

Crop
Production

HERMAN OTTÓ INTÉZET

NÖVÉNYTERMELÉS

65. kötet | 1. szám | 2016. március

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Növényi aktivátorok hatásának vizsgálata a napraforgó szklerotíniás betegségével szemben

A tápanyag-ellátottság hatása a silócirok (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) minőségére II. – P-ellátottság

A kálium, bór és stroncium hatása a tritikálé elemfelvételére

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

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

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

DEBRECENI EGYETEM
Agrártudományi Központ
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
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
Kiadói és Dokumentációs Osztály
1223 Budapest, Park u. 2.
Telefon: (06 1) 362-8100
Fax: (06 1) 362-8104
E-mail: info@agrarlapok.hu
www.hoi.hu
www.novenytermeles.hu

A kiadásért felelős Dr. Mezőszentgyörgyi Dávid,
a Herman Ottó Intézet főigazgatója

ISSN 0546-8191
Növényterm 65 (2016) 1
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

65. kötet, 1. szám, 2016. március

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

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

FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Herman Ottó Intézet főigazgatója
A nyomást és kötést a Demax Művek Nyomdaipari Kft. végezte
Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János
Fedélterv: Dávid Ildikó
Fotót készítette: Dr. Rátonyi Tamás
ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Baglyas Gellért–Bán Rita</i> : Növényi aktivátorok hatásának vizsgálata a napraforgó szklerotíniás betegségével szemben	5
<i>Izsáki Zoltán–Németh Tamás</i> : A tápanyag-ellátottság hatása a silócirok (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) minőségére II. – P-ellátottság	23
<i>Kádár Imre</i> : A kálium, bór és a stroncium hatása a tritikále elemfelvételére	41
<i>Kiss Tibor–Veisz Ottó–Karsai Ildikó</i> : A kenyérbúza kalászolási idejét meghatározó főbb genetikai komponensei	57
<i>Tóth Jácint–Gergely István–Ördög Vince</i> : Mikroalga kezelések hatása az őszi káposztarepce (<i>Brassica napus</i>) növekedésére és fejlődésére	81

KÖNYVISMERTETÉS

<i>Kádár Imre</i> : Izsáki Zoltán – A szarvasi műtrágyázási tartamkísérletek eredményei I. (1990–2010) – Kukorica, cukorrépa, zab, olajlen és silócirok tápanyagellátása	107
--	-----

CONTENTS

<i>G. Baglyas–R. Bán</i> : Investigations on the effect of plant activators against white rot in sunflower	5
<i>Z. Izsáki–T. Németh</i> : The effect of nutrient supply on the quality of silo sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) II. – P supply	23
<i>I. Kádár</i> : The impact of potassium, boron and strontium on the element uptake of triticale	41
<i>T. Kiss–O. Veisz–I. Karsai</i> : The main genetic components of heading date in wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	57
<i>J. Tóth–I. Gergely–V. Ördög</i> : The impact of microalgae treatments on the growth and development of winter coleseed (<i>Brassica napus</i>)	81

BOOK REVIEWS

<i>I. Kádár</i> : Zoltán Izsáki – Results of the long-term fertilisation experiment in Szarvas I. (1990–2010) – The nutrient supply of maize, sugarbeet, oil flax and silo sorghum	107
--	-----

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Г. Багъяш–Р. Бан:</i> Исследование влияния растительных активаторов при заболевании подсолнечника белой гнилью	5
<i>З. Ижаки–Т. Немет:</i> Влияние обеспеченности питательными веществами на качество силосного сорго (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) II. – Обеспеченность N	23
<i>И. Кадар:</i> Влияние калия, бора и стронция на принятие элементов тритикале	41
<i>Т. Кишиш–О. Вейс–И. Каршан:</i> Главные генетические компоненты, определяющие время колошения хлебной пшеницы	57
<i>Я. Тот–И. Гергей–В. Оёрдоёг:</i> Влияние обработок микроводорослями на рост и развитие озимого капустного рапса (<i>Brassica napus</i>)	81

РЕЦЕНЗИЯ КНИГИ

<i>И. Кадар:</i> Золтан Ижаки – Результаты продолжительных опытов искусственных удобрений в г. Сарваш (Венгрия) I. (1990–2010) – Обеспечение питательными веществами кукурузы, сахарной свёклы, овса, льна масличного и силосного сорго	107
---	-----

Növényi aktivátorok hatásának vizsgálata a napraforgó szklerotíniás betegségével szemben

BAGLYAS GELLÉRT-BÁN RITA

Szent István Egyetem Növényvédelmi Intézet, Gödöllő

Összefoglalás

A napraforgó egyik legveszélyesebb betegsége a szklerotíniás szár- és tányérrothadás, amelynek kórokozója a *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Hagyományos módszerekkel nehéz ellene a védekezés, ezért fontos az új, kiegészítő eljárások keresése. Munkánkban különböző növényi aktivátorok (BTH, BABA, INA) hatását teszteltük a napraforgó szklerotíniás betegségével szemben üvegházi és szántóföldi körülmények közt. A kísérletek során a betegséggel szemben különböző ellenállóságú és eltérő genetikai háttérű napraforgó fajtákat/hibrideket alkalmaztunk.

Üvegházi kísérleteinkben egyrészt a BTH (benzotiadiazol, Bion 50 WG) induktor hatását vizsgáltuk a szklerotíniás betegség visszaszorítására Iregi szürke csíkos (ISZ) és PR64H41 (PR64) napraforgókon, szik- vagy lomblevélkezeléssel és különböző időpontokban történő inokulálással. A másik két induktorral csírákezelést végeztünk ISZ növényeken eltérő koncentrációkat alkalmazva (β -amino-vajsav rövid: BABA, 1000 és 2000 ppm; izonikotinsav rövid: INA, 100 és 200 ppm), amelyekben két órán át úsztattunk csíranövényeket. A mesterséges inokuláció során micéliumkorongokat ($d=8$ mm) helyeztünk a növények tövéhez, a megbetegedés mértékét pedig négyfokú skálán mértük. A szántóföldi, kisparcellás kísérletben a BTH-val történő kezelést 4–6 levélpáros állapotban végeztük ISZ fajtán, PR64 és Croplan hibrideken. A kezelés után 14 nappal 5 cm átmérőjű *S. sclerotiorum* micélium korongokat helyeztünk a növények tövéhez. A fertőzöttség értékelését 3 alkalommal végeztük, az inokulálást követő 7., 14. és 28. napon. Betakarítás előtt megállapítottuk az egészséges tányérok arányát is.

A BTH-val történő levélkezelés csak szikleveles növényeken alkalmazva gátolta a *S. sclerotiorum* fejlődését PR64 hibriden, ugyanakkor nem volt hatása az ISZ fajtán.

A lomblevelés kori kezelés mindkét genotípus esetén hatástalannak bizonyult a betegséggel szemben. Üvegházi kísérleteinkben a BABA és INA aktivátorok – csírákezeléssel, különböző koncentrációkban – jelentősen gátolták a betegség kialakulását ISZ napraforgón. Szántóföldi kísérletünkben a kezdeti időszakban a BTH gátolta a szklerotíniás betegség kifejlődését az ISZ fajtán és a Croplan hibriden. A PR64 napraforgókon ilyen hatást nem lehetett kimutatni, az elhalt növények aránya ugyanakkor mindhárom napraforgó fajta/hibrid esetében csökkent a BTH-val történő kezelés hatására. A kontroll (fertőzött, kezeletlen) növényekhez képest, továbbá, 3-7%-kal kevesebb tányér betegedett meg a BTH kezelés hatására a Croplan és PR64 hibrid egyedeinél.

Összevetve a különböző kémiai és a korábban vizsgált biológiai induktorok (mikorrhiza gombák) hatását a betegséggel szemben, úgy tűnik, hogy az egyes aktivátorok hatása eltérő a különböző napraforgó fajták/hibridek esetén, ezért hatékonyabb lehet az aktivátorok kombinációinak (pl. biológiai és kémiai) használata a későbbiek során. A növényi aktivátorok felhasználását – amennyiben engedélyezésre kerülnek – minden esetben az integrált védelem keretében javasoljuk, megelőző jelleggel, a hagyományos növényvédelmi eszközökkel együtt (körültekintő fajtaválasztás, vetésváltás, optimális tápanyag-utánpótlás, vetőmagcsávázás, fungicid védelem stb.). Ugyanakkor számos vizsgálat szükséges még a továbbiakban az aktivátorok alkalmazásának optimalizálására.

Kulcsszavak: BTH, BABA, INA, *Sclerotinia sclerotiorum*, növényi induktor

Investigations on the effect of plant activators against white rot in sunflower

G. BAGLYAS-R. BÁN

Szent István University Plant Protection Institute, Gödöllő

Summary

Sclerotinia rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary is one of the most important diseases of sunflower. Controlling this pathogen using the currently available methods is not effective; therefore, looking for alternative approaches is

essential. The aim of this work was to elucidate the effects of some plant activators (BTH, BABA, INA) on disease development of white rot in three sunflower genotypes both in greenhouse and field experiments.

Effect of BTH (benzotriazol in Bion 50 WG) was tested against *S. sclerotiorum* on cv. Iregi szürke csíkos (ISZ) and on hybrid PR64H41 (PR64) by spraying the cotyledons or true leaves of plants infected in different time scale in the greenhouse. In addition, BABA (beta-aminobutyric acid) and INA (isonicotinic acid) inducers were applied to ISZ seedlings with different concentrations (BABA 1000 and 2000 ppm, INA 100 and 200 ppm respectively). Treated (either sprayed or seed-treated) sunflowers were inoculated by placing mycelial discs (d=8 mm) on the basal part of the plants. Disease development was rated using a 0–3 scale. In the field experiment BTH was applied on cv. ISZ, PR64 and Croplan hybrids at 4–6 true leaves stage. Mycelium discs (d=5 cm) were placed on the basal part of the plants at 14 days after BTH-treatment. Disease rate was measured at 7, 14 and 28 days after inoculation (dpi). Healthy sunflower heads were also evaluated before harvesting.

According to our results in the greenhouse, spraying the cotyledons with BTH effectively restricted fungal development in PR64 hybrid but not in cv. ISZ. Applying BTH on true leaves was ineffective in this experiment against the disease. ISZ sunflowers treated at seedling stage with BABA and INA inducers showed reduced disease rates comparing to control plants. Considering results obtained in the field experiment with BTH spraying the development of sclerotinia rot was restricted at the beginning in cv. ISZ and hybrid Croplan but not in hybrid PR64. Ratio of dead plants, however, was significantly lower in all sunflower genotypes treated with BTH and infected with the fungus compared to control plants. BTH also supported the development of healthy heads (by 3–7%) in Croplan and PR64 sunflowers.

Considering our present and earlier results on the effectiveness of plant inducers to constrain *Sclerotinia* rot, it seems that it is highly dependent on the genotype of the host plant. Therefore, applying activators as combinations (e. g. chemical and biological) is recommended in future plant protection, but further research is essential to be carried out in order to harmonise their usage. Integrated approach (e. g. crop rotation, genetic resistance, seed dressing etc.) is crucial as well for the effective protection against *S. sclerotiorum* in sunflower.

Key words: BTH, BABA, INA, *Sclerotinia sclerotiorum*, plant inducer

Исследование влияния растительных активаторов при заболевании подсолнечника белой гнилью

Г. БАГЪЯШ–Р. БАН

Университет им. Св.Иштвана, Институт Защиты Растений, Гёдёллё

Резюме

Одним из самых опасных заболеваний подсолнечника является белая гниль стебля и тарелки, возбудитель этого заболевания *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Традиционными методами трудно защищаться от этой болезни, поэтому важно искать новые, дополнительные приёмы. В нашей работе тестируем влияние различных растительных активаторов (ВТН, ВАВА, INA) против белой гнили подсолнечника в тепличных и полевых условиях. В ходе опытов использовали сорта/гибриды подсолнечника различной устойчивости к болезни и различного генетического фона.

В наших тепличных опытах с одной стороны исследовали влияние индуктора ВТН (бензотиадиазол, Bion 50 WG) в борьбе с белой гнилью в подсолнечнике сорта Иреги (Iregi) серый с полосками (ISZ) и в сорте PR64H41 (PR64), с обработкой семенодольных или настоящих листьев и с заражениями, произошедшими в разное время. Двумя другими индукторами проводили обработку всходов на растениях ISZ, применяя различные концентрации (β -амино-масляная кислота, в сокр. ВАВА, 1000 и 2000 ppm; изо-никотиновая кислота, в сокр. INA, 100 и 200 ppm), в которых в течении двух часов находились всходы. В ходе искусственной инокуляции размещали диски мицелия ($d=8$ mm) к основанию растений, а размер заболевания измеряли по четырёхградусной шкале. В полевом, малопарцельном опыте обработку с ВТН проводили в состоянии 4–6 пар листьев на сорте ISZ, PR64 и на гибридах Stoplan. Через 14 дней после обработки разместили диски мицелия *S. sclerotiorum* диаметром 5 cm к основе растений. Оценку заражённости проводили 3 раза, после заражения на 7-ой, 14-ый и 28-ой день. Перед уборкой установили долю здоровых тарелок также.

Обработка листьев с применением ВТН только в семядольных растениях препятствовала развитию *S. sclerotiorum* на гибриде PR64, в то же время не было влияния на сорте ISZ. В случае обработки во время настоящих листьев в обоих генотипах оказались неэффективными от болезни. В наших тепличных опытах активаторы ВАВА и INA – с обработкой всходов, в разных концентрациях – значительно

предотвращали образование болезни на подсолнечнике ISZ. В нашем полевом опыте в начальный период ВТН мешал развитию болезни белой гнили на сорте ISZ и на гибриде Cropplan. А на подсолнечниках PR64 невозможно было показать это влияние, в то же время доля погибших растений уменьшилась в случае всех трёх сортов/гибридов подсолнечника под влиянием произошедшей обработки с ВТН. По сравнению с контрольными (заражённые, без обработки) растениями, более того, на 3–7% меньше тарелок заболело под влиянием обработки с ВТН на индивидуумах Cropplan и гибриде PR64.

Сравнив влияния различных химических и ранее исследованных биологических индукторов (грибы микориза) против болезни, кажется, что влияние некоторых активаторов различное в случае разных сортов/гибридов подсолнечника, поэтому в дальнейшем может быть более эффективным применение комбинации активаторов (напр. биологические и химические). Применение растительных активаторов – если будут разрешены – во всех случаях советуем в рамках интегральной защиты, для профилактики, вместе с традиционными средствами защиты растений (обоснованный выбор сорта, севомен, оптимальное дополнение питательных веществ, протравка посевного материала, фунгицидная защита и т.д.). В тоже время ещё необходимо множество исследований в дальнейшем для оптимизации использования активаторов.

Ключевые слова: ВТН, BABA, INA, *Sclerotinia sclerotiorum*, растительный индуктор

Bevezetés

A napraforgó az egyik legjelentősebb olajnövény világszerte, amelynek gombás betegségei évről évre komoly károkat okoznak. Károsítói közül a legveszélyesebbek közé sorolható a fehérpenészes szár- és tányérrothadást (szklerotíniás betegséget) okozó *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (*Békési* 2013). A kórokozó polifág, számos gazdasági növényt képes megbetegíteni. A szántóföldi termesztés során leginkább napraforgóban és repcében jelentős, de több gyomfaj is gazdanövénye (*Saharan és Mehta* 2008). A megnövekedett repce-területek aránya hazánkban is éppen a szklerotíniás betegség miatt vethet fel növényegészségügyi problémákat, hiszen mind a vetésváltás, mind pedig a térbeli izoláció nehezen valósítható meg. Emiatt főképp a csapadékosabb évjáratokban a napraforgó fehérpenészes szár- és tányérrothadásának fokozott elter-

jedésére lehet számítanunk (*Békési* 2013). Tovább súlyosbítja a helyzetet az, hogy a köztermesztésben lévő napraforgó hibridek ellenállósága a kórokozóval szemben leginkább közepes, esetleg jó, de a szár és a tányér rezisztenciája jelentősen eltérő lehet egy hibridnél is (*Pioneer vetőmag katalógus* 2012, *Syngenta olajos növények termesztés-technológiai ajánlat* 2012).

Napjainkra a környezetvédelmi és élelmiszerbiztonsági előírások, az élővilág sokféleségének megőrzése, a fenntarthatóság a mezőgazdaságban alapvető fontosságú. Mindezeket figyelembe véve az Európai Parlament és a Tanács 2009/128/EK irányelve (2009. október 21.) rendelkezett a peszticidek fenntartható használatáról, amely többek között megfogalmazza az integrált növényvédelem alkalmazásának fontosságát és az alternatív, kiegészítő növényvédelmi eljárások használatának előmozdítását (*Európai Parlament és a Tanács* 2009). Ennek alapján nagyobb hangsúlyt kell fektetni az alternatív megoldásokra a növényvédelemben.

Az alternatív, kiegészítő módszerek közül ígéretesnek tűnik az ún. indukált rezisztencia, amely nemcsak kísérletekben, de a gyakorlatban is bizonyítottan eredményes, és hatékony kiegészítője lehet a hagyományos eljárásoknak (*Lucas* 2011). Az indukált rezisztencia egy olyan jelenség, amelynek során adott betegséggel (betegségekkel) szemben fogékony növényekben előzetes fertőzéssel (pl. legyengített kórokozó törzssel) vagy kezeléssel (növekedést serkentő baktériumokkal, különböző vegyületekkel stb.) ellenállóság alakítható ki (indukálható) a későbbi fertőzésekkel szemben (*Kuc* 1982, *Ryals et al.* 1994). Az indukált rezisztenciának két típusát különböztetik meg a kiváltó tényezők alapján: indukált szisztémikus rezisztencia (ISR) és szisztémikus aktívált rezisztencia (SAR). Az ISR leginkább növekedést serkentő baktériumokkal (PGPR) és mikorrhiza gombákkal váltható ki, míg a SAR kórokozókval és kémiai aktivátorokkal (induktorokkal) stimulálható a növényekben. Meg kell azonban jegyezni azt is, hogy a természetben is kialakulhat indukált rezisztencia a növényekben a különböző stressz tényezőkkel (pl. szárazság, kórokozók, kártevők) szemben (*Walters et al.* 2013). Az indukált rezisztencia tehát egy olyan szerzett növényi válaszreakció, amely természetes úton is létrejön (létrejöhet), de mesterségesen is előidézhető. Az ilyen típusú ellenállóságra jellemző, hogy akár hosszabb ideig (pl. több hét) is védelmet nyújthat a betegségek széles körével szemben, ugyanakkor a védelem nem 100%-os (hasonlóan a nem rassz-specifikus, vagy horizontális rezisztenciához).

Az indukált rezisztenciát a gyakorlatban is alkalmazzák. Bizonyos vegyületekről kiderült, hogy ugyan nincs közvetlen hatásuk a betegséget kiváltó mikroorganizmusokra, vagyis nem gátolják és pusztítják el azokat, a növények saját védekező rendszerén keresztül, közvetetten hatnak ellenük. Ilyen vegyületek (növényi induktorok vagy aktivátorok) pl. a BTH (1, 2, 3-benzotriadiazol-7-tiokarboxilsav-S-metilészter), a BABA (β -amino-vajsav) és az INA (2,6-diklórizonikotinsav) (Kuc 1982, Oostendorp *et al.* 2001). A legelterjedtebb kémiai induktorok közé tartozik a BTH, amely a Bion 50 WG, az Actigard és a Boost növényi aktivátorok hatóanyaga (Lucas 2011). A BTH számos kísérletben is hatékonynak bizonyult különböző betegségek ellen, így búza és árpa lisztharmattal (Kogel *et al.* 1994, Görlach *et al.* 1996), borsórozsdával (Barilli *et al.* 2010) és napraforgó-peronoszpórával (Tosi *et al.* 1999, Bán *et al.* 2004, Körösi *et al.* 2009, 2011) szemben. A szklerotíniás betegség ellen Dann *et al.* (1997) és Buzi *et al.* (2004) szójában, Dilci *et al.* (2004) pedig napraforgóban, szántóföldi körülmények közt alkalmazta sikerrel a BTH-t.

Dann *et al.* (1997) hatékonyan csökkentették a fehérpenészes rothadást szóján BTH és INA használatával szabadföldi és üvegházi körülmények között. A kezelések csökkentették a betegség kialakulását, vélhetően a SAR aktiválásával. A BABA növényi induktort a kórokozók széles skálája ellen találták hatékonynak (Cohen 2002, Barilli *et al.* 2010). Dohánynövényeken a peronoszpóra tüneteit csökkentette, hatékony volt karfiol és szőlő peronoszpóra ellen, és dinnyén a *Fusarium oxysporum* által okozott fuzáriumos hervadással szemben, szántóföldön és üvegházban végzett kísérletek során is. Cohen (2002) rávilágított továbbá egyes gombaölőszerek és a BABA szinergista hatására, így együttes alkalmazásuk lehetőségére szabadföldi körülmények között. A BABA – a BTH mellett – hatékonyan visszaszorította a napraforgó-peronoszpóra tüneteit is üvegházi kísérletekben (Tosi és Zizzerini 2000, Körösi *et al.* 2009).

A Szent István Egyetem Növényvédelmi Intézetében mintegy 15 éve folytatunk vizsgálatokat az indukált rezisztenciával kapcsolatban. A napraforgó-peronoszpórával szemben alkalmazott növényi induktorok (BTH, BABA, INA) jelentősen visszaszorították a fertőzéseket üvegházi körülmények közt (Bán *et al.* 2004, Körösi *et al.* 2009, 2011). Az indukált és genetikai rezisztencia összehasonlításával az is kiderült e vizsgálatokból, hogy azok megnyilvánulása szöveti és sejtszinten nagyon hasonló. Folytatva a megkezdett vizsgálatokat, a különböző induktorok hatását a napraforgó szklerotíniás betegségével szem-

ben teszteltük üvegházi (BTH, BABA, INA) és szántóföldi körülmények (BTH) közt. Célunk volt annak kiderítése, hogy az induktorok képesek-e a betegség kialakulását csökkenteni, valamint létezik-e hatékonyságbeli különbség eltérő genetikai hátterű napraforgó fajták/hibridek esetében.

Anyag és módszer

Az üvegházban végzett vizsgálatok során egy napraforgó fajtát (Iregi szürke csíkos, rövid: ISZ) és egy hibridet (PR64H41, rövid: PR64), a szabadföldi kísérletekben pedig az Iregi szürke csíkos, valamint két hibridet, a PR64-et és a Croplan 343 DMR-t (rövid: Croplan) alkalmaztuk. Az ISZ a tányér és szártő szklerotíniás betegségére egyaránt fogékony (*Frank és Szendrő* 2011). A PR64 hibrid tányér-szklerotíniával szemben jó toleranciával rendelkezik (*Pioneer vetőmag katalógus* 2012), míg a Croplan a fehérpenészes rothadás szártő- és tányér-fertőzésével szemben is toleráns (*Virányi* 2012, szóbeli közlés).

Az üvegházi kísérletek során egyrészt a BTH (Bion 50 WG, 1, 2, 3-benzotiazol-7-tiokarboxilsav-S-metilészter, Syngenta Kft.) induktor hatékonyságát vizsgáltuk a szklerotíniás betegség visszaszorítására ISZ és PR64 napraforgón. A BTH-t 320 ppm koncentrációban alkalmaztuk és a szikleveleket (vetést követő 10. napon), vagy a lombleveleket (vetést követő 18. napon, 2–3 pár lomblevelés állapotban) kezeltük. Az induktor kijuttatását kézi permetezővel végeztük. A másik két induktorral csírakezelést végeztünk ISZ növényeken: a BABA esetében 1000 és 2000 ppm (rövid: BABA 1000, BABA 2000), míg az INA-val 100 és 200 ppm koncentrációban (rövid: INA 100, INA 200), amelyekben két órán át úsztattunk három-négy napos napraforgó csíranövényeket. Ezt követően a csíranövényeket kvarchomokba ($d=0-4$ mm) ültettük ládába és üvegházi körülmények közt tartottuk. A növényeket hetente egyszer Vita Flóra[®] általános tápoldattal kezeltük.

A mesterséges inokulációt az üvegházi kísérletekben a *Sclerotinia sclerotiorum* Sz24-es törzsével végeztük (SZIE NVI törzsgyűjtemény). Az olaj alatt tartott tenyészetből cukkinire oltottunk, majd paradicsom agar táptalajon felzaporítottuk a törzset. Az inokulációt három napos tenyészetekből kivágott micéliumkorongokkal ($d=8$ mm) végeztük, melyeket a növények tövéhez helyeztünk. A különböző induktorokkal végzett vizsgálatokban az inokulálás időpontja eltérő volt: a BTH-val szik- vagy lomblevelés korban kezelt növények

inokulálást a kezelést követő 0., 7. vagy 14. napon végeztük, míg a BABA-val és INA-val indukált növények inokulálását a kezelés (és ültetés) után 7 nappal.

A megbetegedés mértékét 3 alkalommal mértük az üvegházi kísérletekben, a fertőzést követő 2., 5. és 7. napon. Ehhez egy négyfokozatú skálát állítottunk fel a következők szerint:

- 0: egészséges növény, a betegség tünetei nem láthatók,
- 1: a száralapi rész barnult, rothadt, a levelek lankadnak, a növény még nem dőlt ki,
- 2: a növény a fertőzés következtében kidőlt, a szár jelentős része barnult, rothadt, a levelek még zöldek,
- 3: a növény kidőlt, jelentős része rothadásnak indult, a levelek barnultak, lankadtak, a növény elpusztult.

A betegség mértékét fertőzöttségi indexben (%) fejeztük ki *Mckinney* (1923) alapján.

2012-ben szántóföldi kisparcellás vizsgálatokat végeztünk a Szent István Egyetem Növényvédelmi Intézetének Kísérleti terén. Parcellánként ($3 \times 2 \text{ m}^2$) 30 db növényt vetettünk, 75 cm-es sortávolságra (2012. május 4.). A kezelések elhelyezése véletlenszerűen történt, három ismétlésben. A kísérleti parcella talaja homokos vályog volt. Aktivátorként a BTH-t (Bion 50 WG) használtuk 320 ppm koncentrációban. A kezelést 4–6 levélpáros állapotban (2012. június 8.) kézi permetezővel végeztük (4 spriccelés/növény). Inokuláláshoz a *S. sclerotiorum* SZ24-es törzsét alkalmaztuk. A kezelés után 14 nappal 5 cm átmérőjű micéliummal bevont táptalaj korongokat helyeztünk a növények tövéhez. A fertőző anyag előállítását az üvegházi kísérleteknél leírt módon történt. A kezelések a következők voltak: 0-kezeletlen, nem fertőzött kontroll; BTH-BTH-val kezelt, nem fertőzött kontroll; Kezeletlen-nem kezelt, fertőzött; Kezelt-BTH-val kezelt, fertőzött.

A fertőzöttség értékelését 3 alkalommal végeztük, az inokulálást követő 7., 14. és 28. napon (2012. június 29., július 6., július 20.). Az első két felvételezés során az üvegházi vizsgálatoknál is használt négyfokozatú skálát alkalmaztuk. A harmadik értékelés során megállapítottuk a fertőzés következtében elhalt növények arányát. A betakarítást megelőzően (2012. szeptember) felmértük az egészséges tányérok arányát is a parcellákon.

