

Crop
Production



NÖVÉNYTERMELÉS

70. kötet | 2. szám | 2021. június

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Normálédes és szuperédes
csemegekukorica (*Zea mays*
L.convar. sacharata
Koern) hibridek beltartalmi
értékeinek
összehasonlító elemzése

Hormonkezelések hatása
a golyvásüszög fertőzés
tüneteinek mérséklésére

A növénytermesztés SWOT-
analízise – felmérésre alapozva
Szabolcs-Szatmár-Bereg
megyében

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

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

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

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

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

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

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

ISSN 0546-8191
Növényterm 70 (2021) 2
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

70. kötet, 2. szám, 2021. június

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

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

AGRÁRMINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

A nyomást és kötést a OOK-Press Nyomda végezte

Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Széles Sándorné

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Demeter Cintia – Széles Adrienn – Illés Árpád – Bojtor Csaba – Szabó Atala – Bakos Zsuzsanna – Zelenák Annabella – Nagy János: Normálédes és szuperédes csemegekukorica (Zea mays L. convar. sacharata Koern) hibridek beltartalmi értékeinek összehasonlító elemzése</i>	5
<i>Szőke Lóránt – Kovács Gabriella – Biró Györgyi – Rácz Dalma – Radócz László – Takácsné Hájos Mária – Kovács Béla – Tóth Brigitta: Hormonkezelések hatása a golyvásüszög fertőzés tüneteinek mérséklésére</i>	21
<i>Takács István – Sinóros-Szabó Botond – Fenyvesi Adrienn: A növénytermesztés SWOT-analízise – felmérésre alapozva Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében</i>	43

SZEMLE

<i>Békés Ferenc – Ács Péterné – D. A. I. Suter – Ács Katalin – Lantos Csaba – Cseuz László – Pauk János: Milyen okok állnak a gabonákkal szembeni érzékenység hátterében? I. A nemesítés hatása a búza emberi egészségre káros komponenseire</i>	57
<i>Berzsenyi Zoltán: A növénytermesztés fenntarthatóságának alternatív útjai</i>	87

MEGEMLÉKEZÉS

<i>Pepó Péter: 100 éve született Dr. Bocz Ernő professzor úr</i>	123
--	-----

CONTENTS

<i>C. Demeter – A. Széles – Á. Illés – Cs. Bojtor – A. Szabó – Zs. Bakos – A. Zelenák – J. Nagy: Comparative analysis of the yield values of normal sweet and super sweet maize (Zea mays L. convar. sacharata Koern) hybrids</i>	5
<i>L. Szőke – G. Kovács – Gy. Biró – D. Rácz – L. Radócz – M. Takácsné Hájos – B. Kovács – B. Tóth: Effects of hormone treatments on the reduction of symptoms of corn smut infection</i>	21
<i>I. Takács – B. Sinóros-Szabó – A. Fenyvesi: SWOT analysis of crop production – based on a survey in Szabolcs-Szatmár-Bereg County</i>	43

REVIEW

- F. Békés – P.-Né Ács – D. A. I. Suter – K. Ács – Cs. Lantos – L. Cseuz – J. Pauk:*
 What are the reasons behind the sensitivity to cereals? I. Effect of breeding
 on components of wheat harmful to human health 57
- Z. Berzsenyi:* Alternative ways of sustainable crop production 87

COMMEMORATION

- P. Pépó:* Prof. Dr. Ernő Bocz was born 100 years ago 123

СОДЕРЖАНИЕ

- С. Деметер – А. Селеш – А. Иллеш – Ч. Бойтор – А. Сабо – Ж. Бакош – А. Зеленак – Я. Надь:* Сравнительный анализ показателей внутреннего содержания гибридов нормально сладкой и супер сладкой сахарной кукурузы (*Zea mays* L. convar. *sacharata* Koern) 5
- Л. Сёке – Г. Ковач – Дь. Биро – Д. Рац – Л. Радоц – М. Такачне Хайош – Б. Ковач – Б. Тот:* Влияние обработок гормонами на уменьшение симптомов заражения пузырчатой головнёй кукурузы 21
- И. Такач – Б. Шинорош-Сабо – А. Феньвеш:* Основанное на оценке SWOT-анализа – растениеводство в области Саболч-Сатмар-Берег 43

ОБЗОР

- Ф. Бекеш – П.-Не Ач – Д. А. Л. Сутер – К. Ач – Ч. Лантош – Л. Чеуз – Я. Паук:* Какие причины вызывают чувствительность к зерновым? I. Влияние селекции на вредные для здоровья человека компоненты пшеницы 57
- З. Берзсени:* Альтернативные пути устойчивости растениеводства 87

ВОСПОМИНАНИЯ

- П. Пено:* 100 лет назад родился профессор др. Боц Эрнё 123

Normálédes és szuperédes csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *sacharata* Koern) hibridek beltartalmi értékeinek összehasonlító elemzése

DEMETER CINTIA – SZÉLES ADRIENN – ILLÉS ÁRPÁD – BOJTOR CSABA – SZABÓ ATALA – BAKOS ZSUZSANNA – ZELENÁK ANNABELLA – NAGY JÁNOS

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Világszerte keresett a magyar csemegekukorica, mint értékes élelmiszer. Magyarország Európa legnagyobb termelője és a világ második legnagyobb exportőre. Több év átlagában az éves termelés 500 ezer tonna, ennek 95%-a exportra kerül. A csemegekukorica jelentősége évről évre növekszik. A mezőgazdasági üzemek kiváló termesztéstechnológiát valósítanak meg, a terület közel 70%-át öntözik. Nagyon fontos a felhasználási célnak legjobban megfelelő csemegekukorica hibridek kiválasztása és termesztése, ezért jelentős a normálédes és a szuperédes csemegekukorica hibridek kutatása és összehasonlító elemzése, értékelése.

A Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar campusán beállított kísérletben vizsgáltuk a köztermesztésben használt, normálédes (PR) és szuperédes (KU) csemegekukorica hibridek agronómiai paramétereit, azok termésmennyiségét és esszenciális tápelemtartalmát. A minőségi paraméterek meghatározását a betakarításkor vett szemmintából laboratóriumi körülmények között állapítottuk meg a DE MÉK Agrárműszerközpontjában.

A normálédes csemegekukoricahibrid (PR) friss fogyasztásra alkalmas. Kiváló ízvilágú. A szántóföldi kísérletben betakarított nedves termése (cső+csuhé) közepes, hektáronként 14,118 ($\pm 0,12$), nedves csőtömege 12 ($\pm 0,10$), nedves szemtömege 5,7 ($\pm 0,08$) tonna.

A szuperédes csemegekukorica hibrid (KU) korai érésű. Alkalmazkodó képessége kiváló, jó termőképességű és konzervipari felhasználásra alkalmas. A szántóföldi kísérleteinkben a betakarított nyers termése (cső+csuhé) 20,058 t/ha. Nyers csőtermése 17,040 ($\pm 0,16$) t/ha. Nedves szentömege ipari feldolgozás szempontjából jó eredményt mutatott (10,17 t/ha). A szuperédes csemegekukorica fajlagos makroelem-tartalma lényegesen nagyobb, mint a normálédesé, kilogrammonként a foszfor 1139, a kálium 3412 milligrammal. A magnéziumtöbblet is jelentős, 328 mg/kg. Legkisebb a különbség a kalciumtartalomban, 53 mg/kg.

Kulcsszavak: csemegekukorica, normálédes, szuperédes, ásványi anyagok, lutein, zeaxantin

Comparative analysis of the yield values of normal sweet and super sweet maize (*Zea mays* L. convar. *sacharata* Koern) hybrids

C. DEMETER – A. SZÉLES – Á. ILLÉS – CS. BOJTOR – A. SZABÓ – ZS. BAKOS –
A. ZELENÁK – J. NAGY

University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management, Institute of Land Use, Engineering and
Precision Farming Technology, Debrecen

Summary

Hungarian sweet maize is in demand worldwide as a valuable food. Hungary is the largest producer in Europe and the second largest exporter in the world. Annual production averages 500,000 tonnes over several years, 95% of which is exported. The importance of sweet maize is growing year by year. Farms are implementing excellent production techniques, irrigating almost 70% of the area. It is very important to select and cultivate sweet maize hybrids that are best suited to the intended use, and it is therefore important to research, analyse and evaluate the comparative potential of hybrids of normal sweet and super sweet maize.

In an experiment set up on the campus of the Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management of the University of Debrecen, we investigated the

agronomic parameters, yield and essential nutrient content of normal sweet (PR) and super sweet (KU) sweet maize hybrids used in public cultivation. Quality parameters were determined under laboratory conditions from grain samples taken at harvest at the Centre of Agricultural Instruments.

The standard sweet maize hybrid (PR) is suitable for fresh consumption. It has an excellent flavour. The wet yield (ears+husks) harvested in the field experiment is medium, 14.118 (± 0.12) tonnes per hectare, wet ear weight 12 (± 0.10) tonnes and wet grain weight 5.7 (± 0.08) tonnes.

The super sweet maize hybrid (KU) has early maturity. It has excellent adaptability, good yield potential and is suitable for canning. In our field trials, the harvested raw yield (ears+husks) is 20.058 t ha⁻¹. Raw ear yield is 17.040 (± 0.16) t ha⁻¹. Wet grain weight showed good results for industrial processing (10.17 t ha⁻¹). The specific macro-nutrient content of super sweet maize is significantly higher than that of normal sweet maize, by 1139 mg phosphorus and 3412 mg potassium per kg. The magnesium surplus is also significant, 328 mg kg⁻¹. The smallest difference is in the calcium content, 53 mg kg⁻¹.

Key words: sweet maize, normal sweet, super sweet, minerals, lutein, zeaxanthin

Сравнительный анализ показателей внутреннего содержания гибридов нормально сладкой и супер сладкой сахарной кукурузы (*Zea mays* L. convar. *sacharata* Koern)

С. ДЕМЕТЕР – А. СЕЛЕШ – А. ИЛЛЕШ – Ч. БОЙТОР – А. САБО – Ж. БАКОШ –
А. ЗЕЛЕНАК – Я. НАДЬ

Дебреценский Университет, Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и
Экологического Менеджмента (DE MÉK), Институт Землепользования,
Технический и Прецизионной Технологии, Дебрецен

Резюме

Во всём мире пользуется спросом венгерская сахарная кукуруза, как ценный продукт питания. Венгрия – самый большой производитель в Европе и второй самый большой в мире экспортёр. Многолетний средний годовой урожай 500 тысяч тонн, 95% этого идёт на экспорт. Значение сахарной кукурузы растёт из года в год. Сельс-

кохозяйственные предприятия применяют отличную технологию выращивания, около 70% территории орошается. Очень важен выбор больше всего соответствующего цели использования гибрида сахарной кукурузы и его выращивание, поэтому большое значение имеет исследование гибридов нормальной сладкой и супер сладкой сахарной кукурузы и их сравнительный анализ, их оценка.

В установленном на территории Кампуса факультета Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента Дебренценского Университета опыте исследовали агрономические параметры используемых в широком производстве нормально сладких (PR) и супер сладких (KU) гибридов сахарной кукурузы, количество их урожаев и содержание эссенциальных питательных элементов. Определение качественных параметров установили из взятых во время уборки образцов зерна в лабораторных условиях в Аграрном Приборном центре DE MÉK.

Гибрид нормально сладкой сахарной кукурузы (PR) пригоден для потребления в сыром виде. Отличного вкуса. Её влажный урожай, собранный в пахотном опыте (початок+обвёртка), средний, по-гектарно 14,118 ($\pm 0,12$), влажная масса початков 12 ($\pm 0,10$), масса влажного зерна 5,7 ($\pm 0,08$) тонн.

Гибрид супер сладкой сахарной кукурузы (KU) раннего вызревания. Его адаптивная способность отличная, имеет хорошую урожайность и пригоден для использования в консервной промышленности. В наших пахотных опытах его убранный влажный урожай (початок+обвёртка) 20,058 t/ha. Влажный урожай початка 17,040 ($\pm 0,16$) t/ha. Влажная масса зерна с точки зрения промышленной переработки показала хороший результат (10,17 t/ha). Удельное содержание макро-элементов супер сладкой сахарной кукурузы существенно больше, чем у нормально сладкой, по-килограмму фосфор на 1139, а калий на 3412 миллиграмм. Прибавка магния 328 mg/kg. Самая маленькая разница в содержании кальция, 53 mg/kg.

Ключевые слова: сахарная кукуруза, нормально сладкая, супер сладкая, минеральные вещества, лютеин, зеаксантин

Bevezetés

Növelni kell a csemegekukorica-termelést, például a megfelelő termesztési technológia fejlesztésével (Kara és Atar 2013). A termesztéstechnológia fejlesztésének elengedhetetlen tényezője a hibridválasztás. A csemegekukorica hibridek kiválasztása kulcsfontosságú a termelés növelésében (Saleem 2013),

továbbá a kedvezőtlen környezeti tényezők csökkentik a növény csőtermését és minőségét, ezért hatékonyabb termelés érhető el rezisztens hibridek alkalmazásával (Ugur *et al.* 2015).

A csemegekukorica egészséges összetevői, magas tápértéke és egyedülálló ízvilága miatt népszerű zöldségféle (Erdal *et al.* 2011, Santos *et al.* 2014). Minőségét a mag cukortartalma határozza meg, amely hibridenként nagymértékben eltérő (Abadi és Sugiharto 2019).

Feng *et al.* (2020) kutatásaikban a csemegekukorica tápértékét és fenol, valamint antioxidáns tartalmát vizsgálták nyers és főzött csemegekukorica lében. Eredményeik megbízhatóan igazolták a csemegekukorica jelentős cukortartalmát, mely nem veszít mértékéből a főzés során. Ugyanakkor a szervezetünk számára szükségtelen tápanyagok a forralás következtében lebomlanak. Méréseik során összehasonlítva a nyers és főzött csemegekukorica levet megállapították, hogy a zsírsavtartalom ezzel együtt a fenolok és antioxidánsok mértéke is csökkent a főzés során. Prashanti *et al.* (2017) összehasonlították a különböző főzött csemegekukoricák beltartalmi paramétereit. Különbségeket mértek az antioxidáns tartalom, xantofilok, fenolok szempontjából. A popcorn fajtákkal összehasonlítva a főzött csemegekukoricáknak magasabb volt a magnézium-, fosfor-, káliumtartalma, míg a cink-, vas-, nátrium- és réztartalom alacsonyabbnak bizonyult. Xie *et al.* (2016) szerint a csemegekukorica minősége gyorsan változik, főképp magasabb hőmérsékleten tárolva. Magasabb hőmérsékleten károsodnak az oldható cukrok, a C-vitamin tartalom és a fehérjetartalom. A csemegekukorica tárolására optimális hőmérséklet a 4 °C. Ezt támasztották alá Calvo-Brenes *et al.* (2019) vizsgálatai, miszerint a csemegekukorica karotinoid tartalma gyorsan változik a tárolási hőmérséklet függvényében.

Das és Singh (2016) vizsgálta a csemegekukorica szemek fehérjeminőségét és az antioxidáns fenoltartalmát. A vizsgálatokban a csemegekukorica magas antioxidáns fenoltartalommal bírt. Zhang *et al.* (2017) szerint is a teljes fenoltartalom genotípusonként változó. Song *et al.* (2016ab) összehasonlították a karotinoidok összetételét csemegekukoricában és kukoricában. Eredményeik szerint a karotoid tartalmak eltérőek voltak. A csemegekukorica szemekben a violaxantin, zeaxantin, lutein, alfa-cyptoxantin, béta-cyptoxantin nagyobb mennyiségben voltak jelen, ugyanakkor a neoxantin mennyisége csökkent az érés során. Az eredményeik szerint a kukorica karotinoid tartalma alacsonyabb a csemegekukoricához viszonyítva. Moongngarm *et al.* (2020) vizsgálták a karotinoidok típusát csemegekukoricákban. Kutatásaikban kimu-

tatták, hogy nagy mennyiségben lutein van jelen a növényben, ezt követte tocopherol.

Dewanto et al. (2002) szerint a csemegekukorica nagyszerű C-vitamin és A-vitamin forrás. Egy cső csemegekukorica C-vitamin napi értékének (DV) több mint 10%-át, és az A-vitamin több mint 6%-át fedezi. A főtt kukorica 113 kalóriát, 4 g fehérjét, 1,8 g zsírt, 5,4 g cukrot és 2,8 g rostot (10% DV) tartalmaz. A nagy mennyiségű oldható rost segít csökkenteni a koleszterinszintet. Kutatások kimutatták, hogy a kukorica főzése növeli a hasznos antioxidánsok és fitokemikáliák szintjét.

Song et al. (2018) meghatározták a fő karotinoid típusokat a csemegekukoricában. Legfőbb karotinoidok a violaxantin, zeaxantin, lutein, alfa-cyptoxantin, béta-cyptoxantin voltak. Kísérleteikben a mélyebb sárga színű csemegekukorica szemek zeaxantin, lutein valamint violaxantin tartalma szignifikánsan pozitív korrelációt mutatott. A csemegekukorica jelentős mennyiségű A-provitamin forrást tartalmaz. Az A-vitamin felel a látás egészségéért. A megfelelő mennyiségű A-provitamin tartalom biofortifikációval elérhető csemegekukoricában, így a napi bevitel megoldható a legtöbb ember számára. *Yang et al.* (2018) szántóföldi kísérleteiben sikeresen megnövelte az A-provitamin mennyiséget csemegekukoricában, hozzáadott lizin és triptofán segítségével, lehetővé téve ezzel a szürkületi vakság megelőzését. A kezelt hibridek A-provitamin tartalma átlagosan 4,5-szeresére nőtt.

A csemegekukoricában a Zn is felhalmozódik, amely az emberi fogyasztás szempontjából szükséges nyomelem. A Zn főképpen Zn-fitát formában akkumulálódik a csemegekukoricában. A kutatás megállapította, hogy a Zn mennyisége, elérhetősége az embrióban alacsony, ellenben a perikarpiumban nagy mennyiségben található. *Cheach et al.* (2019) szerint a teljes Zn-tartalom és egyidőben magas terméshozam elérése jelenleg probléma. Negatív összefüggést tapasztaltak a magok száma, a csövek száma és a Zn-koncentráció között.

A csemegekukorica magjainak minőségét a belső szemcsés tartalom feltárásával, blansírozással lehet mérni. Ezzel a módszerrel meghatározható a csemegekukorica szemekből a cukor, illetve fehérjetartalom is (*Szymanek et al.* 2020).

Az élelmiszerek Fe-, Mn- és Zn-tartalma fontos az emberi szervezet számára megfelelő mennyiségben és minőségben. Bizonyos szint fölött viszont halálos kockázatot is jelenthet. *Aineura et al.* (2020) vizsgálataikban eltérő mennyiségű nitrátot, nitritet, vas-, mangán-, valamint cinktartalmat mértek az eltérő

csemegekukorica hibridekben. *Priyadi et al.* (2018) szerint a csemegekukorica Cu-felvétele a talajból lassú folyamat. Szántóföldi kísérletekben a talaj réztartalma a csemegekukorica betakarítást követően magasabb volt.

Anyag és módszer

A Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar campusán beállított kísérletben vizsgáltuk a köztermesztésben használt, normálédes (PR) és szuperédes (KU) csemegekukorica hibridek agronómiai paramétereit, azok termésmennyiségét, és esszenciális tápelemtartalmát. A minőségi paraméterek meghatározását a betakarításkor vett szemmintából laboratóriumi körülmények között állapítottuk meg a DE MÉK Agrármű-szerközpontjában.

Elem meghatározás céljából a csemegekukorica szemtermésének szárítása során kémleletes alacsony hőmérsékletet alkalmaztunk. 50 °C fokon szárítottuk, majd 24 °C fokon tároltuk a mintákat feldolgozásig. A minták állományból történő begyűjtésük után azonnal megkezdődött a szárítószekrényben történő szárítási folyamat, maximális levegősebességgel (*El-Abady* 2014). Csemegekukorica szemminták elemtartalmának meghatározásához az előkészített mintából 0,5 g-ot mértünk be, erre 5 ml desztillált c.c. HNO₃-at és 3 ml 30%-os H₂O₂-ot adagoltunk. Lezártuk és ETHOS Plus Milestone mikrohullámú roncsolóval és az Application Note 076 módszerrel négy lépésben roncsoltuk. A roncsolás befejezése után az edényeket lehűtöttük és tartalmukat, felnyitás után 50 ml-es mérőlombikba öntöttük. A méréseket induktív v csatolású plazmagerjesztésű - atomemissziós ICAP 7000 spektrofotométerrel (Thermo Scientific) végeztük. A plazma fényemisszióját spektrálisan felbontva az egyes elemek adott hullámhosszú spektrumvonalának intenzitását mértük. Az egyes elemek több hullámhosszon mérhetők, kiválasztottuk az optimálist, ahol nem volt zavaró hatás, spektrumvonal átfedés: Ca - 317.933, Fe - 238.204, K - 769.896, Li - 670.784, Mg - 285.213, Na - 589.592, P - 177.495, Zn - 213.856. Az ICP-OES készülékkel ezt követően az optimális készülék-paramétereket figyelembe véve mértük a mintaadatokat és számítógépes programmal értékeltük az adatokat.

A csemegekukorica mintákból a karotinoidok mennyiségének meghatározása előtt mértük a minták nedvességtartalmát. A vizsgálatokat az AOAC Official Method 934.01 Moisture in animal feed alapján, a laboratórium körülményei-

hez és a minta mennyiségéhez szükséges módosításokkal végeztük. A kukorica mintákat szárazjéggel együtt megdaráltuk, majd a megdarált minta kb. 1/3 részét pontosan lemért tömegű 40 ml-es EPA fiolába tettük. A szárazjég elszublimálásáig nyitott edényben, szobahőmérsékleten tároltuk. A szobahőmérséklet elérése után azonnal lemértük a fiola tömegét. Ebből számolható a kiindulási mintatömeg a nedvességtartalom meghatározásához. A fiolákat ezután 70 °C-os vákuumszáritószekrénybe helyeztük, 500 mbar vákuumot alkalmazva, 3 óra elteltével a vákuumot 100 mbar-ra csökkentettük, és egy éjszakán át ezen a nyomáson szárítottuk. A szárítószekrényből kivéve légmentesen lezártuk, mikor szobahőmérsékletre lehűlt lemértük a pontos tömegét.

A karotinoidok mennyiségének meghatározásakor a *Moros et al.* (2002) módszert alkalmaztuk. A kukorica mintákat szárazjéggel együtt megdaráltuk, majd a szárazjég elszublimálásáig nyitott edényben, fagyasztóban -18 °C-on tároltuk. A vizsgálatokhoz 0,6 g darált mintát mértünk be 50 ml-es centrifugacsőbe. Hozzáadtunk 6 ml 100%-os etanolt, vortexeltük 30 másodpercig, majd hűtött ultrahang kádban ultrahangoztuk 5 percig. Hozzáadtunk 3 ml 10%-os NaCl oldatot és 10 ml hexánt, és vortexeltük 30 másodpercig. Centrifugáltuk 3 percig a fázisok szétválásáig 5000 rpm-en. A felső, hexános fázist átpipettáztuk bepárlócsőbe. A hexános extrakciót még kétszer megismételtük, az alsó, vizes-alkoholos fázis elszíntelenedéséig. Az összegyűjtött hexános frakciókat nitrogénáram alatt szárazra pároltuk szobahőmérsékleten, sötétben. A bepárolt maradékhoz 2 ml 0,1% BHT-t tartalmazó MeOH-t adtunk. Vortex, és ultrahang segítségével feloldottuk, majd az oldatot 0,22 µm-es pórusátmérőjű fecskendőszűrőn át HPLC fiolába szűrtük. HPLC vizsgálatig fagyasztóban, -18 °C-on tároltuk.

Az eredmények statisztikai értékelése R 3.2.4. statisztikai környezetben készült, egytényezős varianciaanalízis és Fisher-féle LSD teszt által (*Team* 2016). A grafikonokat MS Excel 2019 programmal készítettük.

Eredmények

A normálédes csemegekukorica hibrid friss fogyasztásra alkalmas középkorai tenyészidejű. Méréseink szerint átlagos növénymagassága 149 ($\pm 2,16$) cm. A cső 69 ($\pm 0,96$) cm-es magasságban ered (*1. ábra*). Erős szára 21 ($\pm 0,5$) mm átmérőjű. A cső hossza 188, az átmérője 41 mm. A szemsorok száma 17. A cső be-nőttsége 72% (*1. táblázat*).

1. ábra. Szuperédes és normálédes csemegekukorica hibridek növénymagassága és csőmagassága (Debrecen, 2020)

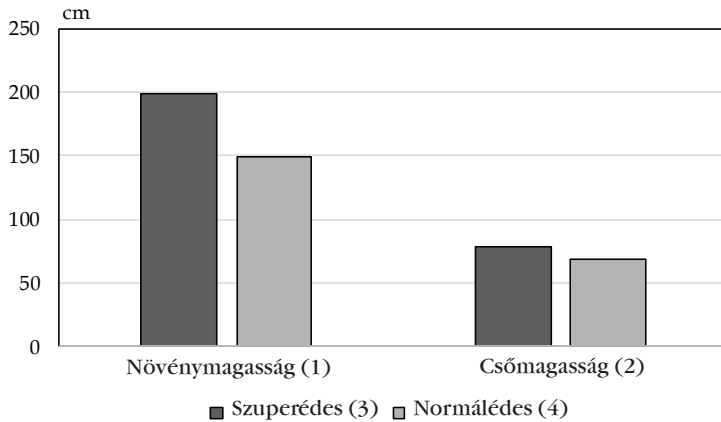


Figure 1. Plant height and ear height of super sweet and normal sweet maize hybrids (Debrecen, 2020). (1) Plant height, (2) Ear height, (3) Super sweet, (4) Normal sweet

1. táblázat. Szuperédes és normálédes csemegekukorica hibridek csőparamétereit (Debrecen, 2020)

	Szuperédes (1)	Normálédes (2)
Megtermékenyülés (%) (3)	92,25±0,50 ^a	80,25±0,50 ^b
Csőátmérő (mm) (4)	45,25±0,50 ^a	41,00±1,15 ^b
Csőhossz (mm) (5)	223,00±0,82 ^a	188,00±0,82 ^b
Szemsorszám (db) (6)	15,25±0,50 ^b	17,25±0,50 ^a
Benőttség (%) (7)	84,75±0,96 ^a	72,00±0,82 ^b

Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Table 1. Ear parameters of super sweet and normal sweet maize hybrids (Debrecen, 2020). (1) Super sweet, (2) Normal sweet, (3) Fertilisation (%), (4) Ear diameter (mm), (5) Ear length (mm), (6) Number of grain rows, (7) Crowdedness (%), Note: values with different letters are statistically different from each other.

A szuperédes csemegekukorica hibrid rövid tenyészidejű, korai érésű. Alkalmazkodó képessége kiváló. Méréseink szerint átlagos növénymagassága: 198 (±1,71) cm, csőmagassága 79 (±2,22) cm. Szárátmérője átlagosan 20 (±0,5) mm. A cső hossza 223, az átmérője 45 mm. A növények növekedése közötti

különbség – ugyanazon környezeti feltételek mellett – igazolták a genetikai tényező jelentős hatását, amely összhangban volt *Khan et al. (2017)*, *Zabih et al. (2017)* és *Subaedah et al. (2021)* eredményével. A magas növénynövekedés hozzájárul a több levél kialakulásához (*Subaedah és Numba 2018*), amellyel több napenergia befogadására képes. Megállapítottuk *Subaedah et al. (2021)* kutatási eredményeivel egyezően, hogy a hibridek statisztikailag szignifikáns hatással vannak a csemegekukorica növények csőhosszára. *Subaedah et al. (2021)* statisztikailag nem igazolta a hibrid hatását a csőátmérőre, eredményeink azonban ezt nem támasztották alá. A szemsorok száma 15. A cső be-
nőttsége 84%.

A normálédes csemegekukorica kiváló ízvilágú. A szántóföldi kísérletben betakarított nedves termése (cső+csuhé) közepes, hektáronként 14,12 ($\pm 0,12$), nedves csőtömege 12,00 ($\pm 0,10$) tonna (2. ábra). Nedves szemtömege 5,77 ($\pm 0,08$) t/ha. Nedves csutkatömege jelentős 6,23 ($\pm 0,08$) t/ha (2. táblázat).

2. ábra. Szuperédes és normálédes csemegekukorica hibridek termése és nedves csőtömege (Debrecen, 2020)

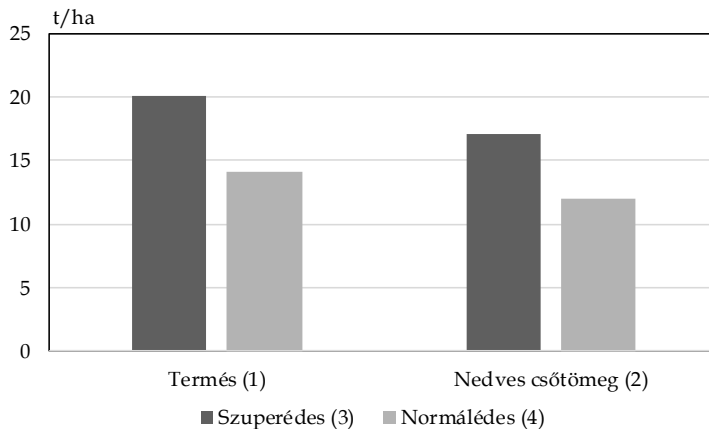


Figure 2. Yield and wet ear weight of super sweet and normal sweet maize hybrids (Debrecen, 2020). (1) Yield, (2) Wet ear weight, (3) Super sweet, (4) Normal sweet

A szuperédes csemegekukorica jó termőképességű, konzervipari felhasználásra kiváló. A szántóföldi kísérleteinkben a betakarított nyers termése (cső+csuhé) 20,06, ebből nedves csőtermése 17,04 ($\pm 0,16$) t/ha. Nedves szemtömege ipari feldolgozás szempontjából jó eredményt mutatott, 10,17 ($\pm 0,06$) t/ha.

2. táblázat. Szuperédes és normálédes csemegekukorica hibridek csőtermésének összehasonlító elemzése (Debrecen, 2020)

	Szuperédes (1)	Normálédes (2)
Nedves csutkatömeg (t/ha) (3)	6,87±0,20 ^a	6,23±0,08 ^b
Nedves szentömeg (t/ha) (4)	10,17±0,06 ^a	5,77±0,08 ^b
Száraz szentömeg (t/ha) (5)	2,49±0,03 ^a	1,95±0,03 ^b

Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Table 2. Comparative analysis of the ear yield of super sweet and normal sweet maize hybrids (Debrecen, 2020). (1) Super sweet, (2) Normal sweet, (3) Wet cob weight (t ha⁻¹), (4) Wet grain weight (t ha⁻¹), (5) Dry grain weight, Note: values with different letters are statistically different from each other.

Nedves csutkatömege szignifikánsan eltér a normálédes csemegekukoricától (6,87±0,2) t/ha. Igazoltuk *Ilker* (2011) megállapítását, miszerint a nagyobb csőátmérő és csőhossz lehetővé teszi a nagyobb szemsorszámot, ezáltal hatással van a cső tömegére (*Subaedah et al.* 2021). A tesztelt hibridek termésében megmutatkozó különbség a hibridek genetikai potenciáljával függ össze, amelyet *Yusuf et al.* (2012) és *Subaedah et al.* (2016) is meghatározott.

A csemegekukorica potenciális érendi előnyét vitatja az a tény, hogy az embrióban a Zn legnagyobb része Zn fitát formájában van, amely az emberek számára biológiailag nem hozzáférhető (*Cheah et al.* 2019), ezzel szemben az endospermiumban felhalmozódott Zn többnyire biológiailag elérhető. Ezért az emberi egészség szempontjából kedvező eredmény elérése érdekében előnyösebbek azok a genotípusok, amelyek az endospermiumban felhalmozzák a Zn-t, mint azok, amelyek az embrióban (*Cheah et al.* 2020). A kísérletben vizsgált normálédes és szuperédes csemegekukorica hibridek Fe, Zn és Na-tartalma nagyon hasonló (3. ábra).

Ásványianyag-tartalom vizsgálati eredményeink szerint a szuperédes csemegekukorica fajlagos elemtartalma lényegesen nagyobb, mint a normálédesé, kg-onként a foszfor 1139, a kálium 3412, a magnézium 328 mg-mal. A nitrogéntöbblet is jelentős 0,699 m/m%. Legkisebb a különbség a kalciumtartalomban, 53 mg/kg (3. táblázat).

Az egészséges táplálkozás szempontjából a csemegekukorica szemek beltartalmi értékeiből a legértékesebb a lutein és a zeaxantin tartalom. Ezek együttes értéke nagyon hasonló a szuperédes szemekben 9,93, a normálédes

szemekben 9,08 mg/kg. A szuperédes kukoricában magasabb a lutein aránya, 66%. A normálédes kukoricában a zeaxantin aránya nagyobb, 58% (4. ábra).

3. ábra. Szuperédes és normálédes csemegekukorica hibridek Fe-, Zn- és Na-tartalma (Debrecen, 2020)

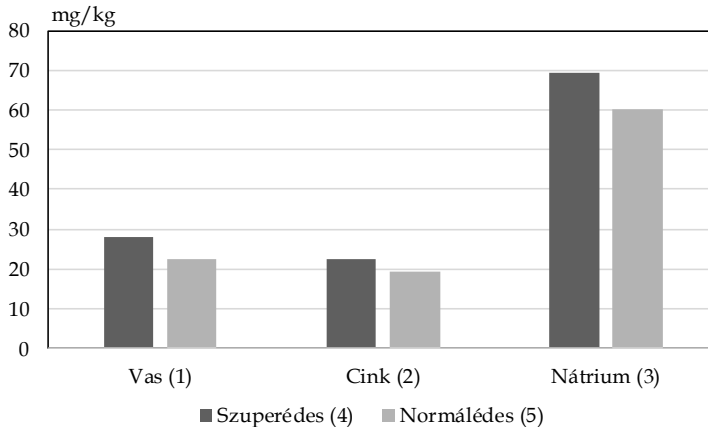


Figure 3. Fe, Zn and Na content of super sweet and normal sweet maize hybrids (Debrecen, 2020). (1) Fe, (2) Zn, (3) Na, (4) Super sweet, (5) Normal sweet

3. táblázat. Szuperédes és normálédes csemegekukorica hibridek esszenciális tápelemtartalmának összehasonlító elemzése (Debrecen, 2020)

	Szuperédes (1)	Normálédes (2)
Nitrogén (m/m%) (3)	2,134±0,03 ^a	1,435±0,01 ^b
Foszfor (mg/kg) (4)	3965±8,62 ^a	2826±23,75 ^b
Kálium (mg/kg) (5)	11241±93,66 ^a	7829±16,8 ^b
Magnézium (mg/kg) (6)	1267,2±26,92 ^a	939,2±4,19 ^b
Kalcium (mg/kg) (7)	372,75±2,99 ^a	319,75±2,63 ^b

Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Table 3. Comparative analysis of the essential nutrient content of super sweet and normal sweet maize hybrids (Debrecen, 2020). (1) Super sweet, (2) Normal sweet, (3) Nitrogen (m/m%), (4) Phosphorus (mg kg⁻¹), (5) Potassium (mg kg⁻¹), (6) Magnesium (mg kg⁻¹), (7) Calcium (mg kg⁻¹). Note: values with different letters are statistically different from each other.

A csemegekukorica hibridek cukortartalma változó (Znidarcic 2012). A cukortartalom alapján a szuperédes csemegekukorica értékei nagyobbak, mint

a normálédesé 100 grammonként a fruktóz 0,20; a glükóz 0,15; a szacharóz 1,60 grammal. A betakarítás késleltetésével azonban a cukorkoncentráció csökken, ami a keményítőtartalom növekedését okozza (*Syukur és Rifianto 2013*). A karotin vizsgálatok alapján a szuperédes csemegekukorica többlete β -kriptoxantinból 0,10; β -karotinból 0,03 mg/kg.

4. ábra. Szuperédes és normálédes csemegekukorica hibridek lutein és zeaxantin tartalma (Debrecen, 2020)

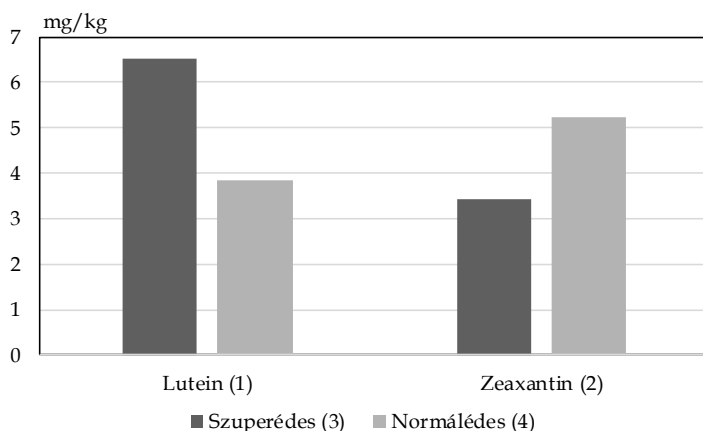


Figure 4. Lutein and zeaxanthin content of super sweet and normal sweet maize hybrids (Debrecen, 2020). (1) Lutein, (2) Zeaxanthin, (3) Super sweet, (4) Normal sweet

4. táblázat. Szuperédes és normálédes csemegekukorica hibridek beltartalmi paramétereinek összehasonlító elemzése (Debrecen, 2020)

	Szuperédes (1)	Normálédes (2)
Fruktóz (g/100 g) (3)	0,65±0,06 ^a	0,45±0,06 ^b
Glükóz (g/100 g) (4)	0,58±0,05 ^a	0,43±0,05 ^b
Szacharóz (g/100 g) (5)	10,18±0,1 ^a	8,58±0,05 ^b
β -kriptoxantin (mg/kg) (6)	0,41±0,02 ^a	0,31±0,03 ^b
β -karotin (mg/kg) (7)	0,14±0,01 ^a	0,11±0,01 ^b

Megjegyzés: az eltérő betűvel jelzett értékek egymástól statisztikailag különböznek.

Table 4. Comparative analysis of the content parameters of super sweet and normal sweet maize hybrids (Debrecen, 2020). (1) Super sweet, (2) Normal sweet, (3) Fructose (g per 100 g), (4) Glucose (g per 100 g), (5) Saccharose (g per 100 g), (6) β -cryptoxanthin (mg kg⁻¹), (7) β -carotene (mg kg⁻¹). Note: values with different letters are statistically different from each other.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást A TKP2020-IKA-04 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a 2020-4.1.1-TKP2020 pályázati program, valamint az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt finanszírozásában valósult meg. Külön köszönetet mondunk Lipták József agrármérnöknek és Vajda László mérnöknek, hogy a Lipták Farmon magas szakmai színvonalon biztosították a csemegekukorica termesztés üzemi feltételeit.

Irodalom

- Abadi, W.-Sugiharto, A. N.:* 2019. Uji keunggulan beberapa calon varietas hibrida jagung manis (*Zea mays* L. var. saccharata),” Jurnal Produksi Tanaman. 7. 5: 939-948.
- Ainerua, M. O.-Erhunmwunse, N.-Tongo, I.-Ezemonye, L.:* 2020. Food toxicity assessment of selected canned foods in Nigeria. Toxicol. Res. 36. 1: 45-58.
- Calvo-Brenes, P.-Fanning, K.-O'Hare, T.:* 2019. Does kernel position on the cob affect zeaxanthin, lutein and total carotenoid contents or quality parameters, in zeaxanthin-biofortified sweet-corn? Food Chem. 277: 490-495.
- Cheah, Z. X.-Kopittke, P. M.-Harper, S. M.-Meyer, G.-O'Hare, T. J.-Bell, M. J.:* 2019. Speciation and accumulation of Zn in sweet corn kernels for genetic and agronomic biofortification programs. Planta. 250. 1: 219-227.
- Cheah, Z. X.-O'Hare, T. J.-Harper, S. M.-Bell, M. J.:* 2020. Variation in zinc concentration of sweetcorn kernels reflects source-sink dynamics influenced by kernel number. Journal of Experimental Botany. 71. 16: 4985-4992.
- Das, A. K.-Singh, V.:* 2016. Antioxidative free and bound phenolic constituents in botanical fractions of Indian specialty maize (*Zea mays* L.) genotypes. Food Chem. 201: 298-306.
- Dewanto, V.-Wu, X.-Liu, R. H.:* 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. J. Agric. Food Chem. 50. 17: 4959-4964.
- El-Abady, M. I.:* 2014. Viability of stored maize seed exposed to different periods of high temperature during the artificial drying. Research Journal of Seed Science. 7. 3: 75-86.
- Erdal, S.-Pamukcu, M.-Savur, O.-Tezel, M.:* 2011. Evaluation of developed standard sweet corn (*Zea mays* sacharata L.) hybrids for fresh yield, yield component and quality parameters. Turkish Journal of Field Crops. 16. 2: 153-156.
- Feng, X.-Pan, L.-Wang, Q.-Liao, Z.-Wang, X.-Zhang, X.-Guo, W.-Hu, E.-Li, J.-Xu, J.-Wu, F.-Lu, Y.:* 2020. Nutritional and phytochemical characteristics of purple sweet corn juice before and after boiling. Plos One. 15. 5: e0233094.1-18.

- Ilker, E.*: 2011. Correlation and path coefficient analyses in sweet corn. Turkish Journal of Field Crops. 16. 2: 105–107.
- Kara, B.–Atar, B.*: 2013. Effects of mulch practices on fresh cob yield and yield components of sweet corn. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 37: 281–287.
- Khan, M.–Khan, K.–Afzal, S. U.–Alim, N.–Anjum, M. M.–Usman, H.–Iqbal, M. O.*: 2017. Seed yield performance of different maize (*Zea mays* L.) genotypes under agro climate conditions of Haripur. International Journal of Environmental Sciences and Natural Resources. 5: 1–6.
- Moongngarm, A.–Homduang, A.–Hochin, W.*: 2020. Changes of phytochemical contents in sweet and waxy corn (*Zea mays* L.) as affected by cultivars and growth stages. Curr. Nutr. Food Sci. 16. 2: 162–169.
- Moros, E. E.–Darnoko, D.–Cheryan, M.–Perkins, E. G.–Jerrell, J.*: 2002. Analysis of Xanthophylls in Corn by HPLC J. Agric. Food Chem. 50. 51: 5787–5790.
- Prasanthi, P. S.–Naveena, N.–Rao, M. V.–Bhaskarachary, K.*: 2017. Compositional variability of nutrients and phytochemicals in corn after processing. J. Food Sci. Technol. 54. 5: 1080–1090.
- Priyadi, S.–Harieni, S.–Prasetyowati, K.*: 2018. Identifications of Heavy Metal in Sweet Corn and Soybean Seeds on Transition Organic Agriculture System. agriTECH. 38: 456–462.
- Saleem, A.*: 2003. Response of maize cultivars to different NP-levels under irrigated condition in peshawar valley. Pakistan Journal of Biological Sciences. 6. 14: 1229–1231.
- Santos, P. H. A. D.–Pereira, M. G.–Trindade, R. D. S.–Cunha, K. S. D.–Entringer, G. C.–Vettorazzi, J. C. F.*: 2014. Agronomic performance of super-sweet corn genotypes in the north of Rio de Janeiro. Crop Breeding and Applied Biotechnology. 14. 1: 8–14.
- Song, J.–Li, D.–He, M.–Chen, J.–Liu, C.*: 2016a. Comparison of carotenoid composition in immature and mature grains of corn (*Zea mays* L.) varieties. Int. J. Food Prop. 19. 2: 351–358.
- Song, J.–Li, D.–Liu, N.–Liu, C.–He, M.–Zhang, Y.*: 2016b. Carotenoid composition and changes in sweet and field corn (*Zea mays*) during kernel development. Cereal Chem. 93. 4: 409–413.
- Song, J.–Meng, L.–Liu, C.–Li, D.–Zhang, M.*: 2018. Changes in colour and carotenoids of sweet corn juice during high-temperature heating. Cereal Chem. 95. 3: 486–494.
- Subaedah, S.–Takdir, A.–Netty, H.*: 2016. Evaluation of potential production of maize genotypes of cobly maturity in rainfed lowland. International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering. 10: 584–587.
- Subaedah, St.–Edy, E.–Kiky, M.*: 2021. Growth, Yield, and Sugar Content of Different Varieties of Sweet Corn and Harvest Time. International Journal of Agronomy. 1–7. ID 8882140.

- Subaedah, St.-Numba, S.*: 2018. Growth and yield performance of candidates hybrid maize genotypes for cobly harvest trait in dry land. Indonesian Journal of Agronomy. 46: 169–174.
- Syukur, M.-Rifianto, A.*: 2013. Sweet Corn. Penebar Swadaya. Jakarta. Indonesia. 124.
- Szymanek, M.-Agatha, D. H.-Wojcieh, T.*: 2020. Influence of blanching time on moisture, sugars, protein, and processing recovery of sweet corn kernels. Processes. 8. 3: 340.
- Team, R.*: 2016. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Ugur, A.-Maden, H. A.*: 2015. Sowing and planting period on yield and quality of sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*). Ciênc. Agrotec. Lavras. 39. 1: 48–57.
- Xie, Y.-Song, H.-Liu, S.-Jia, L.*: 2016. Effect of different retailing conditions on quality of sweet corn after forced-air cooling and low temperature transportation XXIX International horticultural congress on horticulture: Sustaining lives, livelihoods and landscapes (IHC2014): International symposia on postharvest knowledge for the future and consumer and sensory driven improvements to fruits and nuts. Acta Hortic. 1120: 293–298.
- Yang, R.-Yan, Z.-Wang, Q.-Li, X.-Feng, F.*: 2018. Marker-assisted backcrossing of lcyE for enhancement of proA in sweet corn. Euphytica. 214. 8: 130.
- Yusuf, M. J.-Nabi, G.-Basit, A.-Husnain, S. K.-Akhtar, L. H.*: 2012. Development of high yielding millet variety sargodha bajra-2011 released for general cultivation in Punjab province of Pakistan. Pakistan Journal of Agricultural Science. 49: 299–305.
- Zabih, U.-Rahman, H.-Muhammad, N.*: 2017. Evaluation of maize hybrids for maturity and related traits. Sarhad Journal of Agriculture. 33: 624–629.
- Zhang, R.-Huang, L.-Deng, Y.-Chi, J.-Zhang, Y.-Wei, Z.-Zhang, M.*: 2017. Phenolic content and antioxidant activity of eight representative sweet corn varieties grown in South China. Int. J. Food Prop. 20. 12: 3043–3055.
- Znidarcic, D.*: 2012. Performance and characterization of five sweet corn cultivars as influenced by soil properties. Journal of Food Agriculture and Environment. 10. 1: 495–500.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Demeter Cintia – Dr. Széles Adrienn – Illés Árpád – Bojtor Csaba – Szabó Atala – Bakos Zsuzsanna – Zelenák Annabella – Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*szintia.demeter@gmail.com

Hormonkezelések hatása a golyvásüszög fertőzés tüneteinek mérséklésére

¹SZŐKE LÓRÁNT - ²KOVÁCS GABRIELLA - ²BIRÓ GYÖRGYI -
²RÁCZ DALMA - ²RADÓCZ LÁSZLÓ - ³TAKÁCSNÉ HÁJOS MÁRIA -
¹KOVÁCS BÉLA - ¹TÓTH BRIGITTA

Debreceni Egyetem MÉK,

¹Élelmiszertudományi Intézet, Debrecen

²Növényvédelmi Intézet, Debrecen

³Kertészettudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Kutatásunkban a golyvásüszög (*Ustilago maydis*) fertőzés hatását vizsgáltuk a kukorica (*Zea mays* cv. Armagnac) növényfiziológiai, morfológiai paramétereire. Mivel a kórokozó ellen jelenleg nincs rezisztens hibrid hazánkban, ezért a vizsgálatok hozzájárulhatnak a növények ellenálló-képességének tanulmányozásához, megfigyeléséhez.

A kísérleteket üvegházi körülmények között állítottuk be. A növényeket tőzegben neveltük, a megfelelő vízellátottságot öntözéssel biztosítottuk. A mintavétel a fertőzést követő 7. és 11. napokon történt. A fertőzésre a növények 4-5 leveles állapotában került sor, növényenként 2 ml fertőző anyagot (spóra szuszpenziót) injektáltunk. Ezen felül növényi hormonokkal is kezeltük a növényeket (1 ml/növény) a fertőzéssel egy időpontban, vizsgálva ezek lehetséges szerepét a kórokozó elleni védelemben.

A relatív klorofilltartalom, a fotoszintetikus pigmentek (klorofill-a, klorofill-b és karotinoidok) mennyiségének, illetve a lipidperoxidáció mértékének elemzésekor, egyértelműen látszott, hogy a hormon kezelések mérsékeltek a kórokozó negatív hatását.

A morfológiai vizsgálatoknál is hasonló eredményt kaptunk. Itt kiemelő, hogy a növények száraztömegének elemzésekor a kórokozó növényi produktivitás-gátló hatása jobban érvényesült 11 nappal a fertőzést követően, a hormonális kezelések esetében.

Jelen kutatás hozzájárulhat a golyvásüszög (*Ustilago maydis*) kórokozó patogénitási (növényt megbetegítő) képességének elemzéséhez, illetve a növényi hormonoknak a természetes növényi védekezésben betöltött, lehetséges szerepének tisztázásához, valamint a gyakorlatban történő alkalmazásuk lehetőségeihez.

Kulcsszavak: *Ustilago maydis*, klorofiltartalom, lipidperoxidáció, morfológiai vizsgálatok, növényi hormonok

Effects of hormone treatments on the reduction of symptoms of corn smut infection

¹L. SZŐKE - ²G. KOVÁCS - ²GY. BIRÓ - ²D. RÁCZ - ²L. RADÓCZ -
³M. TAKÁCSNÉ HÁJOS - ¹B. KOVÁCS - ¹B. TÓTH

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

¹Institute of Food Sciences, Debrecen

²Institute of Plant Protection, Debrecen

³Institute of Horticultural Sciences, Debrecen

Summary

This paper outlines the effects of corn smut (*Ustilago maydis*) infection on the physiological, morphological parameters of corn (*Zea mays* L.). At present, resistant corn hybrids do not exist, therefore these examinations may contribute to further studies aimed at the observation of crop resistance. The experiments described in this paper were established in greenhouse conditions and maize was grown in peat and irrigated steadily.

The infection was carried out at the phenophase of 4–5 leaves of the plants, and two ml inoculum per plant was injected into the stem between the second and third nodes. Samples were taken on the seventh and eleventh days after the infection. Furthermore, to clarify the roles of plant hormones (auxin, gibberellin, cytokinin and ethylene) in protection against the pathogen, 1 ml of each hormone per plant was also injected at the same time with the infection.

The quantity of relative chlorophyll content, photosynthetic pigments (chlorophyll-a, chlorophyll-b and total carotenoids), and the rate of lipid peroxidation were analysed. Results showed the evident beneficial effects of hormonal treatments (except for ethylene) against the fungus, which were further supported by the results of the second sampling.

Observing the morphologic parameters similar results were obtained. It is important to emphasise that the inhibitory effect of the pathogen on the plant productivity was more obvious 11 days after the infection, in terms of dry weight of plants, compared to hormonal treatments.

These results contribute to further understanding of the pathogenicity of *Ustilago maydis*, as well as to clarify the role of plant hormones in natural physiological control and in practical applications.

Key words: *Ustilago maydis*, chlorophyll content, lipid peroxidation, morphologic parameters, plant hormones

Влияние обработок гормонами на уменьшение симптомов заражения пузырчатой головнёй кукурузы

¹Л. СЁКЕ – ²Г. КОВАЧ – ²ДЬ. БИРО – ²Д. РАЦ – ²Л. РАДОЦ –

³М. ТАКАЧНЕ ХАЙОШ – ¹Б. КОВАЧ – ¹Б. ТОТ

Дебреценский Университет МЁК,

¹Институт Науки о Пище, Дебрецен

²Институт Защиты Растений, Дебрецен

³Институт Садоводства, Дебрецен

Резюме

В нашем исследовании изучали влияние заражения пузырчатой головнёй кукурузы (*Ustilago maydis*) на физиологические, морфологические параметры кукурузы (*Zea mays* cv. Armagnac). Так как в настоящее время против этого возбудителя болезни нет резистентного гибрида в Венгрии, эти исследования могут способствовать изучению резистентной способности растений, их наблюдению.

Опыты установили в тепличных условиях. Растения выращивали в торфе, соответствующее обеспечение водой происходило с орошением. Взятие образцов прои-

зошло на 7-ой и 11-ый день после заражения. Заражение наступило в состоянии растений 4–5 листьев, в каждое растение ввели 2 ml заражающего вещества (суспензия спор) ввели. Кроме этого обработали растения и гормонами (1 ml/растение) одновременно с заражением, этим исследуя возможную роль в защите от возбудителя болезни.

Во время анализа относительного содержания хлорофилла, количества фотосинтетических пигментов (хлорофилл-а, хлорофилл-в и каротиноидов), а также размера перекисного окисления липидов, однозначно было видно, что обработка гормонами уменьшила негативное влияние возбудителя болезни.

При морфологических исследованиях также получили похожие результаты. Здесь надо подчеркнуть, что при анализе сухой массы растений влияние сдерживания растением продуктивности возбудителя болезни лучше проявилось после 11 дней заражения, в случае гормональных обработок.

Данное исследование может способствовать анализу патогенной способности возбудителя пузырчатой головни кукурузы (*Ustilago maydis*), а также для выяснения возможной роли растительных гормонов в естественной защите растений, и возможности их применения на практике.

Ключевые слова: *Ustilago maydis*, содержание хлорофилла, перекисное окисление липидов, морфологические исследования, растительные гормоны

Bevezetés

A kukorica a legnagyobb vetésterületen termesztett növény hazánkban és világviszonylatban is. Felhasználása rendkívül sokoldalú, főként állatok takarmányozására, keményítőgyártásra fordítják a termést (Bocz 1996). A szemtermés átlagos kémiai összetétele: 70–80% keményítő, 7–9% fehérje, 4–6% olaj, 2–3% rost (Nagy 2003). Hazánkban a vetésterülete 2019-ben 1,03 millió hektár, a betakarított termés mennyisége pedig 8,3 millió tonna volt (KSH 2019). A sikeres és gazdaságilag jövedelmező termesztés egyik fontos feltétele a megfelelő növényvédelem alkalmazása. A sikeres gyomirtás megvalósítása a kukoricában az alkalmazott herbicidek széles körének és hatásspektrumának köszönhetően általában nem okoz problémát (Szabó et al. 2007, Szilágyi és Dávid 2019). A kártevők (főként a kukoricabogár imágói, kukoricamolý, bagolylepke lárvák) elleni védelem megfelelő időzítésével (inszekticidek használá-

latával) a védekezés szintén sikeres lehet (Szilágyi 2020). A legnagyobb gondot a gombabetegségek okozzák, amelyek ellen a fungicidok nem nyújtanak megfelelő védelmet. Egyik jelentős kórokozó a kukorica golyvásüszög (*Ustilago maydis*) gomba, melynek fellépésére minden évben számítani lehet (Brefort et al. 2009). Jelentős gazdasági kárt okoz, mivel a kémiai gombaölőszeres kezelések hatása nem kielégítő, illetve az agrotechnikai védekezés is nehéz ellene. Sebparazita, ezért a rovarkártételt és a mechanikai sérüléseket (pl. sorközművelést követően) kerülni kell, ami nehezen megvalósítható. A betegség tünetei szabad szemmel nagyon jól észrevehetők (Christensen 1963).

Betakarításkor a csövön keletkezett daganatok felnyílnak, majd a teliospórák a talajba jutva akár 3–4 évig is megőrzik csírázókéességüket. A csírázást követően pro-micéliumok jönnek létre, majd bazidiospórák keletkeznek. A bazidiospórák szél segítségével jutnak el a kukorica növényekre. A fertőzés csak az egymással kompatibilis haploid hifák egyesülését (szomatogámia: a citoplazmák egyesülnek, nem a sejtmagvak) követően jön létre, amelyet fehér micélium (gombafonál) megjelenése jelez (Szóke et al. 2020).

A golyvásüszög a kukorica bármely fenofázisában megfertőzheti a növényt (Radócz 2013). Fiatal, 4–5 leveles korban levél klorózis, száron fellépő daganatok, illetve növénypusztulás is bekövetkezhet. A kukorica termesztése során, amennyiben túléli a fiatalkori fertőzést, jelentős termés kiesésre kell számítani. A golyvás kinövések megjelenhetnek a címeren, a nővirágzaton, a levélen, valamint akár a csőkezdeményen is. A levélen a golyvák vöröses színűek, majd később kifehérednek és sárgulást követően levélpusztulás történik (Kretschmer et al. 2017). A virágzat fertőzésekor a tengelyen üszögspóra felhalmozódás lesz megfigyelhető, illetve részdaganatok is kialakulhatnak, a virágzati tengely eltörhet, a szemtermés fejlődése zavartalan lesz, de termés kiesés következhet be (Ubrizsy és Vörös 1968). A legnagyobb kárt a csőfertőzés okozza (Frommer et al. 2015). A csövön kialakuló daganatok zöldes, sárgás színűek, amelyek a tenyészidőszak során ezüstös, csillogó fényűek lesznek. A belső részük szürkés-fehér, szivacsos állományú, amelyben kialakulnak a fekete üszögspórák, melyek betakarításkor szétporladnak, majd a talajműveléssel a talajba kerülnek (Keszthelyi et al. 2008). Megfigyelték, hogy a termés beltartalmi paraméterek (nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost, N-mentes kivonható anyagok) csökkennek fertőzés hatására.

A golyvásüszög növényélettani és morfológiai hatásairól kevés publikáció áll rendelkezésre. Pethő (1974) a légzésintenzitás növekedését, valamint inten-

zívebb fehérjeszintézist figyelt meg a fertőzött szövetekben. Továbbá kimutatta, hogy az inokulációt követően az aminosavak mennyisége pozitív, illetve negatív irányba változott az aminosav típusától függően. *Lévai* (1975) a golyvásodás intenzitását és a hormonális kezelések közötti korrelációt vizsgálta. Bebizonyította, hogy gibberellin kezeléssel a daganatok képződése mérséklődik, az etilén hatására viszont növekedett a tumorképződés mértéke. Kimutatta, hogy a két hormon együttes alkalmazásakor, a sporidiumszám (spóraszám) növelésével az etilén hatása érvényesül. *Frommer* (2013) kísérleti eredményei szerint a golyvásüszög a növényi biomassza (zöld és száraz) gyarapodását negatív módon befolyásolta. Megállapította, hogy a sporidiumszám növekedése és a fertőzés mértéke között összefüggés van.

Kísérletünk célkitűzése volt annak bizonyítása, hogy az alkalmazott hormonkezelések hatással vannak-e a golyvásodásra és a mért fiziológiai- és morfológiai paraméterekre. Vizsgáltuk a relatív klorofilltartalmat, a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét, illetve a lipidperoxidáció mértékét, továbbá mértük a növénymagasságot, a szár átmérőjét és a hajtás száraztömegét. A kísérletek hozzájárulhatnak a rezisztencianemesítés sikeréhez, mivel hazánkban nincsenek a betegségnek teljesen ellenálló hibridek, valamint a fungicid kezelések hatása nem kielégítő a kórokozóval szemben. Ezen okból kifolyólag tanulmányoztuk a növényi hormonok (auxin, citokinin, gibberellin növekedésserkentő, valamint etilén növekedés gátló hormonok) lehetséges szerepét, mint védekezési lehetőséget a tumorindukció gátlására.

Anyag és módszer

Kísérletünkben kukorica (*Zea mays* cv. Armagnac) teszt növényt használtunk. A kísérletet a Debreceni Egyetem Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi-, és Környezetgazdálkodási Kar Kertészettudományi Intézet üvegházában állítottuk be. A növények nevelése palántatőzegben (összetétel: 70% barna, 30% középérett Sphagnum-moha tőzeg hozzáadásával, 1,5 kg/m³ Multi mix műtrágyával (14-16-18+Me)+vízmegekötő adalékanyag) történt, öntözésükhöz naponta 0,5–1 liter vizet használtunk növényenként. A növények nevelése 50 cm magas, 20 cm átmérőjű PVC csövekben történt, egy csőben három mag volt elvetve. A kikelt növényekből kiválasztottuk a legfejlettebbet, a másik kettőt pedig kihúztuk. Összesen 60 db növényt használtunk fel a vizsgálatokhoz (5 növény/kezelés/mintavétel).

A fertözó anyagot (inokulumot) szántóföldról behozott csögolyvából izoláltuk a Debreceni Egyetem Mezőgazdasági, Élelmiszertudományi, és Környezetgazdálkodási Kar Növényvédelmi Intézetében. A golyvákat steril fülke alatt felnyitottuk, majd golyva specifikus PSZA szintetikus agaros táptalajra (*Pethő* 1961) szórtuk a spórákat. Háromnapos inkubációt követően tiszta tenyészetekből kémcsőbe fektetett ferde agarra oltottunk micélium darabokat. A ferde agaron három napon keresztül inkubáltuk a kórokozót sötétben. Az inkubációt követően ferde agaron fejlődött gomba micéliumából származó darabokat folyékony táptalajra (*Holliday* 1961) oltottuk. A folyékony táptalajt tartalmazó lombikokat 24 órán át rázattuk 20 °C-on, természetes fényben. A hígított sporidium szuszpenziót szilárd PSZA táptalajon szélesztettük. A százezres és az egymilliószoros hígítás eredményezett monosporidiális (egymástól jól elkülönülő) telepeket. A különálló telepeket egyesével ferde agarra, illetve műanyag petricsészében lévő PSZA táptalajra oltottunk. A kémcsőben növekedett törzseket hűtőszekrényben tároltuk 4 °C-on. A kompatibilitás meghatározása (amely szükséges két törzs esetén, a patogenitás miatt) szintén PSZA táptalajon történt.

Az inokulum előállítása PSZA folyékony táptalajon történt, a szilárd táptalajról átoltott micéliumot, 48 órán keresztül rázattuk rázógépen, majd a monosporidiális törzseket 1:1 arányban elegyítettük egymással. A 10 000-es sporidiumszámot Bürker kamra segítségével állítottuk be, mikroszkóp alatt. A fertőzéshez, melyre a növények 4–5 leveles állapotában került sor, az 1-es és 7-es törzsek kombinációját alkalmaztuk. A sporidium szuszpenzióból 2 ml-t fecskendeztünk a második és harmadik nódusz közötti szárrészbe. A hormonkezeléseket szintén ugyanoda injektáltuk, hormononként 1–1 ml-t. A megválasztott hormonkoncentrációk fejtik ki a megfelelő hatást a kórokozóval szemben. A citokinint kinetin, az auxint naftilecetsav (NES), a gibberellint GA3, az eilént ethrel formájában használtuk. A kezeléseket az *1. táblázat* szemlélteti.

A relatív klorofilltartalmat Konica Minolta Soil Plant Analysis Development (SPAD) 502-es kézi típusú készülékkel mértük a negyedik és ötödik kifejlett levélen, kezelésként öt növényen, levelenként öt mérés átlagát egy ismétlésben.

A szárátmérőt RS PRO digitális tolómérővel mértük a második és harmadik nódusz közötti szárrészen, öt növényen.

A növénymagasságot 3 m × 16 mm mérőszalaggal mértük a szár talajfelszíni részétől a legkifejlettebb levél eredéséig, kezelésként öt növényen.

1. táblázat. A kísérlet során alkalmazott kezelések

Kezelés (1)	Sporidiumsorszám (spóraszám/ml) (2)	Hormonkoncentráció (3)
Kontroll (4)	-	-
Fertőzött (F) (5)	10 000	-
F + citokinin (6)	10 000	2×10^{-4} mol/l
F + gibberellin (7)	10 000	10^{-3} mol/l
F + auxin (8)	10 000	2×10^{-3} mol/l
F + etilén (9)	10 000	1%

Table 1. The treatments during the experiment. (1) Treatment, (2) Number of sporidia, (3) Concentration of hormones, (4) Control, (5) Infected plants, (6) Infected plants with externally applied cytokinin hormone, (7) Infected plants with gibberellin hormone, (8) Infected plants with auxin hormone, (9) Infected plants with ethylene hormone

A száraztömeg meghatározásához a teljes növény föld feletti vegetatív részét levágtuk, majd 65 °C-on tömegállandóságig szárítottuk szárítószekrényben, két nap elteltével (a visszahűlést követően) OHAUS analitikai mérlegen lemértük.

A fotoszintetikus pigmentek mennyiségét Moran és Porath (1980), illetve Wellburn (1984) módszereivel határoztuk meg. A kukorica negyedik leveléből 50 mg növényi mintát lemértünk analitikai mérlegen, majd 5 ml N,N-dimetilformamidot pipettáztunk az üvegcsébe helyezett mintákra. Ezt követően 4 °C-on 72 órán keresztül állni hagytuk, majd SmartSpec™ Plus spektrofotométerrel mértük.

A lipidperoxidáció mértékét Health és Packer (1968) módszere szerint határoztuk meg a keletkező malon-dialdehid (MDA) mennyisége alapján az ötödik levélben. A mintavételre, a fertőzést követő 7. és 11. napon került sor, a vizsgált paraméterekhez 5-5 növényi mintát vettünk külön csövekből. A fertőzés lefolyása időigényes folyamat. A golyvásüszög kórokozó optimális környezeti tényezők mellett egy hét után fejti ki negatív hatását a kórfolyamatban (1. kép).

Az eredmények kiértékelését IBM SPSS 25 statisztikai programmal végeztük (Zou et al. 2019). Az adatok normalitását Kolmogorov-Smirnov és Shapiro-Wilk tesztekkel határoztuk meg. Ezt követően egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) használtunk, és Tukey HSD teszttel hasonlítottuk össze az adatokat.

1. kép. A fertőzés tünete a golyvásüszöggel fertőzött növényen (2020. 06. 09.)



Picture 1. Symptom of infection on the plant infected with corn smut (09/06/2020)

Eredmények

Kísérletünkben a golyvásüszög fertőzés hatását vizsgáltuk a kukorica fenotípusos (növénymagasság, szárátmérő, száraztömeg) és növényfiziológiai (relatív klorofilltartalom, fotoszintetikus pigmentek mennyisége, lipidperoxidáció mértéke) paramétereire.

A relatív klorofilltartalmat a kukorica negyedik és ötödik levelében mértük 7 és 11 nappal a fertőzés után (2. táblázat).

A golyvásüszög fertőzés hatására mind a két mérési időpontban csökkent a relatív klorofilltartalom a kukorica ötödik levelében. A negyedik levelében a csökkenés hét nappal a fertőzést követően volt szignifikáns a kontrollhoz (nem fertőzött növény) viszonyítva.

A citokinin kezelés hatására a fertőzött növények negyedik levelében hét nappal, az ötödik levelében mindkét mintavételi időpontban szignifikánsan emelkedett a relatív klorofilltartalom.

2. táblázat. A golyvásüszög fertőzés és a hormonkezelések (citokinin, gibberellin, auxin, etilén) hatása a kukorica negyedik és ötödik levelében mért relatív klorofill-tartalmára (SPAD-egység) 7 és 11 nappal a fertőzést követően (N=25±SD)

Kezelés (1)	Negyedik levél (2)		Ötödik levél (3)	
	7 nappal a fertőzés után (4)	11 nappal a fertőzés után (5)	7 nappal a fertőzés után (4)	11 nappal a fertőzés után (5)
	Kontroll (6)	31,88±1,88 c	28,02±1,42 c	29,95±0,35 b
Fertőzött (F) (7)	25,96±1,80 b	27,70±2,52 bc	25,66±1,71 a	26,70±2,39 b
F + citokinin (8)	30,37±4,90 c	23,96±3,41 b	31,23±2,59 b	31,48±2,80 c
F + gibberellin (9)	25,85±1,48 b	30,68±2,40 cd	32,97±2,90 b	34,10±1,40 c
F + auxin (10)	25,88±1,22 b	33,80±1,47 d	31,14±1,96 b	34,08±1,79 c
F + etilén (11)	20,00±1,64 a	17,90±4,80 a	23,47±1,65 a	20,90±2,73 a

Megjegyzés: a betűk (a, b, c, d) a statisztikailag azonos csoportba tartozó elemeket jelöli.

Table 2. Changes in the relative chlorophyll content seven and eleven days after corn smut inoculation in the fourth and fifth leaf (N=25±S.D.) (1) Treatments, (2) Fourth leaf, (3) Fifth leaf, (4) Seven days after inoculation, (5) Eleventh day after inoculation, (6) Control plants, (7) Corn smut inoculated plants, (8) Corn smut inoculated plants with cytokinin hormone treatment, (9) Corn smut inoculated plants with gibberellin hormone treatment, (10) Corn smut inoculated plants with auxin hormone treatment, (11) Corn smut inoculated plants with ethylene hormone treatment, Note: different letters (a, b, c, d) denote statistically significant differences between means.

Gibberellin kezelésnél a negyedik levélben mért relatív klorofilltartalom megközelítőleg 6 SPAD-egységgel, szignifikánsan csökkent az első mintavételi időpontban (hét nappal a fertőzés után). 11 nappal a fertőzés után viszont nem volt szignifikáns különbség. A kukorica ötödik levelében nem volt szignifikáns változás a SPAD- egységekben.

Az auxin kezelés hatására szignifikáns különbség figyelhető meg a negyedik és az ötödik levélben mért relatív klorofilltartalom között. A negyedik levélben hét nappal a fertőzés után szignifikáns növekedés (6 SPAD-egység), 11 nappal a fertőzés után megközelítőleg 6 SPAD-egység csökkenés látható. Az ötödik levélben nem volt szignifikáns változás.

A relatív klorofilltartalom az etilén kezelés hatására változott a legnagyobb mértékben. A negyedik levélben mért relatív klorofilltartalom megközelítőleg 12 SPAD-egységgel szignifikánsan csökkent a kontroll értékhez viszonyítva, a fertőzést követő hetedik napon. 11 nappal a fertőzés után 10 SPAD-egységgel

a negyedik levélben, 11 SPAD-egységgel az ötödik levélben szignifikánsan csökkent a relatív klorofilltartalom.

A relatív klorofilltartalom egy viszonylagos érték, ezért mértük a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét is a kukorica negyedik levelében, melyet a 3. táblázatban mutatunk be.

3. táblázat. A golyväsüsözög fertözés és a hormonkezelések (citokinin, gibberellin, auxin, etilén) hatása a fotoszintetikus pigmentek mennyiségére (mg/g) 7 és 11 nappal a fertözést követően (N=5±S.D.)

Kezelés (1)	7 nappal a fertözés után (2)		
	Klorofill-a (10)	Klorofill-b (11)	Karotinoidok (12)
Kontroll (4)	15,25±0,43 c	7,63±0,28 d	7,63±0,22 c
Fertözött (F) (5)	15,30±1,38 c	6,60±0,30 d	7,45±0,15 c
F + citokinin (6)	18,39±0,67 d	6,50±0,30 d	8,52±0,19 c
F + gibberellin (7)	8,69±0,77 a	2,46±0,06 a	4,64±0,98 a
F + auxin (8)	12,62±1,13 b	3,16±1,33 b	5,79±0,48 b
F + etilén (9)	13,56±1,67 bc	5,47±0,52 c	5,47±0,84 b

Kezelés (1)	11 nappal a fertözés után (3)		
	Klorofill-a (10)	Klorofill-b (11)	Karotinoidok (12)
Kontroll (4)	15,48±1,88 c	5,07±0,53 d	8,20±0,56 c
Fertözött (F) (5)	11,08±0,99 ab	3,54±0,43 c	4,33±1,40 a
F + citokinin (6)	13,58±0,91 bc	4,42±0,31 d	7,71±0,06 c
F + gibberellin (7)	12,26±0,76 b	3,63±0,43 c	6,43±0,25 b
F + auxin (8)	9,46±1,65 a	1,90±0,26 a	4,48±0,25 a
F + etilén (9)	8,87±1,82 a	2,77±0,51 b	4,84±0,80 a

Megjegyzés: a betűk (a, b, c, d) a statisztikailag azonos csoportba tartozó elemeket jelöli.

Table 3. Changes in the amount of photosynthetic pigments (mg per g) seven and eleven days after corn smut inoculation (N=5±S.D.). (1) Treatments, (2) Seventh day after inoculation, (3) Eleventh day after inoculation, (4) Control plants, (5) Corn smut inoculated plants, (6) Corn smut inoculated plants with cytokinin hormone treatment, (7) Corn smut inoculated plants with gibberellin hormone treatment, (8) Corn smut inoculated plants with auxin hormone treatment, (9) Corn smut inoculated plants with ethylene hormone treatment, (10) Chlorophyll-a, (11) Chlorophyll-b, (12) Carotenoids, Note: the letters (a, b, c, d) denote statistically significant differences between means.

A kukorica negyedik levelében mért fotoszintetikus pigmentek mennyisége hét nappal a fertőzés után nem csökkent a kontroll növényekhez viszonyítva. A citokinin kezelés hatására a klorofill-a mennyisége 20,2%-kal szignifikánsan nőtt a fertőzött növényben mért értékhez viszonyítva.

Gibberellin kezelés hatása a klorofill-a 44, a klorofill-b 68, a karotinoidok mennyisége 40%-kal szignifikánsan csökkent a fertőzött növényekben a kontroll értékekhez viszonyítva. Auxin kezelésnél 18, 59 és 24%-os csökkenés volt megfigyelhető, míg az etilén kezelésnél a klorofill-b és a karotinoid pigmentek esetében 29%-os szignifikáns csökkenés volt a kontrollhoz képest hét nappal a golyvásüszög fertőzés után.

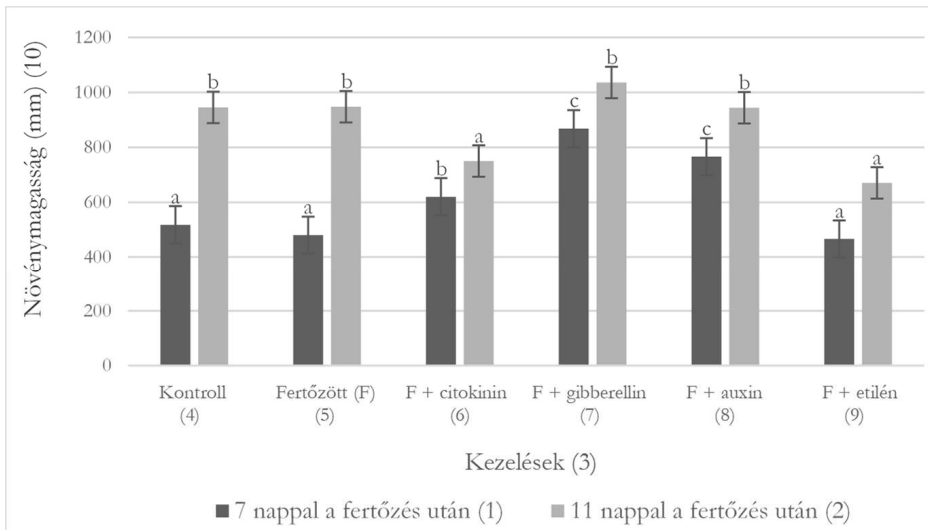
A fotoszintetikus pigmentek mennyisége a fertőzött növényekben csökkent 11 nappal a fertőzés után. A klorofill-a mennyisége 28, a klorofill-b 30, a karotinoidok mennyisége 47%-kal szignifikánsan csökkent golyvásüszög fertőzés hatására a kontroll, nem fertőzött növényekben mért értékekhez képest. A klorofill-a mennyiségét nem befolyásolta a hormonkezelés. Citokinin kezelés hatására a klorofill-b mennyisége 24,86%-kal nőtt, auxin kezelés hatására 46,33%-kal, etilén kezelés hatására 21,75%-kal csökkent a fertőzött növényekhez viszonyítva. A karotinoidok mennyiségét a citokinin kezelés 78,06%-kal, a gibberellin kezelés 48,50%-kal növelte a fertőzött növényekben.

A növénymagasság mérésénél a növekedést serkentő hormonok (citokinin, gibberellin, auxin) pozitív hatását figyeltük meg a fertőzés intenzitásának mérésékre hét nappal a fertőzést követően. Az első mintavételi időpontban a kontroll a citokininnel kezelttől 16, a gibberellinnel kezelttől 40, az auxinnal kezelttől 32%-kal volt alacsonyabb, a fertőzött és etilénnel kezelt növényektől statisztikailag nem különbözött. A fertőzött növényeknél szignifikánsan alacsonyabb növénymagasságot mértünk a citokininnel (23%), gibberellinnel (47%) és auxinnal (37%) kezelt növényekhez képest. A második mintavétel alkalmával a fertőzés intenzitása jobban megmutatkozott a hormonos kezelésekhöz képest. A kontroll, fertőzött, gibberellinnel és auxinnal kezelt növények között nem volt statisztikailag igazolható különbség (1. ábra). A citokininnel kezelt növények a kontroll és a fertőzött növényektől 21%-kal voltak kisebbek 5%-os szignifikancia szinten. Az etilénnel kezelt növényekben a kontrollt és fertőzött növényekhez viszonyítva 29%-kal alacsonyabb növénymagasságot mértünk.

A szárvastagság mérésénél az etilénnel kezelt fertőzött növények szára a kontrolltól 16%-kal, a fertőzöttől 15%-kal volt vastagabb. A második mintavétel

nél a gibberellinnel kezelt növényeknek volt a legvastagabb, a citokininnel kezeltnek a legvékonyabb szára. A kontroll az előbb említett kezelések kivételével a többi kezeléstől nem különbözött, a citokinin kezelésnél 1,05 mm-el vastagabb, a gibberellin kezeléshez képest 1,25 mm-el vékonyabb szárátmérőt mértünk (4. táblázat). A fertőzött növényeknek a gibberellin kezeléstől 1,68 mm, az etilénes kezeléstől 1,18 mm-rel szignifikánsan vékonyabb volt a szár átmérője.

1. ábra. A növénymagasság (mm) változása golyvásüszög fertőzés és hormonhatású kezelések (citokinin, gibberellin, auxin, etilén) következtében ($N=5\pm S.D.$)



Megjegyzés: a betűk (a, b, c, d) a statisztikailag azonos csoportba tartozó elemeket jelöli.

Figure 1. Changes in height seven and eleven days after the corn smut inoculation ($N=5\pm S.D.$). (1) Seventh day after inoculation, (2) Eleventh day after inoculation, (3) Treatments, (4) Control plants, (5) Corn smut inoculated plants, (6) Corn smut inoculated plants with cytotkinin hormone treatment, (7) Corn smut inoculated plants with gibberellin hormone treatment, (8) Corn smut inoculated plants with auxin hormone treatment, (9) Corn smut inoculated plants with ethylene hormone treatment, (10) Plant height, Note: the letters (a, b, c, d) denote statistically significant differences between means.

A golyvásüszög fertőzés hatására a kukorica hajtásának száraztömege nem változott hét nappal a fertőzést követően. A gibberellin kezelés hatására a hajtás száraz tömege 59,36%-kal, auxin kezelésnél 28,81%-kal szignifikánsan nagyobb

volt, mint a kontroll növényeké. Etilén kezelésnél 25,85%-kal szignifikánsan csökkent a száraztömeg a kontrollhoz viszonyítva hét nappal a fertőzés után. A golyvásüszöggel fertőzött és gibberellinnel kezelt növények hajtásának száraztömege 85,22%-kal, az auxinnal kezeltké 49,75%-kal szignifikánsan nagyobb volt a fertőzött növényekhez viszonyítva.

4. táblázat. A golyvásüszög fertőzés és a hormonkezelések (citokinin, gibberellin, auxin, etilén) hatása a szárvastagságra (mm) 7 és 11 nappal a fertőzést követően (N=5±S.D)

Kezelés (1)	7 nappal a fertőzés után (2)	11 nappal a fertőzés után (3)
Kontroll (4)	5,50±0,45 a	7,15±0,82 bc
Fertőzött (F) (5)	5,64±1,17 a	6,73±0,66 ab
F + citokinin (6)	5,45±0,66 a	6,10±0,71 a
F + gibberellin (7)	5,87±0,50 ab	8,40±0,27 c
F + auxin (8)	5,96±1,28 ab	7,52±0,29 bc
F + etilén (9)	6,67±0,47 b	7,90±0,55 c

Megjegyzés: a betűk (a, b, c, d) a statisztikailag azonos csoportba tartozó elemeket jelöli.

Table 4. Changes in stem diameter (mm) seven and eleven days after the corn smut inoculation (seventh and eleventh day after inoculation) (N=5±S.D.). (1) Treatments, (2) Seventh day after inoculation, (3) Eleventh day after inoculation, (4) Control plants, (5) Corn smut inoculated plants, (6), Corn smut inoculated plants with cytokinin hormone treatment, (7) Corn smut inoculated plants with gibberellin hormone treatment, (8) Corn smut inoculated plants with auxin hormone treatment, (9) Corn smut inoculated plants with ethylene hormone treatment, Note: the letters (a, b, c, d) denote statistically significant differences between means.

A golyvásüszög fertőzés hatására a hajtás száraztömege 17%-kal szignifikánsan csökkent a kontroll növények száraztömegéhez képest a második mintavételi időpontban. Hormonkezelések hatására szintén szignifikáns csökkenés látható, kivéve a gibberellin kezelést, 11 nappal a fertőzést követően a kontroll növényekhez viszonyítva. A fertőzött és gibberellinnel kezelt növények száraz tömege 18%-kal nagyobb volt, mint a fertőzött növényeké. Az etilén és citokinin kezelések hatására 30,85%-kal szignifikánsan csökkent a hajtás száraztömege a fertőzött növényekhez viszonyítva (5. táblázat).

5. táblázat. *A golyväsüsözög fertözés és a hormonkezelések (citokinin, gibberellin, auxin, etilén) hatása a növények hajtásának száraz tömegére (g/növény) 7 és 11 nappal a fertözést követően (N=5±SD)*

Kezelés (1)	7 nappal a fertözés után (2)	11 nappal a fertözés után (3)
Kontroll (4)	2,36±0,18 b	4,38±0,16 c
Fertözött (F) (5)	2,03±0,66 ab	3,63±0,27 b
F + citokinin (6)	1,83±0,13 ab	2,51±0,25 a
F + gibberellin (7)	3,76±0,12 d	4,44±0,11 c
F + auxin (8)	3,04±0,22 c	3,48±0,19 b
F + etilén (9)	1,75±0,20 a	2,49±0,21 a

Megjegyzés: a betűk (a, b, c, d) a statisztikailag azonos csoportba tartozó elemeket jelöli.

Table 5. Changes in dry weight (g per plant) seven and eleven days after the corn smut inoculation (N=5±S.D.). (1) Treatments, (2) Seventh day after inoculation, (3) Eleventh day after inoculation, (4) Control plants, (5) Corn smut inoculated plants, (6) Corn smut inoculated plants with cytokinin hormone treatment, (7) Corn smut inoculated plants with gibberellin hormone treatment, (8) Corn smut inoculated plants with auxin hormone treatment, (9) Corn smut inoculated plants with ethylene hormone treatment, Note: the letters (a, b, c, d) denote statistically significant differences between means.

A lipidperoxidáció mértékének (LP) vizsgálatokor statisztikailag igazolhatóan eltérő értékeket kaptunk a kezelések hatására. Az auxin kezelés kivételével, minden kezelés hatására nőtt a MDA mennyisége mind a két mintavételi időpontban a kontroll növényekhez képest. A legalacsonyabb MDA értéket a kontroll, a legmagasabbat az etilénnel kezelt fertözött növényekben mértünk. A golyväsüsözög fertözés hatására a MDA mennyisége hét nappal a fertözés után 45%-kal, 11 nappal pedig 70%-kal szignifikánsan nőtt a kontroll növényekben mért értékhez képest. A fertözött növényekben mért MDA mennyisége 65%-kal szignifikánsan nőtt 11 nappal a fertözés után vett mintákban a hét nappal a fertözés utáni mintákban mért értékhez képest. A fertözött és citokininrel, auxinnal és gibberellinnel kezelt növényekben mért MDA mennyisége nem változott szignifikánsan a két mintavételi időpont között. A fertözött és etilénnel kezelt növényekben a MDA mennyisége 20%-kal csökkent a két mintavételi időpont összehasonlításánál (6. táblázat).

6. táblázat. A golyvásüszög fertőzés és hormonális kezelések (citokinin, gibberellin, auxin, etilén) hatása a lipidperoxidáció mértékére (nmol MDA/g FW) 7 és 11 nappal a fertőzést követően (N=5±S.D)

Kezelés (1)	7 nappal a fertőzés után (2)	11 nappal a fertőzés után (3)
Kontroll (4)	9,45±2,68 a	14,36±6,67 a
Fertőzött (F) (5)	17,12±2,83 b	48,53±1,83 c
F + citokinin (6)	21,19±0,49 bc	20,39±1,37 b
F + gibberellin (7)	23,32±5,29 bc	22,02±1,89 b
F + auxin (8)	27,05±4,78 c	19,12±3,51 ab
F + etilén (9)	75,91±12,21 d	48,07±11,91 c

Megjegyzés: a betűk (a, b, c, d) a statisztikailag azonos csoportba tartozó elemeket jelöli. MDA: malon-dialdehid, FW: friss tömeg.

Table 6. Rate of lipid peroxidation (nmol MDA per g FW) seventh and two weeks after corn smut inoculation (N=5±S.D.). (1) Treatments, (2) Seventh days after inoculation, (3) Eleventh days after inoculation, (4) Control plants, (5) Corn smut inoculated plants, (6) Corn smut inoculated plants with cytokinin hormone treatment, (7) Corn smut inoculated plants with gibberellin hormone treatment, (8) Corn smut inoculated plants with auxin hormone treatment, (9) Corn smut inoculated plants with ethylene hormone treatment, Note: the letters (a, b, c, d) denote statistically significant differences between means. MDA: malondialdehyde, FW: fresh weight.

Eredmények megvitatása

Kísérletünkben a golyvásüszög fertőzés és hormon (auxin, gibberellin, citokinin és etilén) kezelések hatását vizsgáltuk a kukorica néhány növényfiziológiai és morfológiai paraméterére. Célunk volt a kukorica egyik fontos gombás betegségének káros hatásait kimutatni, valamint az ellene való lehetséges védekezést tanulmányozni, amely jelen esetben a különféle hormonkezelések alkalmazása volt a fertőzött növényben.

A klorofiltartalom csökkenését is megfigyelték kutatók a golyvásüszög fertőzés hatására. Horst *et al.* (2008) kutatása szerint a golyvásüszög hatására képződött levéldaganatokban a klorofill-a és klorofill-b tartalom tízszer alacsonyabb volt, mint az egészséges leveleken. Az általunk mért fotoszintetikus pigmentek mennyisége, szintén kevesebb volt a fertőzött növényeknél, mint a kontrollnál, 11 nappal a fertőzést követően. A citokininnel kezelt fertőzött növényekben a klorofill-a mennyisége 17%-kal nőtt a fertőzött növényekhez képest hét nappal a fertőzés után. A citokinin és a gibberellin kezelés hatására a fertőzött növényekben 44 és 33%-os növekedés látható a karotinoid tarta-

lomban, a fertőzött növényekhez viszonyítva, 11 nappal a fertőzés után. *Zubo et al.* (2008) vizsgálata szerint a citokinin kezelés hatására nőtt a klorofill-a mennyisége a levágott kilenc napos árpa levélben. *Talla et al.* (2016) leírták a klorofill-a és klorofill-b tartalom növekedését rizs levélben a citokinin kezelés hatására.

Frommer et al. (2016) takarmánykukorica hibridek golyvásüszög fogékonyság tanulmányozásánál vizsgálták a relatív klorofilltartalmat. Kísérletükben a kórokozó csökkentette a növények relatív klorofilltartalmát. Csemegekukoricával végzett kísérletükben hasonló eredményt kaptak (*Frommer et al.* 2019). Kísérletünkben szintén csökkent a relatív klorofilltartalom a fertőzés hatására (a negyedik levélben mért második mintavétek kivételével), amely megegyezik a szakirodalmi adatokkal. Továbbá kimutattuk, hogy hormonkezelésekkel szintén csökkenthető a kórokozó káros hatása, amely a kór folyamat során beigazolódtott a különböző mintavételi időpontokban végzett eredmények elemzését illetően az ötödik levélben elvégzett méréseink szerint (kivéve az etilén, mivel fokozta a golyvásüszög kórokozó negatív hatását).

A növényi produktivitás elemzésére a száraztömeg mérését használtuk, ahol a hajtások száraz tömegét mértük. A citokinin és gibberellin kezelések hatására magasabb száraz tömeget mértünk hét nappal a fertőzést követően. A második mintavételnél azonban a kórokozó patogenitása erősen lecsökkentette a hormonok hatását, így a kontroll növények a lemaradásukat behozták a többi kezeléssel szemben. A fertőzött (hormonkezelést nem kapó) növényekben a kórokozó produktivitást csökkentő hatása a második mintavétel alkalmával mutatkozott meg igazán. *Frommer* (2013) szintén alacsonyabb szárazanyagtartalmat mért a hajtásokban golyvásüszög fertőzés hatására.

A golyvásüszög fertőzés nem befolyásolta a szárvastagság-átmérőt a kontroll növényekhez viszonyítva. Bizonyítottuk továbbá, hogy a hormonok eltérő időpontokban fejtik ki hatásukat a morfológiai paraméterekre. Az első mintavételi időpontban az etilén kezelés szárvastagság növekedést produkált, a többi hormonnak nem volt szignifikáns hatása.

A golyvásüszög fertőzés egyik tünete a klorotikus, majd nekrotikus levél elszíneződés (*Méndez-Morán et al.* 2005). E folyamatok alatt beindul a növények védekezési mechanizmusa (hiperszenzitív reakció), amely során különböző lebontó folyamatok, illetve gátló anyagok termelése kerül előtérbe, amelyek a kórokozó penetrációját csökkenthetik. Egyik ilyen folyamat a lipidperoxidáció (LP), melynek mértékét a lipidperoxidáció melléktermékeként

képződő malon-dialdehid mennyisége alapján lehet meghatározni (Ayala et al. 2014). A golyvásüszög és a lipidperoxidáció mértéke közötti összefüggést eddig nem vizsgálták, ellenben több abiotikus és biotikus stressz tényezővel szemben kutatták a mechanizmusukat. Kong et al. (2016) vizsgálatánál megemelkedett a lipidperoxidáció intenzitása repcében herbicid alkalmazás után. Kukoricában Bai et al. (2006) és Anjum et al. (2012) írták le ugyanezt az életani folyamatot hőstressz vizsgálatokor. Bojtor et al. (2019) a babrozsa fertőzést követően figyelték meg az MDA mennyiségének növekedését. Kísérletünkben szintén megfigyeltük a MDA mennyiségének emelkedését biotikus stressz hatására (kivéve az auxin kezelésnél), ezzel igazolva a korábbi kutatások eredményét. A hormonhatású kezelések (az etilén kezelés kivételével) a második mintavétel alkalmával csökkentették a lipidperoxidáció mértékét a fertőzött növényekhez viszonyítva.

Következtetések

Jelen kutatás keretein belül vizsgáltuk a golyvásüszög fertőzés hatását a relatív klorofilltartalomra, fotoszintetikus pigmentek mennyiségére, növénymagasságra, szárátmérőre, száraztömegre, illetve a lipidperoxidáció mértékére. Mivel e kórokozó ellen jelenleg nincsenek rezisztens hibridek, a védekezési lehetőségek erősen korlátozottak. Ezen felül szeretttük volna megvizsgálni az Armagnac hibrid fogékonyságát – mivel egyre nagyobb vetésterületen alkalmazzák hazánkban a kiváló terméspotenciálja miatt –, és megállapítottuk, hogy nem rendelkezik rezisztenciával a többi takarmány hibridhez hasonlóan. A fertőzés mérséklésére hormonkezeléseket végeztünk, mivel korábbi vizsgálatok szerint a kórtani folyamat erősen mérsékelhető megfelelő hormon alkalmazásával.

Feltevésünket igazolták a vizsgálati eredmények. Növekedésserkentő hormonok (auxin, gibberellin) segítségével a fertőzés káros növényfiziológiai hatása csökkenthető. Ennek jelentősége, hogy a műtrágya-hasznosulás, a szervesanyag- és termésképzés megfelelő lesz, ezzel a gazdasági kár, amelyet a kórokozó okoz, mérsékelhető. A citokinin kezelés nem csökkentette számottevően a fertőzés mértékét, amire a száron és a leveleken kialakuló daganatok megjelenése, illetve a vizsgálatok utaltak, az etilénnel pedig tovább súlyosbodtak a tünetek.

A gazdanövény-kórokozó közötti kölcsönhatást több tényező befolyásolja. Az egyik fontos elem a gazdanövény ellenállóképessége. Ezért célszerű vizsgálatainkat más hibrideken is elvégezni, mivel a kapott eredmények hozzásegíthetik a gazdálkodókat a megfelelő fajta (hibrid) választásához, illetve közvetve a környezetünk peszticidterhelése is csökkenthető. A másik jelentős szempont a kórokozó patogenitási képessége. A golyväsüsözög abban az esetben tud fertözni, ha a monosporidiális törzsek között létrejön a szomatogámia és dikariotikus hifák alakulnak ki. Ehhez szükséges a törzsek kompatibilitása, azonban nem minden esetben erőteljes a fertözés intenzitása, amely az egymással egyesülő törzsektől függ. Javasoljuk egyéb kompatibilis törzsekkel elvégezni a fertözést, és a vizsgálatokat.

A kísérletet indokolt elvégezni szántóföldi körülmények között, mivel az abiotikus és biotikus körülmények különböznek az üvegházi növényneveléstől. Szántóföldön a növényeket különböző károsítók (gyomnövények, kártevők, kórokozók) parazitálják, illetve a szélsőséges időjárási viszonyoktól kevésbé védettek, mint üvegházban. A táptözeg tápanyagtartalma sokkal magasabb, mint a szántóföldi talajé, ezért a növényi fejlődés gyorsabb és erőteljesebb, ami növelheti a betegségtoleranciát. Ezen felül az abiotikus stressz (hőstressz, vízhiány) szintén befolyásolja a növényfiziológiai, morfológiai, illetve enzimes vizsgálatok eredményét.

Köszönetnyilvánítás

A TKP2020-IKA-04 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a 2020-4.1.1-TKP2020 pályázati program finanszírozásában valósult meg. A kutatást az EFOP-3.6.6-VEKOP-16-2017-00008 pályázat is segítette.

Irodalom

- Anjum, S. A.–Farrukh, M. S.–Wang, L.–Faisal, B. M.–Asif, S.:* 2012. Protective role of glycine betaine in maize against drought-induced lipid peroxidation by enhancing capacity of antioxidative system. *Australian Journal of Crop Science*. 6: 576–583.
- Ayala, A.–Munoz, F. M.–Argüelles, S.:* 2014. Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling. *Mechanisms of Malondialdehyde and 4-Hydroxy-2-Nonenal. Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 1–31.

- Bai, L.–Sui, F.–Ge, T.–Sun, Z.–Lu, Y.–Zhou, G.: 2006. Effect of soil drought stress on leaf water status, membrane permeability and enzymatic antioxidant system of maize. *Pedosphere*. 16: 326–332.
- Bojtor Cs.–Radócz L.–Tóth B.: 2019. A babrozsa (*Uromyces appendiculatus*) fertőzés hatása a bab klorofill tartalmára, a fotoszintézis fényszakaszának hatékonyságára, a szuperoxid-dizmutáz aktivitására és a lipidperoxidáció mértékére. *Növénytermelés*. 68. 3: 1–21.
- Brefort, T.–Doehleemann, G.–Mendoza, M.–Reissmann, S.–Djamei, A.–Kahmann, R.: 2009. *Ustilago maydis* as a pathogen. *Annual Review of Phytopathology*. 47: 423–445.
- Bocz E.: 1996. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Christensen, J. J.: 1963. Corn smut caused by *Ustilago maydis*. Monograph No. 2. The American Phytopathological Society. Saint Paul.
- Frommer D.: 2013. Kukorica fajták golyvásüszög érzékenységének vizsgálata. Debreceni Egyetem MÉK. Diplomadolgozat.
- Frommer D.–Veres Sz.–Lévai L.–Radócz L.: 2015. Régi-új betegség a kukorica golyvásüszög (*Ustilago maydis*). *Journal of Agricultural Sciences*. 66: 43–46.
- Frommer D.–Radócz L.–Veres Sz.: 2016. Kukorica hibridek relatív klorofill tartalmának változása golyvásüszög fertőzés hatására. [In: Nagy Z. B. (szerk.) *Felmelegedés – Ökolábnym – Élelmiszerbiztonság*.] 58. Georgikon Napok. 2016. szeptember 29–30. Keszthely. 106–110.
- Frommer, D.–Radócz, L.–Veres, Sz.: 2019. Changes of relative chlorophyll content in sweet corn leaves of different ages infected by corn smut. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 84. 2: 189–192.
- Heath, R. L.–Packer, L.: 1968. Photo peroxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 135. 1: 189–198.
- Holliday, R.: 1961. The genetics of *Ustilago maydis*. *Genetics Research*. 2: 204–230.
- Horst, R. J.–Engelsdorf, T.–Sonnewald, U.–M. Voll, L. M.: 2008. Infection of maize leaves with *Ustilago maydis* prevents establishment of C4 photosynthesis. *Journal of Plant Physiology*. 165: 19–28.
- Keszthelyi S.–Kerepesi I.–Pál-Fám F.–Pozsgai J.: 2008. Jégvert és golyvásüszög- [*Ustilago maydis* (DC.) Corda] fertőzött kukorica csírázás és beltartalom vizsgálata. *Növényvédelem*. 44. 9: 435–439.
- Kong, W.–Liu, F.–Zhang, C.–Zhang, J.–Feng, H.: 2016. Non-destructive determination of Malondialdehyde (MDA) distribution in oilseed rape leaves by laboratory scale NIR hyper spectral imaging. *Scientific Reports*. 6. 35393: 1–8.
- Kretschmer, M.–Croll, D.–Kronstadt, J. W.: 2017. Chloroplast-associated metabolic functions influence the susceptibility of maize to *Ustilago maydis*. *Molecular Plant Pathology*. 18. 9: 1210–1221.
- KSH: 2019. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/vet/vet1906.pdf>

- Lévai L.: 1975. Hormonális változások hátterének vizsgálata golyvásüszöggel (*Ustilago maydis* Cda.) fertőzött kukoricánövényekben, különös tekintettel az etilén és a gibberellin kölcsönhatására. Diplomadolgozat. DATE.
- Méndez-Morán, L.–Reynaga, C. G.–Springer, P. P. S.–José Ruiz-Herrera, J.: 2005. *Ustilago maydis* infection of the non-natural host *Arabidopsis thaliana*. *Phytopathology*. 95. 5: 480–488.
- Moran, R.–Porath, D.: 1980. Chlorophyll Determination in Intact Tissues Using N,N-Dimethylformamide. *Plant Physiology*. 65. 3: 478–479.
- Nagy J.: 2003. Kukorica hibridek adaptációs képességnek és termésbiztonságának javítása. Civis-Copi Kft. Kiadó. Debrecen.
- Pethő M.: 1961. Kukorica golyvásüszög (*Ustilago maydis* (DC.) CD.) anyagcseréjének vizsgálata. I. A gomba dykariotikus fázisának növekedési feltételei táptalajon. MTA Agrártudományi Osztályának Közleményei. 4: 369–383.
- Pethő M.: 1974. Hormonális változások a golyvásüszöggel fertőzött kukorica növényekben. Debreceni Agrártudományi Egyetem 1974. évi Tudományos Ülésszakának Előadásai. Kivonat. 167.
- Radócz L.: 2013. Korszerű növényvédelem. Egyetemi Kiadó. Debrecen.
- Szabó L.–Dávid I.–Buzsáki K.–Hoffmanné Path Zs.: 2007. Kukorica gyomirtás – tapasztalatok és újdonságok. *Agrofórum Extra*. 18: 43–49.
- Szilágyi A.–Dávid I.: 2019. Gyomszabályozás kukoricában. *Agrárunió*. 20. 4: 32–34.
- Szilágyi A.: 2020. A kukoricamolylekártétele és az időzített védekezés jelentősége. *Értékálló aranykorona*. 20. 5–6: 12.
- Szőke L.–Bíró Gy.–Csüllög K.–Makleit P.: 2020. Kukorica golyvásüszög fertőzöttség vizsgálata kontrollált körülmények között. 30. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum. Pannon Egyetem Georgikon Kar. Keszthely.
- Talla, S. K.–Panigrahy, M.–Kappara, S.–Nirosha, P.–Neelamraju, S.–Ramanan, R.: 2016. Cytokinin delays dark-induced senescence in rice by maintaining the chlorophyll cycle and photosynthetic complexes. *Journal of Experimental Botany*. 67. 6: 1839–1851.
- Ubrizsy G.–Vörös J.: 1968. Mezőgazdasági mikológia. Akadémia Kiadó. Budapest. 351–364.
- Wellburn, R. A.: 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvent with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*. 144: 307–313.
- Zubo, Y. O.–Yamburenko, M. V.–Selivankina, S. V.–Shakirova, F. M.–Avalbaev, A. M.–Kudryakova, N. V.–Zubkova, N. K.–Kulaeva, K. L. O. N.–Kusnetsov, V. V.–Börner, T.: 2008. Cytokinin stimulates chloroplast transcription in detached barley leaves. *Plant Physiology*. 148. 2: 1082–1093.
- Zou, D.–Lloyd, J. E. V.–Baumbusch, J. L.: 2019. Using SPSS to analyze complex survey data: A primer. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*. 18. 1: eP3253.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Szőke Lóránt – Dr. Kovács Béla – *Dr. Tóth Brigitta
Debreceni Egyetem MÉK
Élelmiszertudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*btoth@agr.unideb.hu

Biró Györgyi – Kovács Gabriella – Rácz Dalma – Dr. Radócz László
Debreceni Egyetem MÉK
Növényvédelmi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Takácsné Dr. Hájos Mária
Debreceni Egyetem MÉK
Kertészettudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

A növénytermesztés SWOT-analízise – felmérésre alapozva Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében

¹TAKÁCS ISTVÁN – ²SINÓROS-SZABÓ BOTOND – ³FENYVESI ADRIENN

¹Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Debrecen,

²Debreceni Egyetem MÉK,

Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen,

³NTNU Industrial Ecology, Faculty of Engineering, Trondheim, Norway

Összefoglalás

A mezőgazdaságban, mint bármely nemzetgazdasági ágban szükséges a stratégiai gondolkodás. A rendszerszintű tervezés megalapozza a vállalkozás rövid, közép és hosszú távú feladatait a célok eléréséhez. Az eredmények megalapozásához elengedhetetlen a mezőgazdasági vállalkozás külső és belső környezetének felmérése, a befolyásoló tényezők számbavétele és értékelése.

A dolgozatunkban Szabolcs-Szatmár-Bereg megye mezőgazdaságát vizsgáltuk a gazdálkodók véleményein, tapasztalatain keresztül. A SWOT-analízis a vállalkozások helyzetének elemzésében és stratégia kialakításához nyújt segítséget. Meghatározhatjuk az erősségeit (Strengths), gyengeségeit (Weaknesses), piaci lehetőségeit (Opportunities) és környezeti fenyegetéseket (Threats). Az elemzéseink során a kérdőíves felmérésre adott válaszok megoszlása alapján határoztuk meg, hogy egyes tényezők erősségként, gyengeségként, lehetőségként, vagy veszélyként jelennek meg a gazdálkodók ítéletében.

Az eredmények alapján jó természeti környezetben gyenge potenciállal rendelkező mezőgazdálkodás folyik a megyében. A lehetőség közeli értékei – a földárak és termelési költségek kivételével – azt mutatják, hogy lehetőséget látnak e tekintetben a fejlődésre a gazdálkodók. A termelési költségeknél született eredmény rávilágít arra a hiányosságra, hogy nem megfelelően értékelik a költségek nyilvántartását és szerepét alábecsülik a nyereséges gazdálkodás kialakítása során. A termelői összefogással közösen vizsgálva elmondható, hogy nem használják ki a kollektív beszerzésekben és érté-

kesítésben rejlő költségcsökkentő, valamint árbevétel növelő hatást. A termelői értékesítés gyengeséghez sorolása is ezt erősíti meg. Annak tükrében vizsgálva, hogy termelői összefogás gyenge, illetve lehetőség tényező a megyében, érthető az értékesítés során csekély érdekérvényesítő erő. E tételt vizsgálva a felvásárlási-értékesítési árral együtt, megmutatja, hogy egyenként nem tudnak jó árat kialakítani a feldolgozóknál. Csekély a végfogyasztók részére történő értékesítés. Nagy a megyei gazdálkodók kiszolgáltatottsága az alapanyaggyártás következtében.

Kulcsszavak: agrárszociológia, stratégia, helyzetelemzés, agrárpolitika

SWOT analysis of crop production – based on a survey in Szabolcs-Szatmár-Bereg County

¹I. TAKÁCS – ²B. SINÓROS-SZABÓ – ³A. FENYVESI

¹University of Debrecen Kálmán Kerpely Doctoral School, Debrecen

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

³NTNU Industrial Ecology, Faculty of Engineering, Trondheim, Norway

Summary

In agriculture, as in any branch of the national economy, strategic thinking is needed. System-level planning lays the foundation for a company's short-, medium-, and long-term tasks to achieve its goals. In order to establish the results, it is essential to assess the external and internal environment of agricultural enterprises, to quantify and evaluate the influencing factors.

In our paper we examined the agriculture of Szabolcs-Szatmár-Bereg county through the opinions and experiences of farmers. SWOT analysis helps to analyze the situation of companies and develop a strategy. We can identify its strengths, weaknesses, market opportunities and environmental threats. In the course of our analyzes, we determined, based on the distribution of the answers to the questionnaire survey, whether certain factors appear as strengths, weaknesses, opportunities, or threats in the judgment of farmers.

Based on the obtained results, agriculture with poor potential in a good natural environment is taking place in the county. The proximity of the option, with the exception of land prices and production costs, shows that farmers see an opportunity for improvement in this regard. The result for production costs highlights the shortcoming of underestimating the cost records and underestimating their role in developing profitable management. Examined together with the producers' association, it can be concluded that they do not take advantage of the cost-reducing and revenue-increasing effects of collective purchasing and sales. The classification of producer sales as weak also confirms this observation. Examining in the light of the fact that producer cooperation is a weak or opportunity factor in the county, it is understandable that there is little enforcement force in the sale. Examining this item together with the purchase and sale price, it shows that one by one they cannot negotiate a good price with the processors. Sales to end consumers are low in volume. The vulnerability of county farmers is high due to the production of raw materials.

Key words: agricultural sociology, strategy, situation analysis, agricultural policy

Основанное на оценке SWOT-анализа – растениеводство в области Саболч-Сатмар-Берег

¹И. ТАКАЧ – ²Б. ШИНОРОШ-САБО – ³А. ФЕНЬВЕШИ

¹Дебреценский Университет Докторская Школа Растениеводства и Садоводческих Наук им. Керпеи Калмана, Дебрецен,

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

³NTNU Industrial Ecology, Faculty of Engineering, Trondheim, Norway

Резюме

В сельском хозяйстве, как и в любой другой отрасли национальной экономики необходимо стратегическое мышление. Планирование на уровне системы даёт основу для достижения целей ближайших, средних и более дальних задач предпринимательства. Для достижения результатов необходимо взвешивание внешних и внут-

ренных факторов сельскохозяйственного предпринимательства, учёт и оценка влиятельных факторов.

В нашей работе исследовали сельское хозяйство области Саболч-Сатмар-Берег (Szabolcs-Szatmár-Bereg) на основе мнений, опыта предпринимателей. SWOT-анализ помогает в анализе положения предпринимательств и в формировании стратегии. Можем определить их сильные (Strengths) и слабые стороны (Weaknesses), рыночные возможности (Opportunities) и угрозы окружающей среды (Threats). В ходе нашего анализа на основе распределения ответов на вопросы анкеты определили, что отдельные факторы проявляются во мнении хозяев как сильные или слабые стороны, как возможности, или как опасность.

На основе результатов в хороших природных условиях происходит сельскохозяйственное производство со слабым потенциалом в этой области. Возможно близкие показатели – кроме цены на землю и производственных расходов – показывают, что хозяева видят возможность для развития. Полученный результат производственных расходов обратил внимание на недостатки, что несоответственно оценивают учёт расходов и недооценивают роль этого в ходе формирования прибыльного хозяйствования. Можно сказать, исследуя вместе с производителями, что не используют в коллективных закупках и продажах скрытые уменьшающие расходы и увеличивающие доходы влияния. Причисление производственной продажи к слабым сторонам также подтверждает это. Исследуя в свете того, что производственное сплочение слабое, и фактор возможности в области, можно понять в ходе оценки слабую увеличивающую заинтересованность силу. Исследуя этот тезис вместе с закупочно-продажной ценой, видно, что по одному не могут получить хорошую цену у переработчиков. Очень мала продажа непосредственно потребителям. Большая подчинённость областных производителей вследствие производства сырья.

Ключевые слова: аграрная социология, стратегия, анализ положения, аграрная политика

Bevezetés

A mezőgazdaságnak különleges, de egyre inkább csökkenő súlya van a nemzetgazdaságon belül jelenlegi helyzetét vizsgálva. Tevékenysége visszaszorulóban van nemzetgazdasági összehasonlításban és hagyományosnak számító komparatív előnyeit elvesztette. Eredményeink szerint ez változni fog, mert egyre inkább felértékelődik a szerepe az erőforrásválság, a folyamatosan növekvő

világnépszerűség és a hangsúlyozottan fontos egészséges élelem iránti fokozódó kereslet hátrahagyta pozícionálva funkcióját. A magyar agrárágazatot jelenlegi képességei szerint jellemzi az egészséges élelmiszertermék előállítás potenciálja.

Az agrárium jellegzetességeit vizsgálva, úgymint a településhálózatot, a társadalmat, a tájat és a kulturális tagoltság jellemzőit, a modernizáció különböző területi problémáinak figyelembe vételével, a téma multidiszciplináris jellegéből adódóan – egymást kölcsönösen meghatározó rendszerszemléletben kell értelmezni. Másképp fogalmazva, e módszertani megközelítés válhat a regionalitásra, az ökológiai és ökonómiai komplex rendszerekre épített kollektív konszenzus – mint stratégiai törekvés – kialakításának központi kérdésévé.

Ezen komplex rendszer legfontosabb „összetevője” maga az ember. Rendszerszemléletben vizsgálva a kérdéseket és magát a földműves embert helyezve a láncolat középpontjába, minden megoldásnak a folyamatos és komplexen értelmezhető fennmaradást kell szolgálnia, előtérbe helyezve az egyenlőségre való törekvést (*Takács és Fenyvesi* 2019). Egyszerre szolgálja a jelenkor és az eljövendő korok emberiségének érdekét. Új megoldásokat kell találni a víz, az élelmiszer és az energiaellátás biztosítása érdekében, miközben a környezetvédelmen és a biodiverzifikáció megőrzésén kell nyugodnia minden megoldásnak.

Ezen konfliktusok vizsgálata vezetett arra, hogy vizsgáljuk egy adott földrajzi egység jellemzőit tanulmányunkban, a földműves ember szemszögéből megítélve a folyamatokat és értékelve a meglévő állapotokat. Válaszokat kapni a kérdéseink által arra, hogy ők hogyan látják szerepüket, lehetőségeiket, céljaikat a terveik és feladatuk megvalósításában.

A gazdaságpolitikának a mezőgazdasággal foglalkozó ágát nevezzük agrárpolitikának. A gyakorlati tennivalókat és az elméleti tudást foglalja magába, ezeken keresztül ad átfogó képet a mezőgazdaságról. Feladata megszabni a főbb célokat és az elérésükhöz szükséges eszközöket (*Lőkös* 2000).

Ehhez társul az agrárszociológia, amely elemzi ezt a területet. Feladata a társadalmi jelenségek, folyamatok, viszonyok összefüggéseinek feltárása, makro- és mikrofolyamatok fókuszán keresztül (*Tóth* 1984). Az objektív társadalmi valóság feltárása és értelmezése. A magyar agrárszociológia kutatások mindig összefüggésben voltak a regnáló politikai rendszer elvárásaival. Az agrárpolitika nemcsak egy-egy ország gazdaságán belül fontos, hanem a társadalompolitikának is szerves része. Ma, amikor az elvárosiasodás és az iparosodás

környezeti válságot eredményez, egyre jelentősebbé válik a szociológiai funkciója (Erdei 1984).

A kis- és középvállalkozások gyarapodása szolgáltathatja az alapot a piacgazdaságok gazdasági konjunktúrájához (Csizmazia et al. 2005). A regionális fejlesztés és a mezőgazdaság összefüggéseiben elemezhető (Sinóros-Szabó 2012a). Eredményeik definiálhatják a gazdasági, technológiai és a társadalmi fejlesztés állapotát, a természeti környezetet megóvó megoldások és tevékenységek fókuszán keresztül. E szoros kapcsolat felhasználása mind a gazdasági, társadalmi és természeti környezetekre jól alkalmazható módszereken alapul, teljes szerkezetét meghatározza (Sinóros-Szabó 2018, Takács és Sinóros-Szabó 2019), és ily módon értelmezhetővé válik a technológiai, gazdasági és a társadalmi fejlesztés szempontjaiból (Sinóros-Szabó et al. 2005). E gondolkodásmód erősen kidomborodhat, ha határszomszédos térkörnyezeteket vizsgálunk, hiszen a fejlesztési folyamatok összekapcsoló szerepe és jellege a különböző társadalmi, gazdasági és természeti környezetekre jól kimutatható és sikeres adaptív megoldásokban értelmezhető (Sinóros-Szabó 2012b).

Legegyszerűbb meghatározás szerint a mezőgazdaság rendeltetése, hogy a lakosságot ellássa elegendő, megfelelő minőségű élelmiszerrel, szerves nyersanyaggal és energiával. Gazdaságon túli feladata az ökológiai egyensúly fenntartása. A szűkösen rendelkezésre álló erőforrások hatékony felhasználásával, a gazdálkodás hatékonyságának javításával, a termelés és a forgalmazás költségeinek csökkentésével összekapcsolva (Vági 1986). Kiegészítve az agrártermékek konkurenciaharcával hazai és világpiacon egyaránt, növekvő versenyrel és protekcionizmussal (Varga 2004).

A hazai gabonatermesztés kérdései az elmúlt évszázadban ugyanazon problémák körül eszkalálódtak. A birtokméret, foglalkoztatás, technikai fejlődés azok a területek, amik a szűk keresztmetszetét adták az ágazatnak (Asbóth 1900, Szana 1918, Kertész 1943, Nagy 2006, Kovách 2016). Korunkban kiegészültek e tételek az egészséges élelmiszertermelés és környezetvédelem feladataival is, melyek fogalmi keretét a fenntarthatóság és csökkenő erőforrás-készlet kohéziója teszi nehezen egyeztethetővé (Takács és Sinóros 2020ab). Rendszerszemléletben vizsgálva a kérdést és magát a földműves embert helyezve a láncolat középpontjába, minden megoldásnak a folyamatos és komplexen értelmezhető fennmaradást kell szolgálnia, előtérbe helyezve az egyenlőségre való törekvést (Takács és Fenyvesi 2019). Egyszerre szolgálni a jelenkor és az eljövendő korok emberiségének érdekét.

Anyag és módszer

A dolgozatunkban Szabolcs-Szatmár-Bereg megye mezőgazdaságát vizsgáltuk a gazdálkodók véleményein, tapasztalatain keresztül. Kutatást végeztünk gabonatermesztéssel foglalkozó szervezetek között. A vizsgálat alapsokasága a megye mezőgazdasági vállalkozói világa. Hozzáférést Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében található, hatvan, Nemzeti Agrár Kamara falugazdászán keresztül nyertünk. Őket kerestük meg elektronikus úton a NAK megyei igazgatóságának segítségével, nyílt típusú kérdőívvel, Excel program használatával. A kérdőívet elektronikus formában juttattuk el a falugazdászokhoz és elektronikus formában küldték vissza a válaszokat. A felmérés nem reprezentatív, mivel nem hozzáférhető a megyei gazdálkodóinak megoszlása a különböző ismérvek szerint.

A SWOT-analízis

A stratégiai elemzés módszere. Szükségesnek láttuk a felmérésben kikérni a résztvevő gazdálkodók nézetét. A négy ismerv számbavétele a saját vállalkozásukon keresztül feltárja az előnyeiket és hátrányaikat versenytársaikhoz képest. A külső környezeten belül a lehetőségek pozitív a veszélyek negatív hatást gyakorolnak a vállalkozásra (*Thompson és Strickland 1984*). A SWOT-analízis a vállalkozások helyzetének elemzésében és stratégia kialakításához nyújt segítséget. Meghatározhatjuk az erősségeit (Strengths), gyengeségeit (Weaknesses), piaci lehetőségeit (Opportunities) és környezeti fenyegetéseket (Threats). A Stanford Egyetemhez köthető a módszer kialakulása-

Az elemzéseink során a kérdőíves felmérésre adott válaszok megoszlása alapján határoztuk meg, hogy egyes tényezők erősségként, gyengeségként, lehetőségként, vagy veszélyként jelennek meg a gazdálkodók ítéletében. Ennek megfelelően egy-egy tényező akár több osztályba is besorolható, illetve az adott kategória egyértelműen kizárható. Azoknál a tényezőknél, ahol a válaszadási arányok között egy csoport jelentősen nagyobb arányt képviselt, mint a többi, ott az adott jellemzőhöz soroltam a tényezőt.

A falugazdászok segítettek kitölteni a kérdőívet az általuk véletlenszerűen kiválasztott, ügyfélkörükben lévő, szántóföldi növénytermesztést végző egy-egy gazdálkodónak. Visszaérkező válaszok száma 59 (n=59). A kutatás kezdetének eszmei és gyakorlati időpontja 2018. december 12. Zárása 2019. szeptember 15.

Eredmények

Szabolcs-Szatmár-Bereg megye agráriumának SWOT-analízise

A döntéshozatali rendszereken belül kevés figyelem fordul a technológiai fejlesztések politikai hatásaira. A létrejövő nagy adatrendszerek a mezőgazdaságban milyen társadalomtudományi kérdéseket fognak felvetni? Az úgynevezett „digitális forradalom” bevezetése és általánossá válása mennyire szolgálja a gazdaságossági hatékonyság célját és mennyire lehet a technológia foglya az ember?

A SWOT-analízis szempontrendszere segítségével felmértük a megye mezőgazdaságának külső és belső környezetét és meghatároztuk a pozitív és negatív jellemzőket, melyben termelniük kell a gazdálkodóknak. A megyei gazdálkodók által elkészített SWOT-analízis (erősség – Strengths, gyengeség – Weaknesses, lehetőség – Opportunities, veszély – Threats) mozaikszó alapján, értékelték a megyei agráriumra jellemző külső és belső tényezőket.

A vonatkozó kérdés: Az ön gazdaságában saját véleménye alapján az alábbi témaköröket minek tartja magyar viszonylatban? (Erősség, Gyengeség, Lehetőség, Veszély).

A leggyakrabban felmerülő ismérveket osztályozhatták a választható négy lehetőség valamelyikével. Az adatgyűjtés nehézségei miatt, nem kellett maguknak jellemezni a gazdálkodás körülményeit, hanem eldönteni, melyik válasz igaz rá a négy lehetőség közül. A falugazdászok segítettek a kérdés értelmezésében, szükség szerint. Minden falugazdász felsőfokú agrárvégzettséggel rendelkezik. A saját gazdaságára értelmezni és megválaszolni a kérdést nem okozott senkinek sem nehézséget, mert a saját tapasztalataikat, véleményüket az adott kérdésekhez kapcsolódóan a gazdák tudják a legjobban.

Így született a megye analízise (*1. táblázat*). Vizsgálatunk eredménye, hogy a legtöbb ismérvre lehetőségként tekintenek a gazdák a megyében.

Következtetések

Az időjárási körülményeket és természeti adottságokat erősségnek tartják (*1. táblázat*), de gyengeségként is jelentős a megítélése a megyei gazdálkodók között (3,4 százalékpont különbséggel). Beszédes érték azonban, hogy a gyengeséghez sorolt termelési tényezők mind az adottságokat és felkészültségeket értékeli.

1. táblázat. A SWOT-analízis eredménye (% , n=59, 2019)

Tényező/jellemző (1)	Erős- ségek (2)	Gyenge- ségek (3)	Lehető- ségek (4)	Veszé- lyek (5)
Gabona minősége és mennyisége (6)	45,8	16,9	32,2	5,1
Éghajlat és természeti adottságok (7)	32,2	13,6	28,8	25,4
Földárak és földbérleti díjak (8)	1,7	54,2	25,4	18,6
Gabona értékesítési ár változása (9)	5,1	54,2	23,7	16,9
Rendelkezésre álló feldolgozó kapacitás (10)	6,8	47,5	42,4	3,4
Rendelkezésre álló öntözési kapacitás (11)	5,1	50,8	40,7	3,4
A Föld növekvő népességének ellátása (12)	5,1	13,6	50,8	30,5
Az európai gabona felhasználás változása (13)	3,4	16,9	61,0	18,6
Értékesítési lehetőségek az EU-n belül (14)	5,1	28,8	64,4	1,7
Európai Unió tagság (15)	25,4	11,9	62,7	-
Bioenergia előállítás (16)	3,4	25,4	67,8	3,4
Gabona ágazatban dolgozók tapasztalata, szaktudása (17)	32,2	18,6	47,5	1,7
Piaci igények kiszolgálása (18)	13,6	20,3	64,4	1,7
Támogatások (19)	20,3	10,2	67,8	1,7
Technológiai fejlődés (20)	6,8	10,2	83,1	-
Rendelkezésre álló tároló kapacitás (21)	10,2	39,0	45,8	5,1
Szakképzett munkaerő alkalmazása (22)	6,8	37,3	50,8	5,1
Takarmányozás és állattenyésztés mértéke (23)	11,9	42,4	42,4	3,4
Termelési költségek változása (24)	5,1	35,6	23,7	35,6
Termelői értékesítés (25)	6,8	44,1	40,7	8,5
Tudományos kutatások (26)	11,9	8,5	79,7	-
Termelői összefogás és együttműködés (27)	3,4	47,5	47,5	1,7
GMO termesztés (28)	3,4	15,3	27,1	54,2
Időjárási körülmények (29)	16,9	25,4	13,6	44,1
Szomszédos országok mg.-ának fejlődése (30)	3,4	15,3	27,1	54,2
Klímaváltozás (31)	1,7	25,4	11,9	61,0
Környezetszennyezés (32)	3,4	16,9	10,2	69,5

Table 1. Result of the SWOT analysis (% , n=59, 2019). (1) Factors/characteristics, (2) Strengths, (3) Weaknesses, (4) Opportunities, (5) Threats, (6) Cereal quantity and quality, (7) Climate and natural endowments, (8) Land prices and lease fees, (9) Change in cereal sales price, (10) Available processing capacity, (11) Available irrigation capacity, (12) Supplying food for the increasing global population, (13) Change in cereal use in Europe, (14) Sales opportunities in the EU, (15) EU membership, (16) Bioenergy production, (17) Experience and expertise of those working in the cereal sector, (18) Serving market needs, (19) Grants, (20) Technological advancement, (21) Available capacity, (22) Employing skilled workforce, (23) Extent of feeding and animal husbandry, (24) Change in production costs, (25) Sales by producers, (26) Research grants, (27) Cooperation of producers, (28) GMO farming, (29) Weather circumstances, (30) Agricultural development of neighbouring countries, (31) Climate change, (32) Environmental pollution

A lehetőség közeli értékei – a földárak és termelési költségek kivételével – azt mutatják, hogy lehetőséget látnak e tekintetben a fejlődésre a gazdálkodók. A termelési költségeknél született eredmény rávilágít arra a hiányosságra, hogy nem megfelelően értékelik a költségek nyilvántartását és szerepét alábecsülik a nyereséges gazdálkodás kialakítása során. A termelői összefogással közösen vizsgálva elmondható, hogy nem használják ki a kollektív beszerzésekben és értékesítésben rejlő költségcsökkentő, valamint árbevétel növelő hatást. A termelői értékesítés gyengeséghez sorolása is ezt erősíti meg. Annak tükrében vizsgálva, hogy termelői összefogás gyenge, illetve lehetőség tényező a megyében, érthető az értékesítés során csekély érdekérvényesítő erő. E tételt vizsgálva a felvásárlási-értékesítési árral együtt, megmutatja, hogy egyenként nem tudnak jó árat kialakítani a feldolgozóknál. Csekély a végfogyasztók részére történő értékesítés.

Központi és egyre inkább megkerülhetetlenebb téma a vízgazdálkodás. A gazdák látják és tapasztalják a fontosságát és tervezik az öntözési kapacitás növelését. Eredményünk, hogy gyengeségnek értékelik a gazdálkodók (50,8%), viszont lehetőségként már jelentős számban veszik figyelembe, mint fejlesztési lehetőséget a kiszámíthatóbb termésmennyiség biztosítására (40,7%). A technológiai fejlesztéseket a legnagyobb számban sorolták (83,1%) a lehetőségekhez. Ez alapján minőségi és mennyiségi fejlődésre készülnek és számítanak a mezőgazdasági szakemberek.

Az erősségek közé sorolt jellemzők, a gabona minősége és mennyisége 45,8%-os, az éghajlat és természeti adottságok 32,2%-os számai jelzik, hogy a megye agráriumát a jellemzői és képességei alapján a nehézségekkel küzdő ágazatba sorolják a gazdák. Beszédes az az eredmény, hogy csak az előállított gabona minősége és mennyisége lett egyedül erősség, meggyőző különbséggel. Az éghajlat és természeti adottságok ismerve lehetőségként és veszélyként is magas értékeket kapott. A szaktudás első helyen lehetőségnek (47,5%) eredménye jelzi a külön is vizsgált szakképzett és szakképzetlen munkaerő rendelkezésre állásának gyenge értékeit.

Támogatások megítélésében a lehetőségnek tartó gazdálkodók magas száma (67,8%) jelzi, hogy nem tartják jónak a jelenlegi támogatási és pályázati rendszert. A megkérdezettek 25,4%-a erősségként, vagy lehetőségként (62,7%), 11,9%-a pedig gyengeségként tekint az EU tagságra. Veszélyként senki nem jelölte meg. A válaszadók 64,4% lehetőségként, vagy erősségként (5,1%) gondol

az EU-s értékesítési lehetőségekre, gyengeségként (28,8%), veszélyként (1,7%). Az európai gabona felhasználást 64,4% lehetőségként, vagy erősségként veszi figyelembe. Akik gyengeségként tekintenek az EU-s tagságra jellemzően gépparkki beruházást hajtottak végre, a jövőben pedig elsősorban a gépparkkal, az öntözéssel, raktározással kapcsolatos beruházásokat terveznek.

A négy főcsoport eredményének második legmagasabb értékeit vizsgálva az elsődlegesen lehetőségnek értékelt tényezők közül a Föld növekvő népességének ellátását, veszélyként értékeli másodsorban. Az éghajlat és természeti adottságokat leginkább erősségnek ítélik meg a megyei gazdálkodók. Sokatmondó érték azonban, hogy a lehetőség és veszély értéke is közel azonos megítélés alá esik. Ez alapján elmondható, hogy a termeléshez szükséges természeti tényezők romlanak és egyre növekvő kockázatot jelentenek a mezőgazdaság számára. A mezőgazdaság oldaláról vizsgált időjárási körülmény és klímaváltozás, már a veszélyként kapta a legmagasabb értéket. A második legtöbb pontot kapó jellemző a gyengeség lett e két kérdésben.

Ez megerősíti, hogy ahol több természeti tényező jelent meg az értékelésénél, még nem jellemezték első helyen veszélynek, a változó és egyre kiszámíthatatlanabb időjárási környezetet. Önmagában elemezve, már a mezőgazdasági termelés legnagyobb veszélyének tekintik az időjárást. Az együttesen vizsgált veszély és gyengeség értékek (69%) előre vetítik az egyre rosszabb körülmények közötti termeszést. A csapadék folyamatosan csökkenő mértékét és egyenetlen eloszlását. Eredményünkre jellemző, hogy a lehetőségek tekintetében voltak a vélemények a legegységesebbek.

Összegzés

A lehetőségek nagy száma mutatja, hogy van tenni akarás a gazdaságban és nyitottak a fejlesztésekre, az új helyzetek rugalmas kezelésére. A lehetőségeket vizsgálva megállapítható, hogy az értékeik alapján a pozitív várakozás jellemzi a megye agráriumát.

Az eredmények alapján elmondható, hogy nagyfokú a megyei gazdálkodók kiszolgáltatottsága a jellemző alapanyaggyártás következtében.

Az időjárási körülményeket és természeti adottságok megítélése alapján elmondható, hogy jó természeti környezetben gyenge potenciállal rendelkező mezőgazdálkodás folyik a megyében.

Irodalom

- Asbóth J.*: 1900. A föld, mint társadalom-politikai és nemzeti kérdés. Az Athenaeum. Budapest. 1–33.
- Csizmazia T.-né-Kónyáné Sz. A.-Malakucziné P. M.-Marosi A.-Reszler Gy.-né-Szilágyiné B. E.-Végh L.-né*: 2005. A gazdasági fejlődés regionális különbségei Magyarországon 2004-ben. KSH Debreceni Igazgatósága. Debrecen. 19–22., 46–47.
- Erdei F.*: 1984. Magyar falu. [In: Tóth P. P. (szerk.) Agrárszociológiai írások Magyarországon 1900–1945.] Kossuth Kiadó. Budapest. 158–167.
- Kertész J.*: 1943. Magyar Szociográfia. Tömörkény Irodalmi Kör. Budapest. 1–75.
- Kovács I.*: 2016. Földek és emberek. Földhasználók és földhasználati módok Magyarországon. MTA TK DEK. Budapest. 27–45.
- Lőkös L.*: 2000. A világ mezőgazdasága. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest. 76–96.
- Nagy J.*: 2006. Magyarország földhasználat változásának értékelése. [In: Jávor A.–Berde Cs. (szerk.) A térségfejlesztés vezetési és szervezési összefüggései.] Debreceni Egyetem ATC. Debrecen. 66–71.
- Sinóros-Szabó B.-Rátonyi T.-íjf. Sinóros-Szabó B.-Sulyok D.*: 2005. Bioreaktor a fenntartható fejlődés szolgálatában. Acta Agraria Debreceniensis. 17: 111–118.
- Sinóros-Szabó B.*: 2012a. Vidéki térendszer többletei. Acta Agraria Debreceniensis. 49: 271–273.
- Sinóros-Szabó B.*: 2012b. A Tisza térségére alapozott vidékfejlesztés. Acta Biologica Debrecina. 27: 169–176.
- Sinóros-Szabó B.*: 2018. A fejlesztés új dimenziói – valóság a mérhető világon túl. [In: Nagy J. (szerk.) Hangsúlyok a térségfejlesztésben.] Debrecen. 13–24.
- Szana S.*: 1918. Agrárpolitika és szociálpolitika. Szociálpolitikai Szemle. 1–12.
- Takács, I.-Fenyvesi, A.*: 2019. Assessment of lobbyist-based on empirical scientific results. [In: Horváth et al. (eds.) International Conference of Economics PhD Students and Researchers in Komárno.] Komárno. 168–177.
- Takács I.-Sinóros-Szabó B.*: 2019. Növényvédelmi költségek csökkentése, kutatási eredményekre alapozva. Rurális térségek a 21. században tudományos konferencia. Szent István Egyetem. Gödöllő. 222–230.
- Takács I.-Sinóros-Szabó B.*: 2020a. A kukoricatermesztés ökonometriája – felmérésre alapozva Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében. Növénytermelés. 69. 2: 81–98.
- Takács I.-Sinóros-Szabó B.*: 2020b. A búzatermesztés ökonometriája – felmérésre alapozva Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében. Növénytermelés. 69. 3: 137–153.
- Thompson, A. A.-Strickland, A. J.*: 1984. Strategic Management – Concepts and Cases. Business Publications. Plano. Texas. 178–179.

- Tóth P. P.*: 1984. A hazai agrár- és faluszociológiai kutatások 1900–1945 között. [In: Tóth P. P. (szerk.) Agrárszociológiai írások Magyarországon 1900–1945.] Kossuth Kiadó. Budapest. 5–30.
- Varga Gy.*: 2004. A magyar mezőgazdaság az idők sodrában. STRATEK. Budapest. 101.
- Vági F.*: 1986. Növekedés a mezőgazdaságban és gazdasági szervezeteiben. [In: Vági F. (szerk.) Hatékonyság és növekedés a szocialista mezőgazdaságban.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 10–25.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

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

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

Fenyvesi Adrienn
Norwegian University of Science and Technology
Industrial Ecology
Faculty of Engineering
Trondheim
Høgskoleringen 1.
7491 Norway

SZEMLE**Rewiev**

**Milyen okok állnak a gabonákkal szembeni
érzékenység hátterében?
I. A nemesítés hatása a búza emberi egészségre káros
komponenseire**

¹BÉKÉS FERENC – ²ÁCS PÉTERNÉ – ³D. A. I. SUTER – ²ÁCS KATALIN –

²LANTOS CSABA – ²CSEUZ LÁSZLÓ – ²PAUK JÁNOS

¹FBFD, Sydney, NSW2151, Ausztrália

²Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

³Pymble, NSW2073, Ausztrália

Összefoglalás

A tanulmányban a gabonafélék komponenseivel szembeni allergia különféle formáinak világszerte növekvő okait tekintjük át. A tudományos kutatások egyértelműen cáfolják azt a téves nézetet, amely a lisztérzékenységet a 20. század második felétől, a búzanemesítéssel hozza kapcsolatba. A búza ősi rokonai éppúgy, mint valamennyi klasszikus és modern búzafajta tartalmaz több/kevesebb toxikus és allergén epitópot. Az elmúlt 120 év növény-nemesítési gyakorlatában a táplálkozási jellemzők vizsgálatára csak kevéssé került sor. A terméshozam és a funkcionális tulajdonságok alapján történt szelekciós nemesítés eredményeképpen, a szemtermésben szignifikánsan csökkent a búza egészségre ártalmas kémiai összetevők mennyisége. A terméshozam növelésével együttjáró fehérjetartalom-csökkenés, illetve a sikérerősség növelése érdekében eltolt glutenin-gliadin arány a modern fajták gliadintartalmának csökkenését eredményezte, csökkentve ezáltal a toxikus és allergén epitópok számát is.

Az élelmiszeripari gyakorlatban bekövetkezett változások – az olcsó és funkcionális szempontból rendkívül hatásos vitális sikér adalékanyag alkalmazása – nem csak a sütőiparban, de számos egyéb élelmiszeripari ágazatban is növelték a kezeletlen sikérféhrjék számát. A kenyérgyártási technológiában a kelesztési idő drasztikus csökkentése szintén hozzájárult ehhez. Az orvosi gyakorlatban egyre fejlettebb és szélesebb körben alkalmazott tesztelési módszerek mellett a kezeletlen gluténfehrjék és a FODMAP maradványok nagyobb arányú bevitel is oka lehet, a búzával szemben növekvő érzékenységek, allergiának.

Kulcsszavak: cöliákia (CD), nem-cöliákiás glutén érzékenység (NCGS) gliadin, degradáció, amiláz-tripszin inhibitor (ATI), Fermentábilis Oligo-, Di-, Monoszacharidok és Poliolok (FODMAP), kovászos tészta, gluténmentes étrend (NTD)

What are the reasons behind the sensitivity to cereals? I. Effect of breeding on components of wheat harmful to human health

¹F. BÉKÉS – ²P.-NÉ ÁCS – ³D. A. I. SUTER – ²K. ÁCS – ²CS. LANTOS –

²L. CSEUZ – ²J. PAUK

¹FBFD, Sydney, NSW2151, Australia

²Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

³Pymble, NSW2073, Australia

Summary

This paper provides an overview of the related scientific literature, with some of our own targeted research, to investigate the possible causes of the recently increased prevalence of various forms of dietary cereal sensitivities. Detailed scientific investigations do not support the controversial idea that human practices, particularly modern wheat breeding, may have contributed to the increase in celiac-disease (CD) prevalence during the latter half of the 20th century. Each of the primitive wheat relatives and each historic or modern bread and durum wheat variety contains various amounts of toxic/allergenic epitopes. In the last 120 years, health-related quality attributes have not been considered in pre-breeding or breeding, but the yield- and functional quality-

oriented selection procedures have resulted in unintended spinoff effects on the amounts of harmful compounds in new lines. Because of the trend of decreases in overall protein content, as well as the alteration of the glutenin-to-gliadin content to improve dough strength, older varieties are higher in gliadin content with consequent higher CD antigenicity.

Meanwhile practices, introduced during the last 50 years in utilising wheat in the food industry, have significantly increased the consumption of untreated prolamins, including gluten proteins. Other factors for consideration are the incorporation of vital gluten as a cheap protein supplement in some food products, and the reduction of fermentation time during bread-making. Beyond the obvious effects of improved and more widely used diagnostic tests in medical practice, the increased incorporation of untreated gluten proteins and residual FODMAPs might be major reasons for the increasing prevalence of wheat sensitivity.

Key words: CD, NCGS, gliadin degradation, ATIs, FODMAP, Sour dough, NTD

Какие причины вызывают чувствительность к зерновым? I. Влияние селекции на вредные для здоровья человека компоненты пшеницы

¹Ф. БЕКЕШ – ²П.-НЕ АЧ – ³Д. А. Л. СУТЕР – ²К. АЧ – ²Ч. ЛАНТОШ –
²Л. ЧЕУЗ – ²Я. ПАУК

¹FBFD, Sydney, NSW2151, Ausztrália

²Некомерческое ООО Исследования зерна, г.Сегед

³Pymble, NSW2073, Ausztrália

Резюме

В этом исследовании рассмотрим причины растущих различных форм аллергии на компоненты зерновых во всем мире. Научные исследования однозначно отвергают такой ошибочный взгляд, который чувствительность к муке связывает с селекцией пшеницы со второй половины 20 века. Древние родственники пшеницы точно также, как все классические и современные сорта пшеницы содержат больше/меньше токсичного и аллергенного эпитопа. За прошедшие 120 лет в практике рас-

тениеводства исследованиями характеристик науки о питании мало занимались. В результате отборной селекции, происходящей на основе урожайности и функциональных свойств, в урожае зерна пшеницы значительно уменьшилось количество вредных для здоровья химических составных. С ростом урожайности связано уменьшение содержания белка, а также в интересах увеличения силы клейковины сдвинутое соотношение глютеина-глиадина привело к уменьшению содержания глиадина современными сортами, сокращая этим число и токсичных и аллергенных эпитопов также.

Произошедшие в пищевой промышленности изменения – применение в качестве добавки дешёвой и с точки зрения функциональности чрезвычайно эффективной витальной клейковины – не только в хлебопекарной промышленности, но и во многих других отраслях пищевой промышленности также увеличили число необработанного белка клейковины. В технологии приготовления хлеба резкое сокращение времени всхождения также способствовало этому. В медицинской практике вместе с все более развитыми и широко применяемыми методами тестирования приём в большей мере неусвояемых белков глютена и остатков FODMAP может быть причиной растущей в отношении пшеницы чувствительности, аллергии.

Ключевые слова: целиакия (CD), нецелиакичная чувствительность к глютену (NCGS) деградация глиадина, амилаз-трипсин ингибитор (ATI), Ферментируемые Олиго-, Ди-, Моносахариды и Полиолы (FODMAP), заквашенное тесто, безглютеновый режим питания (NTD)

Bevezetés

A búzaszem fehérjetartalmának több mint 80%-át kitevő prolamin-frakció elsődleges biológiai szerepe, a csírázó mag nitrogénellátása. Ugyanakkor ezek a fehérjék – a gluteninek és gliadinok – a búzaliszt funkcionális tulajdonságainak meghatározó komponensei (*Islam et al.* 2011, *Sheury* 2019). Általánosan elfogadott definíciója szerint, a sikér a tésztagasztás során a lisztkomponensek hidratációja és a dagasztás hatására kialakuló, kovalens és nem kovalens kötések által stabilizált fehérje-lipid-szénhidrát komplex. A sikért felépítő prolaminfhérjéket kódoló gének, a közönséges búza (*Triticum aestivum* L.) három genomjában (AABBDD) helyezkednek el. A multigén fehérjecsaládok, fajtától függően nagyfokú polimorfizmust mutatnak. Az egyedi prolaminfé-

hérjék szerkezeti sajátossága a glutaminban és prolinban ismétlődő szekvenciák, amelyek meghatározzák a fehérjék speciális oldhatósági és fizikai tulajdonságait.

A magyar szakirodalom és köznyelv manapság előszeretettel használja a siker jelölésére az angolból átvett "glutén" és az abból származtatott "gluténmentes" kifejezéseket. Utóbbit a prolaminfehérjéket (gliadin és glutenin analogokat) nem tartalmazó élelmiszerek leírására.

Mintegy hetven évvel korábban, amikor a siker cöliákiát kiváltó szerepe felismerésre került, szaktudományos körökön kívül a probléma ismeretlen volt. Az elmúlt 20 évben a helyzet, elsősorban az elektronikus média jóvoltából, gyökeresen megváltozott. *Shewry* (2019) azt a megdöbbentő adatot közölte, hogy 2018 decemberében végzett Google keresés, kevesebb mint egy perc alatt 400 millió, a siker káros hatását taglaló hivatkozást eredményezett.

A "gluténtartalmú" élelmiszerek fogyasztása a fogyasztók jelentős méretű körében különféle egészségi elváltozásokat okoz. Számos országban, a fogyasztók egyre nagyobb hányada tér át gluténmentes, illetve alacsony sikértartalmú étrendre. A közelmúltig a cöliákia (CD, angolból átvett rövidítés) volt a fő, ha nem az egyetlen ismert klinikai kórkép. Az elmúlt évek orvosi gyakorlatában derült ki, hogy a sikerfehérjék számos kóros mechanizmust aktiválhatnak egy sor betegségben (glutén ataxia, idegi-pszichiatriai zavarok, stb).

Gabonafélék által okozott rendellenességek

Különféle gabonák fogyasztása során fellépő rendellenességek kezelésének közös vonása, a 'gluténmentes' étrend. A rendellenességek egyébiránt különféle fiziológiai mechanizmus által kiváltott eltérő klinikai képet mutatnak. Míg hosszú évtizedek során szinte kizárólag a cöliákia volt az érdeklődés tárgya, ma már mind a kutatás, mind a klinikai gyakorlatban az egyéb mechanizmusú érzékenységek felismerése és kezelése is előtérbe került. A különféle elváltozások felismerése, a differenciál-diagnózis azonban sok esetben még gyerekcipőben jár (*Catassi és Fasano* 2018). Ezen a területen történő intenzív kutatás iránya látványosan megváltozott az elmúlt években. Kiderült, hogy a kiváltó okok nem minden esetben a sikerfehérjékre vezethetők vissza. Bizonyos esetekben a globuláris nem-siker fehérjék, mint például az amiláz-tripszin inhibitorok (ATIs) csoportja (*Kusaba-Nakayama et al.* 2000, *Junker et al.* 2012, *Zevallos et al.* 2017, *Bose et al.* 2020) okolhatók az érzékenység kialakulásáért. Más esetekben nem fehérjék, hanem szénhidrátok a felelősek a tünetekért,

mint például a FODMAP (Fermentábilis Oligo-, Di-, Monoszaharodok és Poli-olok) betűszóval összefoglalt emészthető oligoszaharidok. A gabonák esetén ez elsősorban a fruktán (Hungin et al. 2003, Biesiekierski et al. 2013). A szakirodalomban az elmúlt öt évben megjelenő publikációk ma már különbséget tesznek a nem-cöliákiás sikérérzékenység (NCGS) és a nem-cöliákiás búzaérzékenység (NCWS) között (Guandalini és Polanco 2015, Kucek et al. 2015, Molina-Infante és Carroccio 2017, Al-Toma et al. 2019). A differenciál-diagnosztika területén áttörést jelentett Uhde et al. (2016) munkája, amikor is megállapították, hogy a natív IgA nem reagál deamidált gliadinnal NCGS esetén, ellentétben a CD-vel. Hasonló eredménynek tűnik, és a klinikai gyakorlatban a jövőben fontos szerepet kaphat az anti-sikér IgG alosztályok szignifikánsan különböző eloszlása a két kórképben (Uhde et al. 2020).

A nagyszámú és gyakran magas színvonalú, a tématerület egészét vagy annak bizonyos részterületét érintő publikációk (Kucek et al. 2015, Rybalka 2017, Tye-Din et al. 2018, Al-Toma et al. 2019, Brouns et al. 2019, Caio et al. 2019, Rustgi et al. 2019, Bose et al. 2020) ellenére gyakran értetlenség és zavar észlelhető a témával kapcsolatban nem csupán a fogyasztók, de az orvosok körében is (Branchi et al. 2015).

A gabona-érzékenységben szenvedők speciális igényeinek kielégítése, (új fajták nemesítése, kóros tüneteket nem okozó gabonatermékek gyártása) a gabonanemesítés és az élelmiszeripar számára komoly kihívást jelent. A specifikus igények megismerése, a különféle kórképek gyakoriságának, azok okainak meghatározása nem csak az alapkutatás, de a növény-nemesítés és a feldolgozóipar számára is komoly feladatot ad. A közvélemény – a különféle ismeretterjesztő kiadványokból, médiából – a legtöbb fejlett országban tisztában van a gabonafélék okozta esetleges egészségi problémákkal (Braly és Hoggan 2002, Ford 2008, Wangen 2009, Davis 2011). Ezek a média források túlnyomóan a sikérmentes táplálkozást propagálják. Bármiféle érzékenységre utaló ok nélkül is a fejlett országokban előfordul, hogy a lakosság közel 10%-a gluténmentes étrendet követ. Ennek következtében a gluténmentes élelmiszeripari termékek fogyasztása napjainkban már nem csak gyógyászati, sokkal inkább életstílusból fakadó döntésnek tűnik. A gluténmentes termékek fogyasztásának volumene a világpiacon 2015-ben 4,63 milliárd USD volt, ami évenként 110,4%-kal növekedve, 2020-ban elérte a 7,59 milliárd dollárt. Ausztráliában, 2014-ben az új sütőipari termékek 23%-át hirdették sikérmentesként, mely termékek fogyasztásának értéke meghaladta a 100 millió dollárt (Jargon 2014).

Hestler et al. (2017) felmérése szerint az ausztrál fogyasztók 20%-a folytat gluténmentes étrendet. Európában az adott időszakban az ausztrálokéhoz képest alacsonyabb fogyasztási értékeket láthatunk. 2014-ben 4–8% között mozgott, országonként változóan a gluténmentes étrendet folytatók aránya. A tendencia irányát jól mutatja itt is az a jelentős ugrás, melyet a következő évben, 2015-ben láthatunk a statisztikában: 7–10% közötti gluténmentes fogyasztást mértek ugyanazon országok esetén (*Net1*). Magyarországot is elérte már a “gluténmentes táplálkozás hulláma”, de ide vonatkozó százalékos adataink az ausztrál és az európai adatoknál is lényegesen alacsonyabbak, 2019-ben mintegy 1,8% volt a gluténmentes étrendet folytatók százaléka.

A közmédia a gabonafélék káros hatásainak ecsetelésekor elmulasztja a megfelelő diagnózis fontosságát, ezzel felmérhetetlen károkat okozva a gabonavertikumnak. Bármiféle tudományos bizonyíték, illetve megalapozott ismereti háttér nélkül a cereáliák okozta egészségi problémákért a modern növény-nemesítést okolják. Ez a téves, minden alapot nélkülöző állítás abból ered, miszerint a búza ősi rokonai, mint az alakor, tönke, tönköly tagozat fajtái, illetve a régi, történelmi búzafajták egyáltalán nem, vagy jóval kevésbé károsak, mint a modern, nemesítéssel előállított búzafajták (*Braly és Hoggan 2002, Ford 2008, Wangen 2009, Davis 2011*).

Szemle cikkünk a kérdéskör fontos aspektusaival igyekszik naprakész tudományos információt adni, érintve a különféle gabonák okozta rendellenességek előfordulási gyakoriságát, a kiváltó kémiai komponenseket, a sükérmes étrend pozitív és negatív hatásait. Összehasonlítjuk az ősi és modern búzafajtákban található káros komponensek mennyiségét, nyomon követjük az élelmiszeripari gyakorlatban bekövetkezett változások hatását, amelyek a káros komponensek mennyiségét befolyásolhatják a gabonaalapú termékek gyártása során. A szakirodalom eredményeinek elemzése, valamint néhány célzott saját kísérlet eredménye alapján arra a fontos kérdésre keressük a választ, hogy az elmúlt évtizedekben, mi a háttere a gabonákkal szembeni érzékenység ugrás-szerű növekedésének. A kérdés úgy is megfogalmazható, hogy mindennapi kenyerünk hogy viszonyul a nagyszüleink kenyeréhez?

A gabonafélékkel szembeni érzékenység gyakorisága

A gabonákkal szembeni érzékenység különféle változatainak előfordulási gyakoriságait és az azokat kiváltó kémiai komponenseket *Kucek et al.* (2015) nyomán az *1. ábra* foglalja össze.

1. ábra. A gabonafélékkel szembeni érzékenység különféle változatainak előfordulási gyakorisága, és az azt kiváltó kémiai komponensek

Rendellenesség (1)	Előfordulási gyakoriság (%) (2)	Reaktív komponens a búzában (3)	Forrás (4)
Cöliákia (CD) (5)	0.5 -2.0	α , γ , és ω gliadinok, HMW és LMW glutenin alegységek, CM3 és 19 ATI	<i>Revers</i> 2005, <i>Tye-Din et al.</i> 2018
Búza érzékenység (6)	Búza allergia (7)	α , γ , és ω gliadinok, HMW és LMW glutenin alegységek, CM3 és 19 ATI	<i>Zuidmeer et al.</i> 2008, <i>Vu et al.</i> 2014
	Pékasztna (8)	α , γ , és ω gliadinok, HMW és LMW glutenin alegységek, ATIs, LTPs, peroxidáz	<i>Sanchez-Monge et al.</i> 1997, <i>Sandiford et al.</i> 1997
	Atopiás dermatitisz (9)	gliadinok és gluteninek, LPTs, CM3 ATIs	<i>Kusaba-Nakayama et al.</i> 2000, <i>Battais et al.</i> 2005b
	Urtikária (10)	ω -5 és ω -1,2 gliadinok, LMW glutenin alegységek	<i>Battais et al.</i> 2005b
	Anafilaxia (11)	α , γ , és ω gliadinok, LMW glutenin alegységek, ATI	<i>Battais et al.</i> 2005a, <i>Morita et al.</i> 2009
NCWS/NCGS (12)	1.1 - 6.5	ATI, fruktán	<i>Biesiekierski et al.</i> 2013, <i>Fasano et al.</i> 2015
IBS (13)	11.5 - 14.1	fruktán	<i>Roberfröid</i> 1993, <i>Hungin et al.</i> 2003

Forrás: *Kucek et al.* (2015)

Figure 1. The prevalence of cereal-related sensitivities and the chemical components responsible for the disease pathologies. (1) Disorder, (2) Prevalence, (3) Reactive components in wheat, (4) References, (5) Celiac disorder, (6) Wheat sensitivity, (7) Wheat allergy, (8) Baker's asthma, (9) Atopic dermatitis, (10) Urticaria, (11) Anaphylaxis, (12) Non-celiac wheat sensitivity/Non-celiac gluten sensitivity, (13) Irritable bowel syndrome, Source: *Kucek et al.* (2015)

A cöliákia előfordulási gyakoriságának folyamatos növekedése az elmúlt 10 évben az érdeklődés középpontjába került (*Boukid et al.* 2017, *Manti et al.* 2017). *Ludvigsson et al.* (2013) szerint a USA-ban a lakosság mintegy 1%-a szenved CD-ben. Egy 2009 és 2012 között lefolytatott szűrővizsgálat szerint potenciálisan a populáció további 0,79%-ában lehet szerológiai módszerekkel a CD autoimmunitás okait kimutatni (*Mardini et al.* 2015). Hasonló szűrővizsgálatok 2,4%-ot állapítottak meg Finnországban, 0,7%-ot Németországban és Olaszországban (*Mustalahti et al.* 2010), 0,76%-ot Észak-Kínában (*Yuan et al.* 2017). *Catassi et al.* (2014, 2015) szerint az általuk Fekete-Afrikában és Ázsia óceániai térségében talált alacsony előfordulási gyakoriságok valószínűleg az alacsony színvonalú diagnosztikai és kezelési lehetőségekre vezethetők vissza.

Singh et al. (2018) által publikált legfrissebb felmérések és metaanalízisen alapuló adatok rámutatnak a cöliákia egyik fontos jellegzetességére, miszerint

a genetikailag érintett páciensek tekintélyes részénél a fiziológiai tünetek nem mutathatók ki. Az egész világot reprezentáló 275 818 páciens esetén 1,4%-os előfordulási gyakoriságot észleltek pozitív anti-szövet transzglutamináz adatok alapján, míg 138 792 eset vizsgálatakor csupán 0,7%-nál kaptak pozitív biopszia-eredményt. Ennek a vizsgálatnak további két fontos megállapítása, hogy az előfordulás gyakorisága szignifikánsan magasabb a nőknél (0,6%), mint férfiaknál (0,4%), illetve gyerekeknél (0,9%), mint felnőtteknél (0,5%).

Azonos körzetben élők (postai irányítószám alapján) közül random szelektált, nagyméretű (n=1145) ausztrál populáció (*Pasco et al.* 2012) vérszérumainak IgE RAST módszerrel végzett búza- és tejallergiái vizsgálata és kérdőíves felmérése alapján érdekes eredményt közöltek (*Vu et al.* 2014). A megvizsgáltak 2,5%-ában mutattak ki immunválaszt, és a fellépő tünetek által bizonyított búzaallergiát. A populáció fennmaradó 12,8%-a esetén (n=125) látens búzaérzékenységre utaló pozitív IgE teszteredményeket kaptak a tünetek megjelenése nélkül. Egy további csoport (12,9%) negatív immunreakciót mutatott különféle emésztőszervi vagy bőrgyógyászati tünetek mellett, ami a szerzők szerint valamilyen nem IgE által okozott betegségre (NCWS vagy IBS) utalt. Ezek az előfordulási gyakoriságok teljes mértékben megegyeznek az európai országokban talált 2,9%-es IgE-mediált allergiás, illetve NCWS és IBS előfordulási adatokkal (*Zuidmeer et al.* 2008, *Siles és Hsieh* 2013).

A sikérmentes és az alacsony FODMAP tartalmú étrend és hatásai

Egy 2012-ben elvégzett amerikai felmérés (Gluten-Free Foods in the U.S., 2012) szerint a sikérmentes étrendet követők csupán kevesebb mint 6%-a rendelkezik diagnózissal alátámasztott orvosi javaslattal. A megkérdezettek 65%-a azt hiszi, hogy a sikérmentes étrend egészségesebb, 27%-uk testsúlycsökkenést vár tőle, 7% gyulladáscsökkentőnek véli, 4%-uk abban bíz, hogy csökken a hajlamuk a depresszióra. A sikérmentes étrend (GFD) egyre növekvő népszerűsége nagymértékben hat a fogyasztókra, az élelmiszeripar és az egészségi szektorban dolgozókra. A fogyasztói igény, az élelmiszeripari gyártás- és gyártmányfejlesztés motorjaként folyamatosan igényli a sikérmentes termékek választékának bővítését, ennek következtében azok érzékszervi és funkcionális sajátosságainak folyamatos javítását. A táplálkozástudományi szakemberek intenzíven vizsgálják az étrend általános hatásait, a búzaérzékenység különféle formáiban tapasztalható hatásokat. Több értékes szakkönyv és összefoglaló kiadvány (*Arendt és Dal Bello* 2008, *El Khoury et al.* 2018) ad áttekintést a sikér-

mentes táplálkozás általános tudnivalóiról, a sikérmentes élelmiszerek gyártásánál felhasznált alapanyagokról. Ez utóbbi területen a különféle módosított keményítők, hidrokolloidok és rostforrások kulcsszerepet játszanak abban, hogy mind ízben mind textúrában a hagyományos sikértartalmú termékhez minél jobban hasonlító termékek szülessenek.

A GFD bizonyított haszna a lisztérzékenyek számára sok esetben táplálkozási egyensúlyhiánnyal párosul (*Di Nardo 2019, Melini és Melini 2019, Comino et al. (2013)* a sikérmentes diéta szociális és gazdasági hatásait mérte fel, míg *Balakireva és Zamyatin (2016)*, valamint *Melini és Melini (2019)* a kérdést sokoldalúan elemezve arra a következtetésre jutott, hogy a GFD nem tekinthető egészséges diétának. *Penagini et al. (2013)* összefoglaló munkájukban részletesen kifejtik, hogy a GFD gyakorta eredményez rosttal, fitokemikáliákkal és nyomelemekkel kapcsolatos hiánytüneteket. Magas a fogyasztott termékek glikémiás indexe. Mindezeket kompenzálendő, több tanulmány javasolja a különféle pszeudocereáliák alkalmazását, amelyek alkalmasak a rost- és nyomelemtartalom növelésére (*Saturni et al. 2010, Békés et al. 2016*). Megfelelő adalékanyagok használata nélkül a sikérmentes termékek nem elegendő mértékben tartalmaznak C, B12 és D vitaminokat, folsavat (*Hallert et al. 2002*), illetve mikroelemeket, elsősorban kalciumot, magnéziumot és cinket (*Caruso et al. 2013*). Ugyanakkor a GFD túl sok cukrot és hidrogénezett zsiradékot tartalmaz, amelyek magas inzulinszinthez és elhízáshoz vezethetnek (*Lamacchia et al. 2014*). Mindezek a negatív hatások az újabb, modernebb sikérmentes termékekben többé-kevésbé kompenzálódtak. Ezekben szélesebb a növényi alapanyag-választék, nagyobb arányban teljes kiőrlésű komponenseket és/vagy speciális adalékanyagokat tartalmaznak, ezzel sok esetben tetemesen emelve azok árát.

Az orvosi szakvélemény napjainkban azt képviseli, hogy a nem cöliákiában szenvedő, sikérmentes diétát választó emberek jelentős hányada azért érzi jobban magát, mert ezzel a döntéssel automatikusan alacsony FODMAP tartalmú étrendet követ (*Halmos et al. 2014, 2015*). A fermentálható szénhidrátok (FODMAP) élelmiszerek által kiváltott rendellenességeivel kapcsolatban (*Gibson és Shepherd 2005*) intenzív kutatás indult világszerte. Az utóbbi 15 évben, a FODMAP tartalom analitikája, az alacsony FODMAP tartalmú élelmiszeripari anyagok felkutatása terén jelentős kutatás indult meg. A sikérmentes étrend tervezésében a minél kevesebb gabonaféle összetétel adja a diéta alapját. Ezzel szemben az alacsony FODMAP tartalmú étrend kialakításának az alapja a sokkal szélesebb növényi élelmi alapanyagok felhasználása (*Muir et al.*

2007, 2009; *Biesiekierski et al.* 2011). Ezek összetétele számítógépen, vagy mobiltelefonon is elérhető már (*Net3*).

A tradicionális gabonafélék (búza, árpa, és különösen a rozs) viszonylag gazdagok fruktánban, amely a FODMAP szénhidrátok jellegzetes képviselője. Ezért ezek termékei az alacsony FODMAP-tartalmú diétákban nem javallottak. A kenyérbúza adataival összevetve a tönkölyben (*Triticum aestivum* subsp. *spelta*) szignifikánsan alacsonyabb a fruktántartalom. Jellegzetes módon az egyes tönkölyfajták FODMAP-szintjeiben mintegy ötször nagyobb variabilitás található, mint kenyérbúza esetén. A tönkölybúza fruktán tartalma kevésbé érzékeny a környezeti és termesztési körülmények változására (*Pauk et al.* 2019), és ez alapot ad alacsony FODMAP tartalmú tönkölyfajták nemesítésére.

A nemesítés hatása a búza egészségre káros komponenseire

Az egészségre potenciálisan káros komponensek (gliadinok, amiláz-tripszin inhibitorok [ATIs], fruktán) mennyisége a különböző búzafajokban és fajtákban számottevő variabilitást mutat (*Spaenij-Dekking et al.* 2005, *Carocccio et al.* 2011). eltérő CD toxicitásszinteket (*Salentijn et al.* 2009), IBS-érzékenységet (*Halmos et al.* 2014), és NCWS-re utaló hatásokat (*Junker et al.* 2012) lehet kimérni. Amennyiben a különféle gabona-érzékenységek és előfordulási gyakoriságuk növekedése összefügg a tudatos szelekcióval, akkor az ősi és klasszikus fajták ("primitív" rokonaik), amelyekből az évezredek során a hexaploid kenyérbúza létrejött: nem, vagy csak alacsonyabb szinten tartalmaznának toxikus/allergén komponenseket, illetve az IBS kialakulása szempontjából döntő jelentőségű fruktánt. Ez a hipotézis - az elmúlt húsz évben - a különféle búzafajok, tájfajták, illetve a klasszikus és modern búzafajták táplálkozástani tulajdonságait összehasonlító intenzív kutatást indított el. A teljes búzagenom megismerése (*Appels* 2018) ezen vizsgálatok mélységét, precizitását nagymértékben növelte az elmúlt években (*Juhász et al.* 2018, *Bose et al.* 2020).

A primitív búzák és a kenyérbúza potenciálisan egészségre ártalmas komponenseinek összehasonlítása

Sikérfehérjék

A lisztérzékenységekben (CD) szenvedők tüneteit kiváltó komponensek a gabonafehérjékben találhatóak, specifikus aminosav-szekvenciával rendelkező pep-

tidszakaszok, az úgynevezett toxikus/allergén epitópok. Már a korai összehasonlító vizsgálatok (Molberg et al. 2005, Spaenij-Dekking et al. 2005, van Herpen et al. 2006) jelezték a különféle búzafajok epitóptartalmi közötti jellegzetes különbségeket. Kucek et al. (2015) a primitív búzák jellegzetes epitópösszetételét azok genomösszetétele alapján magyarázta. Azok a fajok, amelyek nem tartalmazzák a D genomot, így az alakor és tönke tagozat tagjai, így pl. a durum, általában alacsonyabb immun-reaktivitást mutatnak, mint a hexaploid kenyérbúza. Ennek oka, hogy a legkárosabb α -gliadinok génjei a D genomban találhatóak. A *Triticum* nemzetség tönköly tagozatának minden faja természetesen hexaploid, ennél fogva tartalmazzák a D genomot, és immun-reaktivitásuk a kenyérbúzához hasonló, ahogy ezt Vincentini et al. (2007), van den Broeck et al. (2010b) és Pauk et al. (2019) adatai mutatják. A csak A genomot tartalmazó alakor tagozat fajtái, a legkevesebb toxikus epitópot tartalmazzák (Vincentini et al. 2007), alacsony, de még a veszélyes szintet meghaladó immun-reaktivitást mutatva (Pizzuti et al. 2006, Zanini et al. 2009), a bennük található α és γ gliadin gének miatt (Molberg et al. 2005, van Herpen et al. 2006). A tönke tagozat fajtái (ide tartozik a durum is) az A és B genomokat tartalmazzák, fajtól és fajtától függően változó mennyiségben, de számottevő a toxikus epitóptartalmuk (Auricchio et al. 1982, Vader et al. 2002, Molberg et al. 2005, Vincentini et al. 2009, van den Broeck et al. 2010a). A búza nemzetséget alkotó három genom (A, B és D) közül a B genom tartalmazza a legkevesebb számú α -gliadin epitópot (van Herpen et al. 2006). Azonban kizárólag B genomot tartalmazó búzafaj nem ismeretes a természetben. Ez a diploid faj valószínűleg kihalt, vagy még nem ismert a *Triticum* nemzetség eredetét kutatók számára.

A CD epitópok immunológiai (Gell et al. 2015), illetve tömegspektroszkópiás, valamint szerológiai módszerekkel történt mennyiségi meghatározása (Suligoj et al. 2013) azt az egyértelmű eredményt mutatta, hogy valamennyi diploid, tetraploid és hexaploid vizsgált búzafaj tartalmaz több-kevesebb CD epitópot. Ezek kivétel nélkül CD antigénikusak. Bár néhány kivételesen alacsony CD antigenitású alakor fajt sikerült már azonosítani (Pizzuti et al. 2006), de sem ezek, sem rokonaik (Vaccino et al. 2009, Gianfrani et al. 2012), sem a köztudatban rendkívül népszerű tetraploid fajok, így a kamut búza (Gregorini et al. 2009, Colomba és Gregorini 2012) sem alkalmasak arra, hogy cöliákiások biztonságosan fogyasszák.

FODMAP tartalom

Míg a kenyérbúza FODMAP tartalmával kapcsolatos széleskörű és részletes információ (*Grausgruber et al.* 2019) összefoglaló munkákban elérhető, addig csak szórványos adatokkal rendelkezünk a primitív búzákról. A legrészletesebb munka (*Ziegler et al.* 2016) megállapítja, hogy a gabonafélék mindössze kétféle FODMAP-et, nevezetesen fruktánokat és raffinózt tartalmaznak. A tönke búza $1,24 \pm 0,38$; míg az alakor $2,01 \pm 0,42$ g FODMAP-et tartalmaz, döntően fruktán formájában. *Brandolini et al.* (2011) ezekhez képest magasabb fruktánszinteket talált néhány tönke faj esetén. *Gibson és Shepherd* (2010) alacsony fruktántartalom alapján a tönköly fogyasztását javasolta gabonaérzékenyek számára. Ezt a javaslatot a tömegsajtó és néhány népszerű ismeretterjesztő kiadvány, mint például *Davis* (2011) kiterjesztette, és általánosítva a primitív búza-rokonok fogyasztását propagálta, mindennemű tudományos alapot nélkülözve. A kenyérbúzával összevetve *Escarnot et al.* (2015) valamint *Ziegler et al.* (2016) a tönkölyben alacsonyabb fruktántartalmat talált, de a két faj különféle fajtáinak értékei nagymértékben átfedettek. Szórványosan lehet szignifikánsan alacsony fruktántartalmú tönköly genotípusokat találni, ilyen például Ausztráliában az E3 tönköly, amelynek fruktántartalma mintegy fele a kenyérbúzáénak, és mintegy 20%-kal alacsonyabb, mint bármely más, azonos termőhelyről származó tönköly fruktánszintje (*Békés et al.* 2017). Az E3 vonalat kontrollként használva 105, Magyarországon termesztett tönköly genotípus közül hét mutatott még az E3-nál is szignifikánsan alacsonyabb (<0,9%) FODMAP tartalmat (*Békés et al.* 2017, *Pauk et al.* 2019). Az E3 tönköly lisztjéből direkt technológiával (no-time; NTD) készült kenyér, IBS-ben szenvedők bevonásával végrehajtott klinikai (egyszeres és keresztezett vakpróba) kísérletben szignifikánsan kedvezőbb volt, a kontrollként használt búzakenyerekkel összehasonlítva (*Muir et al.* 2014).

Amiláz-tripszin inhibitor tartalom

Az amiláz-tripszin inhibitor (ATI) fehérjéket kódoló gének a búza 3BS és 3DS kromoszómáin találhatóak. Az A genom analóg génjei mind a kenyérbúzában, mind a durum búzában inaktív/csendesek (*Zoccatelli et al.* 2012, *Capocchi et al.* 2013). Így az A genomot tartalmazó diploid búzák extraktjai nem mutatnak α -amiláz aktivitást (*García-Maroto et al.* 1990, 1991; *Dupont et al.* 2011, *Reig-Otero et al.* 2018). Az ATI tartalom a tetraploid és hexaploid búzában – így a tönkölyben is – a kenyérbúza ATI-tartalmához viszonyítva alacsony (*Zevallos et al.* 2017).

A kenyérbúza fehérjetartalmának mintegy 4%-át kitevő ATI frakció minimum 14 különböző polipeptidet tartalmaz (Altenbach et al. 2011). Huang et al. (2020) összefoglalója szerint ezen alegységként található fehérjék nevezék-tana meglehetősen következetlen. Hol a fehérje elektroforetikus mobilitására (0,28 inhibítor), hol a molekulaméretre (12 kDa inhibítor) utalóan, míg a 60 kD méretű hetero-tetramer alegységeit azok kloroform-metanol elegyben való oldhatósága alapján CM fehérjéknek (CM1, CM2, CM3, CM16, CM17) nevezik. Valamennyi alegység 11–16 kD méretű, 10 ciszteint tartalmaz, melyek öt intermolekuláris diszulfid kötéssel kapcsolódnak össze. Az ATI alegységekből összeálló dimerek és tetramerek nem kovalens kötések által jönnek létre (Altenbach et al. 2011). Ezekből az alegységekből felépült fehérjék ötször intenzívebb biológiai/biokémiai aktivitást mutatnak, mint a monomerek (Zevallos et al. 2017).

A különféle búzafajok ATI-tartalmát vizsgáló első részletes tanulmány Geisslitz et al. (2018) munkája. Folyadék-kromatográfia/tandem tömegspektroszkópiás (LC-MS/MS) módszerrel összehasonlították 8–8 kenyérbúza, egy durum, egy tönköly, egy tönke és egy alakor búza ATI tartalmát és azok eloszlását hat különféle ATI-polipeptid (ATI 0,19 + 0,53; 0,28; CM2, CM3 és CM16) esetén, azonos termesztési körülmények között felnevelt mintákban. Az ATI alegységek eloszlása jellegzetes a hexaploid, tetraploid és diploid fajokban, alkalmasnak tűnik fajspecifikus mintázatként való alkalmazásra. Az eredmények értelmében a tönköly és a tönke ATI tartalma magasabb a kenyérbúzánál, míg a durum értékei közbenső helyet foglalnak el. A vizsgált nyolc alakor mintából háromnál szignifikánsan alacsony ATI tartalmat találtak a kenyérbúza adatokhoz képest.

Régi és modern búzafajták összehasonlítása

Sikérfehérjék

A búzanemesítés alapvető célja a kezdetektől napjainkig alig változott. A fő cél változatlanul olyan új fajták nemesítése, melyek egyre jobb termőképességükkel alkalmasak a növekvő emberi populáció szükségleteinek kielégítésére. A modern mezőgazdaság az 1950-es évek óta intenzíven alkalmazza a különféle búza-, illetve rokonfajokkal történő crossbreeding technikát, a termés-hozam növelése érdekében. A csökkent szármagasságot eredményező feltörpe gének [(*Rht*)-*B1b* és *Rht-D1b*] a termés-hozam attraktív növelését eredményezték a Zöld Forradalom idején (Hedden 2003).

A terméshozam növelését fókuszáló nemesítés során, a 20. században előállított búzafajták szisztematikus vizsgálata genetikai törvényeken alapuló összefüggéseket mutat. Fordított összefüggés áll fenn a termésmennyiség és a termék fehérjetartalma között (*Mohler et al.* 2011, *Sherman et al.* 2014). Az 1983 és 2014 között végrehajtott hivatalos német fajtakísérletekben 1dt-ha terméshozam-növekedés a termék fehérjetartalmának 0,071%-os csökkenését hozta magával (*Laidig et al.* 2017). Hasonló eredményeket talált *Simmonds* (1995), *Oury* és *Godin* (2007), *Oberforster* és *Werteker* (2011) valamint *Riaz et al.* (2019a) is, különböző termesztési körülmények között.

A búza funkcionális tulajdonságainak megőrzése – a fehérjetartalom csökkenésének hatásait ellensúlyozva – megkövetelte a fehérjeösszetétel szisztematikus módosítását is. Amíg a terméshozam-fehérjetartalom összefüggés szakirodalma kiválóan dokumentált, addig a sikerminőség javítását célzó elemzések szakirodalmi adatai szűkösebbek. A rendelkezésre álló adatok alapján két alapvető tendencia állapítható meg a sikererősség és nyújthatóság növelését célzó fehérjeösszetétel-változások alakulásában. Az egyik esetben, (a) változott a glutenin-gliadin fehérje arány a gliadin-tartalom abszolút csökkenése által. A másik, (b) a modern fajtákban a tudatos keresztezési stratégia során előtérbe kerültek a funkcionális tulajdonságok javítására alkalmas HMW glutenin allélok. A 19. és 20. században a nemesítés a gliadin-összetételben (α/β , γ és ω gliadinok közötti mennyiségi eloszlás) tendenciózus változásokat nem hozott létre, hiszen ezen fehérjéknek a szerepe a tészta reológiai sajátosságainak kialakításában másodlagos. A klasszikus és modern fajták gliadin-összetételében, így nem is mutatható ki a fajtaelismerés évével korreláló különbség.

A különféle búzafajok és ezek különböző fajtái gliadin polipeptidjeinek aminosav-szekvenciái között számottevő a különbség, ezért a toxikus epitóptartalmak mennyiségének értékelésekor elengedhetetlen az egyes fajok és fajták összehasonlító vizsgálata (*Wang et al.* 2017, *Cho et al.* 2018). *Ribeiro et al.* (2016) RP-HPLC metodika alkalmazásával hasonlította össze számos kenyérbúza, durumbúza, tönkölyfajta és tájfajta gliadinjainak mennyiségi összetételét. Eredményeik szerint a közönséges búza alfajai és tájfajtái szignifikánsan több CD epitópot tartalmaztak, mint nemesített azonos fajú társaik. Hasonló konklúzióval zárultak *Malalgoda* (2016) vizsgálatai, amikor megállapította, hogy valamennyi 1910 és 2013 között Észak-Dakotában nemesített kenyérbúza fajtában és a régióban gyűjtött valamennyi tájfajtában jelen vannak immunogén peptidok. Mennyiségük és a fajtaelismerés éve között nincs statisztikai összefüggés.

De Santis et al. (2017) a 20. században Olaszországban nemesített durumfajták funkcionális és egészséggel kapcsolatos sajátságainak alakulását követte nyomon. Megállapítva, hogy a terméshozam növelése kapcsán elvesztett funkcionális tulajdonságok kompenzálásának eszköze a növekvő glutenin-gliadin arány mellett a jobb minőséget adó HMW és LMW gluteninek tudatos bevezetése volt. Különösen a nagyobb expressziós tulajdonságú, B-típusú LMW glutenin allélek alkalmazása volt domináns. A fehérjeösszetétel ezen változásainak hatására szignifikánsan lecsökkent az α , γ és ω gliadintartalom, maga után vonva a toxikus CD epitópok, valamint – az alacsonyabb ω -5 tartalom miatt – a WDEIA-ért felelős allergén epitópok mennyiségének szignifikáns csökkenését.

A klasszikus (rég) és modern iráni búzafajták összehasonlításakor *Izadi-Darbandi et al.* (2010) úgyszintén megnövekedett glutenin-gliadin arányt, valamint a 5+10 alegységeket tartalmazó Glu1Dd és a túltermelő 7-es alegységet tartalmazó Glu1Bal allél relatív gyakoriságának növekedését írták le.

Hetvennyolc fajtából álló, az 1860 és 2015 között Ausztráliában nemesített búzafajtákat reprezentáló populáció részletes elemzése kapcsán (*Florides et al.* 2019, *Riaz et al.* 2019b) a csökkenő fehérjetartalom ellenére javuló reológiai tulajdonságokról számoltak be. Ennek magyarázatát a megnövekedett glutenin-gliadin arányban és a fenti két HMW glutenin allél gyakoribb előfordulásában találták meg. Különböző kromatográfiás és tömegspektroszkópiai technikák, valamint bioinformatikai módszerek kombinált alkalmazásával, a nemesítési módszert dolgozták ki, amely alkalmas a minták toxikus 1,2 ω gliadin polipeptidjeinek mennyiségi jellemzésére, amely módszerrel egy, 170 régi (klasszikus) és modern fajtát felölelő mintapopuláció elemeinek relatív toxicitását tudták értékelni (*Florides et al.* 2019).

Összefoglalva, a fehérjetartalom – és ezen belül a gliadintartalom – a modern fajtákban alacsonyabb, mint a klasszikus fajtákban. Ebből következően a modern fajták alacsonyabb szinten tartalmaznak egészségre potenciálisan ártalmas epitópokat.

Fruktántartalom

Riaz et al. (2019a) az elmúlt 150 évben nemesített ausztrál búzafajták fruktán-szintjeinek vizsgálatokor nem talált statisztikailag értékelhető összefüggést a fajtaelismerés ideje és a FODMAP tartalom között, két évjáratból származó mintasoron. A fruktán tartalom 1,01 és 2,27% között mozgott, enyhe szórással,

szignifikáns különbséget mutatva a két évjárat (2015 és 2016) átlagai (1,38 és 1,74%) között. Hasonló eredmények születtek *Fretzdorff* és *Welge* (2003ab) munkáiban történelmi és modern osztrák fajták fruktánszintjeit vizsgálva.

Bár kiugróan magas vagy alacsony fruktántartalmakat egyik szűrővizsgálatban sem találtak, mindkét esetben akadt néhány, az átlagos szintnél konzekvensen alacsonyabb fruktántartalmakat mutató fajta, amelyek – *Riaz et al.* (2019a) értékelése szerint – alkalmasak lehetnek a nemesítési gyakorlatban alacsony fruktántartalmú, új fajták előállítására.

Amiláz-tripszin tartalom

Az ATI-tartalom fajtánkénti változékonyságával kapcsolatosan a legrészletesebb adatokat *Bose et al.* (2020) közelmúltban publikált munkája tartalmazza: 15 köztermesztésben lévő búzafajta, valamint az ausztrál nyolcelemes MAGIC populáció (*Cavanagh et al.* 2008) szülővonalai 18 ATI-izoformjainak azonosítását és mennyiségi összehasonlítását végezték el LC-MS technikával. A 23 vizsgált fajta között két-két szignifikánsan magas, illetve alacsony ATI-tartalmú fajtát találtak, és egy referencia-térképet fejlesztettek a kapott adatok bioinformatikai feldolgozásával, amely alkalmas extrém ATI-tartalmú vonalak szelektálására.

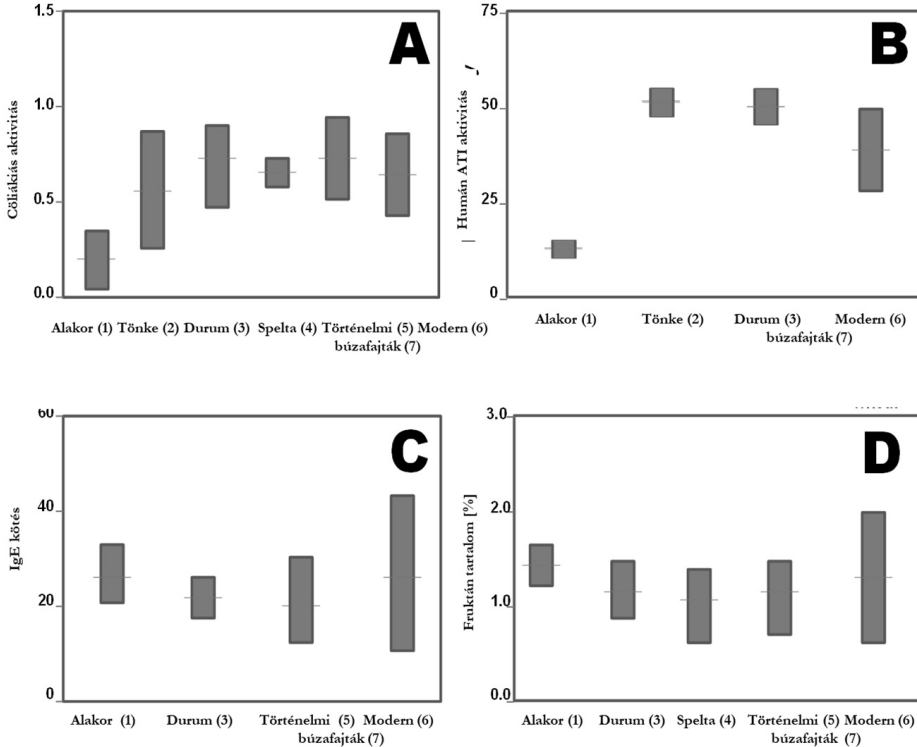
Egészségre nem ártalmas búzafajták létrehozása

A különféle búzafajok, illetve a klasszikus és modern kenyérbúza fajták szakirodalomban közölt legfrissebb cöliákiás-, amiláz inhibitor-, allergén-aktivitás adatait, valamint fruktán-tartalmaikat a 2. *ábra* szemlélteti.

Mіндеzen adatok egyértelműen kizárják azt a vitatott véleményt, amely a modern növénynemesítés gyakorlatában keresi a gabonákkal szembeni érzékenység 20. század második fele óta tapasztalt, megnövekedett előfordulási gyakoriságának okát. Valamennyi köztermesztésben lévő primitív búza, valamennyi durum és kenyérbúza tájfajta, valamint valamennyi klasszikus és modern, nemesítéssel létrehozott búzafajta tartalmaz több-kevesebb, az egészségre potenciálisan káros anyagot, cöliákiás és allergén epitópokat, α -amiláz-tripszin inhibitor és fruktánt.

Az elmúlt 120 évben az egészségre potenciálisan káros búzskomponensek mennyisége nem szerepelt a szelekció során figyelembe vett tulajdonságok között. A nagyobb termés hozam, illetve a funkcionális tulajdonságok javítása volt a cél.

2. ábra. A különféle búzafajok, illetve a klasszikus és modern kenyérbúzafajták szakirodalomban közölt legfrissebb (A) cöliákiás-, (B) α -amiláz inhibitor- és (C) allergén-aktivitása, valamint (D) fruktán-tartalmai



Megjegyzés: a „Történelmi búzafajták” oszlopok a tájfajták, valamint az 1950 előtt nemesített fajták adatainak átlagát, a „Modern búzafajták” oszlopok az 1950 után nemesített fajták adatainak átlagát reprezentálják.

Figure 2. Values reported in the literature within classic and modern wheat varieties and among wheat species for (A) celiac reactivity, (B) human α -amylase inhibitor activity (ATI), (C) allergenicity, and (D) fructan content. (1) Eikorn, (2) Emmer, (3) Durum wheat, (4) Spelt, (5) Heritage, (6) Modern, (7) Wheat, Note: modern wheat includes varieties of common wheat that were developed after 1950, while heritage wheat includes varieties and landraces that were developed before 1950.

A megnövekedett terméshozammal együttjáró fehérjetartalom-csökkenés, ennek következményeként a funkcionális tulajdonságok nem kívánt hatásai – elsősorban a sikererősség csökkenését kompenzálандó tudatos szelekció a glutenin-gliadin arány növelésére – azzal a spontán következménnyel járt, hogy az újabb fajtákban a kártékony anyagok, különösen a gliadin-fehérjékben található epitópok mennyisége csökkent (Izadi-Darbandi et al. 2010, Prandi et

al. 2014, 2017; *Malalgoda* 2016, *Ribeiro et al.* 2016, *De Santis et al.* 2017, *Florides et al.* 2019, *Riaz et al.* 2019b). Ugyanakkor a nem fehérje eredetű komponensek (mint például a fruktán) relatív mennyiségében nem történt értékelhető változás (*Fretzdorff és Welge* 2003ab, *Riaz et al.* 2019a).

A primitív búzák, tájfajták és történelmi fajták körében végzett szűrővizsgálatok során néhány alacsony gliadin-, illetve FODMAP-tartalommal rendelkező genotípust találtak. Ezen eredmények rávilágítanak a jövő nemesítésében felhasználható, értékes génpool-t jelentő anyagokra, melyek alkalmazásával egészségesebb, magas termőképességű, megfelelő funkcionalitással rendelkező új fajták állíthatók elő. Ennek a kutatásnak a határfoka napjainkban szignifikánsan fokozható a molekuláris nemesítés modern technikáival, mint a mutagenézis és a génszerkesztés módszerével (*Shewry és Tatham* 2016, *Boukid et al.* 2017, *Jouanin et al.* 2018a, *Malalgoda et al.* 2018, *Rustgi et al.* 2019). Európában és hazánkban ezek a technikák GM technológia megítélése alá esnek, de kutatásuk engedély birtokában lehetséges.

A különféle, potenciálisan ártalmas komponensek expressziója a magban, nagymértékben függ a környezeti és termesztési körülményektől. A cöliakiás és allergén komponensek klimatikus, abiotikus és biotikus hatásokra bekövetkező mennyiségi változásairól *Juhász et al.* (2020) közelmúltban megjelent munkája ad áttekintést. Külön említést érdemelnek a csökkentett gliadintartalmú, leendő búzafajták köztermesztéséhez készülő agrotechnikai ajánlások, melyek a nitrogén műtrágyázási szintek optimalizálásával megfelelő terméseredményt biztosítva biztonságos szintű gliadinmennyiséget eredményezhetnek (*Jouanin et al.* 2018b, *Garcia-Molina et al.* 2019).

Köszönetnyilvánítás

Ez a munka az OTKA-K 16-119835 pályázat anyagi támogatásával készült. A szerzők köszönetüket fejezik ki Dr. C. W. Wrigley-nek a témában adott konzultációért.

Irodalom

Altenbach, S. B.–Vensel, W. H.–Dupont, F. M.: 2011. The spectrum of low molecular weight alpha-amylase/protease inhibitor genes expressed in the US bread wheat cultivar Butte 86. *Biomed Central Research Notes*. 4: 242.

- Al-Toma, A. –Volta, U. –Auricchio, R. –Castillejo, G. –Sanders, D. –Cellier, C. –Mulder, C. J. –Lundin, K. A. E.*: 2019. European Society for the Study of Coeliac Disease (ESSCD) guideline for coeliac disease and other gluten-related disorders. *United European Gastroenterology Journal*. 7: 583–613.
- Appels, R.*: 2018. Shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome. *The International Wheat Genome Sequencing Consortium. Science*. 361: 7191.
- Arendt, E. K. –Dal Bello, F.*: 2008. *Gluten-free cereal products and beverages*. Academic Press. San Diego.
- Auricchio, S. –De Ritis, G. –De Vincenzi, M. –Occorsio, P. –Silano, V.*: 1982. Effects of gliadin-derived peptides from bread and durum wheats on small intestine cultures from rat fetus and coeliac children. *Pediatric Research*. 16: 1004–1010.
- Balakireva, A. –Zamyatnin, A. A.*: 2016. Properties of gluten intolerance: gluten structure, evolution, pathogenicity and detoxification capabilities. *Nutrients*. 8: 644.
- Battais, F. –Courcoux, P. –Popineau, Y. –Kanny, G. –Moneret-Vautrin, D. A. –Denery-Papini, S.*: 2005a. Food allergy to wheat: differences in immunoglobulin E-binding proteins as a function of age or symptoms. *Journal of Cereal Science*. 42: 109–117.
- Battais, F. –Mothes, T. –Moneret-Vautrin, D. A. –Pineau, F. –Kanny, G. –Popineau, Y. –Bodinier, M. –Denery-Papini, S.*: 2005b. Identification of IgE-binding epitopes on gliadins for patients with food allergy to wheat. *Allergy*. 60: 815–21.
- Békés, F. –Ács, K. –Gell, G. –Lantos, C. –Kovács, A. M. –Birinyi, Z. –Pauk, J.*: 2016. Towards breeding less allergenic spelt wheat with low FODMAP content. *Acta Alimentaria*. 46: 246–258.
- Békés, F. –Schoenlechner, R. –Tömösközi, S.*: 2017. Ancient wheats and pseudocereals for possible use in cereal-grain dietary intolerances. [In: Wrigley et al. (eds.) *Cereal Grains Assessing and Managing Quality*.] Elsevier. Amsterdam. 353–389.
- Biesiekierski, J. R. –Peters, S. L. –Newnham, E. D. –Rosella, O. –Muir, J. G. –Gibson, P. R.*: 2013. No effects of gluten in patients with self-reported non-celiac gluten sensitivity after dietary reduction of fermentable, poorly absorbed, short-chain carbohydrates. *Gastroenterology*. 145: 320–328.
- Biesiekierski, J. R. –Rosella, O. –Rose, R. –Liels, K. –Barrett, J. S. –Shepherd, S. J. –Gibson, P. R. –Muir, J. G.*: 2011. Quantification of fructans galacto-oligosaccharides and other short-chain carbohydrates in processed grains and cereals. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 24: 154–176.
- Bose, U. –Juhász, A. –Broadbent, J. A. –Byrne, K. –Howitt, C. A. –Colgrave, M. L.*: 2020. Identification and quantitation of amylase trypsin inhibitors across cultivars representing the diversity of bread wheat. *Journal of Proteome Research*. 19: 2136–2148.
- Boukid, F. –Mejri, M. –Pellegrini, N. –Sforza, S. –Prandi, B.*: 2017. How looking for celiac-safe wheat can influence its technological properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 16: 797–807.

- Braly, J.–Hoggan, R.*: 2002. Dangerous grains: Why gluten cereal grains may be hazardous to your health. Penguin Group. New York.
- Branchi, F.–Ferretti, F.–Norsa, L.–Roncoroni, L.–Conte, D.–Bardella, M. T.–Elli, L.*: 2015. Management of nonceliac gluten sensitivity by gastroenterology specialists: Data from an Italian survey. *BioMed Research International*. 2015: 530136.
- Brandolini, A.–Hidalgo, A.–Plizzari, L.–Erba, D.*: 2011. Impact of genetic and environmental factors on einkorn wheat (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) polysaccharides. *Journal of Cereal Science*. 53: 65–72.
- Brouns, F.–van Rooy, G.–Shewry, P. R.–Rustgi, S.–Jonkers, D.*: 2019. Adverse reactions to wheat or wheat components. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 18: 1437–1452.
- Caio, G.–Volta, U.–Sapone, A.–Leffler, D. A.–De Giorgio, R.–Catassi, C.–Fasano, A.*: 2019. Celiac disease: a comprehensive current review. *BMC Medicine*. 17: 142.
- Capocchi, A.–Muccilli, V.–Cunsolo, V.–Saletti, R.–Foti, S.–Fontanini, D.*: 2013. A heterotetrameric alpha-amylase inhibitor from emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) seeds. *Phytochemistry*. 88: 6–14.
- Carroccio, A.–Di Prima, L.–Noto, D.–Fayer, F.–Ambroiano, G.–Villanacci, V.–Cammers, K.–Lafiandra, D.–De Ambrogio, E.–Di Fede, G.–Iacono, G.–Pogna, N.*: 2011. Searching for wheat plants with low toxicity in celiac disease: Between direct toxicity and immunologic activation. *Digestive and Liver Disease: Official Journal of the Italian Society of Gastroenterology and the Italian Association for the Study of the Liver*. 43: 34–39.
- Caruso, R.–Pallone, F.–Stasi, E.–Romeo, S.–Monteleone, G.*: 2013. Appropriate nutrient supplementation in celiac disease. *Annals of Medicine*. 45: 522–531.
- Catassi, C.–Bai, J. C.–Bonaz, B.–Bouma, G.–Calabr`o, A.–Carroccio, A.–Castillejo, G.–Ciacci, C.–Cristofori, F.–Dolinsek, J.*: 2014. Non-celiac gluten sensitivity: the new frontier of gluten related disorders. *Nutrients*. 5: 3839–3853.
- Catassi, C.–Elli, L.–Bonaz, B.–Bouma, G.–Carroccio, A.–Castillejo, G.–Cellier, C.–Cristofori, F.–de Magistris, L.–Dolinsek, J.–Dieterich, W.–Francavilla, R.–Hadjivassiliou, M.–Holtmeier, W.–Korner, U.–Leffler, D. A.–Lundin, K. E. A.–Mazzarella, G.–Mulder, C. J.–Pellegrini, N.–Rostami, K.–Sanders, D.–Skodje, G. I.–Schuppan, D.–Ulrich, R.–Volta, U.–Williams, M.–Zevallos, V. F.–Zopf, Y.–Fasano, A.*: 2015. Diagnosis of non-celiac gluten sensitivity (NCGS): the Salerno experts' criteria. *Nutrients*. 7: 4966–4977.
- Catassi, C.–Fasano, A.*: 2018. From Ptolemaus to Copernicus: the evolving system of gluten-related disorder. MDPI AG. Basel.
- Cavanagh, C.–Morell, M.–Macka, I.–Powell, W.*: 2008. From mutations to MAGIC: resources for gene discovery validation and delivery in crop plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 11: 215–221.

- Cho, K.-Beom, H. R.-Jang, Y. R.-Altenbach, S. B.-Vensel, W. H.-Simon-Buss, A.-Lim, S. H.-Kim, M. G.-Lee, J. Y.: 2018. Proteomic profiling and epitope analysis of the complex α -, γ -, and ω -gliadin families in a commercial bread wheat. *Frontiers in Plant Science*. 9: 818.
- Colomba, M. S.-Gregorini, A.: 2012. Are ancient durum wheats less toxic to celiac patients? A study of alpha-gliadin from Graziellara and Kamut. *The Scientific World Journal*. 8: 837416.
- Comino, I.-Moreno, M.-Real, A.-Rodríguez-Herrera, A.-Barro, F.-Sousa, C.: 2013. The gluten-free diet: Testing alternative cereals tolerated by celiac patients. *Nutrients*. 5: 4250-4268.
- Davis, W.: 2011. *Wheat belly: lose the wheat, lose the weight, and find your path back to health*. Rodale Press, Emmaus.
- De Santis, M. A.-Giuliani, M. M.-Giuzio, L.-De Vita, P.-Lovegrove, A.-Sheury, P. R.-Flagella, Z.: 2017. Differences in gluten protein composition between old and modern durum wheat genotypes in relation to 20th century breeding in Italy. *European Journal of Agronomy*. 87: 19-29.
- Di Nardo, G.-Villa, M. P.-Conti, L.-Ranucci, G.-Pacchiarotti, C.-Principessa, L.-Raucci, U.-Paris, P.: 2019. Nutritional deficiencies in children with celiac disease resulting from a gluten-free diet: a systematic review. *Nutrients*. 11: 1588.
- Dupont, F. M.-Vensel, W. H.-Tanaka, C. K.-Hurkman, W. J.-Altenbach, S. B.: 2011. Deciphering the complexities of the wheat flour proteome using quantitative two-dimensional electrophoresis, three proteases and tandem mass spectrometry. *Proteome Science*. 9: 10.
- El Khoury, D.-Balfour-Ducharme, S.-Joye, I. J.: 2018. A review on the gluten-free diet: Technological and nutritional challenges. *Nutrients*. 10: 1410.
- Escarnot, E.-Dornez, E.-Verspreet, J.-Agneessens, R.-Courtin, C. M.: 2015. Quantification and visualization of dietary fibre components in spelt and wheat kernels. *Journal of Cereal Science*. 62: 124-133.
- Fasano, A.-Sapone, A.-Zevallos, V.-Schuppan, D.: 2015. Non-celiac gluten sensitivity. *Gastroenterology*. 148: 1195-1204.
- Florides, C.-Juhász, A.-Ma, W.-Vanniasinkam, T.-Eastwood, R.-Békés, F.-Blanchard, C. L.: 2019. A gluten protein allergenicity study in Australian wheat varieties from historic times to present. *Cereals and Grains Conference of AACCI*. London.
- Ford, R.: 2008. *The gluten syndrome is wheat causing you harm?* RRS Global LT. Christchurch.
- Fretzdorff, B.-Welge, N.: 2003b. Abbau von getreideeigenen Fructanen während der Herstellung von Roggenvollkornbrot. *Getreide, Mehl und Brot*. 57: 147-151.
- Fretzdorff, B.-Welge, N.: 2003a. Fructan- und Raffinosegehalte im Vollkorn einiger Getreidearten und Pseudo-Cerealien. *Getreide, Mehl und Brot*. 57: 3-8.
- Garcia-Maroto, F.-Carbonero, P.-Garcia-Olmedo, F.: 1991. Site-directed mutagenesis and expression in *Escherichia coli* of WMAI-1, a wheat monomeric inhibitor of insect α -amylase. *Plant Molecular Biology*. 17: 1005-1011.

- García-Maroto, F.–Marana, C.–Mena, M.–García-Olmedo, F.–Carbonero, P.:* 1990. Cloning of cDNA and chromosomal location of genes encoding the three types of subunits of the wheat tetrameric inhibitor of insect α -amylase. *Plant Molecular Biology*. 14: 845–853.
- García-Molina, M. D.–Giménez, M. J.–Sánchez-Leon, S.–Barro, F.:* 2019. Gluten Free Wheat: Are We There? *Nutrients*. 11: 487.
- Geisslitz, S.–Ludwig, C.–Scherf, K. A.–Koehler, P.:* 2018. Targeted LC-MS/MS reveals similar contents of α -amylase/trypsin-inhibitors as putative triggers of nonceliac gluten sensitivity in all wheat species except Einkorn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 66: 12395-12403.
- Gell, Gy.–Kovács, K.–Molnár, I.–Bugyi, Zs.–Tömösközi, S.–Juhász, A.:* 2015. CD-specific prolamin peptide content of wheat relatives and wild species determined by ELISA assays and bioinformatics analyses. *Cereal Res. Commun.* 43: 133–143.
- Gianfrani, C.–Maglio, M.–Aufiero, V. R.–Camarca, A.–Vocca, I.–Jaquinto, G.–Giardullo, N.–Pogna, N.–Troncone, R.–Auricchio, S.–Mazzarella, G.:* 2012. Immunogenicity of monococcum wheat in celiac patients. *American Journal of Clinical Nutrition*. 96: 1339–1345.
- Gibson, P. R.–Shepherd, S.:* 2010. Evidence-based dietary management of functional gastrointestinal symptoms: The FODMAP approach. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 25: 252–258.
- Gibson, P. R.–Shepherd, S. J.:* 2005. Food for thought: Western lifestyle and susceptibility to Crohn's disease: the FODMAP hypothesis. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*. 2: 1399–1409.
- Grausgruber, H.–Lovegrove, A.–Shewry, P. R.–Békés, F.:* 2019. FODMAP in wheat. [In: Igrejas et al. (eds.) *Improving wheat quality for processing and health.*] Springer. Cham. 515–532.
- Gregorini, A.–Colomba, M.–Ellis, H. J.–Ciclitira, P. J.:* 2009. Immunogenicity characterization of two ancient wheat alpha-gliadin peptides related to coeliac disease. *Nutrients*. 1: 276–290.
- Guandalini, S.–Polanco, I.:* 2015. Nonceliac gluten sensitivity or wheat intolerance syndrome? *The Journal of Pediatrics*. 166: 805–811.
- Hallert, C.–Grant, C.–Grehn, S.–Granno, C.–Hulten, S.–Midhagen, G.–Strom, M.–Svensson, H.–Valdimarsson, T.:* 2002. Evidence of poor vitamin status in coeliac patients on a gluten-free diet for 10 years. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 16: 1333–1339.
- Halmos, E. P.–Christophersen, C. T.–Bird, A. R.–Shepherd, S. J.–Gibson, P. R.–Muir, J. G.:* 2015. Diets that differ in their FODMAP content alter the colonic luminal microenvironment. *Gut*. 64: 93–100.
- Halmos, E. P.–Power, V. A.–Shepherd, S. J.–Gibson, P. R.–Muir, J. G.:* 2014. A diet low in FODMAPs reduces symptoms of irritable bowel syndrome. *Gastroenterology*. 146: 67–75.

- Hedden, P.: 2003. The genes of the green revolution. *Trends in Genetics*. 19: 5–9.
- Hestler, K.–Saliba, A.–McIntyre, E.: 2017. A preliminary exploration of non-coeliac gluten avoidance behaviours in Australia. *GRDC Updata Papers*. 14 Feb 2017.
- Huang, X.–Schuppan, D.–Tovar, L. E. R.–Zevallos, V. F.–Loponen, J.–Ganzle, M.: 2020. Sourdough fermentation degrades wheat alpha-amylase/trypsin inhibitor (ATI) and reduces pro-inflammatory activity. *Foods*. 9: 943.
- Hungin, A. P. S.–Whorwell, P. J.–Tack, J.–Mearin, F.: 2003. The prevalence, patterns and impact of irritable bowel syndrome: an international survey of 40 000 subjects. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 17: 643–50.
- Islam, S.–Ma, W.–Yan, G.–Békés, F.–Appels, R.: 2011. Modifying processing and health attributes of wheat bread through changes in composition genetics and breeding. [In: Cauvain and Tran (eds.) *Bread making, improving quality*.] Woodhead Publishing Limited. Cambridge. 259–296.
- Izadi-Darbandi, A.–Yazdi-Samadi, B.–Shanejat-Boushehri, A. A.: 2010. Allelic variations in Glu-1 and Glu-3 loci of historical and modern Iranian bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Journal of Genetics*. 89: 193–199.
- Jargon, J.: 2014. The gluten-free craze: Is it healthy? *The Wall Street Journal*. 14 June 2014.
- Jouanin, A.–Boyd, L.–Visser, R. G. F.–Smulders M. J. M.: 2018b. Development of wheat with hypoimmunogenic gluten obstructed by the gene editing policy in Europe. *Frontiers in Plant Science*. 9: 1523.
- Jouanin, A.–Gilissen, L. J. W. J.–Boyd, L. A.–Cockram, J.–Leigh, F. J.–Wallington, E. J.–Smulders, R.: 2018a. Food processing and breeding strategies for coeliac-safe and healthy wheat products. *Food Research International*. 110: 11–21.
- Juhász, A.–Belova, T.–Florides, C. G.–Maulis, C.–Fischer, I.–Gell, G.–Birinyi, Z.–Ong, J.–Keeble-Gagnere, G.–Maharajan, A.: 2018. Genome mapping of seed-borne allergens and immunoresponsive proteins in wheat. *Science Advances*. 4: 8602.
- Juhász, A.–Haraszi, R.–Békés, F.: 2020. Effects of environmental changes on the allergen content of wheat grain. [In: Igrejas et al. (eds.) *Improving wheat quality for processing and health*.] Springer. Cham. 451–468.
- Junker, Y.–Zeissig, S.–Kim, S. J.–Barisani, D.–Wieser, H.–Leffler, D. A.–Zevallos, V.–Libermann, T. A.–Dillon, S.–Freitag, T. L.–Kelly, C. P.–Schuppan, D.: 2012. Wheat amylase trypsin inhibitors drive intestinal inflammation via activation of toll-like receptor 4. *Journal of Experimental Medicine*. 209: 2395–2408.
- Kucek, L. K.–Veenstra, L. D.–Amnuaycheewa, P.–Sorrells, M. E.: 2015. A grounded guide to gluten: how modern genotypes and processing impact wheat sensitivity. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 14: 285–302.
- Kusaba-Nakayama, M.–Ki, M.–Iwamoto, M.–Shibata, R.–Sato, M.–Imaizumi, K.: 2000. CM3, one of the wheat alpha-amylase inhibitor subunits, and binding of IgE in sera from Japanese with atopic dermatitis related to wheat. *Food and Chemical Toxicology*. 38: 179–85.

- Laidig, F.–Piepho, H. P.–Rentel, D.–Drobek, T.–Meyer, U.–Huesken, A.:* 2017. Breeding progress, environmental variation and correlation of winter wheat yield and quality traits in German official variety trials and on-farm during 1983–2014. *Theoretical and Applied Genetics*. 130: 223–245.
- Lamacchia, C.–Camarca, A.–Picascia, S.–Di Luccia, A.–Gianfrani, C.:* 2014. Cereal-based gluten-free food: How to reconcile nutritional and technological properties of wheat proteins with safety for celiac disease patients. *Nutrients*. 6: 575–590.
- Ludvigsson, J. F.–Rubio-Tapia, A.–van Dyke, C. T.–Melton, L. J.–Zinsmeister, A. R.–Lahr, B. D.–Murray, J. A.:* 2013. Increasing incidence of celiac disease in a North American population. *The American Journal of Gastroenterology*. 108: 818–824.
- Malalgoda, M. M. G.–Manthey, F.–Simsek, S.:* 2018. Reducing the celiac disease antigenicity of wheat. *Cereal Chemistry*. 95: 49–58.
- Malalgoda, M. M. G.:* 2016. Investigation of protein composition in historic and modern hard red spring wheat cultivars. PhD thesis. Fargo. North Dakota.
- Manti, S.–Cuppari, C.–Tardino, L.–Parisi, G.–Spina, M.–Salpietro, C.–Leonardi, S.:* 2017. Applied nutritional investigation: HMGB1 as a new biomarker of celiac disease in children: a multicenter study. *Nutrition*. 37: 18–21.
- Mardini, H. E.–Westgate, A. P.–Grigorian, R. Y.:* 2015. Differences in the prevalence of celiac disease in the US population: National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2009–2012. *Digestive Diseases and Sciences*. 60: 1738–1742.
- Melini, V.–Melin, F.:* 2019. Gluten-free diet: Gaps and needs for a healthier diet. *Nutrients*. 11: 170.
- Mohler, V.–Schweizer, G.–Hartl, L.:* 2011. Bread-making quality and grain yield in German winter wheat. II. Marker-trait associations. 61. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzuechter und Saatgutkaufleute Oesterreichs. 2010: 29–31.
- Molberg, O.–Uhlen, A. K.–Jensen, T.–Flate, N. S.–Fleckenstein, B.–Arentz–Hansen, H.–Raki, M.–Lundin, K. E.–Sollid, L. M.:* 2005. Mapping of gluten T-cell epitopes in the bread wheat ancestors: implications for celiac disease. *Gastroenterology*. 128: 393–401.
- Molina-Infante, J.–Carroccio, A.:* 2017. Suspected nonceliac gluten sensitivity confirmed in few patients after gluten challenge in double-blind, placebo-controlled trials. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 15: 339–348.
- Morita, E.–Matsuo, H.–Chinuki, Y.–Takahashi, H.–Dahlstrom, J.–Tanaka, A.:* 2009. Food-dependent exercise-induced anaphylaxis importance of omega-5 gliadin and HMW-glutenin as causative antigens for wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis. *Allergology International*. 58: 493–498.
- Muir, J. G.–Mills, J.–Suter, D.–Békés, F.–Liels, K.–Yao, L. K.–Gibson, P. R.:* 2014. FODMAP in gluten-free grains may explain improved gastrointestinal symptoms in IBS on a gluten-free diet. *Journal of Nutrition and Intermediary Metabolism*. 1: 14–15.

- Muir, J. G.–Rose, R.–Rosella, O.–Liels, K.–Barrett, J. S.–Shepherd, S. J.–Gibson, P. R.: 2009. Measurement of short-chain carbohydrates in common Australian vegetables and fruits by high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57: 554–565.
- Muir, J. G.–Shepherd, S. J.–Rosella, O.–Rose, R.–Gibson, P. R.: 2007. Fructan and free fructose content of common Australian vegetables and fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 6619–6627.
- Mustalahti, K.–Catassi, C.–Reunanen, A.–Fabiani, E.–Heier, M.–McMillan, S.–Murray, K.–Metzger, M. H.–Gasparin, M.–Bravi, E.–Maki, M.: 2010. Coeliac EU Cluster, Project Epidemiology. The prevalence of celiac disease in Europe: results of a centralized, international mass screening project. *Annals of Medicine*. 42: 587–95.
- Net1: <https://www.statista.com/statistics/622794/distribution-of-people-following-a-gluten-free-diet-europe/>
- Net2: https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/elef/te_2019/index.html
- Net3: <http://www.med.monash.edu.au/cecs/gastro/fodmasp/iphone-app.html>
- Oberforster, M.–Werteker, M.: 2011. Inverse and non-inverse relations between grain yield and quality in the Austrian cultivars of wheat, barley and rye. 61. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Oesterreichs. 2010: 9–17.
- Oury, F. X.–Godin, C.: 2007. Yield and grain protein concentration in bread wheat: how to use the negative relationship between the two characters to identify favourable genotypes? *Euphytica*. 157: 45–57.
- Pasco, J. A.–Nicholson, G. C.–Kotowicz, M. A.: 2012. Cohort Profile: Geelong osteoporosis study. *International Journal of Epidemiology*. 41: 1565–1575.
- Pauk, J.–Lantos, Cs.–Ács, K.–Gell, Gy.–Tömösközi, S.–Békés, F.: 2019. Chapter 18. Spelt breeding via in vitro androgenesis for special food quality parameters. [In: Al-Khayri et al. (eds.) *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals and Legumes*. Volume 5.] Springer. Cham. 525–558.
- Penagini, F.–Dilillo, D.–Meneghin, F.–Mameli, C.–Fabiano, V.–Zuccotti, G. V.: 2013. Gluten-free diet in children: An approach to a nutritionally adequate and balanced diet. *Nutrients* 5: 4553–4565.
- Pizzuti, D.–Buda, A.–D’Odorico, A.–D’Inca, R.–Chiarelli, S.–Curioni, A.–Martines, D.: 2006. Lack of intestinal mucosal toxicity of *Triticum monococcum* in celiac disease patients. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*. 41: 1305–1311.
- Prandi, B.–Faccini, A.–Tedeschi, T.–Cammerata, A.–Sgrulletta, D.–D’Egidio, M. G.–Sforza, S.: 2014. Qualitative and quantitative determination of peptides related to celiac disease in mixtures derived from different methods of simulated gastrointestinal digestion of wheat products. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 406: 4765–4775.
- Prandi, B.–Tedeschi, T.–Folloni, S.–Galaverna, G.–Sforza, S.: 2017. Peptides from gluten digestion: A comparison between old and modern wheat varieties. *Food Research International*. 91: 92–102.

- Reig-Otero, Y.-Manes, J.-Manyes, L.*: 2018. Amylase-trypsin inhibitors in wheat and other cereals as potential activators of the effects of nonceliac gluten sensitivity. *Journal of Medicinal Food*. 21: 207–218.
- Rewers, M.*: 2005. Epidemiology of celiac disease: what are the prevalence, incidence, and progression of celiac disease? *Gastroenterology*. 128: 47–51.
- Riaz, Q.-Ács, K.-Békés, F.-Eastwood, R. F.-Farahnaky, A.-Majzoobi, M.-Blanchard, C. L.*: 2019b. Fructan contents in Australian wheat varieties released over the last 150 years. *Cereal Res. Commun.* 47: 669–677.
- Riaz, Q.-Farahnaky, A.-Majzoobi, M.-Pleming, D.-Eastwood, R.-Békés, F.-Blanchard, C. L.*: 2019a. Investigating the changes in quality of historical and modern Australian wheat varieties. *Cereals and Grains Conf of AACCI*. London. Oct 21–23 2019.
- Ribeiro, M.-Rodriguez-Quijano, M.-Nunes, F. M.-Carrillo, J. M.-Branlard, G.-Igrejas, G.*: 2016. New insights into wheat toxicity: Breeding did not seem to contribute to a prevalence of potential celiac disease's immunostimulatory epitopes. *Food Chemistry*. 213: 8–18.
- Roberfroid, M.*: 1993. Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 33: 103–148.
- Rustgi, S.-Shewry, P. R.-Brouns, F.-Deleu, L. J.-Delcour, J. A.*: 2019. Wheat seed proteins: Factors influencing their content, composition and technological properties, and strategies to reduce adverse reactions. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 18: 1751–1769.
- Rybalka, A. I.*: 2017. Is wheat indeed a destructive food product? *Plant physiology and genetics*. 49: 188–210.
- Salentijn, E. M. J.-Goryunova, S. V.-Bas, N.-Meer, I. M.-Broeck, H. C.-Bastien, T.-Gilissen, L. J. W. J.-Smulders, M. J. M.*: 2009. Tetraploid and hexaploid wheat varieties reveal large differences in expression of alpha-gliadins from homoeologous Gli-2 loci. *BMC Genomics*. 10: 1–14.
- Sanchez-Monge, R.-Garcia-Casado, G.-Lopez-Otin, C.-Armentia, A.-Salcedo G.*: 1997. Wheat flour peroxidase is a prominent allergen associated with baker's asthma. *Clinical and Experimental Allergy*. 27: 1130–1137.
- Sandiford, C. P.-Tatham, A. S.-Fido, R.-Welch, J. A.-Jones, M. G.-Tee, R. D.-Shewry, P. R.-Newman Taylor, A. J.*: 1997. Identification of the major water/salt insoluble wheat proteins involved in cereal hypersensitivity. *Clinical and Experimental Allergy*. 27: 1120–1129.
- Saturni, L.-Ferretti, G.-Bacchetti, T.*: 2010. The gluten-free diet: Safety and nutritional quality. *Nutrients*. 2: 16–34.
- Sherman, J. D.-Nash, D.-Lanning, S. P.-Martin, J. M.-Blake, N. K.-Morris, C. F.-Talbert, L. E.*: 2014. Genetics and end-use quality differences between modern and historical spring wheat. *Crop Science*. 54: 1972–1980.

- Shewry, P. R.–Tatham, A. S.*: 2016. Improving wheat to remove coeliac epitopes but retain functionality. *Journal of Cereal Science*. 67: 12–21.
- Shewry, P. R.*: 2019. What Is Gluten – Why Is It Special? *Frontiers in Nutrition*. 6: 101.
- Siles, R. I.–Hsieh, F. H.*: 2013. Allergy blood testing: A practical guide for clinicians. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 78: 585–592.
- Simmonds, N. W.*: 1995. The relation between yield and protein in cereal grain. *Journal of the Science and Food Agriculture*. 67: 309–315.
- Singh, P.–Arora, A.–Strand, T. A.–Leffler, D. A.–Catassi, C.–Green, P. H.–Kelly, C. P.–Ahuja, V.–Makharia, G. K.*: 2018. Global prevalence of celiac disease: Systematic review and meta-analysis. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 16: 823–836.
- Spaenij-Dekking, L.–Kooy-Winkelaar, Y.–van Veelen, P.–Wouter, D.–Drijffheut, J.–Jonker, H.–van Soest, L.–Smulders, M. M.–Bosch, D.–Gilissen, L. J. W. J.–Koning, F.*: 2005. Natural variation in toxicity of wheat: Potential for selection of non-toxic varieties for celiac disease patients. *Gastroenterology*. 129: 797–806.
- Suligøj, T.–Gregorini, A.–Colomba, M.–Ellis, H. J.–Ciclitira, P. J.*: 2013. Evaluation of the safety of ancient strains of wheat in coeliac disease reveals heterogeneous small intestinal T cell responses suggestive of coeliac toxicity. *Clinical Nutrition* 32: 1043–1049.
- Tye-Din, J. A.–Galipeau, H. J.–Agardh, D.*: 2018. Celiac disease: A review of current concepts in pathogenesis, prevention, and novel therapies. *Frontiers in Pediatrics*. 21: 350.
- Uhde, M.–Ajamian, M.–Caio, G.–De Giorgio, R.–Indart, A.–Green, P. H.–Verna, E. C.–Volta, U.–Alaedini, A.*: 2016. Intestinal cell damage and systemic immune activation in individuals reporting sensitivity to wheat in the absence of coeliac disease. *BMJ Journals*. 65: 1930–1937.
- Uhde, M.–Caio, G.–De Giorgio, R.–Green, P. H.–Volta, U.–Alaedini, A.*: 2020. Subclass profile of IgG antibody response to gluten differentiates non-celiac gluten sensitivity from celiac disease. *Gastroenterology*. 159.
- Vaccino, P.–Becker, H. A.–Brandolini, A.–Salamini, F.–Kilian, B.*: 2009. A catalogue of *Triticum monococcum* genes encoding toxic and immunogenic peptides for celiac disease patients. *Molecular Genetics and Genomics*. 281: 289–300.
- Vader, W.–Kooy, Y.–van Veelen, P.–de Ru, A.–Harris, D.–Benckhuijsen, W.–Pena, S.–Mearin, L.–Drijffhout, J. W.–Koning, F.*: 2002. The gluten response in children with celiac disease is directed toward multiple gliadin and glutenin peptides. *Gastroenterology*. 122: 1729–1737.
- van den Broeck, H. C.–de Jong, H. C.–Salentijn, E. M. J.–Dekking, L.–Bosch, D.–Hamer, R. J.–Gilissen, L. J. W. J.–van der Meer, I. M.–Smulders, M. J. M.*: 2010b. Presence of celiac disease epitopes in modern and old hexaploid wheat varieties: wheat breeding may have contributed to increased prevalence of celiac disease. *Theoretical and Applied Genetics*. 121: 1527–1539.

- van den Broeck, H. C.–Hongbing, C.–Lacaze, X.–Dusautoir, J. C.–Gilissen, L. J.–Smulders, M. J.–van der Meer, I. M.: 2010a. In search of tetraploid wheat accessions reduced in celiac disease-related gluten epitopes. *Molecular BioSystems*. 6: 2206–2213.
- van Herpen, T. W. J. M.–Goryunova, S. V.–van der Schoot, J.–Mitreva, M.–Salentijn, E.–Vorst, O.–Schenk, M. F.–van Veelen, P. A.–Koning, F.–van Soest, L. J. M.: 2006. Alpha-gliadin genes from the A, B, and D genomes of wheat contain different sets of celiac disease epitopes. *BMC Genomics*. 7: 1.
- Vincentini, O.–Borrelli, O.–Silano, M.–Gazza, L.–Pogna, N.–Luchetti, R.–De Vincenzi, M.: 2009. T-cell response to different cultivars of farro wheat, *Triticum turgidum* ssp. dicocum, in celiac disease patients. *Clinical Nutrition*. 28: 272–277.
- Vincentini, O.–Maialelli, F.–Gazza, L.–Silano, M.–Dessi, M.–De Vincenzi, M.–Pogna, N. E.: 2007. Environmental factors of celiac disease: cytotoxicity of hulled wheat species *Triticum monococcum*, *T. turgidum* ssp. dicocum and *T. aestivum* ssp. spelta. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 22: 1816–1822.
- Vu, N. T.–Chin, J.–Pasco, J. A.–Kovács, A.–Wing, L. W.–Békés, F.–Suter, D. A. I.: 2014. The prevalence of wheat and spelt sensitivity in a randomly selected Australian population. *Cereal Res. Commun.* 43: 97–107.
- Wang, D. W.–Li, D.–Wang, J.–Zhao, Y.–Wang, Z.–Yue, G.–Liu, X.–Qin, H.–Zhang, K.–Dong, L.–Wang, D.: 2017. Genome-wide analysis of complex wheat gliadins, the dominant carriers of celiac disease epitopes. *Scientific Reports*. 7: 44609.
- Wangen, S.: 2009. Healthier without wheat. A new understanding of wheat allergies, celiac disease and non-celiac gluten intolerance. Innate Health Publication. Seattle.
- Yuan, J.–Zhou, C.–Gao, J.–Li, J.–Yu, F.–Lu, J.–Li, X.–Wang, X.–Tong, P.–Wu, Z.–Yang, A.–Yao, Y.–Nadif, S.–Shu, H.–Xu, J.–Wu, Y.–Gilissen, L.–Chen, H.: 2017. Prevalence of celiac disease autoimmunity among adolescents and young adults in China. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. S1542-3565. 17: 30468–8.
- Zanini, B.–Petroboni, B.–Not, T.–Pogna, N.–Lanzini, A.: 2009. A phase II, single blind, cross-over study of acute administration of *Triticum monococcum* (cultivar Monlis) in patients with coeliac disease. *American Gastroenterological Association Abstract*. 140: 444.
- Zevallos, V. F.–Raker, V.–Tenzer, S.–Jimenez-Calvente, C.–Ashfaq-Khan, M.–Rüssel, N.–Pickert, G.–Schild, H.–Steinbrink, K.–Schuppan, D.: 2017. Nutritional wheat amylase-trypsin inhibitors promote intestinal inflammation via activation of myeloid cells. *Gastroenterology*. 152: 1100–1113.
- Ziegler, J. U.–Steiner, D.–Longin, C. F. H.–Würschum, T.–Schweigert, R. M.–Carle, R.: 2016. Wheat and the irritable bowel syndrome – FODMAP levels of modern and ancient species and their retention during bread making. *Journal of Functional Foods*. 25: 257–266.
- Zoccatelli, G.–Sega, M.–Bolla, M.–Cecconi, D.–Vaccino, P.–Rizzi, C.: 2012. Expression of α -amylase inhibitors in diploid *Triticum* species. *Food Chemistry*. 135: 2643–2649.

Zuidmeer, L.–Goldhahn, K.–Rona, R.J.–Gislason, D.–Madsen, C.–Summers, C.–Sodergren, E.–Dahlstrom, J.–Lindner, T.–Sigurdardottir, S. T.–McBride, D.–Keil, T.: 2008. The prevalence of plant food allergies: A systematic review. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 121: 1210–1218.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Ács Péterné – Ács Katalin – Dr. Cseuz László – Dr. Lantos Csaba – *Dr. Pauk János
Gabonakutató Non-profit Közhasznú Kft.
Szeged
Alsó kikötő sor 9.
H-6726
janos.pauk@gabonakutato.hu

Dr. Békés Ferenc
FBFD PTY LTD
North Parramatta
Gladstone str. 3/96-100.
Australia
NSW

Dr. David A. I. Suter
Pimble
Macquarie str. 42.
Australia
NSW

SZEMLE

Rewiev

A növénytermesztés fenntarthatóságának alternatív útjai

BERZSENYI ZOLTÁN

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus,
Növénytermesztési-tudományok Intézet, Kaposvár

Összefoglalás

Napjaink mezőgazdasága ellentétes kihívásokkal találkozik, nő az igény a produkció (élelmiszer, takarmány, bioenergia) növelésére, miközben egyidejűleg csökkenteni kell a negatív környezeti hatásokat. Az erős mezőgazdasági függőség a szintetikus kémiai peszticidektől vagy a műtrágyáktól a növényvédelemben és a növénytáplálásban, a talaj, a levegő és a víz szennyezéséhez vezet, továbbá a biodiverzitás drámai csökkenéséhez és degradációhoz az ökoszisztéma funkciókban. Az agroökológiát javasolják, hogy biztosítsa az élelmiszerellátást kevesebb vagy kisebb negatív környezeti és társadalmi hatással, mint az intenzív mezőgazdaság. Az agroökológiai alapelvek azon a felismerésen alapulnak, hogy a biodiverzitás az agroökoszisztémákban többet nyújthat, mint csupán élelmiszer, rost- és faanyag. Ezáltal a biodiverzitás és a kapcsolódó funkciók, mint a megporzás, károsítók szabályozása és mechanizmusok, melyek fenntartják vagy javítják a talajtermékenységet, javíthatják az agroökoszisztémák produkció hatékonyságát és fenntarthatóságát.

A takarónövények integrálása a vetésforgókba lehetőséget kínál a mezőgazdasági rendszerek által nyújtott ökoszisztéma szolgáltatások növelésére. Az ökoszisztéma szolgáltatások a környezet által az embereknek nyújtott javadalmak és úgy osztályozhatók, mint ellátás, szabályozás, támogatás és kulturális szolgáltatások. A takarónövények je-

lentősen hozzájárulnak az időbeni, taxonómiai és funkcionális biodiverzitáshoz. A takarónövények számos ökoszisztéma szolgáltatást képesek nyújtani, beleértve a talajminőséget, a tápelem ciklust, a károsítók szabályozását és a növényi produkciót.

A fenntartható növénytermesztési intenzifikáció felhasználja az ökoszisztéma szolgáltatásokat, mint a tápanyag ciklus, biológiai nitrogén fixáció, predáció és parazitizmus, magas produktív fajtákat használ egységnyi külső inputra vetítve és minimalizálja az olyan technológiák vagy eljárások használatát, melyeknek hátrányos hatása van az emberek egészségére vagy a környezetre.

Az integrált növénytermesztés koncepciója a külső inputokat és a fejlett technológiát a mezőgazdaság lényeges részének tekinti. Ahhoz, hogy a mezőgazdaság hatékony legyen, a további intenzifikációt szükségesnek tartják.

Az intenzifikációt úgy kell szabályozni, hogy fokozza az ökoszisztéma szolgáltatások nyújtását. A késlekedés nagyobb mértékű környezeti degradációt és olyan mezőgazdaságot eredményezhet, amely még jobban veszélyeztetve van a klimatikus szélsőségek és a növényi károsítók túlszaporodása által és még nagyobb mértékben függ a külső energiától és a szintetikus kémiai inputoktól.

Kulcsszavak: fenntarthatóság, ökoszisztéma szolgáltatások, takarónövények, biodiverzitás

Alternative ways of sustainable crop production

Z. BERZSENYI

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Kaposvár Campus,
Institute of Agronomy, Kaposvár

Summary

Contemporary agriculture faces conflicting challenges due to the need of increasing production (i.e. food, feed, bio-energy) while simultaneously reducing negative environmental impacts. The heavy agricultural reliance on synthetic chemical pesticides or fertilizers for crop protection and crop nutrition is leading to soil, air and water pollution, as well as a dramatic decline of biodiversity and the degradations in ecosystem functioning. Agro-ecology principles are based on the recognition that biodiversity in agro-ecosystems can provide more than only food, fiber and timber. Hence biodiversity

and its associated functions, such as pollination, pest control, and mechanisms that maintain or improve soil fertility, may improve production efficiency and sustainability of agro-ecosystems.

Integrating of cover crops into annual crop rotations presents an opportunity to increase ecosystem services provided by agricultural systems. Ecosystem services are functions provided by the environment that benefit humans and can be classified as provisioning, regulating, supporting, or cultural services. Integrating cover crops into annual grain cropping systems adds important temporal, taxonomic, and functional biodiversity. Cover crops can provide numerous ecosystem services, including soil quality, nutrient cycling, pest regulation and crop productivity.

Sustainable crop production intensification harnesses ecosystem services such as nutrient cycling, biological nitrogen fixation, predation and parasitism, uses varieties with high productivity per external input and minimizes the use of technologies or practices that have adverse effects on human health or the environment.

In the integrated crop production it is emphasized that the external inputs and sophisticated technology are essential in agriculture. To be sufficient, agricultural systems must further intensify.

In the coming decades, human populations and income growth will drive agriculture to ever-higher intensities. Now it is time to guide this intensification in a way that enhances the delivery of ecosystem services. Delaying action will result in an environment further degraded and an agriculture that is more vulnerable to climatic extremes and pest outbreaks, and increasingly dependent on external energy and synthetic chemical inputs.

Key words: sustainability, ecosystem services, biodiversity, cover crops

Альтернативные пути устойчивости растениеводства

З. БЕРЖЕНИ

Венгерский Аграрный и Биологический Университет Капошварский Кампус,
Институт Наук о Растениеводстве, Капошвар

Резюме

Сегодняшнее сельское хозяйство встречается с противоположными вызовами, растёт потребность в увеличении продукции (продукты питания, фураж, биоэнергия),

при этом одновременно надо уменьшить негативные влияния на окружающую среду. Сильная зависимость сельского хозяйства от синтетических химических пестицидов или от искусственных удобрений в защите растений и в питании растений, ведёт к загрязнению почвы, воздуха и воды, а также к драматичному сокращению биоразнообразия (биодиверсификации) и к деградации в функциях экосистемы. Предлагают агроэкологию, чтобы гарантировать обеспечение продуктами с меньшим негативным влиянием на окружение и общество, чем интенсивное сельское хозяйство. Агроэкологические основные принципы основываются на признании того, что биодиверсификация в агроэкосистемах может дать больше, чем только продукты питания, волокно и древесные материалы. Этим биоразнообразием и связанными с ним функциями, как опыление, регулирование вредителей и механизмы, которые сохраняют или улучшают плодородие почвы, могут улучшить эффективность и устойчивость продукции агроэкосистем.

Интеграция покровных растений в севообороты даёт возможность для увеличения услуг экосистемы, представленные сельскохозяйственными системами. Услуги экосистемы – блага, данные человечеству окружением и их можно так классифицировать, как обеспечение, регулирование, поддержка и культурные услуги. Покровные растения в значительной мере способствуют временному, таксономичному и функциональному биоразнообразию. Покровные растения способны дать многочисленные услуги экосистемы, включая качество почвы, цикл питательного элемента, регулирование вредителей и растительную продукцию.

Устойчивая растениеводческая интенсификация использует услуги экосистемы, как цикл питательного вещества, биологическая фиксация азота, хищничество и паразитизм, использует виды с высокой продуктивностью на единицу внешнего ввода (input) и минимизирует применение таких технологий или приёмов, у которых есть вредные влияния на здоровье людей и окружение.

Концепция интегрированного растениеводства рассматривает существенными частями сельского хозяйства внешние вводы и развитую технологию. Для того, чтобы сельское хозяйство стало эффективным, считают необходимым дальнейшую интенсификацию.

Интенсификацию надо так регулировать, чтобы она увеличивала предоставление услуг экосистемой. Задержка может дать деградацию окружающей среды в большом размере и такое сельское хозяйство, которое ещё больше подвергнуто опасностям климатических крайностей и чрезвычайного размножения вредителей растений и ещё в большей мере зависит от внешней энергии и от синтетических химических инпутов.

Ключевые слова: устойчивость, услуги экосистемы, покровные растения, биоразнообразие(бiodиверсификация)

Bevezetés

A mezőgazdaság – globális skálán mérve – rendkívül sikeres volt a II. világháború utáni időszakról. A huszadik század második felében a fő élelmiszer-növények, mint a búza (*Triticum aestivum* L.) és rizs (*Oryza sativa* L.), hektáronkénti termése nagyon jelentősen nőtt, az élelmiszer árak csökkentek, az élelmiszertermelés növekedésének rátája felülmúlta a népesség növekedésének rátáját, és csökkent a krónikus éhezés. Ez a fellendülés az élelmiszertermelésben köszönhető volt a tudományos előrehaladásnak és a technológiai innovációknak, beleértve új növényfajok nemesítését, műtrágyák és peszticidek használatát, korszerű gépesítést, öntözési rendszereket és a modern agrotechnikát, melyek együttesen hozzájárultak az iparszerű növénytermesztés kialakulásához.

A mezőgazdaság napjainkban is rendkívül produktív maradt, ellátva elegendő élelmiszerrel a világ népességének nagy hányadát. Történelmi összehasonlításban ez valóban példa nélkül álló helyzet. Éppen ezért nagyon sok ember természetesen veszi a megfelelő élelmiszerellátást. Kritikusan szemlélve azonban, az iparszerű mezőgazdaság, amely képes élelmiszerbőséget teremteni napjainkban, nem jelenti azt, hogy képes lesz erre hosszú távon is. A valóságban az élelmiszertermelés iparszerű rendszere gyakran veszélyezteti a mezőgazdasági termelés alapjait – a termékeny talajt, a rendelkezésre álló vízkészleteket, a tápelemek körforgását, a genetikai diverzitást és a természetes rendszerek ökoszisztéma szolgáltatásait (Robertson *et al.* 2014, Gliessman 2015, Gaba *et al.* 2018).

Napjaink mezőgazdasága kettős célra épül: a produkció maximalizálása és a jövedelem maximalizálása. Ennek érdekében sokféle gyakorlati eljárást fejlesztettek ki az iparszerű mezőgazdaságban, figyelmen kívül hagyva a közvetlen társadalmi és környezeti költségeit vagy nem szándékos hosszú távú következményeit. Hat gyakorlati eljárás képezi a modern iparszerű mezőgazdaság gerincét: intenzív talajművelés, monokultúra, öntözés, műtrágyák használata, vegyszeres védekezés a károsítók ellen, meghonosított növények genetikai módosítása. Az iparszerű növénytermesztés hátrányai: talaj degradáció, túlzott

vízfelhasználás és hidrológiai rendszerek károsítása, a környezet szennyezése, élőhelyek rombolása, függőség külső inputoktól és nem megújítható forrásoktól, üvegházhatású gázok kibocsátása és szénkészlet veszteség, genetikai diverzitás elvesztése, sebezhetőség és kockázat növekedése (*Gliesman 2015, Reddy 2016*).

Az iparszerű növénytermesztés többféle környezeti hatása nem korlátozódik az agroökoszisztémákra, de hatással van a tájra, és annak strukturális és fajdiverzitására. Műtrágyák, különösen a nitrát és a foszfát, szennyezik a vizet és a talajt és a peszticidek bekerülnek a táplálékláncba. A gépesítés használata a mezőgazdaságban szükségessé tesz nagy és homogén táblákat. A gépesítés egyik következménye az élőhelyek, mint az élő-sövények, táblaszélek és nedves területek fokozatos elvesztése a tájból és a nehéz gépek talajtömörödéshez is vezetnek. Általánosságban, az iparszerű gazdálkodás különböző módon lényegesen hozzájárul, a legjelentősebb globális környezeti problémákhoz (*Gaba et al. 2018*).

A mezőgazdaság fenntarthatósága iránti érdeklődés a környezeti aggodalmaknak tulajdonítható és az 1950-es és 1960-as években kezdődött. A fenntarthatóság fogalma és eljárásai visszanyúlnak az ősi kínai, indiai, görög és római kultúrákig. A konvencionális mezőgazdaság hátrányos hatásainak minimalizálására a természet különböző alternatív koncepcióit fejlesztették ki. Az ilyen alternatívák általános gondolata a fenntartható mezőgazdaság, amely azon az alapelven nyugszik, hogy a mezőgazdasági termelésnek meg kell felelni a jelen szükségleteinek, a jövő generációi lehetőségeinek veszélyeztetése nélkül, hogy megteremtsék saját szükségleteiket. Számos filozófia és perspektíva a kutatóktól a farmerekig és a fogyasztókig hozzájárult ehhez a vízióhoz, azonban nincs általános egyetértés abban, hogyan határozzuk meg és érjük el a fenntarthatóságot a mezőgazdaságban. A fenntarthatóság azonban nem jelent egy visszatérést a tradicionális mezőgazdasághoz, azokhoz a gyakorlati eljárásokhoz és alacsony termékekhez, amely jellemezte a tizenkilencedik századot (*Struik és Kuyper 2017*).

A mezőgazdaság fenntarthatósága

A fenntartható gazdálkodási rendszer a növénytermesztési (és állattenyésztési) eljárások integrált rendszere helyspecifikus alkalmazással, mely hosszútávon megfelel az emberiség élelmiszer és rostanyag igényének. Növeli a környezet

minőségét és a természetes forrásalapot, melytől a mezőgazdasági ökoszisztéma függ; leghatékonyabban használja fel a nem-megújítható forrásokat, a gazdasági forrásokat, és integrálja a természetes biológiai ciklusokat és szabályzókat; fenntartja a gazdasági tevékenységek ökonómiai életképességét; növeli a termelők (farmerek) és az egész társadalom életminőségét.

Egy gazdálkodási eljárás vagy rendszer fenntarthatósága annak alapján értékelhető, hogy mennyire felel meg a társadalmi főcéloknak. Négy fő társadalmi fenntarthatósági célt különböztetünk meg (*Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century* 2010):

- Megfelelni az emberiség étel- és takarmány- és rostanyag szükségletének, és hozzájárulni a bioüzemanyag-szükségletéhez.
- A környezet minőségének és forrás (resource) bázisának növelése.
- A mezőgazdaság ökonómiai életképességének fenntartása.
- A gazdálkodók, a mezőgazdasági alkalmazottak és az egész társadalom életminőségének növelése.

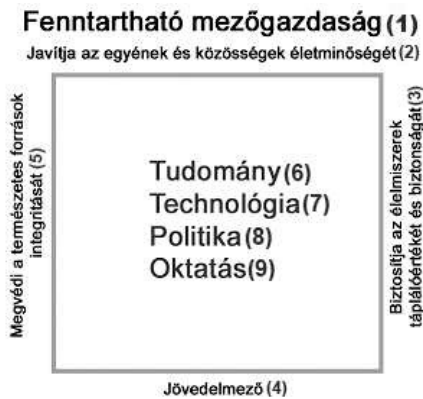
A fenntarthatóság jelenkori fogalma, amely számol az ökonómiai, környezeti és társadalmi hármassal, régóta részét képezi a mezőgazdasági gyakorlatnak és kutatásnak, azonban az utóbbi évtizedekben lett tudományosan rendszerbe foglalva. A táplálékbiztonság és az élelmiszerek tápláléértékének tényezői a negyedik dimenzióját képezik a mezőgazdaság jelenkori paradigmájának. Közös erőfeszítés szükséges a tudományban, technológiában, politikában és az oktatásban, hogy megvalósuljon a fenntartható mezőgazdaság negyedik dimenziója (*Sadras és Calderini* 2009) (1. ábra).

A fenntartható rendszerek jellemzői

A mezőgazdasági rendszerek, amelyek a nagyobb fenntarthatóság irányába haladnak, általában törekszenek több alapvető jellemzőre. Az egyik ilyen jellemző, hogy együttműködnek a természetes ökológiai és biokémiai folyamatokkal és ciklusokkal, hogy maximalizálják a szinergista interakciókat és a belső források hasznos felhasználását, és minimalizálják a függést a külső inputoktól. Egy másik ilyen jellemző, hogy zárják a tápelem, energia és más forrás ciklusokat a lehetséges maximális mértékig, hogy csökkentsék a nem kívánatos veszteségeket a környezetbe. Harmadszor, a gazdálkodók (hagyományos vagy alternatív), akik tevékenykednek a javított fenntarthatóság irányába, igyekeznek együttműködni az emberek és intézmények társadalmi, kulturális és ökonómiai céljaival a teljes gazdálkodási- és élelmiszerláncban, amely serkenti a sziner-

gista összefüggéseket a társadalmi és ökonómiai világban (*Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century* 2010).

1. ábra. A fenntartható mezőgazdaság négy dimenziója



Forrás: *Sadras és Calderini* (2009)

Figure 1. The four dimensions of the sustainable agriculture. (1) Sustainable agriculture, (2) Improves the quality of life of the individuals and the whole societies, (3) Support the nutritional value and the security of the food-stuff, (4) Profitable, (5) Protect the integrity of natural resources, (6) Science, (7) Technology, (8) Politics, (9) Education, Source: *Sadras and Calderini* (2009)

A gazdálkodás jellemzően egy kockázatos vállalkozás, amely állandó alkalmazkodást tesz szükségessé a környezeti (pl. hőmérséklet, csapadék, szél), biotikus (pl. kártevők és betegségek tömeges előfordulása), valamint a piaci (pl. árucikk és inputárak, fogyasztói igény) és társadalmi körülményekben (pl. munkaerő rendelkezésre állása, politika) végbemenő változásokhoz. A gazdálkodási eljárások vagy rendszerek különböznek annak mértékében, hogy mennyire sebezhetők a különböző típusú kockázatokkal. A klímaváltozással és az együtt járó ingadozások és bizonytalanságok növekedésével az időjárási körülményekben, a kevésbé sebezhető gazdálkodási rendszerek kialakítása egyre nagyobb jelentőségű.

Amikor a sebezhetőségről beszélünk, két fogalmat használunk az ökoszisztéma ökológiából, a rezisztenciát és a rugalmasságot. A rezisztencia a rendszer képessége, hogy ellenálljon a stabil körülményekből való kimozdításnak a zavarás hatásaként, mint amilyenek a rendszer stresszorok és a változó körülmények. A rugalmasságot tradicionálisan úgy tekintették, mint annak sebességét és mértékét, mellyel a stabilitás visszatér a rendszerbe, amelyből ki lett mozdít-

va (Peterson et al. 2018). Egy kapcsolódó fogalom az adaptálódó (alkalmazkodó) képesség (azaz a sebezhetőség ellentéte), amely visszatükrözi egy rendszer biofizikai vagy emberi képességét, hogy fejlődjön és változzon a közvetlen környezetben bekövetkezett hosszú távú változásokra válaszolva. A rezisztencia, a rugalmasság és az alkalmazkodóképesség fogalma egyaránt alkalmazható a természetes ökoszisztémákra és az agroökoszisztémákra. Egy gazdálkodási rendszer általános erőssége, hogy ellenálljon a stresszeknek, presszióknak és a környezeti változásoknak, a rezisztencia, a rugalmasság és az alkalmazkodóképesség együttes hatásából származik (*Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century* 2010).

A fenntarthatóság indikátorai

A fenntartható agroökoszisztéma megőrzi azt a forrás (resource) bázist, amelytől függ, a gazdaságon kívüli mesterséges inputok minimumát használja, a károsítókat és betegségeket belső mechanizmusokon keresztül szabályozza, és képes helyreállni a művelésből és betakarításból származó zavaró hatásokból. A fenntarthatóság elemeinek azonosítási folyamata kétféle meglévő rendszerrel kezdődik:

- a természetes ökoszisztémákkal, és
- a tradicionális agroökoszisztémákkal.

A természetes ökoszisztémák fontos referencia pontokat adnak, hogy megértsük a fenntarthatóság ökológiai alapjait. A tradicionális ökoszisztémák bőséges példákkal szolgálnak a ténylegesen fenntartható mezőgazdasági gyakorlatról (Reddy 2016).

Mint már rámutattunk, a természetes ökoszisztémák és az iparszerű agroökoszisztémák nagyon különböznek. Az utóbbi általában sokkal produktívabb, azonban sokkal kevésbé diverz (sokszínű), mint az előző. A természetes rendszerektől eltérően, az iparszerű agroökoszisztémák távol vannak az önfenntartástól. Produktivitásuk csak nagy mennyiségű külső energia és anyagráfordítással tartható fenn; máskülönben gyorsan degradálódnak egy sokkal kevésbé produktív szintre (Struik és Kuiper 2017).

A fenntartható agroökoszisztémák modellezik a természetes ökoszisztémák nagy diverzitását, rugalmasságát és autonómiáját. Összehasonlítva az iparszerű rendszerekkel, valamivel alacsonyabb és ingadozóbb termést adnak. Ezt az alacsonyabb termést azonban rendszerint több mint ellensúlyozza az előny, amely adódik a külső inputoktól való kisebb függésből és a káros környezeti

hatások mérsékléséből. Ebből az összehasonlításból levezethetünk egy általános irányelvet: minél nagyobb a strukturális és funkcionális hasonlósága egy agroökoszisztémának a természetes ökoszisztémákhoz a biogeográfiai régióban, annál nagyobb annak valószínűsége, hogy az agroökoszisztéma fenntartható lesz (*Gliessman 2015*).

Mindenütt a vidéki (falusi) világban napjainkban, a tradicionális mezőgazdasági gyakorlat és ismeret képezi továbbra is az alapját az elsődleges élelmiszertermelés jelentős részének. A tradicionális rendszerekben megtestestült ismeret visszatükrözi a korábbi generációk tapasztalatait, mégis folyamatosan fejlődik a jelenben, ahogy az emberek ökológiai és kulturális környezete átmeny az adaptáció és változás folytonos folyamatán. A természet oly módon történik, hogy jobban fókuszál a rendszer hosszú távú fenntarthatóságára, mint csupán a termés és a profit maximalizálására. Tradicionális agroökoszisztémák már régóta működnek, és ez idő alatt számos változáson és adaptáción mentek keresztül. Az a tény, hogy még mindig fennmaradtak, erős bizonyítéka társadalmi és ökológiai stabilitásának.

Jóllehet a fenntartható növénytermesztés alapelvei és gyakorlata vonatkozik a nagyüzemekre és kisgazdaságokra egyaránt, a kisgazdaságok farmerei kulcsfontosságúak a fenntartható élelmiszertermelés növelésében. A gazdaságoknak mintegy 85%-a a fejlődő országokban kisgazdaság és számuk 500 millió körül van. Mindegyik kisgazdaság 2 ha-nál kevesebb földet művel. Számuk nő és farmjaik kisebbé válnak. Az élelmiszer 80%-át termelik meg a fejlődő országokban és közvetlenül ellátnak 2,5 milliárd embert (*Murray 2012*).

A természet fenntarthatósága csak meghatározott időperiódus relációjában mérhető, és a rendszer fenntarthatóságára ható fontos trendek 10–20 év után, vagy ennél hosszabb idő elteltével válnak nyilvánvalóvá. Kizárólag tartamkísérletekből nyerhetők megfelelő indikátorok (terméstrendek, termésstabilitás, az ökoszisztéma minőségét jellemző mutatók, output/input és produktivitási indexek) a természet fenntarthatóságáról, ilyen módon korai jelzőrendszerként is szolgálnak (*Árendás és Csathó 2002, Kismányoky és Jolánkai 2009, Berzsenyi 2018*).

A legrégebbi hazai, ún. klasszikus tartamkísérletek (pl. Martonvásáron, Keszthelyen) több mint 50 évesek, az újabbak (pl. Debrecen) közel 40 évesek. Ezek a tartamkísérletek értékes adatokat szolgáltatnak a különböző termesztési rendszerek és technológiák fenntarthatóságáról és a környezeti tényezők befolyásáról (*Berzsenyi 2009, Debreczeni és Németh 2009, Kismányoky 2018, Pepó 2018, Nagy 2019*).

Az ökológiai keret számos ökológiai paramétert nyújt, amelyek tanulmányozhatók és monitorozhatók időről időre, hogy becsüljük a fenntarthatóság irányába tartó vagy attól távolodó elmozdulást. Az ökológia tudományos módszertannal rendelkezik az ökológiai jellemzők kvantifikálásához, mint amilyen a tápelemciklus, az energiaáramlás, populációdinamika, fajok interakciója és élőhelymódosítás (Connor *et al.* 2011). Egyik megközelítés a specifikus agroökoszisztémák analizéséhez, hogy kvantifikáljuk, milyen szinten kell lennie egy adott ökológiai paraméternek, hogy a fenntartható funkció bekövetkezzék. Egy másik megközelítésnél indikátorokat választunk ki, mindegyikre meghatározunk ideális értékeket, és két vagy több rendszert analizálunk, hogy meghatározzuk százalékban kifejezve, mennyire közel van a rendszer minden egyes indikátora az ideális értékhez.

A fenntartható és többfunkciós mezőgazdaság ökológiája

Az erős mezőgazdasági függőség a növényvédelemben és a növénytáplálásban a szintetikus kémiai peszticidektől vagy a műtrágyáktól; a talaj-, a levegő- és a vízszennyezéséhez (mezőgazdaság képviseli a globális metán és nitrogénoxid kibocsátás 52, illetve 84%-át, a táblákra kijuttatott nitrogén több mint 50%-át nem veszi fel a növény); továbbá a biodiverzitás drámai csökkenéséhez (a leggyakoribb madárfajok 67%-kal Európában, főleg mezei fajok, talaj degradáció a művelt terület 40%-át teszi ki világszerte) és degradációhoz vezet az ökoszisztéma funkciókban. A biodiverzitás az ökoszisztéma egyik legjobban befolyásolt dimenziója az intenzív agroökoszisztémákban (Gaba *et al.* 2018).

Az agroökológia irányelveit javasolják, hogy biztosítsa az élelmiszerellátást kevesebb vagy kisebb negatív környezeti és társadalmi (szociális) hatással, mint az intenzív mezőgazdaság. Az agroökológiai alapelvek azon a felismerésen alapulnak, hogy a biodiverzitás az agroökoszisztémákban többet nyújthat, mint csupán élelmiszer, rost- és faanyag. Ezáltal a biodiverzitás és a kapcsolódó funkciók, mint a megporzás, károsítók szabályozása és mechanizmusok, melyek fenntartják vagy javítják a talajtermékenységet, javíthatják az agroökoszisztémák produkció hatékonyságát és fenntarthatóságát. Egy ilyen megközelítés megfelel a fenntartható és többfunkciós mezőgazdaság céljának, azaz egy olyan mezőgazdaságnak, mely többféle ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújt (2. ábra). Ez azonban ismeretbővítést indokol, mivel szükségessé teszi az ökoszisztéma funkciók megértését és szabályozását egyaránt és figyelembe veszi az összefüggéseket a mezőgazdaság, az ökológia és a társadalom között. Ezál-

tal egyik út a mezőgazdaság fenntarthatóságának javítására az, hogy a mezőgazdaság ökológiai hatásait ugyanolyan figyelemmel kezeljük, mint az optimális élelmiszertermelés kérdését (Gaba et al. 2018).

2. ábra. Példa a többszörös ökoszisztéma szolgáltatásra



Forrás: Gaba et al. (2018)

Figure 2. Example of a technique delivering multiple ecosystem services. Source: Gaba et al. (2018)

A 2. ábrán bemutatott multifunkcionális takarónövény keverék összetevődik a takarmány bükköny (*Vicia sativa*), az egyiptomi lóhere (*Trifolium alexandrinum*), a varádicslevelű mézontófű (*Phacelia tanacetifolia*) és a homoki zab (*Avena strigosa*) fajokból és úgy tervezték, hogy növelje a talajtermékenységet (nitrogén szolgáltatás a hüvelyeseken keresztül, nitrogén visszatartás az *A. strigosa* révén, erózió szabályozás és a talaj szerves anyag növelése a biomassza produkciónak tulajdoníthatóan), támogassa a beporzó rovarokat (*P. tanacetifolia* és *T. alexandrinum* virágzásának tulajdoníthatóan) és őrizze meg a természetes ellenségeket az egymást követő fő növények közötti időszakban (köszönhetően a hüvelyeseknek, melyek alternatív gazdanövényt nyújtanak a levéltetű predátoroknak és a *V. sativa* növénynek, mely extra virágnektárt nyújt) (Gaba et al. 2018).

Az általános és részletes fenntartható növénytermesztési ismereteket korszerű, ökológiai szemléletben mutatja be Radics (2010, 2012): „Fenntartható

szemléletű szántóföldi növénytermesztéstan” c. könyvsorozata. A fenntartható növénytermesztés ökológiai, fiziológiai és termesztési összefüggéseit korszerű ismeretek alapján integrálja *Berzsenyi (2013): „Növénytermesztés – környezeti, növekedési és termésreakciók”* c. könyve.

A fenntartható mezőgazdaság alternatív koncepciói

A gyakorlatban három fő megközelítés van, hogy elérjük a fenntartható mezőgazdaság céljait.

1. Integrált mezőgazdaság

Főként az iparszerű mezőgazdaság eszközeit használja, azonban megkísérel minimalizálni negatív hatásait a biológiai, technikai és kémiai eljárások kombinálásával, amely lehetővé teszi magas minőségű termés betakarítását, miközben megőrzi a természetes forrásokat. Az integrált mezőgazdaság, ezáltal az iparszerű és az organikus mezőgazdaság közötti módszernek tekinthető, és magában foglalja az alábbiakat:

- termőhelyre adaptált tervezés, megfelelő növényfajok és fajták használatával;
- vetésforgó, amely enyhíti a gyom, betegség és kártevő problémákat és a talaj nitrogén alternatív forrásait nyújtja;
- racionális talajművelés, amely megakadályozza a talajtömörödést és az eróziót;
- trágyázás a szükséglet alapján, ideálisan az istállótrágya és a műtrágya kombinálásával, amely csökkenti a víz kontaminációjának (szennyezésének) kockázatát;
- a gyomirtás mechanikai módszereinek használata, hogy csökkentsük a herbicid inputot; és
- olyan károsító szabályozási stratégiák használata, melyek csökkentik a peszticid szükségletet a természetes ellenségek integrálásával és elősegítésével; szintetikus herbicideket csak akkor kellene használni, amikor a védekezés más módszerei nem tudják megakadályozni egy kártételi küszöbérték túllépését (*Martin és Sauerborn 2013*).

Az integrált mezőgazdaság koncepcióját *Connor et al. (2011)* a „*The future of agriculture*” c. fejezetben a következőképpen összegezte: A külső inputokat és a fejlett technológiát a mezőgazdaság lényeges részének tekintjük. Nélkülük a termelékenység spirálisan csökkenne, szegénységhez és éhínséghez vezetve a világ nagy részénél, valamint a talajminőség degradációját eredményezné. A

reális kihívás a jövőben az energia, a tápanyagok és az agrokemikáliák megfelelő ellátása és szabályozása a gazdálkodásban oly módon, hogy megfelelő egyensúlyt tartunk fenn a mezőgazdasági terület használata, valamint a természetes erőforrások és a biodiverzitás megőrzése között. Alapvető kihívás a mezőgazdasági gyakorlat fejlesztése, melynek kritikus része az agrokemikáliák és műtrágyák használata. Ahhoz, hogy hatékony legyen, a mezőgazdasági rendszereket tovább kell intenzifikálni, amely növekvő függőséget jelent a tápanyagok külső forrásaitól.

Az integrált növénytermesztés alapelveit és módszereit korszerű szemléletmódban ismerteti és a hazai termesztési tényezőkre adaptálta *Pepó* (2019) „*Integrált növénytermesztés 1–3.*” c. könyvsorozata.

2. Organikus mezőgazdaság

Olyan gazdálkodási mód, amely teljesen elkerüli a szintetikus trágyák és a peszticidek alkalmazását. Célja tápelem ciklusok kialakítása a gazdaságon (farmon) belül, amely lehetőség szerint zárt. A növénytermesztés és az állattenyésztés úgy van megtervezve, hogy a trágyák és a takarmányok többsége a gazdaságban van előállítva és hasznosítva. Nagyon fontos a talajtermékenység megőrzése és javítása. Ezt elérjük a termőhelyre adaptált vetésforgóval, melyben a hüvelyesek használata fontos a nitrogén fixálására, valamint a szerves trágyák (komposzt, istállótrágya) hasznosítása is. A tápanyagvesztések kompenzálására vásárolt szerves trágyák, kezeletlen kőzetliszt és csontliszt használható. A tápanyagfelesleg elkerüléséhez az állatok számát és a gazdaságon kívüli takarmány használatát korlátozzák (*Martin és Sauerborn* 2013).

Általánosságban, az organikus mezőgazdaság célja az ökológiai alapelvek használata, hogy szinergizmust képezzenek a rendszer komponensek között és javítsák a fenntarthatóságot. Az organikus mezőgazdaság további alapelvei a következők:

- genetikailag módosított növények és génebészettel összefüggő más alkalmazások használatának tiltása;
- a fajnak megfelelő állatgondozás, hormonok és antibiotikumok takarmányhoz keverésének megtiltása; és
- a táj struktúrájának és biodiverzitásának megőrzése és javítása.

Adott, hogy az organikus gazdálkodás napjainkban a világ mezőgazdaságának nagyon kis hányadát (<2%) foglalja el. Az organikus gazdaságok produkciója külső inputok nélkül elkerülhetetlenül alacsony, következésképpen az orga-

nikus gazdálkodás lehet fenntartható, azonban produktivitása csupán a világ jelenlegi lakosságának felét tudná ellátni élelmiszerrel (*Connor et al. 2011*).

3. Fenntartható intenzifikáció

A mezőgazdaság intenzifikációjára szükség van, hogy megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszerrel ellássuk a növekvő emberi népességet. Az intenzifikáció összefügg a források növekvő és hatékony használatával, azaz mind a forrás felvétel és mind a forrás felhasználás hatékonyságának egyidejű növelésével.

A fenntartható intenzifikáció alapvetően két alternatív gazdálkodási formára értelmezhető: egyrészt vonatkozik az „újbóli intenzifikáció” (de-intenzifikáció) szükségességére a magas inputú rendszerekben, hogy fenntarthatóbbak legyenek és másrészt vonatkozik az inputok és a termés növelésének szükségességére ott, ahol jelenleg nagy termésrések (különbség az elérhető és tényleges termés között) és gyakran hatékonyságrések vannak (*Martin és Sauerborn 2013*).

Ösztönösen úgy vélhetjük, hogy a technológiai stratégia a produkció növelésére elkerülhetetlenül szükségessé tehet egy növekedést a belső és külső források felhasználásában. Sok különböző forrás (föld, munkaerő, energia) és input (műtrágya) mennyisége azonban nem fog nőni, a valóságban egyes források (mint a föld, munkaerő, kémiai növényvédő szerek, műtrágyák) felhasználása nagy valószínűséggel csökkenni fog a „fenntartható újbóli intenzifikáció” részeként (*Struik és Kuyper 2017*). A csökkenő források szükségessé teszik nagyobb produkció elérését ugyanolyan mennyiségű (vagy kevesebb) inputtal, azaz nagyobb forrás felhasználás hatékonysággal a globális élelmiszer-ellátás biztonságért.

A FAO széles körben idézett definíciója a fenntartható intenzifikációra: „Többet termelni ugyanazon a földterületen, miközben megőrizzük a forrásokat, csökkentjük a negatív hatásokat a környezetre és növeljük a természetes forrás alapokat és az ökoszisztéma szolgáltatások áramlását” (*Murray 2012*). Új technológiák és innovációk segítenek elérni a célokat. A fenntartható mezőgazdaság egy jövedelmező módja a magas minőségű élelmiszer- és rostanyag-termelésnek, amely gazdaságos termesztést valósít meg és növeli a termelők (farmerek) és az alkalmazottak életminőségét. A fenntartható intenzifikáció felhasználja az ökoszisztéma szolgáltatásokat, mint a tápanyag ciklus, biológiai nitrogén fixáció, predáció és parazitizmus, integrálja a modern és

hagyományos technológiákat, magas produktívású fajtákat használ egységnyi külső inputra vetítve és minimalizálja az olyan technológiák vagy eljárások használatát, melyeknek hátrányos hatása van az emberek egészségére vagy a környezetre.

Abból a célból, hogy elérjük a fenti célokat, a következő termesztési eljárásokat javasolják alkalmazni: megőrző talajművelés és direkt vetés; növénytakarás fenntartása (takarónövények); mezőgazdasági biodiverzitás növelése; megfelelő fajták kiválasztása; kiegyensúlyozott növénytáplálás; hatékony vízszabályozás; agroökológiai növényvédelem; növénytermesztés és állattenyésztés integrációja (Pretty és Bharucha 2014, Reddy 2016). A fenntartható intenzifikáció megvalósításakor szükséges figyelembe venni a termelőket (farmereket), a termesztési eljárásokat és technológiákat és a társadalmi-politikai berendezkedést.

A nemzetközi szakirodalomban a fenntartható intenzifikáció mellett, részben annak szinonim kifejezéseként találkozunk az ökológia intenzifikáció megnevezéssel is. A kisgazdaságokra (globálisan délre), a fenntartható intenzifikáció helyett gyakran az ökológiai intenzifikáció kifejezést használják.

Az ökológiai intenzifikáció általános definícióját Cassman (1999) a következőképpen határozta meg: *„Az ökológiai intenzifikáció célja a mezőgazdaságban a termesztési rendszerek további intenzifikációja, amely megfelel a várható növekedésnek az élelmiszer szükségletben, miközben eleget tesz a környezet minőség elfogadható standardjának.”* Az ökológiai intenzifikáció jelenti az intenzifikációt az ökoszisztéma által nyújtott természetes funkciók felhasználásában. Tiftonell (2014) úgy határozta meg az ökológiai intenzifikációt, mint az ökoszisztéma természetes funkcióknak (támogató, szabályozó) intenzív és okos felhasználását, hogy előállítsunk élelmiszert, rostanyagot, energiát és ökológiai szolgáltatásokat fenntartható módon.

Az ökológiai intenzifikációban a mezőgazdasági rendszereket úgy tervezzük, hogy hasznosítsák az ökológiai folyamatokat és funkciókat, beleértve a biotikus stresszorok biológiai szabályozását és a rendelkezésre álló források és ökológiai szolgáltatások hatékony felhasználását. Gyakran az ökológiai intenzifikáció célja növelni a primer produkciót egységnyi területen és közben fenntartani a rendszer produkciós kapacitását, amely egy ökológiailag intenzív agronómiát indokol.

A fenntartható intenzifikáció számos előnyt ajánl a termelőknek és a társadalomnak egyaránt (Reddy 2016):

- Hasonlít a természetes ökoszisztémákhoz.
- A talaj folyamatosan takarva van.
- Növeli a talaj szerves széntartalmát.
- Csökkenti a műtrágya szükségletet.
- A talajforgatás elhagyásával kevesebb energiafelhasználás (30–40%-kal csökken).
- Elősegíti a kártevők, betegségek és gyomok szabályozását.
- A termés hasonló a hagyományos termesztésben elért terméshez.
- Nagyobb termés, különösen száraz években.
- A növények különböző gyökeresedési rendszerei elősegítik a tápanyagok hatékony hasznosítását.
- A talajszerkezet stabilabb.
- A talaj erózió és degradáció megállítható/visszafordítható.
- Káros anyagok kibocsátásának csökkentése (üzemanyag, NO_x, CH₄).
- Káros anyag kibocsátás enyhítése a szén megkötés révén (0,2 t C/ha/év).
- Adaptáció a jobb szárazságtolerancia révén.
- Adaptáció a jobb víz infiltráció révén (kevesebb áradás).

A fenntartható mezőgazdasági intenzifikációt a gazdálkodási rendszerekre kell építeni. Ezek a gazdasági rendszerek a következő három technikai irányelvben alapulnak:

1. nagyobb mezőgazdasági produktivitás és a természetes források és ökoszisztéma szolgáltatások egyidejű fokozása;
2. a hatékonyság magasabb rátája a kulcsfontosságú inputok felhasználásában, beleértve a vizet, tápanyagokat, peszticideket, energiát, földterületet és a munkaerőt;
3. a szabályozott és természetes biodiverzitás felhasználása, hogy beépítsük a rendszer rugalmasságot az abiotikus, biotikus és ökonómiai stresszekkel szemben.

Ökoszisztéma szolgáltatások

Az emberek, társadalmak és gazdasági rendszerek jelenlegi és jövőbeni jóléte függ a különböző javaktól és forrásoktól, melyeket a természet nyújt. A mezőgazdasági és a természetes rendszerek a nagyszámú növény- és állatfaj mellett, melyek fenntartják és elősegítik az emberi életet, ugyancsak magukban foglalnak számos szolgáltatást, melyeket gyakran garantálnak és szabadon rendel-

kezésre állónak tekintünk. Ezek a szolgáltatások természetes ökoszisztéma folyamatokon és funkciókon alapulnak, melyek eredményezik az ellátást, a regenerálódást és a hosszú távú stabilitását olyan forrásokból, mint a víz, a talaj, a tápanyagok, organizmusok és biomassza. Értékük összefügg az emberi jólét javulásával vagy rosszabbodásával, amely gyakran nem nyilvánvaló addig, amíg egy szolgáltatást kritikusan megzavarunk működésében és negatív hatásokhoz vezet, mint például vízhiány, áradás, talajerózió vagy táj degradáció (Martín és Souerborn 2013).

A javakat és szolgáltatásokat együttesen, melyeket ökológiai funkciók és folyamatok hoznak létre és közvetlenül vagy közvetve hatással vannak az emberi jólétre, hívjuk ökoszisztéma szolgáltatásoknak. A *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) alapján négy fő kategóriába sorolhatók:

Támogató szolgáltatások – az ökoszisztéma folyamatok alapjául szolgálnak, nélkülük a szolgáltatások másik három típusa nem létezne. Magukba foglalják az ökoszisztéma alapfunkcióit és outputjait, például a fotoszintézist, a biomassza produkciót, a talajképződést és megőrzést, a tápanyag és víz körforgásokat és az élőhely struktúrákat.

Ellátó szolgáltatások – melyeket közvetlen emberi felhasználásra elhozunk a természetes és mezőgazdasági ökoszisztémákból. Vonatkoznak minden termékre, melyeket a megművelt rendszerekből nyerünk (például élelmiszer, takarmány, bioüzemanyag, rost és egyéb megújítható források), továbbá azokra, melyek felhasználhatók a nem-szabályozott rendszerekből, például tűzifa, épületfa és tengeri ételek (hal, rák és kagyló). Magukba foglalnak továbbá olyan szolgáltatásokat, mint a genetikai források a biodiverzitásból. A jelenlegi gazdálkodási rendszerekben az ellátó források aránytalanul túlértékeltté válnak más típusú szolgáltatásokkal szemben.

Szabályozó szolgáltatások – kritikusak az agroökoszisztémákban, mivel szabályozzák az ökoszisztéma folyamatokat, melyek megszabják a növénytermesztés sikerét, beleértve a víz és a levegő minőség szabályozást, a talaj eróziót, a kártevő-, a betegség- és a gyomszabályozást és a beporzást. A földhasználat változások az ellátó szolgáltatások növelése céljából, csökkentik az ökoszisztémák képességét a szabályozó szolgáltatások teljesítésében.

Kulturális szolgáltatások – hozzájárulnak az emberi egészség és jólét fenntartásához azáltal, hogy kikapcsolódást, spirituális (lelki) és esztétikai értéket és nevelési és oktatási lehetőségeket nyújtanak. Magukba foglalják a kreativitást, amely a természettel való interakcióból származik (zene, művészet, archi-

tektúra). Ezek a szolgáltatások eltérőek lehetnek a különböző helyi és nemzeti emberi társadalmakban, azonban főként összefüggnek a természet közeli rendszerek (pl. természetvédelmi területek) meglétével vagy a termesztési táj diverzitásával.

Egy ideális rendszerben, a szolgáltatásoknak ez a négy típusa közel egyensúlyban van, hogy stabilan hozzájáruljon egy egészséges agroökoszisztémához, amely fenntartható, ellenáll a kisebb zavarásoknak és rugalmas nagyobb zavarások után. A jelenlegi földhasználati trendek és a vetésforgó egyszerűsítése nem olyan agroökoszisztémákat képviselnek, melyek egyenlően értékelik mind a négy típusú szolgáltatást. A fókuszálás elsődlegesen az ellátó szolgáltatáson van, a másik három hátrányára (O'Brien *et al.* 2020).

Az ökoszisztéma szolgáltatások és az emberi jólét közötti kapcsolatokat a 3. ábra szemlélteti. Az ökoszisztéma szolgáltatások úgy tekinthetők, mint az emberi jólét "természetes tőkéje", amely értékes ökoszisztéma javak vagy szolgáltatások áramlását nyújtja.

Az emberek az ökoszisztéma integrált részét képezik, és dinamikus interakció van az emberek és az ökoszisztéma többi része között. A változó emberi körülmények irányítják közvetlenül és közvetve a változásokat az ökoszisztémában, és ezáltal változásokat idéznek elő az emberi jólétben.

Ökoszisztéma szolgáltatások a mezőgazdasággal összefüggésben

Az emberi tevékenységek módosítják a természetes ökoszisztéma funkciókat és folyamatokat, és következőképpen az ökoszisztéma szolgáltatásokat. Az ökoszisztéma változásokat, melyek jelentősen hozzájárulnak az emberi jólét-hez és ökonómiai fejlődéshez a mezőgazdasági produkción keresztül, más szolgáltatások degradációjának növekvő költségével érték el. A nélkülözhetetlen (esszenciális) ökoszisztéma szolgáltatások mintegy 60%-a degradálódott vagy nem-fenntarthatóan van használva, növelve a potenciálisan váratlan változások valószínűségét, mely súlyos hatással van az emberi jólétre (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

A mezőgazdasági termesztési rendszerek magukban foglalják az ökoszisztéma szolgáltatások minden kategóriáját három módon: szolgáltatásokat nyújtanak, szolgáltatásokat igényelnek és hatással vannak más szolgáltatásokra. A mezőgazdaság ökoszisztéma szolgáltatásai elsődlegesen magukba foglalják az élelmezési növények, állati termékek, rostanyagok és más növényi források (pl. gumi) nyújtását. További szolgáltatások nyújtása erősen függ a földhasz-

nálat típusától és az agrotechnikai (menedzsment) gyakorlattól. Néhány mezőgazdasági táj kulturális előnyöket nyújt a kikapcsolódásra és a turizmusra, esztétikus értéküknek tulajdoníthatóan. Ezek gyakran összefüggnek a tradicionális földhasználati gyakorlattal és/vagy a művelt táj diverzitásával, azonban a nagy kiterjedésű monokultúráknak a tájjal ellentétes hatásuk van. Hasonlóan, a megfelelő földhasználat és menedzsment javíthatja a talajtulajdonságokat vagy elősegítheti a biodiverzitást, azonban gyakran negatív a hatásuk az ilyen tulajdonságokra.

3. ábra. Az ökoszisztéma szolgáltatások és az emberi jólét közötti kapcsolatok



Forrás: *Millennium Ecosystem Assessment* (2005)

Figure 3. Linkages between ecosystem services and human well-being. (1) Ecosystem services, (2) Supporting: nutrient cycling, soil formation, primary production, (3) Provisioning: food, fresh water, wood and fiber, fuel, (4) Regulating: climate regulation, flood regulation, disease regulation, water purification, (5) Cultural: aesthetic, spiritual, educational, recreational, (6) Life on Earth - Biodiversity, (7) Constituents of well-being, (8) Security: personal safety, secure resource access, security from disasters, (9) Basic material for good life: adequate livelihoods, sufficient nutritious food, shelter, access to goods, (10) Health: strength, feeling well, access to clean air and water, (11) Good social relations: social cohesion, mutual respect, ability to help others, (12) Freedom of choice and action: opportunity to be able to achieve what an individual values doing and being, Source: *Millennium Ecosystem Assessment* (2005)

A mezőgazdaság ökoszisztéma szolgáltatásai magukban foglalnak számos támogató és szabályozó szolgáltatást is. A mezőgazdaság igényli globálisan a megújítható vízforrások többségét, melyet az emberi tevékenység használ fel.

A természetes talajstruktúra és termékenység döntő fontosságú annak meghatározásában, hogy hol végezhető bizonyos típusú mezőgazdaság és milyen a rendszerek produktivitása. Fontos szabályozó szolgáltatások a mezőgazdaságnak magukban foglalják sok növénynek a rovarok általi beporzását és a károsítók biológiai szabályozását a természetes ellenségekkel, amely függ a megfelelő élőhelyek és más források rendelkezésre állásától (*Toward sustainable agricultural systems in the 21st century* 2010).

A mezőgazdasági ökoszisztémák károsodása a termelés nem kívánatos hatása más ökoszisztéma szolgáltatásokra és a környezetre. Ezek magukban foglalnak globális aggodalmakat kiváltó számos hatást és főként a mezőgazdasági intenzifikációhoz és a földhasználat változásához kapcsolódnak. A fő tényezők a következők (*Martin és Sauerborn* 2013):

- szántóföldek öntözése, amely a friss vízkészletek kiürüléséhez vezet;
- talaj és táj degradáció a szél és víz erózió miatt;
- a szárazföldi és vízi ökoszisztémák eutrofizációja a műtrágyák túlzott használatának tulajdoníthatóan;
- peszticidek hatása a biodiverzitásra és az emberi egészségre;
- termőterületek kiterjesztése, amely a természetes ökoszisztémák elvesztéséhez vezet;
- üvegházhatású gázok kibocsátása a földhasználat változásából és az állattartásból.

Általánosságban, az ökoszisztéma szolgáltatások a mezőgazdasággal összefüggésben szoros kölcsönös kapcsolatban vannak és nem függetlenek egymástól. Enyhítési megoldásokat számba kell venni különböző térbeni és időbeni skálákon, beleértve a táblát, a farmot, a tájat vagy vízgyűjtő területet (*O'Brien et al.* 2020).

Táblaszintű megoldások, hogy csökkentjük a káros hatásokat, magukba foglalják a termőhelyhez (talaj, típus, domborzat) adaptálódott növények és művelési ágak megválasztását, takarónövényeket és a minimális talajművelés használatát, hogy csökkentjük a talajvesztéseket és megfelelő vetésforgót (és köztestermesztést), hogy megőrizzük a talajtermékenységet. A gazdaság (farm) skáláján a növénytermesztés és az állattenyésztés integrálása szinergizmust hoz létre a növények és melléktermékek állati takarmányozásban való felhasználásával, miközben tápanyagokat kap a növénytermesztés az állatok trágyáján keresztül.

Az ökoszisztéma szolgáltatások nyújtása és átadása a mezőgazdaságnak, illetve a mezőgazdaságból származó ökoszisztéma szolgáltatások nagymértékben függenek a táj szerkezetétől, melyekbe a mezőgazdaság be van ágyazódva. A termőhelyek függenek azoktól a szolgáltatásoktól, melyet a szomszédos természetes és félig természetes élőhelyek nyújtanak, melyek rezervoárként működnek a hasznos fajoknak és pufferként, hogy csökkentsék vagy akadályozzák a víz és a tápanyagok veszteségét. Ez szükségessé teszi a többfunkciós tájak integritásának fenntartását.

Gazdálkodás az ökoszisztéma szolgáltatásokért

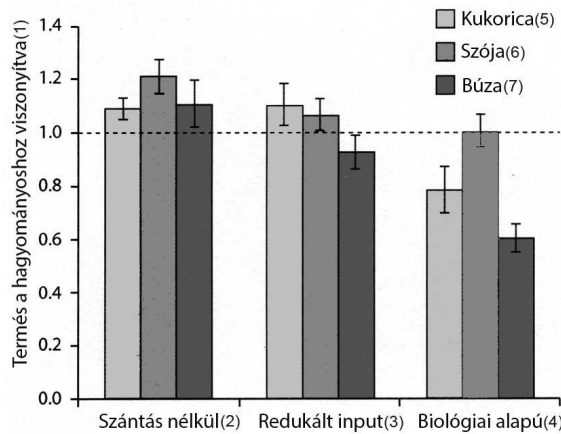
A termelőnek fel kell ismerni, hogy a mezőgazdaság a természetén kívül más ökoszisztéma szolgáltatásokat is nyújt, nevezetesen: tiszta és jól szabályozott vízelátást, biodiverzitást, természetes élőhelyek megőrzését és kikapcsolódást, a klíma stabilizálását, esztétikai és kulturális tényezőket. Globális hipotézisünk az, hogy az ökológiai ismeret helyettesítheti a legtöbb kémiai inputot az intenzív agrotechnikájú, nagyon produktív egyéves kultúrnövényeknél.

1988-ban a Kelloggi Kísérleti Állomáson (Michigan, USA) beállított ökológiai kísérletben, kukorica (*Zea mays* L.) – szója (*Glycine max* L.) – őszi búza rotációban összehasonlították négy eltérő agrotechnikai intenzitású termesztési rendszer ökoszisztéma szolgáltatásait 1989 és 2012 közötti 23 éves időszakban (Robertson *et al.* 2014). Az egyik rendszer hagyományosan van művelve, a régió jelenlegi termesztési gyakorlata alapján, magában foglalva a szántást. Egy másik állandó szántás nélküli (no-till) rendszer, egyébként azonos hagyományos agrotechnikával. A harmadik egy redukált inputrendszer, a hagyományos rendszer kémiai inputjának egyharmadával. Ebben a rendszerben, őszi takarónövények kiegészítő nitrogént szolgáltatnak, és mechanikai gyomirtást használtak. A negyedik rendszer biológiailag szabályozott, szintetikus kemikáliák (vagy istállótrágya) nélkül, azonban takarónövényekkel és mechanikai műveléssel, mint a redukált inputú rendszerben. Ezt a rendszert organikusnak minősítették (4. ábra).

A redukált-inputú rendszerben, a kukorica és szója termékek kismértékben meghaladják a konvencionális termesztési rendszer termését, míg a búza termése csak kismértékben marad el (4. ábra). Közvetett bizonyíték rámutat a nitrogénhiányra, mint a kisebb búzatermés okára. Ez a nitrogénhiány különösen nyilvánvaló a biológiai alapú rendszerben, amelyben hiányzik a nitrogén műtrágya input: a búzatermések csupán 60%-át teszik ki a hagyományos agro-

technikával elért termésnek. Ez ellentétes a szójatermésével, amelynél a biológiai alapú rendszer ekvivalens a hagyományos rendszerrel (4. ábra).

4. ábra. Szemtermés a Kellogg Biológiai Állomáson, szántás nélküli, redukált inputú és biológiai alapú termesztési technológiával, viszonyítva a hagyományos technológiához (pontozott vízszintes vonal) az 1989 és 2012 közötti 23 éves időszakban



Forrás: Robertson *et al.* (2014). Megjegyzés: a függőleges vonalak az oszlopok csúcsán a standard hibák.

Figure 4. Grain yields at the Kellogg Biological Station under no-till, reduced input, and biologically based management relative to conventional management (the dotted horizontal line) over the 23-year period of 1989–2012. (1) Yield relative to conventional, (2) No till, (3) Reduced input, (4) Biologically based, (5) Corn, (6) Soybeans, (7) Wheat, Source: Robertson *et al.* (2014), Note: the error bars represent the standard error.

Egy alapvető kérdés, hogy milyen mértékig lehet a rotáció helyreállításával helyettesíteni a napjainkban használt külső inputokat? A fenti ökológiai kísérletben a hüvelyes takarónövények bevonása, továbbá a mechanikai gyomszabályozás a redukált inputú kukorica–szója–búza rotációban, kétharmadára csökkentette a szintetikus nitrogén és herbicid inputot, amely egyébként szükséges lett volna a nagy termésekhez (4. ábra).

Az ökológiai kísérlet szója parcelláiban a katicabogarak szabályozzák a szója levéltetű (*Aphis glycines*) populációkat és képesek az ökonómiai küszöbérték alatt tartani. Ilyen kontroll hiányában a szójatermés 40–60%-kal csökkenhetne. A katicabogarak diverzitása fontos része ennek a szabályozásnak és összefüggött a táj diverzitásával a szójaterület 1,5 km-es körzetében.

A kísérletben kimutatták, hogy megfelelő agrotechnikával jelentősen csökkenthető a hosszú távú nitrát kimosódás. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése egy másik ökológiai szolgáltatás, melyet a modern termelési rendszerek képesek nyújtani.

Következésképpen, az eredmények azt mutatják, hogy a fő gabonafélék egyszerűbb rotációi megfelelő agrotechnikával, a termésen kívül más fontos ökoszisztéma szolgáltatásokat is nyújthatnak.

Biodiverzitás

A biodiverzitás génekből, fajokból, populációkból és az egész tájból áll, együtt az összetétellel, szerkezettel, funkciókkal és interakciókkal, melyek bekövetkeznek az ökoszisztéma minden szintjén. A mezőgazdasági biodiverzitás, amely általánosan agro-biodiverzitásként ismert, tartalmazza az állatok, növények és mikroorganizmusok fajait és variabilitását, melyek szükségesek ahhoz, hogy fenntartsák az agroökoszisztéma funkcióit, struktúráját és folyamatait az élelmiszertermelés és élelmiszerbiztonság érdekében.

A biodiverzitás jelenti az élet diverzitását (sokféleségét, változatosságát) és magában foglalja (*Martin és Sauerborn 2013*):

- diverzitást fajon vagy populáción belül (genetikai diverzitás),
- a fajok számát egy meghatározott területen belül vagy egy társulás térbeni vagy funkcionális alegységén belül (fajdiverzitás), és
- egy táj különböző komponenseit vagy élőhelyeit (táj diverzitás).

Fajdiverzitás a természetes rendszerekben

A fajok számát egy területen vagy egy társulásban meghatározzák nemcsak a hely ökológiai feltételei, hanem a geográfiai faktorok is. Globális távlatból tekintve, a természetes faj diverzitás nagyon egyenlőtlen eloszlású. Általában nyilvánvaló a növekedés a faj diverzitásban a Sarkköröktől az Egyenlítőig. Egy további gradiens (lejtés) a biodiverzitásban fennáll a hegységi régiókban, ahol a fajok száma csökken a növekvő magassággal. Világviszonylatban a legnagyobb diverzitású ökoszisztémák a trópusokon találhatóak, melyek elsődlegesen magukban foglalják az őserdőket és a korallzátonyokat.

Egy másik faktor, amely meghatározza egy élőhely faj diverzitását, a táplálékforrások rendelkezésre állása (állatok, illetve növények részére). A növényfajok száma azonban nem a legnagyobb azokon a helyeken, ahol legnagyobb

a tápanyag ellátottság, hanem általában csökken a talaj tápelem tartalmának növekedésével. A művelt tájon is megfigyelhető, hogy a tápanyagban nagyon gazdag helyeken rendszerint alacsony a fajdiverzitás. Rendszerint szoros kapcsolat van az állat- és növényfajok száma között egy termőhelyen. Minél több növényfaj található egy helyen, annál több fitofág faj tud megélni ott, mivel legtöbbjük táplálkozás specialista.

Mezőgazdasági biodiverzitás

Az agroökoszisztémák biodiverzitása magában foglalja a kultúrnövények fajtáinak (varietas) és nemesített fajtáinak diverzitását és a növénytermesztéssel kapcsolatban levő fajoknak (vadfajok, beporzók, kártevők és természetes ellenségeik) a természetes diverzitását. Ez jellemző a táj skálán is, az agroökoszisztémák és azokat körülvevő fajok, élőhelyek és ökoszisztémák közötti összefüggésen túl.

A növények genetikai diverzitása

Mióta az emberek elkezdtek a szántóföldi termesztést, mintegy 7000 növényfajt termesztettek. Jelenleg csupán kb. 30 növényfaj képezi az emberek táplálkozási energia szükségletének 95%-át, közülük négy [rizs, búza, kukorica és burgonya (*Solanum tuberosum* L.)] felelős energia bevitelünk több mint 60%-áért. Ráadásul, e növényfajok genetikai diverzitása nagymértékben lecsökkent. Kínában 1949-ben termesztett 800 hagyományos rizsfajtából csupán 50 maradt meg 1970-ben. Indiában 30 000 rizsfajta volt, azonban a közeljövőben várhatóan csupán 50 marad. Mexikóban a kukoricafajták 80%-a elveszett. E fejlemény fő oka volt a nagy termőképességű fajták bevezetése a zöld forradalom után és a növénytermesztés általános intenzifikációja. A genetikai diverzitás globális csökkenésnek számos következménye van az élelmiszertermelésben és biztonságban a jövőben (Martin és Sauerborn 2013):

- A növények genetikai diverzitásának csökkenése sebezhetőbbé tette a növényeket a kártevőkre és betegségekre, melyek nagyobb valószínűséggel elterjednek, amikor a fajtáknak hasonló a genetikai alapja. Például, a genetikai uniformitás hozzájárult a déli kukorica levéltetveség (*Bipolaris maydis*) elterjedéséhez és a gombabetegség 15%-kal csökkentette az USA kukoricatermését 1970-ben.
- Hasonlóan, a genetikai uniformitás növelheti a sebezhetőséget az abiotikus stresszekkel szemben. Ez különösen fontossá válik a globális klímaváltozási

helyzetekben, amikor változások várhatók a hőmérsékletben, a csapadék-eloszlásban és az extrém időjárás (mint a szárazság, heves csapadék és hő-hullámok) valószínűségének általános növekedésében. A genetikai variabilitás egy fajon belül lehetőséget nyújt a stresszel szembeni ellenállásra (rezisztencia), rövid- és hosszútávon egyaránt. Ezáltal a termésszabályozás egy diverzebb termesztési rendszerben kisebb lesz, mint az egyetlen fajtából álló termesztési rendszerben.

- A növény genetikai források, melyek jelen vannak a hagyományos tájfaftákban vagy vad rokonaikban, fontos alapul szolgálnak a növénynevelésben. A diverzitás a növény genetikai forrásokban lehetőséget nyújt a nevelítőknek, hogy előállítsanak új fontos fajtaftákat. Ezek alkalmazkodnak a speciális abiotikus körülményekhez vagy olyan kívánatos tulajdonságokkal rendelkeznek, mint a betegségekkel és kártevőkkel szembeni rezisztencia.

Fajdiverzitás a mezőgazdaságilag művelt területeken

A növényfajokon és fajtaftakon kívül, melyek közül csak egyet vagy néhányat termesztenk egy-egy táblán, más faktorok határozzák meg az agroökoszisztémák és a művelt tájak biodiverzitását. Ezek a következők:

- geográfiai, klimatikus és talaj feltételek,
- a termesztés típusa és intenzitása, és
- az élőhelyek diverzitása, struktúrája, mérete és eloszlása a tájban.

A 20. század második felében jelentős csökkenés következett be a fajok diverzitásában az agroökoszisztémákban, elsősorban a vad növényfajok között, sok helyen. A csökkenés elérte átlagosan az 50%-ot. A biodiverzitás csökkenése nemcsak az agroökoszisztémákra van hatással, hanem a kultúrtájak és az ott élő fajok diverzitására is, melyekhez tartoznak a madarak és az emlősök. Az ok a mezőgazdasági termelés fokozódó intenzifikációja, melyben az alábbi eljárások fontosak (*Martin és Sauerborn 2013*):

- Strukturális (szerkezeti) változás a mezőgazdasági tájban. Ez elsősorban a táblaméretnek növekedésének eredménye, amely gyakran együtt jár a határoló tájelemek (pl. táblatorések, élő sövények, kőfalak) eltávolításával. Ezenkívül, a növekedés a növénystírűségben (különösen a gabonaféléknél) és csökkenés következett be a termesztett növényfajok diverzitásában, amely tovább csökkenti számos növényfaj és állatfaj túlélésének esélyét a táblán.

- A műtrágyák nagyobb mennyiségének kijuttatása. Mint a természetes helyeken, a vad növényfajok száma a szántóföldeken és a füves területeken kevesebb a magas tápanyag-ellátottságú (különösen nitrogén) helyeken, mint a kontroll (nem trágyázott) helyeken. Ezzel szemben, a növények biomassza produkciója nagyobb a trágyázott helyeken, mint a nem trágyázott helyeken.
- Gyomnövények és kártevők szabályozása. Nemcsak a herbicidek, hanem a gyomszabályozás más módszerei (pl. korszerű vetőmagtisztítás) is a vad növényfajok diverzitásának csökkenéséhez vezettek. Ezáltal olyan fajok, mint a vetési konkoly (*Agrostemma githago* L.) nagyon ritkán található Közép-Európa mezőgazdasági tájain.
- Füves területek legeltetése és kaszálása. A trágyázáson és gyomszabályozáson kívül, a rétek és legelők fajdiverzitására hatással van a kaszálás és legeltetés. Az állatfajok, például a marha és a birka módosíthatja a füves területek vegetációját eltérő módon.

A növények (és állatok) diverzitásának csökkenésével, az agroökoszisztémák intenzifikációja ugyancsak hatással van a rendszer funkcionális biodiverzitására. Általában, a funkcionális biodiverzitás vonatkozik a fajok közötti interakciók és táplálékháló struktúrák különböző típusaira, melyek kapcsolatban vannak különböző folyamatokkal, beleértve a produktivitást, a termést és az agroökoszisztémák más sajátosságait.

Agrobiodiverzitás jelentősége a mezőgazdaság fenntarthatóságában

A növény diverzitás (azaz a termesztett növények típusainak változatossága tétele, beleértve különböző genetikai összetételű fajtákat) egyik módja a kockázat szabályozásának a gazdaságokban (farmokon). Az agrobiodiverzitás magában foglal genetikai forrásokat, valamint domesztikált és nem domesztikált fajokat és populációkat (a gazdálkodási rendszeren kívül vagy belül), melyek támogatják az élelmiszerellátást, beleértve a mikroorganizmusokat, beporzó rovarokat és a vízi szervezeteket. Azon kívül, hogy értékes növény és állatfajokat szolgáltat, a biodiverzitás a mezőgazdasági rendszerekben számos ökológiai szolgáltatást nyújt, beleértve a tápelemek körforgását, a beporzást, a mezőgazdaságban nem kívánatos szervezetek szabályozását, a helyi hidrológiai ciklust, a mikroklíma és szénraktározás szabályozását. Az agrobiodiverzitás szolgáltatások funkcionális értékei magukba foglalják a talaj szervesanyag képzését, a tápelemek körforgását, hasznos vízgyűjtő funkciókat (elfolyás mérséklése és

üledék gátlása), kártevők és betegségek előfordulásának mérséklését (*Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century* 2010).

Jóllehet a biodiverzitást a gazdálkodási rendszerekben egyre jobban felismerik, mint a fenntartható mezőgazdasági termelés és élelmiszerbiztonság alapját, a biodiverzitás súlyosan károsodott a monokultúrás mezőgazdasági termelési rendszerek kiterjedése és az agrokemikáliák intenzív használata következtében a világ számos részén. A genetikai források diverzitásának, növényfajok, hasznos rovarok (beleértve a beporzókat), talaj és vízi szervezetek és más elemek biodiverzitásának csökkenése súlyosan gátolja a fenntartható természet és irreverzibilis biológiai veszteségekhez vezethet (*Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century* 2010).

Bőséges bizonyíték van azonban, amely mutatja a biodiverzitás többszörös előnyét a mezőgazdaságban különböző szinteken és különböző természetű rendszerekben. A fenntartható mezőgazdaság egyik feltételezése, hogy megvalósítható a kompromisszum a nagyobb produktivitás és a biodiverzitás között. Számos vizsgálat kimutatta, hogy a biológiai diverzitás hozzájárul a gazdálkodási rendszerek rugalmasságához és stabilitásához. Az újabb vizsgálatok feltárták, hogy a talaj biodiverzitásának jelentős szerepe van az egészséges talaj fenntartásában a mezőgazdaságban. Egy maréknyi talaj több ezer vagy akár több millió különböző mikroszkópikus organizmust tartalmaz. A talaj az egyike a legnagyobb diverzitással rendelkező élőhelyeknek a Földön.

Takarónövények a fenntartható növénytermesztésben

A takarónövényeket ősidők óta használják a talaj javítására és az utóvetemények termésének növelésére. Korábban három különböző megnevezést használtak, hogy leírjuk azokat a növényeket, melyeket specifikusan azért termesztünk, hogy fenntartsuk a talajtermékenységet és a produktivitást: zöldtrágyák, takarónövények és fogónövények. Napjainkban a szakirodalomban általánosan elfogadott a takarónövény elnevezés a zöldtrágya és az ún. fogó növényekre egyaránt. Történelmileg a takarónövények a természetű rendszerek integrált részét képezték. Az utóbbi évtizedekben nőtt az érdeklődés a takarónövények használata iránt, a mezőgazdaság fenntarthatóságának javítása céljából. A takarónövényeket tekintik fő stratégiának a talajtulajdonságok javításában (*Magdoff és van Es* 2009).

A takarónövények előnyei

A takarónövények többféle potenciális előnyt nyújtanak a talaj egészségi állapotának és a következő növénynek, miközben fenntartják a tisztább felszíni és talajvizet. Megakadályozzák az eróziót, javítják a talaj fizikai és biológiai tulajdonságait, tápanyagot szolgáltatnak az utóveteménynek, elnyomják a gyomokat, javítják a talajban a víz rendelkezésre állását és megtörik a károsítók életciklusait. A takarónövények növelik a talaj szerves anyag mennyiségét. Jelentős hatásuk van a talaj minőségére, mivel javítják a talajszerkezetet és a talajtermékenységet, megakadályozzák a talaj cserepedését, csökkentik a tápanyag-kimosódási – különösen a nitrogén – veszteséget. Néhány takarónövény képes behatolni a tömörödött talajrétegekbe, könnyebbé téve az utóvetemény gyökereinek növekedését.

A takarónövény tényleges előnye függ a termesztett növényfajtól, annak produktivitásától és attól, hogy milyen hosszán hagyjuk növekedni, mielőtt a talajt előkészítjük a következő növénynek. Sok növénytípus használható takarónövényként. A hüvelyeseket és a fűféléket (beleértve a cereáliákat) használják legnagyobb mértékben, de fokozódó érdeklődés van a káposztafélék [mint a repcse (*Brassica napus* L.), mustár (*Brassica nigra* L.) és retek (*Raphanus sativus* L.)] iránt és folyamatos érdeklődés van más növények iránt, mint a hajdina (*Fagopyrum esculentum* L.).

Jóllehet a legtöbb termelő egyetlen növényfajt használ takarónövényként a táblán, a különböző takarónövények keveréke előnyöket kínál. A legáltalánosabb keverék a pázsitfűvéké és a hüvelyeseké, mint az őszi rozs és a szöszös bükköny (*Vicia villosa* L.), zab (*Avena sativa* L.) és vörös here (*Trifolium pratense* L.), vagy szántóföldi borsó (*Pisum sativum* L.) és apró magvú gabonafélék. Más keverékek magukba foglalhatnak hüvelyest vagy apró magvú gabonát takarmány retekkel vagy akár különböző apró magvú gabonákat keverünk össze. A kevert állományok rendszerint jobban elnyomják a gyomokat, mint az egyetlen faj. Hüvelyeseket pázsitfűvekkel együtt termesztve, segít kompenzálni a rendelkezésre álló nitrogén csökkenését az utóveteményben, amikor a pázsitfűféléket meghagyjuk növekedni az érésig.

Takarónövények biomassa produkciója a mérsékelt agroökozónákban

A szakirodalom áttekintése azonban arra utal, hogy a takarónövények hatása a talajtulajdonságokra és a növények termésére erősen változó, különösen rövid távon. Egyik fő faktor, amely úgy tűnik, hogy irányítja a takarónövény hatá-

sokat a talajra és a növény termésére, az előállított biomassza produkció. Közel 400 tudományos publikáció kísérleti adatainak meta-analízise (Ruis et al. 2019) alapján a takarónövények jelentős mennyiségű biomasszát tudnak előállítani. A vizsgálat átlagában a takarónövények biomassza produkciója $3,37 \pm 2,96$ t/ha volt. A legnagyobb biomasszát előállító takarónövények: cirok (*Sorghum* sp.) > köles (*Pennisetum glaucum* L.) > rozs (*Secale cereale* L.) > két fajból álló keverék > bíborhere (*Trifolium incarnatum* L.) > árpa (*Hordeum vulgare* L.) = szösös bükköny > olasz perje (*Lolium multiflorum* L.) > zab. A rozs a leggyakoribb faj, és a legnagyobb biomasszát előállító növények között volt (4,93 t/ha) a különböző klímákban és termesztési rendszerekben. A nagy variabilitás a takarónövények biomassza produkciójában a helyspecifikus faktoroknak tulajdonítható, mint a klíma, termesztési rendszerek, takarónövény csoportok, vetésidő, vetőmag mennyiség, tenyészidőszak hossza, vetési mód, öntözés, trágyázás, talajszerkezet és más tényezők.

Több növényfajból álló takarónövény keverékek

A takarónövények végső hatása sok faktortól függ, közülük az egyik legfontosabb a választott növényfaj. Mivel egyetlen növényfaj nem képes teljesíteni az összes előnyt, különböző takarónövény keverékek használhatók, legtöbbször multifunkcionális előnyt nyújtanak az agroökoszisztémáknak.

A több növényfajból álló takarónövények népszerűvé váltak az utóbbi években, a többszörös ökoszisztéma előnyök miatt, összehasonlítva az egy vagy kétfajú takarónövényekkel. A hároméves szója- és kukoricatermesztési rendszer kísérletben (Chu et al. 2017) a több fajból álló, hüvelyes, fűféle és *Brassica* spp. keverék szignifikánsan növelte a szójatermést, a gravimetrikus talajnedvesség és talaj szerves nitrogén tartalmát, összehasonlítva a kevésbé diverz kezelésekkel és a kontrollal. A takarónövények azonban nem növelték a talaj szerves szén tartalmát.

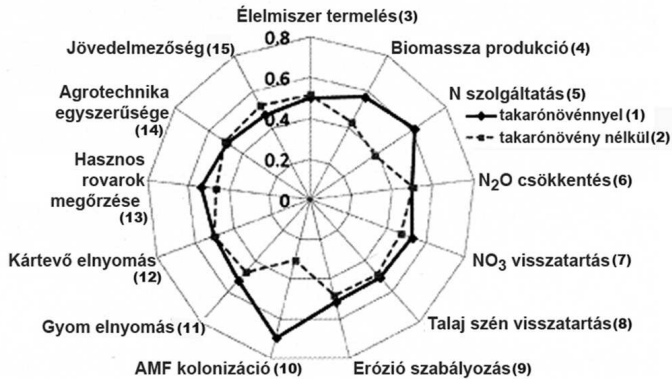
A takarónövények ökoszisztéma szolgáltatásai

A termesztési rendszerek, amelyek ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújtanak a növényi produkción (termésen) kívül, egyre nagyobb érdeklődést váltanak ki a termelők (farmerek), politikusok és az egész társadalom részéről. A takarónövények integrálása a vetésforgókba lehetőséget kínál a mezőgazdasági rendszerek által nyújtott ökoszisztéma szolgáltatások növelésére. Az ökoszisztéma szolgáltatások a környezet által az embereknek nyújtott javadalmak. Egy lehet-

séges megoldás a javadalmak maximalizálására, hogy időben diverzifikáljuk az ökoszisztéma szolgáltatások ellátási funkcióját. A takarónövények integrálása az egyéves gabonatermesztési rendszerekbe, jelentősen hozzájárul az időbeni, taxonómiai és funkcionális biodiverzitáshoz.

Hároméves szója–búza–kukorica rotációban takarónövénnyel és takarónövény nélkül vizsgálták a takarónövények ökoszisztéma szolgáltatásait (*Schipanski et al.* 2014). A hároméves vetésforgóban a takarónövények növelték nyolc ökoszisztéma szolgáltatás nyújtását a vizsgált 11-ből, összehasonlítva a takarónövény nélküli rendszerrel (5. ábra).

5. ábra. 11 ökoszisztéma szolgáltatás és két ökonómiai mutató átlagos adatainak normalizált értékei a hároméves vetésforgó termesztési rendszerben (takarónövénnyel – folytonos vonal, takarónövény nélkül – szaggatott vonal)



Forrás: *Schipanski et al.* (2014)

Figure 5. Normalized values for 11 ecosystem services and two economic metrics averaged across the 3-year rotation of cropping systems with (continuous line) and without (dashed line) cover crops. (1) With cover crops, (2) Without cover crops, (3) Food production, (4) Biomass production, (5) N supply, (6) N₂O reduction, (7) NO₃ retention, (8) Soil carbon storage, (9) Erosion control, (10) AMF colonization, (11) Weed suppression, (12) Pest suppression, (13) Beneficial insect conservation, (14) Management ease, (15) Profitability, Source: *Schipanski et al.* (2014).

A takarónövények növelték majdnem mindegyik támogató és szabályozó szolgáltatást, beleértve a biomassa produkciót, a nitrogén-ellátást, a talaj szénraktározását, NO₃-megtartást, eróziószabályozást, gyomszabályozást, AMF kolonizációt és a hasznos rovarok megőrzését. A jövedelmezőség és az agrotechnika könnyűsége (kockázata) azonban alacsonyabb volt a takarónövényes rendszerben. Hosszú távon, a takarónövények által nyújtott ökoszisztéma szol-

gáltatások javíthatják a termesztési rendszer rugalmasságát, pozitív visszacsatolással a termésszabályozásra, csökkentve a külső input szükségletet és növelve a jövedelmezőséget.

Ökoszisztéma szolgáltatások különböző takarónövény rendszerekben

A takarónövények ökoszisztéma szolgáltatásainak rendszere arra utal, hogy a takarónövények többfunkciósak (multifunkcionalitás). A takarónövények multi-funkcionalitásának szabályozása szükségessé teszi annak ismeretét, hogy a szolgáltatás kölcsönhatásokat hogyan befolyásolja a faj azonosság és diverzitás. Interakció bekövetkezik, amikor egyik szolgáltatás nyújtása változásokhoz vezet egy vagy több másik szolgáltatásban.

Finney et al. (2017) egy hároméves búza–kukorica vetésforgó kísérletben vizsgálta 10 takarónövény kezelés hatását nyolc ökoszisztéma szolgáltatásra. A takarónövények a következők voltak: vörös here, repce, fekete retek, rozs, zab, borsó és 3–3, 4 és 6 fajból álló takarónövény keverékek. A multi-funkcionalitás nyolc szolgáltatáson alapult: biomassza produkció, gyom elnyomás, N visszatartás, károsítók elnyomása, talaj szén, N szolgáltatás, árunövény produkció és jövedelmezőség. Biomassza produkció, gyom elnyomás és N visszatartás szolgáltatást mindegyik takarónövény nyújtotta. Jóllehet a takarónövény keverékek átlagosan felülmúlták az egy növényfajú takarónövényeket, a borsó önmagában nyújtotta a legnagyobb multifunkcionalitást. A borsó magas multifunkcionalitása annak tulajdonítható, hogy megfelelő nagyságrendű, sok szolgáltatást nyújtott és nem volt hátrányos szolgáltatása. Pozitív összefüggés volt a takarónövények száma és a multifunkcionalitás között. A takarónövény keverékekben belül, az átlagos multifunkcionalitás nőtt a tulajdonságok különbözőségével (nagyobb funkcionális diverzitással). Több, funkcionálisan diverz keverékek úgy növelték a multifunkcionalitást, hogy megszüntették a komponens növényfajjal összefüggő hátrányos szolgáltatást. Bizonyos egy növényfajú takarónövények (zab, fekete retek) hasonló vagy nagyobb (borsó) multifunkcionalitást nyújtottak, mint a diverz takarónövény keverékek.

Következtetések

Napjaink mezőgazdasága ellentétes kihívásokkal találkozik, nő az igény a produkció (élelmiszer, takarmány, bioenergia) növelésére, miközben egyidejűleg csökkenteni kell a negatív környezeti hatásokat. Az agroökológiát javasolják,

hogy biztosítsa az élelmiszerellátást kevesebb vagy kisebb negatív környezeti és társadalmi hatással, mint az intenzív mezőgazdaság. A biodiverzitás és a kapcsolódó funkciók, mint a megporzás, károsítók szabályozása és mechanizmusok, melyek fenntartják vagy javítják a talajtermékenységet, javíthatják az agro-ökoszisztémák produktívójának hatékonyságát és fenntarthatóságát. A takarónövények integrálása a vetésforgókba lehetőséget kínál a mezőgazdasági rendszerek által nyújtott ökoszisztéma szolgáltatások növelésére.

A növénytermesztés fenntartható intenzifikációja képvisel egy váltást a jelenlegi termesztési gyakorlatból a fenntartható mezőgazdasági rendszerekre, melyek képesek nyújtani jelentős produktivitási növekedést és fokozott ökoszisztéma szolgáltatásokat és minimalizálják az olyan technológiák vagy eljárások használatát, melyeknek hátrányos hatása van az emberek egészségére vagy a környezetre. Az integrált növénytermesztés koncepciója a külső inputokat és a fejlett technológiát a mezőgazdaság lényeges részének tekinti. Nélkülük a termelékenység spirálisan csökkenne, szegénységhez és éhínséghez vezetve a világ nagy részében, valamint a talajminőség degradációját eredményezné. Ahhoz, hogy a mezőgazdaság hatékony legyen, a további intenzifikációt szükségesnek tartják.

A következő évtizedekben a mezőgazdaság intenzifikációját úgy kell irányítani, hogy fokozza az ökoszisztéma szolgáltatások nyújtását. Késlekedés a környezet további degradációját eredményezi.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást támogatta a GINOP-2.3.4-15-2016-00005 és a TKP2020-IKA-12 projekt.

Irodalom

- Árendás, T.–Csathó, P.*: 2002. Comparison of the effect of equivalent nutrients given in the form of farmyard manure or fertilizers in Hungarian long-term field trials. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30: 2861–2878.
- Berzsenyi Z.*: 2009. Az ötven éves martonvásári tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében. [In: Berzsenyi Z.–Árendás T. (szerk.) Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében.] Jubileumi Tudományos Konferencia. Martonvásár. 37–49.

- Berzsenyi Z.*: 2013. Növénytermesztés- környezeti, növekedési és termésreakciók. Agroinform Kiadó. Budapest.
- Berzsenyi, Z.*: 2018. Challenges and agroecological approaches in crop production. *Acta Agraria Debreceniensis*. 150: 75–89.
- Cassman, K. G.*: 1999. Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 96. 11: 5952–5959.
- Chu, M.–Jagadamma, S.–Walker, F. R.–Eash, N. S.–Buschermohle, M. J.–Duncan, L. A.*: 2017. Effect of multispecies cover crop mixture on soil properties and crop yield. *Agric. Environ. Lett.* 2. 170030: 1–5.
- Connor, R. S.–Loomis, D. J.–Cassman, K. G.*: 2011. *Crop Ecology*. University Press. Cambridge.
- Debreczeni K.–Németh T.*: 2009. Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967–2001). Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Finney, D. M.–Murrell, E. G.–White, Ch. M.–Baraitbar, B.–Barbercheck, M. E.–Bradley, B. A.–Cornelisse, S.*: 2017. Ecosystem services and disservices are bundled in simple and diverse cover cropping systems. *Agric. Environ. Lett.* 2. 170033: 1–5.
- Gaba, S.–Alignier, A.–Aviron, S.–Barot, S.–Blouin, M.–Hedde, M.–Jabot, F.–Vergnes, A.–Bonis, A.–Bonthoux, S.–Bourgeois, B.–Bretagnolle, V.–Catarino, R.–Coux, C.–Gardarin, A.–Giffard, B.–Le Gal, A.–Lecomte, J.–Miguet, P.–Piutti, S.–Rusch, A.–Zwicke, M.–Couvret, D.*: 2018. Ecology for sustainable and multifunctional agriculture. *Sustainable Agriculture Review*. 28: 1–46.
- Gliessman, S. R.*: 2015. *Agroecology*. CRC Press. Boca Raton. FL. USA.
- Kismányoky, T.*: 2018. Long-term field experiments in the crop production and agroecology. *Acta Agraria Debreceniensis*. 150: 267–272.
- Kismányoky T.–Jolánkai M.*: 2009. A tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés kutatásában. [In: Debreczeni K.–Németh T. Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967–2001).] Akadémiai Kiadó. Budapest. 25–34.
- Magdoff, F.–Van Es, H. (eds.)*: 2009. *Building soils for better crops. Sustainable soil management*. SARE Outreach Publications. Brentwood. MD.
- Martin, K.–Sauerborn, J.*: 2013. *Agroecology*. Springer Verlag. Dordrecht Heidelberg.
- Millennium Ecosystem Assessment*: 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press. Washington D.C.
- Murray, W. J.*: 2012. Sustainable crop production intensification. [In: Barney, S. T. (ed.) *Proceedings of the international scientific symposium on biodiversity and sustainable diets united against hunger*.] FAO Headquarters. Rome. Italy. 66–74.
- Nagy J.*: 2019. Komplex talajvizsgáló, víz- és tápanyag-gazdálkodási tartamkísérletek 1983-tól a Debreceni Egyetemen. *Növénytermelés*. 68. 3: 5–28.
- O'Brien, P. L.–Hatfield, J. L.–Dold, Ch.–Kistner-Thomas, E. J.*: 2020. Cropping pattern changes diminish agroecosystem services in North and South Dakota, USA. *Agronomy Journal*. 112: 1–24.

- Pepó, P.*: 2018. Long-term experiments on chernozem soil in the University of Debrecen. *Acta Agraria Debreceniensis*. 150: 357–369.
- Pepó P.*: 2019. Integrált növénytermesztés 1–3. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Peterson, G. A.–Eviner, V. T.–Gaudin, A. C. M.*: 2018. Ways forward for resilience research in agroecosystems. *Agricultural Systems*. 162: 19–27.
- Pretty, J.–Bharucha, Z. P.*: 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*. 114. 8: 1571–1596.
- Radics L. (szerk.)*: 2010. Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztéstan 1. Agroinform Kiadó. Budapest.
- Radics L. (szerk.)*: 2012. Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztéstan 2–3. Agroinform Kiadó. Budapest.
- Reddy, P. P.*: 2016. Sustainable intensification of crop production. Springer Nature. Singapore.
- Robertson, G. Ph.–Gross, K. L.–Hamilton, S. K.–Landis, D. A.–Schmidt, T. M.–Snapp, S. S.–Swinton, S. M.*: 2014. Farming for ecosystem services: An ecological approach to production agriculture. *Bioscience*. 64. 5: 404–415.
- Ruis, S. J.–Blanco-Canqui, H.–Creech, C. F.–Koehler-Cole, K.–Elmore, R. W.–Frances, Ch. A.*: 2019. Cover crop biomass production in temperate agroecozones. *Agron. J.* 111. 4: 1535–1551.
- Sadras, V. O.–Calderini, D. F.*: 2009. Crop physiology. Elsevier. San Diego. CA.
- Schipanski, M. E.–Barbercheck, M.–Douglas, M. R.–Finney, D. M.–Haider, K.–Kaye, J. P.–Kemanian, A. R.–Mortensen, D. A.–Ryan, M. R.–Tooker, J.*: 2014. A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agro-ecosystems. *Agricultural Systems*. 125: 12–22.
- Struik, P. C.–Kuyper, T. W.*: 2017. Sustainable intensification in agriculture: the richer shade of green. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 37. 39: 1–15.
- Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century*: 2010. National Research Council. The National Academic Press. Washington D.C.
- Tittonell, P.*: 2014. Ecological intensification of agriculture - sustainable by nature. *Curr. Opin. Env. Sust.* 8: 53–61.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Berzsenyi Zoltán
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kaposvári Campus
Növénytermesztési-tudományok Intézet
Kaposvár
Guba Sándor u. 40.
H-7400
profberzsenyi.zoltan@gmail.com

MEGEMLÉKEZÉS

In memoriam

100 éve született Dr. Bocz Ernő professzor úr



Mindenki tisztában van azzal, hogy vannak olyan személyek, akiknek emléke, emlékezete, egyénisége – annak ellenére, hogy sajnos már nincsenek közöttünk –, kitörölhetetlenül bennünk él. Azon fiatalok számára, akik ezeket a kiemelkedő szaktekintélyeket nem ismerték, azoknak tanulságos az életútjuk, eredményeik bemutatása, hiszen ilyen tudós emberek nélkül tudománytörténetünk lényegesen szegényebb lenne. Nos, a tágabb értelemben vett növénytermesztés diszciplínájának ilyen kimagasló, korszakot meghatározó egyénisége volt a 100 éve született Dr. Bocz Ernő professzor úr, aki a 20. században végzett alkotó tevékenysége mellett a 21. század elején is aktív tudományos és szakmai munkát végzett a hosszú, tartalmas, eredményekben gazdag életpályájának szinte az utolsó hónapjáig, a 90 évesen, 2010. évben bekövetkezett haláláig. Szuggesztív, lebilincselő, attraktív személyisége meghatározó jelentőségű volt a 20. század hazai, de nemzetközi növénytermesztési kutatásaiban is, az egyetemi oktatásban, a tudományszervezésben és a növénytermesztési gyakor-

lat megújításában, annak tovább fejlesztésében. A Bocz professzor úrral napi kapcsolatot jelentő több, mint 40 év talán lehetőséget ad számomra, hogy a születésének 100 éves évfordulóján az életút fontosabb eredményei mellett szubjektív véleményemmel tegyem teljesebbé az Ő egyébként is rendkívül sodró, változatos, sok-sok nehézséggel és még több eredménnyel kísért életútját.

Dr. Bocz Ernő egyetemi tanár, professor emeritus, az MTA doktora 1920. november 8-án született Erdélyben, egy székelyek által lakott kis faluban, Köpecen.

A székely gyökerek, az anyaországtól való elszakítottság egész életén végig követhető határtalan hazaszeretetet indukált számára. A tiszteletére rendezett 80 éves évforduló alkalmából a következőket írta: *„Hazám, hazám te mindennem. Ezt igazán csak az érzi, aki idegen rabságban is élt!”* Majd a későbbiekben: *„A legnagyobb fordulatot az életemben 1940 hozta. A legdöbbenetesebb, soha semmivel fel nem érő érzését váltotta ki Északerdély felszabadulása! Azóta is mindennap érzem hazám melegét!”*

A családból szigorú, de előrelátó neveltetést, kitartást, szorgalmat és Édesanyja rokonsági oldaláról a művészetek iránti fogékonyságot hozta magával. Elemi iskolájának első éveit szülőfalujában végezte el. A szülők előrelátásának köszönhetően ezt követően tanulmányait rokonoknál, Brassóhoz közeli faluban fejezte be. Itt a soknemzetiségű környezet (román, szász közösségek) egyrészt megalapozta a kiváló nyelvismeretét, kiejtését, másrészt – a nem kevés megpróbáltatás más gyerekek részéről – megedzette, kitartóvá, szívóssá is tette. Ez a multikulturális közeg egész életét végig kísérte, nagy hatással volt rá.

A középiskoláit a híres Nagyenyedi Bethlen Kollégiumban végezte el. A Nagyenyeden eltöltött középiskolai évek kialakították önálló gondolkodását, jelentős mértékben megalapozták magyarságtudatát. A kollégiumi évek végén jelentős dilemmát okozott számára a pályaválasztás. Eredetileg villamosmérnök szeretett volna lenni, vonzották a műszaki újdonságok, ismeretek. Végül azonban – a tágabb értelemben vett családi ráhatás eredményeként – a mezőgazdasági egyetemi tanulmányokat választotta és iratkozott be 1944 őszén a Kolozsvári Agrártudományi Egyetemre. Innen azonban rövid időn belül – a háborús állapotok miatt – az egész egyetemet átköltöztették Keszthelyre. A tehetséges ifjúra már másodéves korában felfigyelt Kolbai Károly professzor és meghívta őt a Növénytermesztési és Rétgazdálkodási Tanszékre demonstrátornak. Az egyetemet 1948-ban fejezte be Keszthelyen.

Az egyetem elvégzését követően az akkor létrejött Budapesti Agrártudományi Egyetemre került egyetemi tanársegédként, majd rövidesen egyetemi adjunktus lett. A Budapesti Egyetem megszüntét, illetve Gödöllőre történő áthelyezését követően tovább folytatta Kolbai professzor tanszékén az oktató és kutató munkáját. Ebben az időszakban hozta létre azokat a széleskörű kapcsolatokat a különböző gyakorló gazdaságokkal, amelyek a későbbi – debreceni – évek alatt tovább bővültek. Egész kutató munkájának egyik alappillére a gyakorlattal, a gyakorlati szakemberekkel történő kapcsolattartás jelentette.

Oktató és kutató munkája a Debreceni Agrártudományi Egyetemen szélesedett ki, vált nemzetközileg is elismertté. Debrecenben 1958-ban kezdte el sokoldalú fejlesztő tevékenységét, először egyetemi docensi beosztásban. A Növénytermesztési Tanszékét 1964-ben vette át és volt folyamatosan tanszékvezető 1985-ig. Professzori, egyetemi tanári kinevezést 1964-ben kapott. Jóval megelőző korát hozta létre 1975-ben a Növénytermesztési és Ökológiai Intézetet.

Az 1960-as években Bocz professzor úr foglalkozott a vetésváltás és talajművelés kérdéseivel. Igazán meghatározó jelentőségű azonban az általa 1962-ben elkészített tanulmány volt, amelyben – az Országos Tervhivatal megbízásából – kidolgozta a hazai növénytermesztés fejlesztésének, a termésművelésnek az alapkoncepcióját. Ennek meghatározó eleme a szántóföldi növények tápanyagellátásának, trágyázásának a paradigma váltása volt. Bebizonyította, hogy a nagyadagú műtrágyázás Magyarországon is lehetséges és eredményesen alkalmazható, azaz a termésművelés tápanyagforrását nem a belső – egyébként is szűkösen rendelkezésre álló – üzemi forrásból (istállótrágya), hanem a külső input (műtrágyák) felhasználásával lehetséges megvalósítani. Ennek eredményeként nőtt a műtrágya felhasználásunk az 1960-as évek elejei 15 kg/ha-ról az 1980-as évek közepére 280 kg/ha-ra, miközben a szántóföldi növények (elsősorban a gabonaféléké) termése megkétszereződött-megháromszorozódott. Ezekhez az eredményekhez nélkülözhetetlen volt az a kutatási háttér, amelyet a tartamkísérletek jelentettek. Bocz professzor kiemelkedő jelentőséget tulajdonított a szabatos, szántóföldi kísérleteknek mind a maga, mind a munkatársai, tanítványai kutatásában.

Bocz professzor kutatómunkájának központi elemét az 1970-es évektől a szántóföldi növények tápanyag- és vízellátásának tanulmányozása jelentette. Ezek eredményeit foglalta össze a korszakos jelentőségű „*Trágyázási útmutató*” c. könyvben. A szántóföldi növények vízellátásában nemzetközileg is kiemelkedő újdonságot hozott létre és szabadalmaztatott. Az idényen kívüli ön-

tözés alapvetően megváltoztatta az addigi öntözési koncepciót: az öntözést a mély talajvízű, legtermékenyebb, löszháti területekre vitte fel, kialakította a térségi öntözés rendszerét.

Kutatásának fő iránya az 1980-as évektől tovább bővült a fajta/hibridspecifikus technológiai modellek kidolgozásával. A különböző szántóföldi növényi kultúrák természetes tápanyaghasznosító képességének és trágyareakciójának meghatározására kialakította a Bocz-féle tesztelési eljárást. Ebben az időszakban hatalmas munkát végzett az ország agroöko-potenciáljának a felmérését és hasznosítását célzó, nemzetközileg is kiemelkedő programban.

Érdeklődése az 1990-es években a növényi termékek minősége, az ősi minőség etalonjának a kidolgozása irányába fordult. Már korábban is minden eszközzel segítette a tanszéki laboratórium kialakulását és fejlesztését. Ebből jött létre a későbbiekben a Debreceni Egyetem MÉK akkreditált Műszerközpontja. Kutatásainak eredményeként megállapította, hogy az ősi növényfajok (pl. *Triticum monococcum*) kémiai összetétele sokkal kedvezőbb dietetikai szempontból, mint a napjainkban termesztett búzák minősége.

Mint kutatóprofesszor, majd mint professor emeritus is aktív tudományos munkát végzett a 2000-es években is. Ekkor kutató tevékenységében elsősorban a szintetizáló jelleg került előtérbe.

Sokszínű, eredményes, nemzetközileg is elismert kutató munkájának alapját a különböző tájegységekben, talajtípusokon beállított tartamkísérletek jelentették. Ezek a szó legjobb értelmében multidiszciplináris jellegűek voltak, hiszen – a növénytermesztési alap mellett – rendkívül hatékonyan szolgálták és vettek részt ezekben az agrometeorológia, agrokémia, talajtan, növénytan és növényélettan, a növényvédelem, a termékminőség, a nemesítés kutatói is.

Miközben a külföldi tartamkísérletek jelentősége egyre inkább felértékelődik és a növénytermesztési kutatások mellett legalább olyan fontos szerepet játszanak a környezetvédelmi, környezetgazdálkodási, élelmiszerbiztonsági, klíma- és egyéb kutatásokban, addig sajnos hazánkban alig maradtak még működő tartamkísérletek, illetve azok fenntartása – állami támogatás hiányában – egy-egy személy vagy intézmény „jóindulatán” és erőfeszítésén múlik. Ezért is kiemelkedően fontosak azok a kutatások, tartamkísérletek, amelyek Dr. Bocz Ernő professzor úr közreműködésével indultak és az Ő lelkes tanítványainak (Prof. Dr. Nagy János, Prof. Dr. Sárvári Mihály, Prof. Dr. Pepó Péter) aktív vezetésével folynak tovább. Ezek közül is kiemelkedő jelentőségűek hazai és nemzetközi szempontból egyaránt a Látóképi Tartamkísérletek.

Kiváló oktató, a szó legnemesebb értelmében vett egyetemi tanár, professzor volt. Előadásai színesek, sokrétűek, szárnyalók, a lényegét kiemelők voltak. Szuggesztív egyéniség volt. Számára az egyetemi lét nem csak egyszerűen ismeretátadást jelentett, hanem az egyetemi ifjúság nevelését is. Legendásan szigorú vizsgáztató volt, ugyanakkor mindig elismerte jó érdemjegyekkel a hallgatók tudását. Szerette és segítette a fiatal egyetemi hallgatókat, kezdő szakembereket.

Egyetemi oktató munkája során több egyetemi jegyzetet készített el. Korszakos jelentőségű volt a szerzői kollektíva főszerkesztőjeként elkészített „*Szántóföldi növénytermesztés*” c. tankönyv, amely 1992-ben jelent meg. Ennek általános és részletes fejezetei új alapokra helyezték a növénytermesztés egyetemi oktatását.

Kutató és oktató tevékenységével kimagasló jelentőségű, iskolateremtő professzor volt. Tanítványai közül sokan egyetemi tanárként, az MTA doktoraként, vezető kutatóként, jelentős vállalatok, termelési rendszerek, gazdaságok, üzemek meghatározó vezetőjeként tevékenykednek szerte az országon belül és a határon kívül.

Rendkívül aktívan vett részt évtizedeken keresztül a tudományos közéletben.

Kimagasló munkáját a Debreceni Egyetem professor emeritus minősítéssel ismerte el, amely azt jelentette, hogy szinte élete utolsó pillanatáig folytathatta a számára éltető erőit nyújtó tudományos tevékenységet és egyetemi oktatást. Ugyancsak unikálisnak tekinthető az, hogy négy egyetem (Debrecen, Gödöllő, Keszthely, Mosonmagyaróvár) adományozta számára a legmagasabb elismerést jelentő „Honoris causa” doktori címet.

Alapvető fontosságúnak tartotta a számára második otthont nyújtó tanszék fejlesztését, munkájának megújítását. Ez nem csak a tárgyi és infrastrukturális feltételek bővítését, hanem még inkább a személyek, a tanítványok megválasztását jelentette. Ez alapozta meg a nemzetközileg is elismert Debreceni Növénytermesztési Iskolát. Számára ez és a tanítványok jelentették munkájának erkölcsi elismerését.

100 év már történelmi léptékben is nagy idő, különösen hosszú egy ember életében. Dr. Bocz Ernő professzor úr hosszú és tartalmas életpályája során számos vonatkozásban maradandót alkotott, mely tudományos értékeknek napjainkban is jelentős kisugárzása van. Élete teljes volt mind a kutatás, mind az oktatás, mind a tudományszervezés területén. Tudományos életének ered-

ményei ma is élők és jelentős mértékben áthatják gondolkodásunkat, tevékenységünket. Rohanó, napjaink felgyorsult világában nem csak kötelességünk, hanem személyes indíttatásunk is az, hogy emlékezzünk a 100 éve született Dr. Bocz Ernő professzor úrra.

Pepó Péter



NAGY JÁNOS főszerkesztő

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

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika
