi gyeptápanyagellátás esetében a mendeihez hasonlít. A 15% körüli hasznos pillangós borítás esetén $P < 0,01$ szinten pozitív összefüggést állapítottunk meg itt is a 2, ill. 3× hasznosításnál. A nagy borítatlan terület eredményeképpen ellentétes irányú változás várható a borítatlan részek és a szárazanyagellátás alakulásában. A csapadék esetén itt is jelentős hatást vártunk volna, de megállapítani annyit tudtunk, hogy nem szignifikánsan pozitív a csapadék hatása a HP-ra és – egy esetben szignifikánsan – negatív a borítatlan részek arányára. A globálsugárzás és a hőmérséklet érdekes eredménnyel szolgált. Mindkét tényező egyaránt – hasznosítási rendszertől függetlenül – negatív összefüggést mutat a takarmányozási szempontból gyomnak számító EE-vel. Ennek az az oka, hogy a 2010-es év nagymennyiségű csapadéka miatt nedves fekvést kedvelő sások és szittyók (2010: *Luzula campestris* 4%, *Carex caryophylla* 0,5%) jelentek meg, melyek a későbbi aszályos időjárás hatására visszaszorultak. Tehát téves következtetés lenne, ha a hőmérséklet és a globálsugárzás emelkedésétől az összes EE csoportba tartozó növények borítási %-ának csökkenését várnánk. A növekvő globálsugárzás a borítatlan részek növelésében nagy szerepet játszik, 2 és 3×-i hasznosítás esetén is szignifikánsan pozitív az összefüggés. A páratartalom növekedése – ami csapadék nélkül nem valósulhat meg – régtápanyagellátás ese-

tén segíti a gyepgazdálkodás szempontjából kedvezőbb növényállomány kialakulását, csökkenti az EE és az MSZ arányt.

7. táblázat. *Korrelációs összefüggések a növénycsoportok borítási %-a, a sz. a. hozam és az időjárási tényezők között (Kisfüzes, 2009–2012)*

Kisfüzes	Haszn. száma/év (1)	N (2)	HE (3)	HP (4)	EE (5)	KK (6)	MSZ (7)	Borítatlan (8)
Sz.a. hozam (9)	2	8	,299	,928**	,485	,263	-,270	-,597
	3	12	,460	,739**	,365	,308	-,080	-,769**
	4	16	,082	,375	,010	,305	-,408	-,553*
Csapadék (10)	2	8	-,088	,557	-,256	-,022	-,364	-,140
	3	12	-,215	,478	-,118	,342	-,377	-,327
	4	16	-,052	,532*	-,096	,309	-,088	-,639**
G.sugárzás (11)	2	8	-,517	-,593	-,344	-,682	-,280	,724*
	3	12	-,441	-,396	-,302	-,552	-,092	,717**
	4	16	,300	-,355	-,227	-,242	,114	,355
Hőmérséklet (12)	2	8	-,445	-,354	-,506	-,188	-,041	,437
	3	12	-,292	-,146	-,763**	-,519	-,300	,528
	4	16	,303	,204	-,568*	-,346	-,178	,001
Páratartalom (13)	2	8	,084	,091	-,620	-,629	-,296	,151
	3	12	-,313	,301	-,588*	-,046	-,777**	,051
	4	16	,652**	,401	-,342	-,385	-,410	-,312

Megjegyzés: *a korreláció szignifikáns P=0,05-os szinten, **a korreláció szignifikáns P=0,01-os szinten.

Table 6. Correlation between plant groups cover and dry mater yield, and weather conditions (Kisfüzes, 2009–2012). (1) Number of use/year, (2) Df, (3) Useful monocotyledonous, (4) Useful legumes, (5) Other monocotyledonous, (6) Indifferent dicotyledonous, (7) Poisonous and prickly plants, (8) Gaps, (9) Dry matter yield, (10) Precipitation, (11) Global radiation, (12) Temperature, (13) Humidity. Note: *correlation is significant at the 0.05 level; **correlation is significant at the 0.01 level.

Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

A kísérlet eddigi eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a gyeppek száraz-anyag-hozamát korlátozzák maguk az ökológiai adottságok, azaz a fekvés és talaj-adottság. Ezen korlátok között változatos termésmennyiség alakulhat ki az

évjáráthatástól függően. Szembetűnően a csapadék alakítja legerősebben a termés mennyiségét.

A gyepek biodiverzitását egyrészt befolyásolja a hasznosítási rendszer, másrészről pedig az aktuális időjárási tendencia (extrém csapadékmennyiség, aszály). A jó vízellátottságú mendei gyepeken, stabil ökológiai környezetben a telepítéshez képest kevésbé változott meg a növényi összetétel. A száraz fekvésű természetes gyepeken szélesebb korlátok között változott az időjárási tényezők mértéke, ehhez más és más növények alkalmazkodtak. Ezáltal diverzebb növényállomány alakulhatott ki.

A terméshozam ingadozása jól követte az éves csapadékmennyiség alakulását, ennek ellenére csak néhány alkalommal lehetett szignifikáns összefüggést kimutatni a csapadék mennyisége és az egyes növénycsoportok borítási aránya között. Tehát a növénycsoportok közti dinamikus változások nem csak a csapadéknak tudhatók be. A klíma változása, az átlaghőmérséklet emelkedése, hőségnapok számának emelkedése, szélsőséges csapadékeloszlás, a radiáció megnövekedés, mind arra mutatnak, hogy a gyepegzdkódást leginkább sújtó aszály kockázata növekszik. A vizsgált száraz fekvésű területeken az eddiginél magasabb hőmérséklet és globálsugárzás növelheti a borítatlan részek nagyságát és csökkentheti a takarmányozás számára értékes növényekét, csökkentve ezáltal a gyepek potenciális termését és annak takarmányozási minőségét.

Köszönetnyilvánítás

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

IRODALOM

- Bajnok M.–Rostás M.–Tasi J.*: 2000. Néhány legelő és rét növényzetének értékelése a takarmányozás szempontjából. Állattenyésztés és Takarmányozás. 49. 3: 247–256.
- Bajnok M.–Török G.–Resch, R.–Buchgraber, K.–Tasi J.*: 2011. A termőhely, a gyeptípus és az időjárás szerepe néhány gyepegzdkódás hozamának alakulásában a hasznosítás intenzitásának függvényében. Gyepegzdkódási Közlemények. 1: 13–18.

- Balázs F.*: 1949. A gyepek termésbecslése növényiszociológia alapján. Agrártudomány. 1. 1: 26–35.
- Barcsák Z.–Baskay-Tóth B.–Prieger K.*: 1978. Gyeptermesztés és -hasznosítás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 339.
- Barcsák Z.*: 1989. Gyeptermesztés és hasznosítás. Egyetemi jegyzet. Gödöllő. 242.
- Barcsák Z.*: 2004. Biogyep-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 222.
- Baskay Tóth B.*: 1966. Legelő- és rétművelés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 370.
- Czúcz B.–Kröel-Dulay Gy.–Rédei T.–Botta-Dukát Z.–Molnár Zs.*: 2007. Klímapolitika, Éghajlatváltozás és biológiai sokféleség – elemzések az adaptációs stratégia tudományos megalapozásához. Kutatási jelentés. MTA ÖBKI. Budapest. 278.
- FAO*: <http://faostat.fao.org>
- Harnos Zs.*: 2005. A klímaváltozás és lehetséges hatásai a világ mezőgazdaságára. Magyar Tudomány. 7: 826.
- Horn P. (szerk.)*: 1995. Állattenyésztés 1. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 592.
- Jolánkai M.–Birkás M.*: 2010. Szárazodás, aszály, növénytermelés. „KLÍMA-21” Füzetek. 59: 26–31.
- Kota M.–Zsuposné Oláh Á.–Vinczeffy I.*: 1993. A gyepek néhány gyógynövényének takarmányértéke és mikrobiológiai jelentősége. Legeltetési állattartás. Tudományos Közlemények. Debrecen. 159–169.
- KSH*: www.ksh.gov.hu
- Láng I.–Csete L.–Jolánkai M. (szerk.)*: 2007. A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 220.
- Nagy I.*: 1994. A gyepek vízgazdálkodása és öntözése. Természetes állattartás. Tudományos és Termelési Tanácskozás. Hódmezővásárhely. Debrecen. 77–86.
- Orr, R. J.–Parsons, A. J.–Treacher, T. T.–Penning, P. D.*: 1988. Seasonal patterns of grass production under cutting or continuous stocking management. Grass and Forage Science. 43: 199–207.
- Parsons, A. J.–Collett, B.–Lewis, J.*: 1984. Changes in the structure and physiology of perennial ryegrass sward when released from a continuous stocking management: implications for the use of exclusion cages in continuously stocked sward. Grass and Forage Science. 39: 1–9.
- Pavlu, V.–Hejzman, M.–Pavlu, L.–Gaisler, J.–Hejzmanova-Nezerková, P.–Meneses, L.*: 2006. Changes in plant densities in mesic species-rich grassland after imposing different grazing management treatments. Grass and Forage Science. 61: 42–51.
- Penksza K.–Házi J.–Tóth A.–Wichmann B.–Pajor F.–Gyuricza Cs.–Póti P.–Szentés Sz.*: 2013. Elterő hasznosítású szürkemarha legelő szezonális táplálóanyag tartalom alakulása, fajdiverzitás változása és ennek hatása a biomasz mennyiségére és összetételére pannon nedves gyepen. Növénytermelés. 62. 1: 73–94.
- Schmidt J.*: 1996. Takarmányozástan. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 358.
- Simon T.*: 2000. A Magyarországi edényes flóra határozója. Harasztok – virágos növények. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt. Budapest. 845.

- Sváb J.*: 1983. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 557.
- Szemán L.*: 2011. Gyepgazdálkodás és természetvédelem. Egyetemi jegyzet. Szent István Egyetem. Gödöllő. 147.
- Szentes Sz.–Tasi J.–Házi J.–Penksza K.*: 2009a. A legeltetés hatásának gyepgazdálkodási és természetvédelmi vizsgálata Tapolcai- és Káli-medencei lólegelőn a 2008. évi legeltetési idényben. Gyepgazdálkodási Közlemények. 7: 65–72.
- Szentes Sz.–Tasi J.–Wichmann B.–Penksza K.*: 2009b. Botanikai és gyepgazdálkodási vizsgálatok 2008. évi eredményei a badacsonytördemici szürkemarha legelőn. Gyepgazdálkodási Közlemények. 7: 73–78.
- Tasi, J.–Bajnok, M.–Szentes, Sz.–Török, G.*: 2012. Relationship of feed quality and water supply on dry and mesic pastures. 11th Alps-Adrian Scientific Workshop. Növénytermelés. Suppl. 61: 181–184.
- Tasi J.*: 2010. Gyepgazdálkodás. Szent István Egyetem. Gödöllő. 120.
- Török G.–Bajnok M.–Szentes Sz.–Tasi J.*: 2011. Az időjárás-változás hatása különböző típusú gyepok termőképességére és a takarmány minőségre. Animal welfare, ethology and housing systems (AWETH). Gödöllő. 7. 4: 411–418.
- Vinczeffly I. (szerk.)*: 1993. Legelő- és gyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 400.
- World Resources 2000*: http://pdf.wri.org/page_grasslands.pdf

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

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

SZEMLE**Review****A durum búza sárga pigment tartalma**

VIDA GYULA

MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

Összefoglalás

A karotinoidok növényi szövetekben történt azonosítása óta egy évszázad alatt a durum búzából készült termékek sárga színének kialakításáért felelős vegyületek és ezek mennyiségét meghatározó genetikai faktorok kutatása szinte hihetetlen fejlődésen ment keresztül. Napjainkra a tudomány választ adott arra a kérdésre, hogy mely molekulák alkotják a sárga pigmentet és ezek milyen lépéseken keresztül, mely enzimek tevékenységének nyomán jönnek létre. Az elválasztás technikájának fejlődése nyomán már kis mennyiségű mintából néhány perc alatt mérhető a karotinoidok összetétele. Színméressel, roncsolás és vegyszerek nélkül információt kaphatunk a termék (szemolina, vagy száraztészta) minőségéről. A genetikai kutatások eredményeként már nem csak a sárga színanyag termelését irányító gének, hanem azok funkciója is kezd ismertté válni. A lutein szintézist kontrolláló enzimeket kódoló génekben az allél-szintű különbségek azonosítása és ezek sárga pigment tartalommal kimutatott kapcsoltsága hatékonyan használható molekuláris markerek kifejlesztéséhez vezetett. A markerszelekció szélesebb körű térnyerése a sárga pigment tartalom növelésének területén már a közeljövőben bekövetkezhet a durum búza nemesítési programokban.

Kulcsszavak: *Triticum turgidum* ssp. *durum*, karotinoid, technológiai minőség, genetikai háttér, markerszelekció

Yellow pigment content of durum wheat

GY. VIDA

Agricultural Institute, Centre for Agricultural Research,
Hungarian Academy of Sciences, Martonvásár

Summary

Carotenoids were first identified in plant tissues one century ago. During this period, there was a spectacular improvement in the research of compounds responsible for the yellow colour of products made from durum wheat and the genetic factors determining the amount of these compounds. For today, science has answered the question which molecules constitute the yellow pigments and what are the steps and enzyme activities involved in their creation. By means of the improved technique of separation, the composition of carotenoids can be measured even from a small sample during only a few minutes. It is possible to gain information about product quality (semolina or pasta) with color management without any damage or chemicals. As a result of genetic research, not only the genes regulating the yellow pigment, but also their function is starting to become known. The identification of differences at the allele level in the genes encoding enzymes which control lutein synthesis and the revealed correlation of these differences with yellow pigment content led to the development of effectively usable molecular markers. As a result, marker selection can gain more ground in increasing yellow pigment content in durum wheat breeding programs in the near future.

Key words: *Triticum turgidum* ssp. *durum*, carotenoid, technological quality, genetic background, marker-assisted selection

Содержание жёлтого пигмента твёрдой пшеницы

ДЬ. ВИДА

Исследовательский Институт Аграрных Наук
Венгерской Академии Наук, Мартонвашар

Резюме

За столетие с обнаружения каротиноидов в растительных тканях исследование генетических факторов и химических соединений, отвечающих за образование желтого цвета продуктов, изготовленных из твёрдой пшеницы (дурум) прошло через невероятное развитие. В наши дни наука дала ответ на вопрос, какие молекулы создают жёлтый пигмент и в ходе каких процессов, вследствие деятельности каких энзимов возникли. В результате развития техники отделения уже из малого образца за несколько минут можно измерить состав каротиноидов. Измерением цвета, без разрушения и химических соединений можем получить информацию о качестве продукции (крупа или макаронные изделия). В результате генетических исследований уже не только знаем гены, управляющие производством цветного материала, но и их функции. В кодирующих, контролирующих синтезис лютенина генах отождествление на уровне аллели различий и их показанная связь с содержанием жёлтого пигмента эффективно привела к развитию молекулярных маркеров. Широкое распространение маркерной селекции в области увеличения содержания желтого пигмента уже в ближайшем будущем может последовать в программах селекции пшеницы дурум.

Ключевые слова: *Triticum turgidum* ssp. *durum*, каротиноид, технологическое качество, генетический фон, маркерная селекция

A durumbúza a második legnagyobb területen termesztett *Triticum* faj, a világpiacon értékesített termény mennyisége 1991 óta évente 26,2 és 41,0 millió tonna között változik (az *International Grain Commission* adatai; cit. *Le Lamer és Rousselin* 2011). A durumbúza termését elsődlegesen a száraztésztaipar dolgozza fel, Európában, Amerikában és Ausztráliában a teljes mennyiség 94–98%-ából olasz típusú száraztészta (pasta) készül (*Impiglia et al.* 2000). E

termesztett növényfajnak több kedvező tulajdonsága is előnyt jelent a feldolgozási folyamat során. Fehérjetartalma nagy, de emellett még a sikérszerkezete is különleges. Az erős sikérváz a feldolgozás, majd a főzés során képes visszatartani a keményítő molekulákat (*Feillet* 1984) és ennek következtében a tészta felülete nem nyálkásodik, nem ragad, alakját stabilan megőrzi (*Dexter és Matsuo* 1980). A durum dara, az ún. szemolina nagy mennyiségű sárga pigmentet (karotinoidokat) tartalmaz, ami a tésztakészítési- és főzési tulajdonságokat nem, vagy csak igen kis mértékben befolyásolja, ugyanakkor a tojás felhasználása nélkül készített tészta esztétikai értékét, szalmonella mentességét, tárolhatóságát és ezen keresztül értékesíthetőségét, exportálhatóságát alapvetően meghatározza (*Dexter et al.* 1981).

A durum búzából készített száraztészta sárga színének kialakulását két fő tényező befolyásolja: a szemolina genetikailag determinált minősége és a feldolgozó ipar által alkalmazott technológia (*Irvine és Winkler* 1950, *Irvine és Anderson* 1953). A genetikailag meghatározott tulajdonságok között első helyen található a sárga pigment tartalom (*Borrelli et al.* 1999), amely különleges szerepet tölt be a durumbúza technológiai minősítésében.

A durumbúza szemtermésében található sárga pigmentek

A növényekben található pigmentek egyik legfontosabb és legnagyobb számú csoportját alkotják a karotinoidok. Az e csoportba tartozó vegyületek élettani funkciója kettős: 1. a fotoszintézis folyamatában a napfény hasznosításának kiegészítő molekulái és 2. a fotooxidatív károsítást gátolják (*Demmig-Adams et al.* 1996). A karotinoidok másik lényeges feladata az idegentermékenyülő növényfajokban a virág színének élénkebbé, attraktívvá tétele a beporzást végző rovarok figyelmének felkeltésére. A legtöbb virág és termés narancsszínű, sárga és vörös színeződése a kromoplasztban raktározott karotinoidok miatt alakul ki. A növényi eredetű élelmiszerek jelentős mennyiségű β -karotint és xanthofilket (lutein, violaxanthin, neoxanthin, zeaxantin) tartalmaznak (*USDA-ARS* 2013). Bár a karotinoidok jelenléte a növényi szövetekben már több mint egy évszázada ismert (*Tswett* 1911), mindössze az elmúlt két évtized hozott igazi tudományos áttörést a színanyagok bioszintézisének pontos meghatározásában (*Sandmann* 1994, *Armstrong és Hearst* 1996).

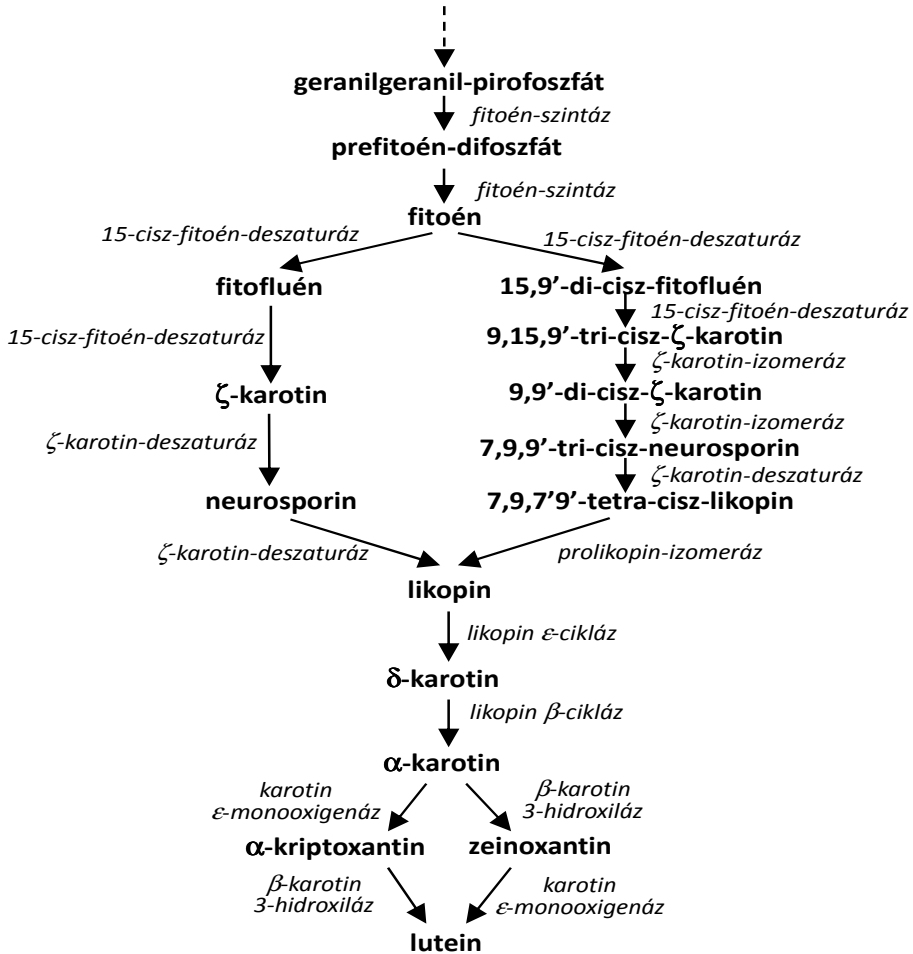
A búzában található sárga színanyag kutatása a múlt század első felére nyúlik vissza. *Markley és Bailey* (1935) a sárga színért felelős molekulák közül legnagyobb jelentőséget a xanthofillnek és észtereinek tulajdonította. *Zechmeister és Cholnoky* (1940), magyar búzalisztből a világon elsőként, tisztított és kristályosított luteint állított elő (60 kg búzalisztből 15 mg luteint!). *Irvine és Anderson* (1949) kromatográfiás elválasztásának eredménye szintén a lutein dominanciáját bizonyította (57,4%), azonban emellett nagy mennyiségben egyéb xantofill jellegű vegyület – ami az abszorpciós maximum értékek alapján feltételezhetően taraxantin lehetett – jelenlétét is kimutatták. A taraxantin ilyen arányú előfordulását későbbi vizsgálatok eredményei nem támasztották alá. *Lepage és Stms* (1968) a 'Mindum' kanadai tavaszi durumbúzafajta pigment tartalmát oszlop kromatográfiás módszerrel elemezve megállapította, hogy a sárga színanyag 84,8%-át szabad lutein, fennmaradó részét pedig e vegyület észterei alkották. Nagyteljesítményű folyadékkromatográfiás (HPLC) módszerrel végzett mérések eredménye szerint (*Hentschel et al.* 2002, *Fратиanni et al.* 2005, *Abdel-Aal et al.* 2007, *Burkhardt és Böhm* 2007) a durum búzában található karotinoid származékok közel 90%-át a lutein különböző izomerjei (transz-lutein, 13-cisz-lutein, 13'-cisz-lutein és 9-cisz-lutein) tették ki, emellett a mintákban 9–10%-nyi mennyiségű zeaxantin és 1–2%-nyi β -karotin volt kimutatható. Valamennyi kutatási eredmény azt bizonyítja, hogy a durum búzában található karotinoid származékok közül legnagyobb mennyiségben a lutein fordul elő.

A lutein a karotinoid bioszintézis útvonalak egyikének végterméke (1. ábra, *Kanehisa et al.* 2012). A lutein izoprenoid típusú molekulája több lépcsőben, összetett enzimatis folyamatok eredményeként alakul ki (*Sandmann* 1994, *Armstrong és Hearst* 1996, *Hirschberg et al.* 1997, *Cunningham, Jr. és Gantt* 2001).

Az 1. táblázatban *van den Berg et al.* (2000) összefoglaló munkája (legtöbbször zeaxantinnal együtt mért érték), valamint *Ramachandran et al.* (2010) mérései alapján ismertetjük néhány növényfajban és a durumbúza szemtermésében kimutatható lutein mennyiségét.

A lutein humán vonatkozásban is jelentős karotinoid származék, melynek az utóbbi időben kiemelkedő jelentőséget tulajdonítanak a táplálkozástudósok. *Alves-Rodrigues és Shao* (2004) 173, luteinrel kapcsolatos közlemény alapján elkészített összefoglalója szerint e molekula több ponton fejti ki jótékony hatását az emberi szervezetben.

1. ábra. A lutein szintézis lépései növényekben



Megjegyzés: az enzimatis folyamatok során keletkező vegyületek félkövér, az átalakítást végző enzimek dőlt betűtípussal jelölve.

Forrás: KEGG adatbázis, Kanehisa et al. (2012); Scolnik és Bartley (1994), Cunningham et al. (1996), Sun et al. (1996), Schneider et al. (1997), Bartley et al. (1998), Breitenbach et al. (1998), Cunningham és Gannt (2001), Tian et al. (2004), Breitenbach és Sandmann (2005), Kim és DellaPenna (2006), valamint Chen et al. (2010) nyomán.

Figure 1. The steps of lutein synthesis in plants. Note: compounds created during the enzymatic processes are indicated in bold, enzymes performing transformation are indicated in italic letters. Source: KEGG database, Kanehisa et al. (2012); Scolnik and Bartley (1994), Cunningham et al. (1996), Sun et al. (1996), Schneider et al. (1997), Bartley et al. (1998), Breitenbach et al. (1998), Cunningham and Gannt (2001), Tian et al. (2004), Breitenbach and Sandmann (2005), Kim and DellaPenna (2006), and Chen et al. (2010).

1. táblázat. Zöldség- és gyümölcsfélék, valamint a durumbúza lutein tartalma

Növényfaj (1)	Lutein (mg/kg) (2)
Sárgarépa (3)	0,00–20,97
Paradicsom (4)	0,44–7,40
Spenót (5)	20,47–203,00
Brokkoli (6)	8,30–43,00
Saláta (7)	0,73–45,37
Őszibarack (8)	0,09–1,20
Durumbúza (9)	1,99–7,56

Megjegyzés: *van den Berg et al.* (2000)* és *Ramachandran et al.* (2010)** mérése alapján.

Table 1. Lutein content of vegetable and fruit species and durum wheat. (1) Plant species, (2) Lutein (mg kg⁻¹), (3) Carrot*, (4) Tomato*, (5) Spinach* (6) Broccoli* (7) Lettuce* (8) Peach*, (9) Durum wheat**, Note: based on the measurements of *van den Berg et al.* (2000)* and *Ramachandran et al.* (2010)**.

A lutein alapvető összetevője a retina középső területén elhelyezkedő szem sárgafoltjának (macula lutea), ahol a zeaxanthinnal együtt elnyeli a szem ideghártyáját károsító kék fényt, és ezzel megakadályozza a szövetek elfajulását, valamint lassítja a szem öregedésével kapcsolatos betegségek (időskori makuladegeneráció, szürkehályog) kialakulását. Az érlelmeszedés folyamatának lassításával hozzájárul a szív egészséges állapotának megőrzéséhez, a bőrben pedig csökkenti az UV sugárzás káros hatását.

A lutein a szemtermés különböző részeiben egyenlő arányban található meg (*Panfili et al.* 2004, *Borrelli et al.* 2008). A gabonafélék endospermiában a keményítőszemcsék tárolására specializálódott amiloplasztokban (*Kirk és Tilney-Bassett* 1978) raktározódik (*Howitt és Pogson* 2006). A durumbúza malmi frakciói közül nyolc fajta átlagában a különböző szemcseméretű szemolina (dara) frakciók 48,1–63,0%-kal több karotinoidot tartalmaztak, mint a korpa. Ez az arány azonban a különböző genotípusokból származó mintákban jelentősen eltérő volt. Nagy sárga pigment tartalmú fajták szemolinája a korpa frakcióban mért karotinoid mennyiség közel kétszeresét tartalmazta, míg a kis sárga pigment tartalmú genotípusokban a két frakció karotinoid tartalma nem különbözött (*Hentschel et al.* 2002).

A lutein felhalmozódás dinamikáját a környezet (termőhely és évszám) jelentősen befolyásolja. *Ramachandran et al.* (2010) 13 durumbúza genotípus parcelláiból a virágzást követő 14., 21., 28. és 35. napon begyűjtött, továbbá tel-

jes érésben betakarított minták karotinoid tartalmát vizsgálták. A durumbúza genotípusokat három – nagy, közepes és kis sárga pigment tartalmú – csoportba sorolták. A nagy és közepes csoport mintáiban a karotinoid származékok több mint 90%-a lutein volt, míg a kis pigment tartalmú csoportban ez az érték 84–86% között alakult. Egy termőhelyen egy évben a lutein felhalmozódás egészen a teljes érésig tartott, míg a másik termőhelyen az első évben már a virágzást követő 21. napig kialakult a maximális lutein tartalom (sőt ezután csökkent), míg második évben a 28. napot követően kizárólag a nagy sárga pigment tartalmú csoportban nőtt szignifikánsan a lutein koncentráció. A szerzők a kísérlet körülményeiről (talaj-jellemzők, meteorológiai tényezők, agronómiai kezelések) nem közöltek adatokat, így nem lehet megállapítani, hogy mi okozhatta a jelentős eltérést a lutein felhalmozás dinamikájában. Búzában a sárga pigmentet alkotó vegyületek összetétele jelentős változáson megy át a szemtelítődési és az érési folyamat során (*Howitt et al.* 2009). Míg a lutein mennyisége a virágzást követő 10. és 30. nap között közel állandó, a zeaxanthin a 10., a violaxanthin és az antheraxanthin a 30. napig volt kimutatható. Érett szemben már kizárólag lutein volt jelen, ennek mennyisége viszont közel kétszeresére nőtt a 30. napon mért értékhez viszonyítva.

A sárga pigment tartalom mérési módszerei

A sárga pigment – és ezen belül a lutein – tartalom mérésére közvetett és közvetlen mérési módszereket is kidolgoztak. A közvetett mérések a karotinoid származékok azon tulajdonságát hasznosítják, hogy a pigmentek a látható, vagy a közeli-infravörös tartományban található elektromágneses hullámokat eltérő hullámhosszon nyelik el, vagy verik vissza (spektrofotometria), míg a közvetlen módszerek főként kromatográfias mérést jelentenek.

A karotinoid származékok mennyiségi meghatározásának alapját a vegyületek apoláros oldószerrel történő kivonásával (*Borodin* 1883) és tisztításával kapcsolatos kitartó munka jelentette. A több évtizeden keresztül, részletesen kidolgozott extrakciós eljárás fontosabb lépéseiről *Palmer* (1922) összefoglaló kötetéből részletes információhoz juthat az olvasó. A karotinoidok mennyiségi meghatározása már ebben az időszakban megkezdődött, ami a festékanyagok különböző vegyszeres oldatba vitelét, majd ezek kristályos formában történő kinyerését követő tömegmérést jelentett. *Arnaud* már 1887-ben adatokat közölt a spenót (*Spinacia oleracea*), a csalán (*Urtica dioica*) és különböző fű-

félék szárított leveleinek karotinoid tartalmáról. Választása szerencsés volt, hiszen mai tudásunk szerint éppen a leveles zöldségfélék és ezen belül is a spenót tartalmazza a legtöbb xantofill típusú vegyületet (USDA-ARS 2013). A búzában található lutein mennyiségére elsőként *Zechmeister* és *Cholnoky* (1940) közleménye alapján lehetett következtetni. Mint az az előző fejezetben szerepelt, 60 kg búzalisztból 15 mg tisztított luteint állítottak elő, ami 0,25 mg/kg koncentrációnak felel meg. Eredményük nagyságrendileg megegyezett *Zandomeneghi et al.* (2000) méréseivel, akik 60 évvel később spektrofluoro-méterrel a búza lutein tartalmát 0,09 és 1,90 mg/kg közöttinek írták le.

A sárga pigment tartalom meghatározására kidolgozott módszerek napjainkban is széles körben alkalmazott változatai spektrofotometriás méréseken alapulnak. E csoportba tartoznak a két nagy nemzetközi szintű gabonakémiai szövetség, az ICC (International Association of Cereal Science and Technology) és az AACC (American Association of Cereal Chemists, újabban AACC International) által kiadott és elismert szabványos módszerek. Mindkét módszer alapja azonos: a sárga pigmentet alkotó vegyületeket vízzel telített n-butanollal kivonják, majd 440 nm (ICC 152 szabvány), vagy 435,8 nm (AACCI 14-50.01 szabvány) hullámhosszon spektrofotometriás méréssel az oldat koncentrációját β -karotin referencia minta oldatéhoz viszonyítják. Mivel a meghatározás során a sárga pigment tartalmat β -karotin kontrollhoz hasonlítják – ami egyáltalán nem, vagy csak igen kis mennyiségben található meg a durum búzában – a mért érték 5%-kal is eltérhet a valós mennyiségtől (ICC 1990). Az AACC 14-50.1 szabvány (AACC International 2010a) összeállítói is felhívják a figyelmet arra, hogy mivel a pigment legfőbb összetevői xantofill típusú vegyületek, a mért eredmény csak relatív értéknek tekinthető. *Santra et al.* (2003) az AACC 14-50 szabvány alapján kialakított módszerükben a vizsgálatokhoz szükséges minta mennyiségét 8 g-ról 0,125 g-ra csökkentették, így durum-búza nemesítési programjukban alkalmassá vált a korai utódgenerációk mintáinak tesztelésére.

A sárga pigment tartalom mérésére kidolgozott módszerek másik csoportja a kromatográfiás mérések elvén alapul. *Lepage* és *Sims* (1968) vékonyréteg kromatográfiát, majd gáz-folyadék kromatográfiát alkalmazva bizonyította, hogy a 'Mindum' durum-búzafajta sárga pigmentjének 84,8%-át lutein, 9,8%-át lutein-monoészter, 5,3%-át pedig lutein-diészter alkotja, a vegyületek abszolút mennyiségét azonban ezzel a módszerrel nem lehetett megállapítani. A durum-búza sárga pigment tartalmának meghatározására a korábban használt módszereknél pontosabb, nagy teljesítményű folyadékkromatográfiás (HPLC)

mérések csak a XXI. század első éveiben kezdődtek. Elsőként *Hentschel et al.* (2002) számoltak be német fajták mintáin végzett mérésekről. Eredményeiket összehasonlították a szabványos módszerekkel és számításaik szerint a spektrofotométerrel meghatározott mennyiségnek mindössze 30–50%-át mérték. Az eltérésre nem tudtak ésszerű magyarázatot adni. *Panfili et al.* (2004) normál-fázisú HPLC-vel több gabonaféle termésében – többek között a durum búzában – határozták meg a karotinoidok típusát és ezek mennyiségét. Eredményük alátámasztotta korábbi irodalmi adatokat, a pigmentek túlnyomó többsége lutein volt ($2,65 \pm 0,65$ mg/kg), emellett zeaxantint és $\alpha + \beta$ -karotint is kimutattak ($0,26 \pm 0,04$ és $0,14 \pm 0,04$ mg/kg). A teljes karotinoid tartalom kísérletükben $3,05 \pm 0,72$ mg/kg volt. Ezzel nagyságrendileg egyező értéket ($3,32 \pm 0,18$ mg/kg) határozott meg a durum búzában *Leenhardt et al.* (2006). Ezek az eredmények valóban elgondolkodtatóak, hiszen a kutatócsoportok nem tudtak választ adni arra kérdésre, hogy mi okozhatja a jelentős eltérést a spektrofotometriával és a HPLC módszerrel mért értékek között. A szerzők a 3,0–3,5 mg/kg közötti értékeket nem tekintették reálisnak, ezért eleinte további pigment alkotók jelenlétét feltételezték (*Hentschel et al.* 2002). Hazai példa is igazolja, hogy a kezdetekben a HPLC-vel mért értékek rendkívül alacsonyak voltak, hiszen a jelenleg hatályos *MSZ 6383:2012 magyar szabvány (Magyar Szabványügyi Testület 2012)* – amely a nemzetközi szabványokhoz hasonlóan spektrofotométeres mérést ír elő – alapján az eladásra szánt durumbúza tétéleknek el kell érnie a minimum 5 mg/kg értéket. A jelenleg köztermesztésben szereplő magyar durumbúzafajtákra a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal adatai szerint általában a 6–8 mg/kg sárga pigment tartalom jellemző (*Vida és Veisz 2012*). A kromatográfiai méréseket tehát tovább kellett fejleszteni. *Abdel-Aal et al.* (2007) részletesen tanulmányozták a különböző oldószerek hatását az extrakció során, továbbá eltérő típusú és hosszúságú kolonnák (oszlopok) hatékonyságát. UV/Vis detektorral szerelt készüléket használtak és nagytisztaságú lutein, β -karotin, zeaxantin és kriptoxantin standardhoz viszonyították a mérési eredményeiket. A vízzel telített n-butanolos kioldás, 10 cm-es C30 típusú oszlopon történt vizsgálatot követően a durumbúza minták teljes karotinoid tartalma $6,27$ mg/kg volt. A kromatográfiai mérés eredményeit összevetették a spektrofotometriás úton meghatározott teljes sárga pigment tartalommal ($7,61$ mg/kg). Megállapításuk szerint a spektrofotométeres mérés a teljes karotinoid tartalmat 20%-kal, a lutein tartalmat pedig 23%-kal fölé becsli, ami feltételezhetően egyéb pigment alkotó vegyületek jelenlétének követke-

ménye. *Burkhardt és Böhm* (2007) az extrakciós eljárás fejlesztésében látta a módszer további pontosításának lehetőségét. Technikai megfontolásból (kompatibilitás a mobil fázissal, párolgási tulajdonságok) és korábbi körvizsgálat eredményeire hivatkozva a 0,1% butil-hidroxi-toluolt tartalmazó metanol/hidrofurán (1/1, v/v) keveréket alkalmasabbnak tartotta a széles körben használt vízzel telített n-butanolhoz viszonyítva. A karotinoidok kivonásához folyamatos rázás mellett, szobahőmérsékleten, 24 órán keresztül tartó kezelést javasoltak. Módszerükben a legfontosabb változást az jelentette, hogy a szerves oldószeres feltárást megelőzően – szemcsemérettől függően különböző ideig – vízzel elegyítették a mintákat (5 g minta 5 ml vízben), ami az oldószer számára hozzáférhetővé tette a xantofill típusú vegyületeket. Az általuk kidolgozott módszerrel a teljes őrleményből az *ICC 152 szabvány* alapján mért sárga pigment 90–95%-át, szemolinából pedig a 100%-át tudták karotinoid tartalomként HPLC-vel meghatározni. Ez a pontosság már megfelelő volt. A további fejlesztés iránya ezért a minta mennyiségének csökkentése felé fordult. A kis mintamennyiség elsősorban a durumbúza nemesítési programok számára nyit új kutatási lehetőségeket. *Beleggia et al.* (2010) először 10–100 mg közötti mennyiségre redukálta a minta méretét és a későbbiekben (*Beleggia et al.* 2011) módszerüket egy-egy durumbúza szem sárga pigment tartalmának meghatározására is tudták használni. A HPLC-vel végzett sikeres méréseket követően *Hung és Hatcher* (2011) UPLC (Ultra-performance liquid chromatography = ultra nagy teljesítményű folyadékkromatográfia) módszerrel 1 g őrleményből kiindulva mindössze 6 perc alatt képes volt elválasztani a sárga színanyagot képző vegyületeket. Az UPLC-s mérés kinyerési hatásfoka is kiemelkedő, a vizsgált durumbúza mintákban a teljes pigment mennyisége 8,7–14,2 mg/g volt, ugyanakkor meglepő, hogy adataik alapján az összes pigmentnek átlagosan csak a 39,6%-át tudták luteinként azonosítani (3,30–5,59 mg/g).

A mérési módszerek harmadik csoportja nem a pigmentet alkotó vegyületek kémiai analízisének, hanem a sárga szín erősségének, mélységének látható, vagy közeli infravörös tartományban történő meghatározásán alapul. Tulajdonképpen gyakorlati szempontból e mérések eredménye értelmezhető a legkönnyebben, hiszen a vásárló is a látható szín alapján választ terméket és nem a lutein tartalom alapján. A közvetlen színmérés további előnye, hogy kiküszöböli az extrakciós minta előkészítés során esetlegesen bekövetkező hibákat és azt is figyelembe veszi, hogy a szín intenzitásának kialakításában a karotinoidokon kívül egyéb tényezők (szemcseméret, refrakciós index, lipoxigenáz és

peroxidáz enzim aktivitás) is szerepet játszanak (Matz és Larsen 1954, Borrelli et al. 2008). A szemolina és durum búzából készült termékek sárga színének optikai meghatározása már az 1930-as években megkezdődött. Fifield et al. (1937) a Munsell-féle (Munsell 1912) színrendszert használva állapította meg nedvesített szemolina korongok színét. A visszavert fény hullámhosszának mérésére alkalmas készülékek az 1950-es években jelentek meg. Matz és Larsen 1954-ben már öt különböző készüléken végzett (Rapid-scanning Spectrophotometer, Densichron, Photovolt, Hunter Color-difference meter és „Color-eye”) mérések eredményeit ismertette. Matsuo és Irvine (1967) reflexiós adapterrel szerelt Beckman DU spektrofotométerrel mérte a makaróni színét. Ez a módszer Walsh et al. (1969) véleménye szerint túlságosan lassú és körülményes, ezért a tristimulusos színmérő készülékek (Carl Zeiss Elrepho és Agtron M-500) használatát javasolták. A száraztészta színének koloriméteres mérési módszerét az AACC 1976-ban (AACC International 2010b) szabványban rögzítette, ugyanakkor a durum őrlemények vizsgálatára ez a szabvány nem alkalmazható.

Az optikai úton mért értékek és a karotinoid tartalom közötti összefüggés hosszú éveken át ismeretlen volt. Elsőként Johnston et al. (1980) hasonlította össze a két módszerrel mért eredményeket. A Hunter Color Difference Meter-rel mért b érték és az AACC 14-50 szabvány alapján meghatározott sárga pigment tartalom között szoros korrelációt ($r=0,83-0,85$) számítottak. A módszert egyértelműen alkalmasnak találták a durumbúza nemesítési programokban történő felhasználásra, hiszen így gyorsan és veszélyes vegyszerek használata nélkül végezhető el a sárga pigment tartalom növelésére irányuló szelekció. Napjainkra a feldolgozó iparban és a nemesítési programokban a CIE (Commission Internationale l'Eclairage 2007) által elfogadott $L^*a^*b^*$ színrendszert (CIE S 017-4/E:2007 szabvány) használó készülékek terjedtek el legszélesebb körben. E színrendszerben az L^* érték a minta fényességéről (0 = fekete, 100 = fehér), az a^* érték a zöld-magenta (negatív érték: zöld, pozitív érték: magenta) tengelyen, a b^* érték pedig a kék-sárga (negatív: kék, pozitív: sárga) tengelyek által meghatározott háromdimenziós koordináta-rendszerben elfoglalt pozíciójáról ad információt. A három koordináta alapján valamennyi látható szín egyértelműen azonosítható (Brainard 2003). A kolorimetriás színmérés és a sárga pigment tartalom közötti szoros összefüggést – és ezáltal a módszer hatékony alkalmazhatóságát – több kutatócsoport is bizonyította. Wehrle et al. (1997, Minolta CR-300 Chroma Meter) 0,88, Borrelli et al. (1999, Minolta CR-

200) 0,95; *Humphries et al.* (2004, Minolta CR-100) 0,89; *Fратиanni et al.* (2005, Minolta CR 200) 0,72–0,94; *Digesù et al.* (2009, Minolta CR-300) 0,88–0,90; *Blanco et al.* (2011, Minolta CR-300) 0,87–0,93; *Hung és Hatcher* (2011, Hunterlab Labscan XE) 0,98-as korrelációs koefficiens értéket számítottak a teljes őrlemény, vagy a szemolina karotinoid tartalma és b^* értéke között. A b^* értéket a szakirodalomban gyakran sárga indexnek nevezik. Itt meg kell jelezni, hogy a durumbúza minőségét tárgyaló magyar szakirodalomban már korábban is megjelent a sárga index kifejezés (*Beke és Szebellédy* 1981, *Sallai et al.* 1983, *Erdei et al.* 1984). A közölt adatok e vizsgálatok során is tristimulusos elven végzett mérések eredményei, azonban a meghatározás nem durumbúza őrleményből, hanem *Alause és Feillet* (1970) tésztakorong tesztjének Momcolor-D színmérőre adaptált változatával történt (*Sallai* 1986).

A közeli infravörös tartományban végzett mérések gyors és roncsolásmentes alternatívát jelenthetnének a sárga pigment tartalom meghatározás területén. Mivel a NIR/NIT (közeli infravörös fény visszaverésen/áteresztésen alapuló) készülékek teljes szemből végzett mérésekre is alkalmasak (*Williams és Sobering* 1993), használatuk a durumbúza nemesítési programokban különösen előnyös lenne, hiszen a mérés után a szemek vetőmagként hasznosíthatók. Sajnos a gabona átvételi rendszerben és a malomiparban elterjedt transzmissziós készülékek többsége a mérési tartományuk (850–1050 nm) miatt nem alkalmas a sárga pigment tartalom meghatározására. A szélesebb hullámhossz-tartományban mérő készülékek használata azonban sikeres lehet, mint azt *Sissons et al.* (2006) eredményei bizonyítják. Kísérletükben ugyan nem tudtak szoros összefüggést kimutatni a NIRSystems 6500 műszerrel (mérési tartomány 400–2498 nm) végzett mérés adatai és a b^* értékek között, de módszerükkel 86%-os valószínűséggel képesek voltak a kis sárga indexű mintákat azonosítani. *Dowell et al.* (2006) négy NIR/NIT (Cognis QTA Bruker Optics FT-NIR, FOSS Infratec 1241, FOSS NIRSystems 6500 és Perten DA 7200) készülékkel vizsgált kemény- és puhaszemű búzából származó kereskedelmi mintákat és több más tulajdonság mellett a b^* értéket is mérték. A determinációs koefficiens (R^2) valamennyi készülék esetén 0,7-nél kisebb volt, azonban a FOSS NIRSystems 6500 vetélytársaihoz viszonyítva sokkal jobban tudta becsülni a sárga szín intenzitását ($R^2=0,66$, míg a többi műszernél 0,30–0,36 volt). Feltehetőleg e megfigyelés is hozzájárulhatott ahhoz, hogy a gyártó FOSS cég a malomiparban legelterjedtebb Infratec 1241 készülékét átalakította. A mű-

szer hullámhossz-tartományát egy színmérő modul beépítésével a 850–1050 nm közöttiről 570–1100 nm-re változtatta, így alkalmassá tette a durumbúza karotin tartalmának becslésére (FOSS 2007).

A durumbúza sárga pigment tartalmának öröklődése és genetikai háttere

A sárga pigment tartalom genetikailag jól determinált tulajdonság. *Braaten et al.* (1962) a heritabilitási értékszámát 72–96% között, *Lee et al.* (1976) 79%-ban határozta meg. *Johnston et al.* (1983) által vizsgált populációk esetén ugyanez az érték 31 és 69% között alakult – a sárga pigment tartalom alapján jobban eltérő szülőkkal létrehozott kombinációknál 66 és 69% volt –, míg *Santra et al.* (2005) 0,67 és 0,93 közötti értéket számított. *Clarke et al.* (2006) hat populációval végzett vizsgálatának eredménye alapján a h^2 érték 0,88–0,95 intervallumon belül változott, míg egy kombináció esetén a sárga pigment koncentráció realizált örökölhetősége 0,34 volt. Valamennyi fent említett szerző egyetért abban, hogy a sárga pigment tartalmat additív génhatások befolyásolják és már a korai utógenerációkban sikeresen elvégezhető a transzgresszív egyedek szelekciója. A nagy heritabilitási értékszám egyben azt is mutatja, hogy a tulajdonság oligogénesen és mindössze néhány allél által determinált. *Santra et al.* (2005) legalább két nagyhatású és két-három kishatású gén együttes kölcsönhatását feltételezték a sárga pigment tartalom alakításában az általuk vizsgált kombinációkban. A sárga pigment tartalom jó örökölhetőségét további vizsgálatok is alátámasztották. *Elouafi et al.* (2001) 0,88; *Reimer et al.* (2008) 0,95; *Blanco et al.* (2011) 0,78–0,93; *Roncallo et al.* (2012) 0,91-es h^2 értéket határozott meg. Őszi durum búzában *Longin et al.* (2013) egyéb agronómiai és technológiai minőségi tulajdonság mellett a sárga index adatok ismételhetségét elemezte 101 nemesítési törzs és négy standard fajta, négy környezetből származó adatait felhasználva REML (restricted maximum likelihood = korlátozott legnagyobb valószínűség) analízissel. Eredményeik alapján a szerzők 0,9 es h^2 értéket számítottak. *Vida et al.* (2013) kísérletében 70 őszi durumbúzafajta három évből származó adatai alapján a sárga index örökölhetősége még ennél is szorosabb volt ($h^2=0,964$). Ez utóbbi megfigyelések bizonyítják, hogy a sárga pigment tartalom őszi durumbúza fajtákban és törzsekben is elsősorban a genotípus által meghatározott.

A kezdeti, klasszikus genetikai vizsgálatok eredményei alapján a sárga pigment tartalmat befolyásoló nagyhatású gének jelenlétét a 2A és a 2B kromoszómán valószínűsítették (Joppa és Williams 1988), azonban feltételezésüket a 'Langdon' durumbúzafajtából előállított durum-dicoccoides diszómás szubsztitúciós törzsekkel végzett kutatások eredményei nem támasztották alá (Joppa et al. 1991). E genetikai kísérletben kizárólag a 6A szubsztitúciós törzs örleményének és az ebből készült száraztésztának volt kevésbé sárga a színe a 'Langdon' fajtához viszonyítva. Az adatok tanúsága szerint azonban ez a genetikai anyag nem volt alkalmas a sárga pigment tartalmat meghatározó genetikai faktorok azonosítására, hiszen a 'Langdon' fajtából készült szemolina és spagetti színe is jelentősen elmaradt a kísérletben használt három további durum fajtából származóhoz viszonyítva.

A DNS szintű vizsgálatokra alkalmas technikák kialakulása és gyors terjedése új perspektívát nyitott a sárga pigment tartalmat meghatározó genetikai faktorok azonosításának területén is. Kenyérbúzában elsőként a 3A és 7A (Parker et al. 1998), majd a 3B és 7A (Mares és Campbell 2001) kromoszómán azonosítottak a karotinoid-tartalmat befolyásoló QTL-eket (Quantitative trait locus = mennyiségi tulajdonságot meghatározó lokusz). Durum búzában Elouafi et al. (2001) a 7BL és 7AL kromoszómakaron mutatott ki a sárgapigment-tartalmat meghatározó régiókat, melyek jelenlétét később több kutatócsoport is alátámasztotta (Cervigni et al. 2005, Pozniak et al. 2007, Patil et al. 2008, Zhang et al. 2008, Al Saleh 2011, Blanco et al. 2011, Roncallo et al. 2012). E kromoszóma régiók mellett további, a sárga pigment tartalommal kapcsolt QTL-eket azonosítottak az 1A (Patil et al. 2008), 1B (Cervigni et al. 2005, Zhang et al. 2008), 2A (Pozniak et al. 2007, Al Saleh 2011, Blanco et al. 2011), 3B (Patil et al. 2008, Blanco et al. 2011), 4A (Zhang et al. 2008, Roncallo et al. 2012), 4B (Pozniak et al. 2007, Zhang et al. 2008), 5A (Blanco et al. 2011, Roncallo et al. 2012), 5B (Patil et al. 2008, Roncallo et al. 2012), 6A (Cervigni et al. 2005, Zhang et al. 2008, Al Saleh 2011, Roncallo et al. 2012) és a 6B (Pozniak et al. 2007) kromoszómákon. Valamennyi eddig felsorolt eredmény kétszülős térképező populációk vizsgálatán alapult. E populációk többsége 93 és 155 közötti számú beltenyésztett rekombináns törzsből (RIL; Elouafi et al. 2001, Cervigni et al. 2005, Patil et al. 2008, Al Saleh 2011, Roncallo et al. 2012), dihaploid (DH) törzsekből (Pozniak et al. 2007), vagy korai generációjú családokból (F_{2,3} és F_{3,4}; Blanco et al. 2011) származott. Reimer et al. (2008)

tett kísérletet arra, hogy a sárga pigment tartalmat meghatározó faktorokat széles genetikai bázisú (93 durumbúzafajta és nemesítési törzs) anyagon asszociációs vizsgálattal azonosítsa. A kapcsoltság egyensúlytalanságának (angolul linkage disequilibrium) elemzésén alapuló módszer használata ekkor még újdonságnak számított, hiszen lúdfűben (*Arabidopsis thaliana*) is csak a XXI. század elején publikálták az első eredményeket (Jannink et al. 2001, Rafalski 2002) és további évek teltek el, míg a búza technológiai minőségi tulajdonságainak vizsgálatára (Brescghello és Sorrells 2006) és durum búzában (Maccaferri et al. 2006) megkezdődtek az ezirányú kutatások. Reimer et al. (2008) az asszociációs térképezés eredménye alapján valamennyi kromoszómán azonosított a sárga pigment tartalommal kapcsolt kromoszómaregiót. Ez a megállapítás tulajdonképpen kudarcnak tekinthető, hiszen az elvárások alapján az új módszerrel megszerzett tudás segíthetett volna pontosítani a kétszülős térképezési populációk vizsgálataiból származó eredményeket, de ez nem történt meg. A sikertelenség feltehető oka az lehetett, hogy a vizsgált populáció mérete kicsi, az asszociációs vizsgálat pedig túlságosan megengedő volt (a Q-mátrixon alapult), ami a populáció struktúrájának hibás becsléséhez vezetett (Bradbury et al. 2007).

A QTL analízissel elért sikereket követően napjainkra már a funkcionális vizsgálatok kerültek előtérbe. Durumbúzában Cenci et al. (2004) a karotinoid bioszintézisben szerepet játszó enzimeket kódoló géneket hordozó BAC (bacterial artificial chromosome = mesterséges baktériális kromoszóma) klónokat azonosítottak, melyek a 2A, 2B, 4A, 4B, 5A és 5B kromoszómákról származó szekvenciákat tartalmaztak. A 2-es kromoszóma csoporton a ζ -karotindeszaturáz (*Zds*) enzim, a 4-esen a fitoén-deszaturáz (*Pds*), míg az 5-ösön a fitoén-szintáz (*Psy*) termelését szabályozó gének lokalizációját feltételezték. Mint az a későbbiekben bebizonyosodott, a *Psy* enzimet kódoló szekvenciák helyére vonatkozó megállapításuk csak részben volt helyes, hiszen a *Psy2* (Pozniak et al. 2007) és *Psy3* (Dibari et al. 2012) gének lokuszai valóban az 5-ös kromoszómacsoporton helyezkednek el. A *Psy1* gén lokuszát azonban a rizs 6-os kromoszómáján azonosították (Gallagher et al. 2004), ezért a durum búzában e gén ortológ szekvenciájának lokalizációját Pozniak et al. (2007) a búza és a rizs közötti szinténia alapján (Gale és Devos 1998, La Rota és Sorrells 2004) a 7-es kromoszómacsoporton feltételezte. Hipotézisüket sikeresen bizonyították, a *Psy1* gén jelenlétét a 7A (*Psy1-2* lokusz) és 7B (*Psy1-1* lokusz)

kromoszóma hosszú karjának disztális régiójában QTL analízissel bizonyították. A lokuszok elnevezése később *Psy-A1* és *Psy-B1*-re (Zhang *et al.* 2008), majd *Psy1-A1* és *Psy1-B1*-re (Wang *et al.* 2009) változott. Durum búzában a *Psy1-A1* lokuszon napjainkig 5 (*d* és *e*: He *et al.* 2009b; *a*, *o* és *l*: Singh *et al.* 2009), a *Psy1-B1* lokuszon pedig szintén 5 allélt (*e*, *f* és *g*: He *et al.* 2009b; *n* és *o*: Zhang és Dubcovsky 2008) írtak le. Rokon fajokban a 7A és a 7B kromoszómákon további 11–11 allél jelenlétét mutatták ki (He *et al.* 2008 és 2009a, Wang *et al.* 2009, Howitt *et al.* 2009, Crawford *et al.* 2011).

A karotinoid bioszintézis folyamatában (1. ábra) jelenlegi feltételezés szerint három olyan lépés is van, mely meghatározza a termelt sárga színanyag végleges mennyiségét: 1. a korai szakaszban bekövetkező fitoén szintézis, 2. a likopin α -karotinná transzformálása, 3. az α -karotin luteinné történő átalakítása (Ficco *et al.* 2014). A folyamatokban szerepet játszó kulcsenzimek a fenti sorrendben: 1. fitoén-szintáz, 2. likopin ciklázok és 3. karotin hidroxilázok/monooxigenázok. A fitoén-szintáz enzim karotinoid mennyiséget meghatározó szerepét különböző növényfajokban több irodalmi forrás is alátámasztja (paprika: Huh *et al.* 2001, lúdfű: Lindgren *et al.* 2003, kukorica: Wong *et al.* 2004, rizs: Paine *et al.* 2005). Durum búzában (Zhang és Dubcovsky 2008, He *et al.* 2009b, Singh *et al.* 2009) és a *T. aestivum* fajban (He *et al.* 2008 és 2009a, Howitt *et al.* 2009, Crawford *et al.* 2011) is sikeresen bizonyították a különböző allélek sárga pigment tartalmat befolyásoló hatását. Az allélek kimutatására kifejlesztett molekuláris markerek a durum búza nemesítésében is hasznosíthatók (Schulthess és Schwember 2013).

A fitoén szintáz mellett még jelentős hatásúnak tartott faktorok közül a 3A kromoszóma likopin ϵ -cikláz enzimet kódoló alléljeinek sárga pigment tartalmat meghatározó szerepét napjainkig csak hexaploid búzában sikerült kimutatni (Crawford és Francki 2013). A 2-es és 5-ös kromoszómák hosszú karján található karotin β -hidroxiláz géneket (2A: *Hyd-A1*, 2B: *Hyd-B1*, 5A: *Hyd-A2* és 5B: *Hyd-B2*) is azonosították és klónozták (Qin *et al.* 2012). Ez utóbbi enzimek működésének tanulmányozása során bebizonyosodott, hogy a xanthofill típusú vegyületek még az érett szemtermésben is szintetizálódnak. E megfigyelés magyarázatul szolgálhat Howitt *et al.* (2009) által közölt adatra, miszerint a virágzást követő 30 nappal mért mennyiséghez képest az érett búzaszem közel kétszeres mennyiségű luteint tartalmazott, miközben az egyéb karotinoid típusú vegyületek mennyisége mérési határ alá csökkent.

IRODALOM

- AACC International.*: 2010a. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 14-50.01. Determination of pigments. Final approval April 13, 1961; Reapproval November 3, 1999.
- AACC International.*: 2010b. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 14-22.01. Color of pasta – reflectance colorimeter method. First approval October 8, 1976; Reapproval November 3, 1999.
- Abdel-Aal, E. M.–Young, J. C.–Rabalski, I.–Hucl, P.–Fregeau-Reid, J.*: 2007. Identification and quantification of seed carotenoids in selected wheat species. *J. Agric. Food Chem.* 55: 787–794.
- Al Saleh, A.*: 2011. Identification of QTL for grain quality traits in durum wheat (*Triticum turgidum* var. *durum* L.) mapping population derived from Kunduru x Cham1. M.Sc. thesis. Çukurova University, Turkey. <http://library.cu.edu.tr/tezler/8576.pdf>.
- Alause, J.–Feillet, P.*: 1970. Metodo semplice ed obiettivo per la previsione del colore delle paste alimentari. *Tecnica Molitoria.* 21: 511–517.
- Alves-Rodrigues, A.–Shao, A.*: 2004. The science behind lutein. *Toxicology Letters.* 150: 57–83.
- Armstrong, G. A.–Hearst, J. E.*: 1996. Genetics and molecular biology of carotenoid pigment biosynthesis. *FASEB J.* 10: 228–237.
- Arnaud, M. A.*: 1887. Dosage de la carotine contenue dans les feuilles des végétaux. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences.* 104: 1293–1296.
- Bartley, G. E.–Scolnik, P. A.–Beyer P.*: 1998. Two Arabidopsis thaliana carotene desaturases, phytoene desaturase and a+b-carotene desaturase, expressed in *Escherichia coli*, catalyze a poly-cis pathway to yield pro-lycopene. *Eur. J. Biochem.* 259: 396–403.
- Beke, B.–Szebellédy, T.*: 1981. Selection of winter durum wheats (T. durum Desf.) in Hungary. *Cereal Res. Commun.* 9: 47–54.
- Beleggia, R.–Platani, C.–Nigro, F.–Cattivelli, L.*: 2010. A micro-method for the determination of yellow pigment content in durum wheat. *J. Cereal Sci.* 52: 106–110.
- Beleggia, R.–Platani, C.–Nigro, F.–Papa, R.*: 2011. Yellow pigment determination for single kernels. *Cereal Chem.* 88: 504–508.
- Blanco, A.–Colasuonno, P.–Gadaleta, A.–Mangini, G.–Schiavulli, A.–Simeone, R.–Digesù, A. M.–De Vita, P.–Mastrangelo, A. M.–Cattivelli, L.*: 2011. Quantitative trait loci for yellow pigment concentration and individual carotenoid compounds in durum wheat. *J. Cereal Sci.* 54: 255–264.
- Borodin, J.*: 1883. Ueber kristallinische Nebenpigmente des Chlorophylls. *Botanische Zeitung.* 41: 577–579.

- Borrelli, G. M.–De Leonardis, A. M.–Platani, C.–Troccoli, A.: 2008. Distribution along durum wheat kernel of the components involved in semolina colour. *J. Cereal Sci.* 48: 494–502.
- Borrelli, G. M.–Troccoli, A.–Di Fonzo, N.–Fares, C.: 1999. Durum wheat lipoxygenase activity and other quality parameters that affect pasta color. *Cereal Chem.* 76: 335–340.
- Braaten, M. O.–Lebsock, K. L.–Sibbit, L. D.: 1962. Intergeneration relations of physical properties of dough and carotenoid pigment content in durum wheat. *Crop Sci.* 2: 277–281.
- Bradbury, P. J.–Zhang, Z. W.–Kroon, D.–Casstevens, T. M.–Ramdoss, Y.–Buckler, E. S.: 2007. TASSEL: software for association mapping of complex traits in diverse samples. *Bioinformatics.* 23: 2633–2635.
- Brainard, D. H.: 2003. Color appearance and color difference specification. [In: Shevell, S. K. (ed.) *The science of color. Second Edition.*] Elsevier. Oxford. UK. 191–216.
- Breitenbach, J.–Fernandez-Gonzalez, B.–Vioque, A.–Sandmann, G.: 1998. A higher-plant type z-carotene desaturase in the cyanobacterium *Synechocystis* PCC6803. *Plant Mol. Biol.* 36: 725–732.
- Breitenbach, J.–Sandmann, G.: 2005. Z-carotene cis isomers as products and substrates in the plant poly-cis carotenoid biosynthetic pathway to lycopene. *Planta.* 220: 785–793.
- Breseghele, F.–Sorrells, M. E.: 2006. Association mapping of kernel size and milling quality in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Genetics.* 172: 1165–1177.
- Burkhardt, S.–Böhm, V.: 2007. Development of a new method for the complete extraction of carotenoids from cereals with a special reference to durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *J. Agric. Food Chem.* 55: 8295–8301.
- Cenci, A.–Somma, S.–Chantret, N.–Dubcovsky, J.–Blanco, A.: 2004. PCR identification of durum wheat BAC clones containing genes coding for carotenoid biosynthesis enzymes and their chromosome localization. *Genome.* 47: 911–917.
- Cervigni, G.–Zhang, W.–Picca, A.–Carrera, A.–Helguera, M.–Manthey, F.–Miranda, R.–Dubcovsky, J.–Echenique, V.: 2005. QTL mapping for LOX activity and quality traits in durum wheat *Triticum turgidum* L. var. *durum*. Proceedings of the 7th International Wheat Conference – Poster presentations. Mar del Plata. Argentina. Nov. 27–Dec. 2, 2005. CD melléklet.
- Chen, Y.–Li, F.–Wurtzel, E. T.: 2010. Isolation and characterization of the Z-ISO gene encoding a missing component of carotenoid biosynthesis in plants. *Plant Physiol.* 153: 66–79.
- CIE (*Commission Internationale l'Éclairage*): 2008. Standard No. CIE S 017-4/E:2007 (ISO 11664-4:2008). Colorimetry – Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour space. Approved: Dec. 1., 2008.
- Clarke, F. R.–Clarke, J. M.–McCaig, T. N.–Knox, R. E.–DePauw, R. M.: 2006. Inheritance of yellow pigment concentration in seven durum wheat crosses. *Can. J. Plant Sci.* 86: 133–141.

- Crawford, A. C.–Francki, M. G.*: 2013. Lycopene- ϵ -cyclase (ϵ -LCY3A) is functionally associated with quantitative trait loci for flour b* colour on chromosome 3A in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Mol. Breeding*. 31: 737–741.
- Crawford, A. C.–Stefanova, K.–Lambe, W.–McLean, R.–Wilson, R.–Barclay, I.–Francki, M. G.*: 2011. Functional relationships of phytoene synthase 1 alleles on chromosome 7A controlling flour colour variation in selected Australian wheat genotypes. *Theor. Appl. Genet.* 123: 95–108.
- Cunningham, F. X. Jr.–Gantt, E.*: 2001. One ring or two? Determination of ring number in carotenoids by lycopene- ϵ -cyclases. *P. Natl. Acad. Sci. USA*. 98: 2905–2910.
- Cunningham, F. X. Jr.–Pogson, B.–Sun, Z.–McDonald, K. A.–DellaPenna, D.–Gantt E.*: 1996. Functional analysis of the b and ϵ lycopene cyclase enzymes of *Arabidopsis* reveals a mechanism for control of cyclic carotenoid formation. *Plant Cell*. 8: 1613–1626.
- Demmig-Adams, B.–Gilmore, A. M.–Adams, W. W.*: 1996. In vivo functions of carotenoids in higher plants. *FASEB J.* 10: 403–412.
- Dexter, J. E.–Matsuo, R. R.–Preston, K. R.–Kilborn, R. H.*: 1981. Comparison of gluten strength, mixing properties, baking quality and spaghetti quality of some Canadian durum and common wheats. *Can. Inst. Food. Sci. Technol. J.* 14: 108–111.
- Dexter, J. E.–Matsuo, R. R.*: 1980. Relationship between durum wheat protein properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. *J. Agric. Food Chem.* 28: 899–902.
- Dibari, B.–Murat, F.–Chosson, A.–Gautier, V.–Poncet, C.–Lecomte, P.–Mercier, I.–Bergès, H.–Pont, C.–Blanco, A.–Salse, J.*: 2012. Deciphering the genomic structure, function and evolution of carotenogenesis related phytoene synthases in grasses. *BMC Genomics*. 13: 221.
- Digesù, A. M.–Platani, C.–Cattivelli, L.–Mangini, G.–Blanco, A.*: 2009. Genetic variability in yellow pigment components in cultivated and wild tetraploid wheats. *J. Cereal Sci.* 50: 210–218.
- Dowell, F. E.–Maghirang, E. B.–Xie, F.–Lookhart, G. L.–Pierce, R. O.–Seabourn, B. W.–Bean, S. R.–Wilson, J. D.–Chung, O. K.*: 2006. Predicting wheat quality characteristics and functionality using near-infrared spectroscopy. *Cereal Chem.* 83: 529–536.
- Elouafi, I.–Nachit, M. M.–Martin, L. M.*: 2001. Identification of a microsatellite on chromosome 7B showing a strong linkage with yellow pigment in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*). *Hereditas*. 135: 255–261.
- Erdei P.–Sallai J.-né–Gracza L.-né–Péter A.-né.*: 1984. Műtrágyázás hatása a GK Basa durum búza (*Triticum durum* Desf.) minőségére. *Növénytermelés*. 33. 1: 165–169.
- Feillet, P.*: 1984. The biochemical basis of pasta cooking quality, its consequences for durum wheat breeders. *Sciences des Aliments*. 4: 551–566.
- Ficco, D. B. M.–Mastrangelo, A. M.–Trono, D.–Borrelli, G. M.–De Vita, P.–Fares, C.–Beleggia, R.–Platani, C.–Papa, R.*: 2014. The colours of durum wheat. *Crop Pasture Sci.* 65: 1–15.

- Fifield, C. C.-Smith, G. S.-Hayes, J. F.*: 1937. Quality in durum wheats and a method of testing small samples. *Cereal Chem.* 14: 661-673.
- FOSS*: 2007. Infratec™ 1241 for analysis of grain and flour: more power with proven performance. P/N 1025939, Issue 1 GB, April 2007. http://www.haes.co.id/supports/download/i_1241.pdf.
- Fratianni, A.-Irano, M.-Panfili, G.-Acquistucci, R.*: 2005. Estimation of color of durum wheat. Comparison os WSB, HPLC, and reflectance colorimeter measurements. *J. Agric. Food Chem.* 53: 2373-2378.
- Gale, M. D.-Devos, K. M.*: 1998. Comparative genetics in the grasses. *P. Natl. Acad. Sci. USA.* 95: 1971-1974.
- Gallagher, C. E.-Matthews, P. D.-Li, F.-Wurtzel, E. T.*: 2004. Gene duplication in the carotenoid biosynthetic pathway preceded evolution of the grasses. *Plant Physiol.* 135: 1776-1783.
- He, X. Y.-He, Z. H.-Ma, W.-Appels, R.-Xia X. C.*: 2009a. Allelic variants of phytoene synthase 1 (*Psy1*) genes in Chinese and CIMMYT wheat cultivars and development of functional markers for flour colour. *Mol. Breeding.* 23: 553-563.
- He, X. Y.-Wang, J. W.-Ammar, K.-Peña, R. J.-Xia, X. C.-He, Z. H.*: 2009b. Allelic variants at the *Psy-A1* and *Psy-B1* loci in durum wheat and their associations with grain yellowness. *Crop Sci.* 49: 2058-2064.
- He, X. Y.-Zhang, Y. L.-He, Z. H.-Wu, Y. P.-Xiao, X. G.-Ma, C. X.-Xia, X. C.*: 2008. Characterization of phytoene synthase 1 gene (*Psy1*) located on common wheat chromosome 7A and development of a functional marker. *Theor. Appl. Genet.* 116: 213-221.
- Hentschel, V.-Krankl, K.-Hollmann, J.-Lindhauer, M. G.-Böhm, V.-Bitsch, R.*: 2002. Spectrophotometric determination of yellow pigment content and evaluation of carotenoids by high-performance liquid chromatography in durum wheat grain. *J. Agric. Food Chem.* 50: 6663-6668.
- Hirschberg, J.-Cohen, M.-Harker, M.-Lotan, T.-Mann, V.-Pecker, I.*: 1997. Molecular genetics of the carotenoid biosynthesis pathway in plants and algae. *Pure & Appl. Chem.* 69: 2151-2158.
- Howitt, C. A.-Pogson, B. J.*: 2006. Carotenoid accumulation and function in seeds and non-green tissues. *Plant Cell Environ.* 29: 435-445.
- Howitt, C. A.-Cavanagh, C. R.-Bowerman, A. F.-Cazzonelli, C.-Rampling, L.-Mimica, J. L.-Pogson, B. J.*: 2009. Alternative splicing, activation of cryptic exons and amino acid substitutions in carotenoid biosynthetic genes are associated with lutein accumulation in wheat endosperm. *Funct. Integr. Genomics.* 9: 363-376.
- Huh, J. H.-Kang, B. C.-Nahm, S. H.-Kim, S.-Ha, K. S.-Lee, M. H.-Kim, B. D.*: 2001. A candidate gene approach identified phytoene synthase as the locus for mature fruit color in red pepper (*Capsicum spp.*). *Theor. Appl. Genet.* 102: 524-530.

- Hung, P. V.-Hatcher, D. W.:* 2011. Ultra-performance liquid chromatography (UPLC) quantification of carotenoids in durum wheat: Influence of genotype and environment in relation to the colour of yellow alkaline noodles. *Food Chem.* 125: 1510–1516.
- Humphries, J. M.-Graham, R. D.-Mares, D. J.:* 2004. Application of reflectance colour measurement to the estimation of carotene and lutein content in wheat and triticale. *J. Cereal Sci.* 40: 151–159.
- ICC (International Association of Cereal Science and Technology):* 1990. Standard methods. Method No. 152: Determination of the yellow pigment content of durum wheat semolina and flour. Approved: 1990.
- Impiglia, A.-Mullan, B.-McTaggart, R.:* 2000. Special wheats. [In: Anderson, W. K.-Garlingep, J. R. (eds.) *The wheat book: principles and practice.*] Bulletin 4443. Agriculture Western Australia. Perth. 273–305.
- Irvine, G. N.-Anderson, J. A.:* 1949. Factors affecting the color of macaroni. I. Fractionation of the xanthophyll pigments of durum wheats. *Cereal Chem.* 26: 507–512.
- Irvine, G. N.-Anderson, J. A.:* 1953. Variation in principal quality factors of durum wheat with a quality prediction test for wheat or semolina. *Cereal Chem.* 30: 334–342.
- Irvine, G. N.-Winkler, C. A.:* 1950. Factors affecting the color of macaroni. II: Kinetic studies of pigment destruction during making. *Cereal Chem.* 27: 205–218.
- Jannink, J.-Bink, M. C. A. M.-Jansen, R. C.:* 2001. Using complex plant pedigrees to map valuable genes. *Trends Plant Sci.* 6: 337–342.
- Johnston, R. A.-Quick, J. S.-Donnelly, B. J.:* 1980. Note on comparison of pigment extraction and reflectance colorimeter methods for evaluating semolina color. *Cereal Chem.* 57: 447–448.
- Johnston, R. A.-Quick, J. S.-Hammond, J. J.:* 1983. Inheritance of semolina color in six durum wheat crosses. *Crop Sci.* 23: 607–610.
- Joppa, L. R.-Hareland, G. A.-Cantrell, R. G.:* 1991. Quality characteristics of the Langdon durum-dicoccoides chromosome substitution lines. *Crop Sci.* 31: 1513–1517.
- Joppa, L. R.-Williams, N. D.:* 1988. Genetics and breeding of durum wheat in the United States. [In: Fabriani, G.-Lintas, C. (eds.) *Durum wheat Chemistry and technology.*] AACC. St. Paul. MN. USA. 47–68.
- Kanehisa, M.-Goto, S.-Sato, Y.-Furumichi, M.-Tanabe, M.:* 2012. KEGG for integration and interpretation of large-scale molecular datasets. *Nucleic Acids Res.* 40: D109–D114.
- Kim, J.-DellaPenna, D.:* 2006. Defining the primary route for lutein synthesis in plants: the role of *Arabidopsis* carotenoid b-ring hydroxylase CYP97A3. *P. Natl. Acad. Sci. USA.* 103: 3474–3479.
- Kirk, J. T. O.-Tilney-Bassett, R. A. E.:* 1978. *The Plastids: Their Chemistry, Structure, Growth and Inheritance.* Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam. The Netherlands. 960.

- La Rota, M.–Sorrels, M. E.*: 2004. Comparative DNA sequence analysis of mapped wheat ESTs reveals the complexity of genome relationships between rice and wheat. *Funct. Integr. Genomics*. 4: 34–46.
- Lee, J.–Kaltsikes, P. J.–Bushuk, W.*: 1976. The inheritance of lipoxidase activity and pigment content in durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 47: 243–250.
- Leenhardt, F.–Lyan, B.–Rock, E.–Potus, J.–Chanliaud, E.–Remesy, C.*: 2006. Genetic variability of carotenoid concentration, and lipoxygenase and peroxidase activities among cultivated wheat species and bread wheat varieties. *Eur. J. Agron.* 25: 170–176.
- Le Lamer, O.–Rousselín, X.*: 2011. The durum wheat market. *FranceAgriMer. Montreuil-sous-Bois*. 44.
- Lepage, M.–Sims, P. A.*: 1968. Carotenoids of wheat flour: their identification and composition. *Cereal Chem.* 45: 600–604.
- Lindgren, L. O.–Stalberg, K. G.–Höglund, A.*: 2003. Seed-specific overexpression of an endogenous *Arabidopsis* phytoene synthase gene results in delayed germination and increased levels of carotenoids, chlorophyll, and abscisic acid. *Plant Physiol.* 132: 779–785.
- Longin, C. F. H.–Sieber, A. N.–Reif, J. C.*: 2013. Combining frost tolerance, high grain yield and good pasta quality in durum wheat. *Plant Breeding*. 132: 353–358.
- Maccaferri, M.–Sanguineti, M. C.–Natoli, V.–Araus Ortega, J. L.–Ben Salem, M.–Bort, J.–Chenenaoui, C.–De Ambrogio, E.–del Moral, L. G.–De Montis, A.–El-Ahmed, A.–Maalouf, F.–Machlab, H.–Moragues, M.–Motawaj, J.–Nachit, M.–Nserallah, N.–Ouabbou, H.–Royo, C.–Tuberosa, R.*: 2006. A panel of elite accessions of durum wheat (*Triticum durum Desf.*) suitable for association mapping studies. *Plant Genetic Resources*. 4: 79–85.
- Magyar Szabványügyi Testület*: 2012. Magyar Szabvány. MSZ 6383:2012: Búza, 2. kiadás. 2012. december.
- Mares, D. J.–Campbell, A. W.*: 2001. Mapping components of flour and noodle colour in Australian wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 52: 1297–1309.
- Markley, M. C.–Bailey, C. H.*: 1935. Determination of the carotenoid pigment concentration of small samples of whole wheat. *Cereal Chem.* 12: 49–53.
- Matsuo, R. R.–Irvine, G. N.*: 1967. Macaroni brownness. *Cereal Chem.* 44: 78–85.
- Matz, S. A.–Larsen, R. A.*: 1954. Evaluating semolina color with photoelectric reflectometers. *Cereal Chem.* 31: 73–86.
- Munsell, A. H.*: 1912. A pigment color system and notation. *Am. J. Psychol.* 23: 236–244.
- Paine, J. A.–Shipton, C. A.–Chaggar, S.–Howells, R. M.–Kennedy, M. J.–Vernon, G.–Wright, S. Y.–Hinchliffe, E.–Adams, J. L.–Silverstone, A. L.–Drake, R.*: 2005. Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nat. Biotechnol.* 23: 482–487.
- Palmer, L. S.*: 1922. Carotenoids and related pigments: the chromolipoids. The Chemical Catalog Company Inc. New York. USA. 316.

- Panfili, G.–Fratianni, A.–Irano, M.: 2004. Improved normal-phase high-performance liquid chromatography procedure for the determination of carotenoids in cereals. *J. Agric. Food Chem.* 52: 6373–6377.
- Parker, G. D.–Chalmers, K. J.–Rathjen, A. J.–Langridge, P.: 1998. Mapping loci associated with flour colour in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 97: 238–245.
- Patil, R. M.–Oak, M. D.–Tamhankar, S. A.–Sourdille, P.–Rao, V. S.: 2008. Mapping and validation of a major QTL for yellow pigment content on 7AL in durum wheat (*Triticum turgidum* L. ssp. *durum*). *Mol. Breeding.* 21: 485–496.
- Pozniak, C. J.–Knox, R. E.–Clarke, F. R.–Clarke, J. M.: 2007. Identification of QTL and association of a phytoene synthase gene with endosperm colour in durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 114: 525–537.
- Qin, X. Q.–Zhang, W. J.–Dubcovsky, J.–Tian, L.: 2012. Cloning and comparative analysis of carotenoid b-hydroxylase genes provides new insights into carotenoid metabolism in tetraploid (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) and hexaploid (*Triticum aestivum* L.) wheat grains. *Plant Mol. Biol.* 80: 631–646.
- Rafalski, J. A.: 2002. Novel genetic mapping tools in plants: SNPs and LD-based approaches. *Plant Sci.* 162: 329–333.
- Ramachandran, A.–Pozniak, C. J.–Clarke, J. M.–Singh, A. K.: 2010. Carotenoid accumulation during grain development in durum wheat. *J. Cereal Sci.* 52: 30–38.
- Reimer, S.–Pozniak, C. J.–Clarke, F. R.–Clarke, J. M.–Somers, D. J.–Knox, R. E.–Singh, A. K.: 2008. Association mapping of yellow pigment in an elite collection of durum wheat cultivars and breeding lines. *Genome.* 51: 1016–1025.
- Roncallo, P. F.–Cervigni, G. L.–Jensen, C.–Miranda, R.–Carrera, A. D.–Helguera, M.–Echenique, V.: 2012. QTL analysis of main and epistatic effects for flour color traits in durum wheat. *Euphytica.* 185: 77–92.
- Sallai J.-né: 1986. A durum búza tézstaipari minőségét meghatározó tényezők és a köztük levő összefüggések tanulmányozása. Kandidátusi értekezés tézisei. Szeged. 12.
- Sallai J.-né–Erdei P.–Gyenes I.: 1983. Szempontok a durum búza átvételi minőségének meghatározásához. *Növénytermelés.* 32. 1: 131–135.
- Sandmann, G.: 1994. Carotenoid biosynthesis in microorganisms and plants. *Eur. J. Biochem.* 223: 7–24.
- Santra, M.–Rao, V. S.–Tamhankar, S. A.: 2003. Modification of AACC procedure for measuring b-carotene in early generation durum wheat. *Cereal Chem.* 80: 130–131.
- Santra, M.–Santra, D. K.–Rao, V. S.–Taware, S. P.–Tamhankar, S. A.: 2005. Inheritance of b-carotene concentration in durum wheat (*Triticum turgidum* L. ssp. *durum*). *Euphytica.* 144: 215–221.
- Schulthess, A.–Schwember, A. R.: 2013. Improving durum wheat (*Triticum turgidum* L. var *durum*) grain yellow pigment content through plant breeding. *Ciencia e Investigación Agraria.* 40: 475–490.
- Schneider, C.–Boger, P.–Sandmann, G.: 1997. Phytoene desaturase: heterologous expression in an active state, purification, and biochemical properties. *Protein Expr. Purif.* 10: 175–179.

- Scolnik, P. A.–Bartley, G. E.*: 1994. Nucleotide sequence of an Arabidopsis cDNA for phytoene synthase. *Plant Physiol.* 104: 1471–1472.
- Singh, A.–Reimer, S.–Pozniak, C. J.–Clarke, F. R.–Clarke, J. M.–Knox, R. E.–Singh, A. K.*: 2009. Allelic variation at *Psy1-A1* and association with yellow pigment in durum wheat grain. *Theor. Appl. Genet.* 118: 1539–1548.
- Sissons, M.–Osborne, B.–Sissons, S.*: 2006. Application of near infrared reflectance spectroscopy to a durum wheat breeding programme. *J. Near Infrared Spectrosc.* 14: 17–25.
- Sun, Z.–Gantt, E.–Cunningham, F. X. Jr.*: 1996. Cloning and functional analysis of the b-carotene hydroxylase of Arabidopsis thaliana. *J. Biol. Chem.* 271: 24349–24352.
- Tian, L.–Musetti, V.–Kim, J.–Magallanes-Lundback, M.–DellaPenna, D.*: 2004. The Arabidopsis *LUT1* locus encodes a member of the cytochrome p450 family that is required for carotenoid e-ring hydroxylation activity. *P. Natl. Acad. Sci. USA.* 101: 402–407.
- Tswett, M.*: 1911. Über den makro- und mikrochemischen Nachweis des Carotins. *Berl. Dtsch. Bot. Ges.* 29: 630–636.
- USDA-ARS (U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service)*: 2013. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964>.
- van den Berg, H.–Faulks, R.–Fernando Granado, H.–Hirschberg, J.–Olmedilla, B.–Sandmann, G.–Southon, S.–Stahl, W.*: 2000. The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. *J. Sci. Food Agric.* 80: 880–912.
- Vida Gy.–Veisz O.*: 2012. Mv Pennedur és Mv Hundur: két új durum búzafajta Martonvásárról. *Martonvásár, az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Közleményei.* 24. 1: 12–13.
- Vida, Gy.–Szunics, L.–Veisz, O.–Bedő, Z.–Láng, L.–Árendás, T.–Bónis, P.–Rakszegi, M.*: 2013. Effect of genotypic, meteorological and agronomic factors on the gluten index of winter durum wheat. *Euphytica.* DOI 10.1007/s10681-013-1052-6.
- Walsh, D. E.–Gilles, K. A.–Shuey, W. C.*: 1969. Color determination of spaghetti by the tristimulus method. *Cereal Chem.* 47: 7–13.
- Wang, J. W.–He, X. Y.–He, Z. H.–Wang, H.–Xia, X. C.*: 2009. Cloning and phylogenetic analysis of phytoene synthase 1 (*Psy1*) genes in common wheat and related species. *Hereditas.* 146: 208–219.
- Wehrle, K.–Seibel, W.–Gerstenkorn, P.–Kuhn, M.*: 1997. Schnellmethoden zur qualitativen Beurteilung von Durumweizen. 2. Teil: Beziehung der Rohstoffeigenschaften Farbe und Protein zur Teigwarenqualität. *Getreide, Mehl und Brot.* 51: 73–78.
- Williams, P. C.–Sobering, D. C.*: 1993. Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. *J. Near Infrared Spectrosc.* 1: 25–32.

- Wong, J. C.-Lambert, R. J.-Wurtzel, E. T.-Rochefford, T. R.:* 2004. QTL and candidate genes phytoene synthase and z-carotene desaturase associated with the accumulation of carotenoids in maize. *Theor. Appl. Genet.* 108: 349-359.
- Zandomeneghi, M.-Fest, C.-Carbonaro, L.:* 2000. Front-surface absorbance spectra of wheat flour: determination of carotenoids. *J. Agric. Food. Chem.* 48: 2216-2221.
- Zechmeister, L.-Cholnoky, L.:* 1940. Carotenoids of Hungarian wheat flour. *J. Biol. Chem.* 135: 31-36.
- Zhang, W.-Chao, S.-Manthey, F.-Chicaiza, O.-Brevis, J. C.-Echenique, V.-Dubcovsky, J.:* 2008. QTL analysis of pasta quality using a composite microsatellite and SNP map of durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 117: 1361-1377.
- Zhang, W.-Dubcovsky, J.:* 2008. Association between allelic variation at the phytoene synthase 1 gene and yellow pigment content in the wheat grain. *Theor. Appl. Genet.* 116: 635-645.

A szerző levelezési címe - Address of the author:

Dr. Vida Gyula
MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet
Martonvásár
Brunszvik u. 2.
H-2462



NAGY JÁNOS főszerkesztő

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

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika