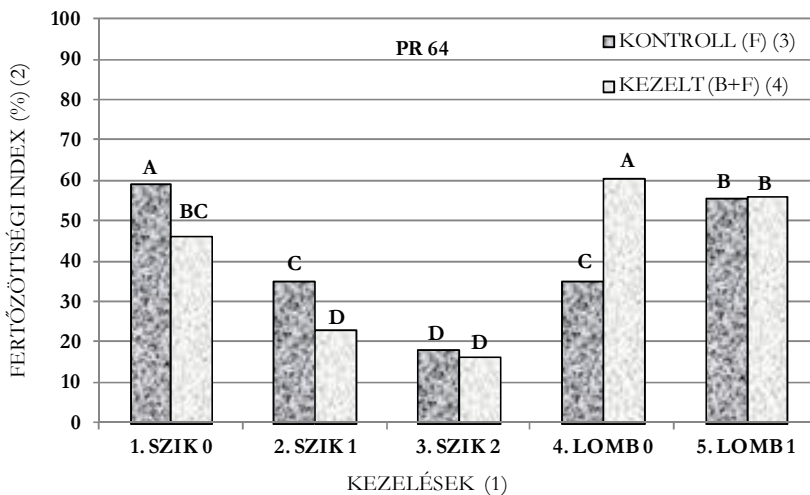
A statisztikai értékelést Minitab 16.1.1. programcsomaggal végeztük variancia-analízissel és z-teszttel (elhalt növények és egészséges tányérok aránya). Az átlagok elkülönítése Fisher-féle teszttel történt ($P < 0,05$).

Eredmények

BTH-val végzett üvegházi kísérlet

Az ISZ és a PR64 növények szik- és lombleveleit kezeltük BTH-val, majd inokuláltuk különböző időpontokban a *S. sclerotiorum* kórokozóval üvegházi körülmények közt. Az 1. ábrán a szikleveles és lombleveles kori BTH kezelés hatása látható a szklerotíniás rothadással szemben PR64 napraforgókon.

1. ábra. A *S. sclerotiorum* okozta fertőzöttség mértéke az inokulációt követő 5. napon BTH (benzotiadiazol) hatóanyaggal szikleveles korban (vetést követően 10 nappal) és lombleveles korban (vetést követő 18. napon, 2–3 pár lombleveles állapotban) kezelt és különböző időpontokban inokulált növényeken (PR64H41 hibrid)



Megjegyzés: SZIK 0, 1, 2: szikleveles korban kezelt növények, amelyeket a kezelést követő 0., 1. vagy 2. héten inokuláltunk, LOMB 0, 1: lombleveles korban kezelt növények, amelyeket a kezelést követő 0. vagy 1. héten inokuláltunk. Az oszlopok felett lévő különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek a kezelések közt.

Figure 1. Establishment of disease at 5 dpi caused by *S. sclerotiorum* on PR64H41 hybrid treated with BTH (benzothiadiazole) at cotyledon stage (10 days after sowing) or at true leaf stage (18 days after sowing) and infected by the fungus after 0, 1 or 2 weeks after treatments. (1): Treatments: 1, 2, 3: sunflowers inoculated 0, 1 and 2 weeks followed by cotyledon treatments with BTH, respectively; 4, 5: sunflowers inoculated 0 and 1 weeks, respectively, followed by BTH spraying onto true leaves, (2): Disease index (%), (3) Untreated, infected plants, (4) BTH-treated, inoculated plants. Note: letters above columns show significant differences among treatments.

A szikleveles korban kezelt és ugyanazon időpontban (SZIK 0) vagy a kezelést követő 1. héten (SZIK 1) inokulált növények megbetegedése szignifikánsan kisebb mértékű volt a kezeletlen napraforgókhhoz képest. Abban az esetben, amikor a szikleveles kori kezelés és a fertőzés közt 2 hét telt el (SZIK 2), nem mutatkozott meg a BTH hatása, ugyanis nem volt jelentős különbség a kontroll és kezelt növények fertőzöttségében. A lombleveles korban kezelt és ugyanabban az időpontban inokulált (LOMB 0) növények esetében, érdekes módon, a kezelt növények megbetegedése jóval nagyobb mértékű volt a kezeletleneknél. Az egy héttel később inokulált (LOMB 1) kontroll és BTH-val kezelt PR64 hibrid növényeinek szklerotíniás szárrothadása között nem mutatkozott szignifikáns eltérés. Az ISZ fajta esetében egy kezelés kivételével (LOMB 0) nem találtunk szignifikáns különbséget a kezelt és kezeletlen növények megbetegedésében (adatok nincsenek feltüntetve). Az azonos időpontban elvégzett lombkezelés és száralapi fertőzés esetén (LOMB 0) hasonló fertőzöttségi értékeket kaptunk a PR64 fajtához, vagyis a kezelt növények megbetegedése jóval nagyobb mértékű volt a kezeletleneknél.

Üvegházi vizsgálat BABA és INA induktorokkal

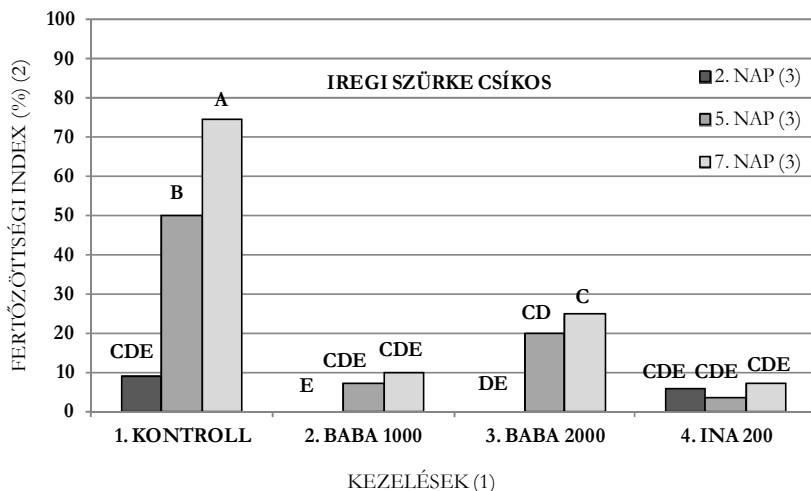
Egy másik, ugyancsak üvegházi kísérletben csírakezelést végeztünk két, különböző koncentrációban alkalmazott induktor (BABA 1000, BABA 2000, INA 100, INA 200) betegség csökkentő hatását vizsgálva ISZ fajtán. A növényeket a kezelés (és ültetés) után 7 nappal inokuláltuk, a megbetegedés mértékét a fertőzést követő napokban három alkalommal értékeltük (2. ábra).

Az INA-val és a BABA-val végzett csírakezelés jelentősen csökkentette a növények megbetegedését (az INA 100 kezelést követő fertőzöttségi érték 0 volt, a grafikonon nincs jelölve). A kisebb koncentrációval kezelt növények fertőzöttsége ugyan alacsonyabb volt a nagyobb koncentrációhoz viszonyítva, de nem volt szignifikáns különbség sem az alkalmazott koncentrációk, sem a különböző induktorok hatása közt.

BTH-val végzett szántóföldi kísérlet

A kispárcellás kísérletben a BTH-val (Bion 50 WG) való levélkezelés hatását vizsgáltuk a szklerotíniás rothadás alakulására. Hét nappal az inokulálást és 21 nappal a kezelést követően (1. felvételezési időpont) szignifikánsan alacsonyabb mértékű megbetegedést lehetett mérni a Croplan hibrid egyedeinél a másik két genotípushoz viszonyítva (3. ábra).

2. ábra. A szklerotíniás fertőzöttség mértéke ISZ napraforgókon különböző induktoros (BABA, INA) kezeléseket követően az inokulálástól számított 2., 5. és 7. napon



Megjegyzés: BABA 1000, 2000: 1000, 2000 ppm BABA, INA 200: 200 ppm INA. Az oszlopok feletti eltérő betűk szignifikáns különbséget jeleznek a kezeléseik közt.

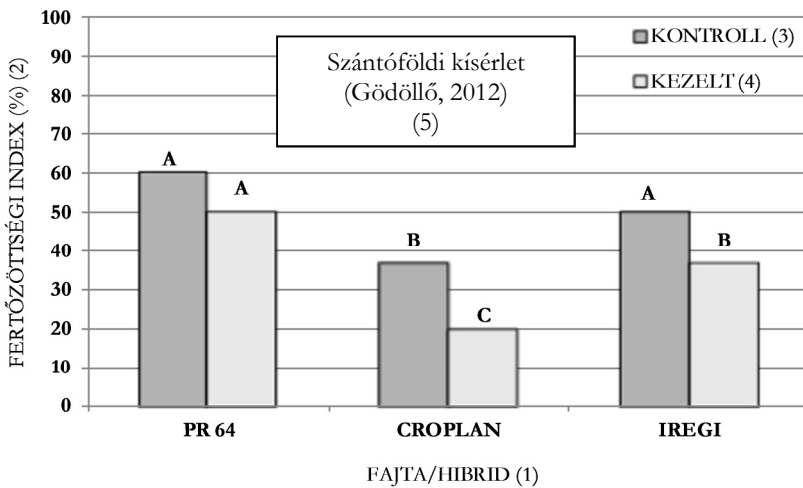
Figure 2. Effects of two plant activators (BABA and INA) on the disease rate of sunflower ISZ plants infected by *S. sclerotiorum* at 2, 5 and 7 days after inoculation. (1) Treatments: 1. Inoculation control, 2. BABA 1000 ppm, 3. BABA 2000 ppm, 4. INA 200 ppm. (2) Disease index (%), (3) Days after inoculation. Note: letters above columns show significant differences among treatments.

BTH-val kezelt és mesterségesen inokulált egyedek ennél a hibridnél és az Iregi fajtánál szignifikánsan kisebb mértékű fertőzöttséget mutattak a kezeletlen, fertőzött növényekhez képest. A PR64 napraforgók kezelt és kezeletlen egyedei fertőzöttsége közt nem volt szignifikáns különbség. Érdekes módon az Iregi szürke csíkos kezelt egyedei statisztikailag hasonló fertőzöttséget mutattak a Croplan kezeletlen növényeihez képest.

Tizennégy nappal az inokulációt követően és 28 nappal a BTH-val történő kezelés után (2. felvételezési időpont) a megbetegedés mértéke hozzávetőlegesen 20%-kal nőtt a mesterségesen inokulált növények esetében, minden genotípust és kezelést illetően (adatok nincsenek ábrázolva). A 2. felvételezési időpontban már nem volt szignifikáns különbség egyik napraforgófajta/hibrid kezelt és kezeletlen egyedei fertőzöttsége közt sem, ugyanakkor a Croplan egyedei még mindig szignifikánsan alacsonyabb megbetegedést mutattak a

másik két genotípushoz képest. A 0 kontroll (nem kezelt, nem inokulált) és a BTH kontroll (BTH-val kezelt, nem inokulált) növényeken sem az 1. sem a 2. felvételezés során nem észleltünk szklerotíniás tüneteket, vagyis spontán megbetegedést.

3. ábra. A szklerotíniás szártörőhadás mértéke három napraforgó fajtán/hibriden kisparcellás kísérletben 7 nappal az inokulálást követően, 21 nappal a BTH kezelés után (Gödöllő, 2012)



Megjegyzés: PR64: PR64H41 napraforgó hibrid, Croplan: Croplan 343 DMR napraforgó hibrid, Iregi: Iregi sűrű csíkos napraforgó fajta. Az oszlopok feletti eltérő betűk szignifikáns különbséget jeleznek a kezeléseket között.

Figure 3. Disease rates of sclerotinia rot in three sunflower genotypes in field experiments 7 days after inoculation, 14 days after BTH treatment (2012, Gödöllő). (1) Sunflower genotypes, (2) Disease index (%), (3) Untreated, (4) BTH-treated, (5) Field experiment (Gödöllő, 2012). Note: letters above columns show significant differences among treatments.

A 3. felvételezés során (28 nappal az inokulálást követően) megállapítottuk az elhalt növények arányát a mesterségesen fertőzött parcellákon (1. táblázat). Mindhárom napraforgófajta/hibrid esetén a BTH-val kezelt növények közül szignifikánsan kevesebb halt el a kezeletlenekhez képest. A kezelt növényeket figyelembe véve a legkevesebb pusztulást a Croplan hibrid egyedeinél, a legtöbb elhalást pedig a PR64 napraforgókon lehetett mérni. A kontroll, nem inokulált parcellák növényei között nem találtunk elhalt egyedeket.

1. táblázat. *Az elhalt növények aránya (%) a mesterséges szártőfertőzést követő 28. napon (3. felvételezési időpont) három napraforgó genotípuson (Gödöllő, 2012)*

Fajta/hibrid (1)	Kezeletlen (2)	Kezelt (3)	z-érték (4)
PR64	77,0	59,8	2,64*
Croplan	58,8	18,2	3,64*
Iregi	46,8	38,2	1,09*

Megjegyzés: PR64: PR64H41 napraforgó hibrid, Croplan: Croplan 343 DMR napraforgó hibrid, Iregi: Iregi szürke csíkos napraforgófajta, Kezeletlen: nem kezelt, inokulált, Kezelt: BTH-val kezelt és inokulált, z-érték: a kétmintás z-próba eredménye. A csillaggal jelzett értékek szignifikáns különbséget mutatnak a kezelések közt.

Table 1. Ratio of dead plants (%) of three sunflower genotypes at 28 days after infection (assessment 3) (Gödöllő, 2012). (1) Sunflower genotypes, (2) Untreated, inoculated, (3) BTH-treated, inoculated, (4) z-value. Note: PR64: PR64H41 sunflower hybrid, Croplan: Croplan 343 DMR sunflower hybrid, Iregi: Iregi szürke csíkos sunflower cultivar, Non-treated: non-treated, inoculated, Treated: treated with BTH and inoculated, z value: results of the paired z test. Values marked with an asterisk show significant difference among treatments.

A betakarítást megelőzően (2012 szeptemberében) megállapítottuk az egészséges tányérok arányát is a parcellákban (adatok nincsenek ábrázolva). A kontroll, nem fertőzött állományokban diaportés és botritiszes betegség is előfordult a tányérokban, ezeket azonban ebben az időpontban már nehezen lehetett elkülöníteni. A kontroll, nem fertőzött PR64 hibrid esetében az egészséges tányérok aránya 30%, a Croplan és Iregi szürke csíkos napraforgókon pedig 50–60% közt alakult. A mesterségesen inokulált állományokban az egészséges tányérok aránya érthetően igen alacsony volt (9–28%). Az Iregi napraforgók esetében nem volt különbség a kezelt és kezeletlen növények közt, míg a két másik hibridnél 3%-kal (PR64) és 7%-kal (Croplan) több volt az egészséges tányérok aránya a BTH-val kezelt állományokban.

Következtetés

Jelen munkánkban az indukált rezisztencia hatékonyságát vizsgáltuk különböző növényi induktorok (aktivátorok) alkalmazásával a napraforgó egyik legfontosabb betegségével, a szklerotíniás rothadással szemben.

Üvegházi kísérleteinkben a BABA és INA aktivátorok csírakezeléssel, különböző koncentrációkban jelentősen gátolták a betegség kialakulását Iregi szür-

ke csíkos napraforgón. Korábbi vizsgálatainkban ugyanezen a fajtán, valamint különböző napraforgó hibrideken BTH csírakezeléssel és/vagy egy mikorrhiza készítmény talajba keverésével a betegség ugyancsak jelentősen visszaszorult (Bán *et al.* 2012, 2013). Összehasonlítva a különböző aktivátorok hatását, a mikorrhiza gombákkal (biológiai induktor), valamint a különböző kémiai induktorokkal (BTH, INA, BABA) történő csírakezelések hatékonyak a betegséggel szemben, de hatásuk eltérő lehet a különböző napraforgó fajták/hibrideknél. Mindezek mellett több napraforgó genotípus esetében eredményes volt bizonyos aktivátor kombinációk (BTH és mikorrhiza) alkalmazása a *S. sclerotiorum* kórokozóval szemben, üvegházi vizsgálatokban (Bán *et al.* 2013). Fenti aktivátorok hatásosak voltak más betegségek ellen is napraforgóban, így peronoszpórával (Tosi *et al.* 1999, Cohen 2002, Bán *et al.* 2004, Körösi *et al.* 2009, 2011), rozsdával (Prats *et al.* 2002) és száddorral (Sauerborn *et al.* 2002) szemben.

A BTH-val történő levélkezelés csak szikleveles növényeken alkalmazva gátolta a *S. sclerotiorum* fejlődését PR64 hibriden, ugyanakkor nem volt hatása az Iregi szürke csíkos fajtán. A lombleveles kori kezelés mindkét genotípus esetén hatástalannak bizonyult jelen kísérleteinkben. Ezt megelőző vizsgálatainkban a BTH-val egy korábbi időben (14 napos lombleveles korban) történő lomblevél-kezelés visszaszorította a megbetegedést PR64H41 hibriden, de hatástalannak bizonyult az Iregi szürke csíkos fajta esetében (Baglyas *et al.* 2015). Az indukált rezisztencia kialakulását napraforgóban tehát jelentősen befolyásolja a kezelt növény kora és a genetikai háttér.

Szántóföldi kísérletünkben a kezdeti időszakban a BTH gátolta a szklerotíniás betegség kifejlődését az Iregi szürke csíkos fajtán és a Croplan hibriden. A PR64H41 napraforgókon ilyen hatást nem lehetett kimutatni, az elhalt növények aránya ugyanakkor mindhárom napraforgó fajta/hibrid esetében csökkent a BTH-val történő kezelés hatására. A kontroll (inokulált, kezeletlen) növényekhez képest, továbbá, kis mértékben (3–7%-kal) több egészséges tányér alakult ki a BTH kezelés hatására a Croplan és PR64 hibrid egyedeinél. Korábbi eredményeink alapján a BTH ugyancsak csökkentette a szklerotíniás betegség kialakulását szántóföldi körülmények közt Iregi fajtán (Bán *et al.* 2012), de csak a kezdeti tünetek mérséklésében volt hatékony. Eredményeink összhangban vannak Dilci *et al.* (2004) munkájával, aki szintén szántóföldi körülmények közt alkalmazta sikerrel a BTH-t a szklerotíniás és botrítisztes betegségek ellen, napraforgóban. Dilci *et al.* (2004) eredményeihez hasonlóan mi

is úgy találtuk, hogy a különböző napraforgó genotípusok eltérően reagálnak az induktoros kezelésekre a kisparcellás kísérletekben.

Fentiek alapján úgy véljük, hogy az indukált rezisztencia fontos kiegészítője lehet a napraforgó betegségekkel szembeni védelmének. Mivel egy-egy aktivátor (kémiai és biológiai) hatása eltérő a különböző napraforgó fajták/hibridek esetén, hatékonyabbnak tűnik az aktivátorok kombinációinak használata a későbbiek során. A növényi induktorok ugyanakkor egyedüli növényvédelmi eszközként nem hatékonyak. Jól mutatja ezt a kisparcellás kísérletben az egészséges tányérok meglehetősen kis száma is. A növényi aktivátorok felhasználását, amennyiben engedélyezésre kerülnek, minden esetben az integrált védelem keretében javasoljuk, a hagyományos növényvédelmi eszközökkel együtt (körültekintő fajtaválasztás, vetésváltás, optimális tápanyagutánpótlás, vetőmagcsávázás, fungicides védelem stb.). A napraforgó termesztésben való felhasználásukat megelőzően számos vizsgálat szükséges az alkalmazás optimalizálására.

Irodalom

- Baglyas G.–Bán R.–Körösi K.–Zsiros N.–Székely Zs.: 2015. Indukált rezisztencia a napraforgó szklerotiniás betegségével (*Sclerotinia sclerotiorum*) és a napraforgó-peronoszpórával (*Plasmopara halstedii*) szemben különböző hibrideken. 61. Növényvédelmi Tudományos Napok. Előadások összefoglalói. 86.
- Bán R.–Baglyas G.–Körösi K.–Barna B.–Virányi F.: 2013. Szisztemikus aktivált rezisztencia (SAR) a szklerotiniás betegséggel szemben különböző napraforgó hibrideken. 59. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest. Előadások összefoglalói. 50.
- Bán R.–Ettig B.–Körösi K.–Turóczi Gy.–Virányi F.: 2012. Immunaktivátorok hatásának vizsgálata a napraforgó szklerotiniás betegségével szemben. Mikológiai Közlemények. Clusiana. 51. 1: 117–118.
- Bán, R.–Virányi, F.–Komjáti, H.: 2004. Benzothiadiazole-induced resistance to *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni in sunflower. Advances in downy mildew research. Spencer-Phillips. PTN (Ed.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 265–273.
- Barilli, E.–Prats, E.–Rubiales, D.: 2010. Benzothiadiazole and BABA improve resistance to *Uromyces pisi* (Pers.) Wint. in *Pisum sativum* L. with an enhancement of enzymatic activities and total phenolic content. European Journal of Plant Pathology. 128: 483–493.
- Békési P.: 2013. A napraforgó egészségi állapotának változásai és annak okai. Agrofórum. 49: 40–43.

- Buzi, A.–Chilosi, G.–De Sillo, D.–Magro, P.: 2004. Induction of resistance in melon to *Didymella bryoniae* and *Sclerotinia sclerotiorum* by seed treatments with acibenzolar-S-methyl and methyl jasmonate but not with salicylic acid. *Journal of Phytopathology*. 152: 34–42.
- Cohen, Y. R.: 2002. Beta-aminobutyric acid-induced resistance against plant pathogens. *Plant Disease*. 86: 448–457.
- Dann, E.–Diers, B.–Byrum, J.–Hammerschmidt, R.: 1997. Effect of treating soybean with 2,6-dichloroisonicotinic acid (INA) and benzothiadiazole (BTH) on seed yields and the level of disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum* in field and greenhouse studies. *European Journal of Plant Pathology*. 104: 271–278.
- Dilci, B.–Rühl, G.–Bramm, A.–Hoepfner, F.: 2004. Resistance inducing agent BION® and plant nutrition method CULTAN as alternative agricultural practice for stabilized yield in central Europe in high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.). http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/2/4/2/829_dilcib.html.
- Európai Parlament és Tanács: 2009. Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0071:0086:EN:PDF>.
- Frank J.–Szendrő P.: 2011. A napraforgó. Szent István Egyetemi Kiadó.
- Görlach, J.–Volrath, S.–Knauf-Beiter, G.–Hengy, G.–Beckhove, U.–Kogel, K. H.–Oostendorp, M.–Staub, T.–Ward, E.–Kessmann, H.–Ryals, J.: 1996. Benzothiadiazole, a novel class of inducers of systemic acquired resistance, activates gene expression and disease resistance in wheat. *The Plant Cell*. 8: 629–643.
- Kogel, K. H.–Beckhove, U.–Dreschers, J.–Münch, S.–Romme, Y.: 1994. Acquired resistance in barley. *Plant Physiology*. 106: 1277–1296.
- Körösi, K.–Bán, R.–Barna, B.–Virányi, F.: 2011. Biochemical and Molecular Changes in Downy Mildew-infected Sunflower Triggered by Resistance Inducers. *Journal of Phytopathology*. 159: 471–478.
- Körösi, K.–Lázár, N.–Virányi, F.: 2009. Resistance to downy mildew in sunflower induced by chemical activators. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 44: 1–9.
- Kuc, J.: 1982. Induced immunity to plant disease. *Bioscience*. 32: 854–860.
- Lucas, J. A.: 2011. Foresight project on global food and farming futures. *Advances in plant disease and pest management. Journal of Agricultural Science*. 1–24.
- McKinney, H. H.: 1923. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. *Journal of Agricultural Research*. 26: 195–217.
- Oostendorp, M.–Kunz, W.–Dietrich, B.–Staub, T.: 2001. Induced disease resistance in plants by chemicals. *European Journal of Plant Pathology*. 107: 19–28.
- Pioneer vetőmag katalógus: 2012. DuPont Magyarország Kft. Budaörs.
- Prats, E.–Rubiales, D.–Jorrin, J.: 2002. Acibenzolar-S-methyl-induced resistance to sunflower rust (*Puccinia helianthi*) is associated with an enhancement of coumarins on foliar surface. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 60: 155–162.

- Ryals, J.–Uknes, S.–Ward, E.: 1994. Systemic Acquired Resistance. *Plant Physiology*. 104: 1109–1112.
- Saharan, G. S.–Mehta, N.: 2008. Sclerotinia diseases of crop plants: biology, ecology and disease management. Springer Science+Business Media B. V.
- Sauerborn, J.–Buschmann, H.–Ghiasi, K.–Kogel, K. H.: 2002. Benzothiadiazole activates resistance in sunflower (*Helianthus annuus*) to the root-parasitic weed *Orobancha cumana*. *Phytopathology*. 92: 59–64.
- Syngenta olajos növények termesztés-technológiai ajánlat: 2012. Syngenta Kft. Budapest.
- Tosi, L.–Luigetti, L.–Zizzerini, A.: 1999. Benzothiadiazole induces resistance to *Plasmopara helianthi* in sunflower plants. *Journal of Phytopathology*. 147: 365–370.
- Tosi, L.–Zizzerini, A.: 2000. Interactions between *Plasmopara helianthi*, *Glomus mosseae* and two plant activators in sunflower plants. *European Journal of Plant Pathology*. 106: 735–744.
- Walters, D. R.–Ratsep, J.–Havis, N. D.: 2013. Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. *Journal of Experimental Botany*. 64: 1263–1280.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Baglyas Gellért – *Dr. Bán Rita
Szent István Egyetem
Növényvédelmi Intézet
Gödöllő
Páter Károly u. 1.
H-2100
*ban.rita@mkk.szie.hu

A tápanyag-ellátottság hatása a silócirok (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) minőségére II. – P-ellátottság

¹IZSÁKI ZOLTÁN–²NÉMETH TAMÁS

¹Szent István Egyetem Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar, Szarvas

²KWS Magyarország Kft. Nemesítő Állomás, Murony

Összefoglalás

A silócirok trágyázási szaktanácsadásának fejlesztéséhez kísérleti munkánk célja az volt, hogy jól elkülönülő talaj tápelem-ellátottsági szinteken, műtrágyázási tartamkísérletben vizsgáljuk a N-, P- és K-ellátottság hatását a silócirok terméshozamára és minőségére. A műtrágyázási tartamkísérletet 1989-ben állítottuk be mélyben karbonátos csernozjom réti talajon, 4–4 N-, P- és K-ellátottsági szinten, teljes kezelés-kombinációban, 64 kezeléssel. Jelen dolgozatban a P-trágyázás hatásának eredményeit mutatjuk be a silócirok fontosabb minőségi tulajdonságaira a 2000 és 2002 között végzett vizsgálatok alapján, melyek az alábbiakban foglalhatók össze:

1. A kísérleti évek átlagában P-trágyázás nélkül (120–138 mg/kg AL-P₂O₅) a silócirok nyersfehérje-tartalma 9,15% volt, amit a magasabb P-ellátottsági (156–339 mg/kg AL-P₂O₅) szint csak tendencia jelleggel növelt és egyik évben sem tudtunk szignifikáns nyersfehérje-tartalom növekedést kimutatni a jobb P-ellátottság eredményeként. Az évjárat jelentősebben befolyásolta a nyersfehérje-tartalmat, mint a P-ellátottság.
2. Szignifikáns P-hatásokat a talaj 120–339 mg/kg AL-P₂O₅ tartományában egyik évben sem tapasztaltunk a silócirok nyerszsír- és nyersrost-tartalmában. Az évjárat nagyobb mértékben módosította a nyerszsír-tartalmat, mint a P-ellátottság szintje.
3. A P-ellátottság növekedése a silócirok nyersfehérje-tartalmát megbízhatóan nem befolyásolta, de egy-egy kísérleti évben néhány aminosav változását eredményezte a szárazanyag %-ában kifejezve. Ezek a változások nem konzekvensek, nem ugyanazon aminosavakat érintik és a tenyésztési alatti vízellátottságtól függően mennyiségük száraz évjáratban csökkenést, míg csapadékosabb évben növekedést mutatnak.

4. A nyersfehérje aminosav összetételében a P-ellátottság jelentősebb változást okozott. Száraz évjáratban az aminosavak többségének aránya csökkent a nyersfehérjén belül, míg jobb vízellátottságú években növekedett a P-ellátottság javulásával. A P-ellátottság az esszenciális és nem esszenciális aminosavak nyersfehérjén belüli arányában lényeges módosulást nem idézett elő.

Kulcsszavak: P-ellátottság, silócirok, termésminőség, tartamkísérlet

The effect of nutrient supply on the quality of silo sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) II. – P supply

¹Z. IZSÁKI–²T. NÉMETH

¹Szent István University, Faculty of Agricultural and Health Sciences, Szarvas

²KWS Magyarország Kft. Breeding Station, Murony

Summary

The aim of our experimental work of developing the fertilisation consultancy system of silo sorghum was to examine the effect of N, P and K supply levels on the yield and quality of silo sorghum at well separable nutrient supply levels in a long-term fertilisation experiment. The long-term fertilisation experiment was established in 1989 on deeply calcareous chernozem meadow soil at 4 different N, P and K supply levels each, applying 64 treatments, i.e., the whole treatment combination. This study presents the results of P fertilisation with respect to the main quality characteristics of silo sorghum based on the examinations performed between 2000 and 2002, the results of which are summarised below:

1. Averaged over the years of experiment, the raw protein content of silo sorghum without P fertilisation (120–138 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅) was 9.15%, which showed a trend-like increase as a result of higher P supply level (156–339 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅) and no significant increase in raw protein content could be shown as a consequence of better P supply level. Crop year affected raw protein content more significantly than P supply.
2. No significant P impacts were observed in the 120–339 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅ range of the soil in the raw fat and raw fibre content of the silo sorghum. Crop year affected raw fat content to a higher extent than the level of P supply.

3. The increase of P supply did not significantly affect the raw protein content of silo sorghum, but resulted in the change of a few amino-acids expressed in the percentage of dry matter in certain experimental years. These changes are not consequent as they do not affect the same amino-acids and they show decrease in dry crop years and increase in wet crop years depending on the water supply during the growing season.
4. The level of P supply caused a significant change in the amino-acid composition of raw protein. In dry crop years, the proportion of the majority of P supply decreased within raw proteins, while it increased in wet crop years as a result of improving P supply. P supply did not caused any significant change in the proportion of essential and non-essential amino-acids within raw proteins.

Key words: P supply, silo sorghum, yield quality, long-term experiment

Влияние обеспеченности питательными веществами на качество силосного сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) II. – Обеспеченность P

¹З. ИЖАКИ–²Т. НЕМЕТ

¹Университет им. Святого Иштвана, Экономический,
Аграрный и Санитарный Факультет, Сарваш

²Селекционная Станция «KWS Magyarország Kft.», Муронь

Резюме

Целью нашей опытной работы для развития профессионального консультирования использования удобрений для силосного сорго было исследование влияния обеспеченности N, P и K на урожайность и качество силосного сорго на хорошо отличающихся уровнях обеспеченности питательными элементами почвы, в продолжительном опыте искусственных удобрений. Продолжительный опыт искусственных удобрений установили в 1989 году на чернозёмной луговой в глубине карбонатной почве, на 4-х уровнях обеспеченности N, P и K, в полной комбинации доз, с 64 дозами. В данной работе показываем результаты влияния удобрения P на наиболее

важные качественные свойства силосного сорго на основе проведённых в 2000–2002 годах опытов, которые обобщили ниже:

1. В годы опыта в среднем без удобрения P (120–138 mg/kg AL-P₂O₅) содержание сырого белка силосного сорго было 9,15%, которое более высокий уровень обеспеченности P (156–339 mg/kg AL-P₂O₅) увеличил только как тенденция, и ни в одном году не смогли показать значительное увеличение содержания сырого белка в результате лучшей обеспеченности P-ом. Год выращивания более значительно влиял на содержание сырого белка, чем обеспеченность P-ом.
2. Значительные влияния P в почве, содержащей 120–339 mg/kg AL-P₂O₅, не обнаружили ни в одном году в содержании сырого жира и сырой клетчатки силосного сорго. Год выращивания в более значительной мере изменил содержание сырого жира, чем уровень обеспеченности P-ом.
3. Увеличение обеспеченности P-ом не повлияло доказуемо на содержание сырого белка силосного сорго, но в некоторые годы опытов привела к изменению нескольких аминокислот, выраженных в %-ах сухого вещества. Эти изменения не последовательны, они затрагивают разные аминокислоты, и в зависимости от обеспеченности водой в вегетационный период их количество в сухой год выращивания показывает уменьшение, а в более влажный год выращивания показывает их увеличение.
4. В составе аминокислот сырого белка обеспеченность P-ом причинила более значительное изменение. В сухой год выращивания доля большинства аминокислот уменьшилась внутри сырого белка, а в более обеспеченные влагой годы выращивания это увеличилось с улучшением обеспеченности P-ом. Обеспеченность P-ом не вызвала существенного изменения в соотношении эссенциальных и неэссенциальных аминокислот внутри сырого белка.

Ключевые слова: обеспеченность P, силосное сорго, качество урожая, продолжительный опыт

Bevezetés

A silócirok terméshozamát és minőségét a makroelemek közül döntően a N-ellátottság határozza meg, a P-ellátottság termésszint és –minőség befolyásoló szerepe mérsékeltebb, és elsősorban gyengébb P-ellátottságú talajokon mutatható ki (*Das et al.* 1996, *Munir et al.* 2004, *Zhao et al.* 2005, *Almodares et al.*

2009, Roy és Khandaker 2010). A silócirok takarmányértékét meghatározó tulajdonságok közül a legfontosabb kémiai komponensek a fehérjetartalom, az aminosav-összetétel, a nyerszsír- és nyersrost-tartalom, a N-mentes kivonható anyag mennyisége és a keményítőérték.

Khalid et al. (2003) gyenge P-ellátottságú (10,7 mg/kg Olsen-P) vályog talajon azt tapasztalták, hogy a N-trágyázás növekvő adagú P-kiegészítése (50, 100 kg P/ha) szignifikánsan növelte a silócirok nyersfehérje-, nyersrost- és hamutartalmát. Roy és Khandaker (2010) négy P-ellátottsági (0, 40, 80, 120 kg/ha Triplefoszfát, 0, 18,4, 36,8, 55,2 kg/ha P_2O_5) szinten, gyenge P-ellátottságú vályog talajon, három növedékben vizsgálták a silócirok kémiai komponenseinek alakulását. A vizsgálati eredmények szerint a jobb P-ellátottság magasabb P-koncentrációt eredményezett a növényben, amely együtt járt a nyersfehérje- és nyersrosttartalom, a nitrogénmentes kivonható anyag mennyiségének megbízható növekedésével. A hamutartalmat a nagyobb P-kínálat érdemben nem befolyásolta. *Abou-Amer* és *Kewan* (2014) gyenge termékenységű homokos vályog talajon végzett kísérleteikben N×P kölcsönhatást mutattak ki a silócirok minőségi tulajdonságainak változásában. A P-hatásokat elemezve az eredmények azt igazolták, hogy a jobb P-ellátottság növelte a nyersfehérje- és a nyerszsírtartalmat, csökkentette a nyersrost mennyiségét és nem befolyásolta az oldható szénhidrát-tartalmat. *Reid* és *Jung* (1965) korábbi vizsgálataiban a P-trágyázás hatására bekövetkezett oldható szénhidrát-tartalom gyarapodásáról adnak számot. *Rashid* és *Iqbal* (2011) a talaj P-ellátottságát a talajoldat P-koncentrációjával jellemezték és vizsgálták a talajoldat P-szintje (0,00–0,50 mg P/liter) és a silócirok minősége közötti kapcsolatot. Eredményeik szerint a talajoldat növekvő P-koncentrációja fokozatosan magasabb nyersfehérje-, nyersrost és hamutartalmat eredményezett. Roy és *Tudu* (2013) vályog talajon, 0, 40, 80, 120 és 160 kg P_2O_5 /ha adagú P-trágyázás alkalmazása mellett azt tapasztalták, hogy a 120 kg/ha-os P-trágyázás a nyersfehérje-tartalmat növelte, a javuló P-ellátottság a nyersrost-tartalmat csökkentette, míg a hamutartalom nem mutatott változást a P-trágyázástól függően. Hasonló eredményekről számolnak be *Polat et al.* (2007) is.

Fenti forrásmunkák jó egyezőséget mutatnak abban, hogy a jobb P-ellátottság a nyersfehérje-tartalom növekedését eredményezi a silóciroknál. E pozitív hatás *Mengel* és *Kirkby* (2001) szerint részben azzal függ össze, hogy a foszfor strukturális komponense a DNS-nek és az RNS-nek, s így közvetve fontos élettani szerepe van a fehérjeszintézisben. A P-ellátottság és a nyers-

rost-tartalom kapcsolatában ellentétes hatásokkal szembesülhetünk. A P-trágyázás nyersrost-tartalom növelő hatását *Chand et al.* (1992), valamint *Ayub et al.* (2002) azzal hozzák összefüggésbe, hogy a nagyobb P-kínálat serkenti a szárazanyag-felhalmozást. A jobb P-ellátottság általában növeli a növények ásványianyag-tartalmát, s így annak hamutartalmát (*Soest* 1985). A silócirok fehérje aminosav összetétele kevésbé tanulmányozott terület, mert a vizsgálatok elsősorban a szemescirok szemtermésének aminosav összetételére irányulnak. E kutatások részeredményeit korábbi közleményünkben (*Izsáki és Németh* 2015) már ismertettük.

A silócirok P-trágyázása és minősége közötti összefüggések vizsgálata eléggé elhanyagolt területe a hazai növénytermesztési és agrokémiai kutatásoknak és a külföldi kutatási eredmények is számos esetben ellentmondásosak és a hazai termesztési körülményekre kevésbé adaptálhatók. Így tartamkísérleti eredményeink, melyek a silócirok P-trágyázása és minősége közötti összefüggéseket taglalják, hozzájárulhatnak a silócirok tudományos igényű trágyázási szaktanácsadásának fejlesztéséhez.

Anyag és módszer

A műtrágyázási tartamkísérletet a Szent István Egyetem Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar Növénytermesztéstani Tanszék Kísérleti Telepén, Szarvason állítottuk be 1989-ben. A kísérleti terület talaja mélyben karbonátos csernozjom réti talaj, a humuszos réteg vastagsága 85–100 cm, a művelt réteg pH_(KCl)-ja 5,0–5,2, humusztartalma 2,8–3,2%, CaCO₃-ot nem tartalmaz, kötöttsége (K_A) 50, agyagtartalma 32%.

A kísérlet beállítása előtt 1989 őszén az AL-P₂O₅ 156 mg/kg, az AL-K₂O 322 mg/kg, AL-Na 212 mg/kg, a KCl-Mg 765 mg/kg, az EDTA-Mn 386 mg/kg, az EDTA-Cu 5,4 mg/kg és az EDTA-Zn 3,0 mg/kg volt a kísérleti terület átlagában. A *MÉM NAK* (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján a talaj ellátottsága P-ből, K-ből és Cu-ből jó, Mg-ből és Mn-ből magas, még Zn-ből kielégítő volt. A talajvíz átlagos mélysége 300–350 cm.

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

A kísérlet tényezői és kezelései

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

K_0 = K-trágyázás nélkül,

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

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

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

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

P_0 = P-trágyázás nélkül,

P_1 = 100 kg/ha/év P_2O_5 ,

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

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

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

N_0 = N-trágyázás nélkül,

N_1 = 80 kg N/ha/év,

N_2 = 160 kg N/ha/év,

N_3 = 240 kg N/ha/év.

Az időszakosan végzett nagyadagú P és K feltöltő trágyázás célja az volt, hogy jól elkülönülő ellátottsági szinteket alakítsunk ki a talajban a tápláltsági szituációk tanulmányozására és a talaj tápelem-ellátottsági határértékek megállapítására. A nitrogént ammóniumnitrát (34%), a foszfort szuperfoszfát (18%) és a káliumot kálisó (40% vagy 60%) formájában ősszel juttattuk ki. Kivételt képezett 1999 ősze, amikor a csapadékos időjárás miatt a talajfelszínen kialakuló vízállások az őszi műtrágyázást nem tették lehetővé és azt tavasszal végeztük el. A kísérletben évente 4 növény szerepelt kiterített vetésforgóban, 4×192 db parcellán, ahol a főparcellák területe 320 m², az elsőrendű alparcellák területe 80 m² és a másodrendű alparcellák mérete 4×5=20 m² volt.

A silócirok előveteménye minden évben rostkender (*Cannabis sativa* L.) volt. A kísérlet minden évben szántásos alapművelésben részesült. A kísérletben Róna 4 cukorcirok típusú középérésű silócirok hibrid szerepelt. A vetést április 30-án végeztük, 65 cm-es sortávolságra, 280 ezer csíra/ha vetőmagnormával. A rendkívül száraz tavasz miatt 2002-ben kelesztő öntözést végeztünk 50 mm-es víznormával. A sorok záródásáig a gyomirtást mechanikai úton végeztük. A betakarítás viaszérettségben történt.

Az egyes kísérleti évek vízellátottságát a tenyészidő alatt lehullott csapadék mennyiségével jellemezve megállapítható, hogy a 2001. és a 2002. évek az át-

lagosnál csapadékosabbak voltak, míg a 2000-es tenyészidőszak nyári hónapjai aszályosak voltak. A tenyészidő alatti átlaghőmérséklet vagy a sokévi átlag körül alakult vagy azt meghaladta (1. táblázat).

1. táblázat. A kísérleti hely időjárásának adatai a vizsgálati időszak alatt (Szarvas, 1999–2002)

Év (1)	Nyári félév (IV–IX.) (2)	Téli félév (X–III.) (3)	Évi összeg, illetve átlag (4)
Csapadék (mm) (5)			
Átlag 1901–1975 (6)	313	225	538
1999	496	230	847
2000	216	291	339
2001	416	190	612
2002	353	118	489
Átlag hőmérséklet (°C) (7)			
Átlag 1901–1975 (6)	17,9	3,4	10,6
1999	20,4	3,1	12,2
2000	19,1	3,6	12,1
2001	17,9	6,2	11,8
2002	18,9	3,9	11,4

Table 1. Weather data of the experimental site during the examined period (Szarvas, 1999–2002). (1) Year, (2) Summer period, (3) Winter period, (4) Yearly sum and average, (5) Precipitation (mm), (6) Average between 1901–1975, (7) Average temperature (°C)

A talaj N-ellátottságának jellemzésére vizsgáltuk a silócirok vetése előtt a 0–60 cm-es talajréteg ásványi nitrogén-tartalmát. Az ásványi nitrogént (NO_3^- - NO_2^- - NH_4^+ - N) 1 mol/dm³ KCl-os kivonatból fotometriás módszerrel határoztuk meg, melynek $\text{NO}_3\text{-N}$ értékeit a 2. táblázat tartalmazza.

A talaj tápelem-vizsgálatokat évente, ősszel az elővetemény betakarítása után a 0–60 cm-es talajrétegből vett mintákból végeztük el. A talaj P_2O_5 - és K_2O -tartalmát AL-módszerrel határoztuk meg, és az eredmények értékelésekor a talaj P- és K-ellátottságának megítélésére a szántott (30 cm-es) réteg értékeit használtuk. Az egyes kísérleti évek P- és K-ellátottságát az előző év őszeinek vizsgálati eredményével jellemeztük (2. táblázat).

2. táblázat. A talaj tápanyag-ellátottsága trágyázási kezelésként
(Szarvas, 2000–2004)

Kezelés jele (1)	Kísérleti évek (2)				
	2000	2001	2002	2003	2004
NO ₃ -N kg/ha a 0–60 cm-es talajrétegben vetés előtt (3)					
N ₀	20	43	75	30	59
N ₁	22	86	135	35	97
N ₂	23	146	190	54	142
N ₃	24	158	247	62	195
AL-P ₂ O ₅ mg/kg a művelt rétegben (4)					
P ₀	138	120	120	128	139
P ₁	194	183	176	183	198
P ₂	185	156	195	195	222
P ₃	239	204	339	339	362
AL-K ₂ O mg/kg a művelt rétegben (5)					
K ₀	248	232	229	215	206
K ₁	360	354	334	347	321
K ₂	403	352	394	394	367
K ₃	428	373	465	465	453

Table 2. Nutrient supply of the soil in each fertiliser treatment (Szarvas, 2000–2004). (1) Treatment, (2) Years of experiment, (3) NO₃-N kg ha⁻¹ in the 0–60 cm soil layer before sowing, (4) AL-P₂O₅ mg kg⁻¹ in the ploughed layer, (5) AL-K₂O mg kg⁻¹ in the ploughed layer

A cirok minőségi tulajdonságainak vizsgálatához parcelláként 15 növényt gyűjtöttünk be, a mintákat légszáraz állapotig fóliasátorban szárítottuk, majd ledaráltuk és a szárazanyagtartalmat szárítószekrényes módszerrel határoztuk meg. A cirok nyersfehérje-tartalmának számításához (N×6,25) az összes N-t Makro-Kjeldahl módszerrel (MSZ 6830-4), az aminosav-összetételt savas (6 N HCl) hidrolízis után ioncserés oszlop-kromatográfiás módszerrel (HPLC), a nyerszsírt az MSZ 6830-6-A és a nyersrostot az MSZ 6830-7 szerint a Bács ÁG Kft. Mezőgazdasági Vizsgáló és Termékminősítő Laboratórium végezte el.

A cukortartalom vizsgálatához csak a N-trágyázásban részesült kezelésekből vettünk 15 növényből álló mintát virágzáskor, a viaszérés kezdetén és vé-

gén. A cirokszárakról a leveleket eltávolítottuk és 15 cm-es darabokra aprítottuk fel. Az előkészített mintákat hűtve szállítottuk a Szegedi Egyetem Gógy-szerészeti Karának Laboratóriumába, ahol a cukortartalom vizsgálatot végezték az *MSZ 6830-26* szerint.

A kísérletek matematika-statisztikai értékelését variancia-analízissel végeztük *Sváb* (1981) módszere szerint. A kísérleti eredmények ismertetése a P-főhatásokra terjed ki.

Eredmények

A tápanyag-ellátottság hatását a silócirok minőségi tulajdonságaira 2000 és 2002 között, a tartamkísérlet 11–13. évében vizsgáltuk. Ebben a kísérleti ciklusban a P-trágyázás nélküli kezelésben a talaj művelt rétegének AL-P₂O₅-tartalma 120–138 mg/kg volt, míg a P-trágyázott kezeléseké 156–339 mg/kg közé esett (*2. táblázat*). A P-ellátottság nyersfehérje-, nyerszsír- és nyersrost-tartalom befolyásoló hatásának eredményei a *3. táblázat* adatai alapján tekinthetők át.

A kísérleti évek átlagában P-trágyázás nélkül a silócirok nyersfehérje-tartalma 9,15% volt, amit a magasabb P-ellátottsági (156–339 mg/kg AL-P₂O₅) szint csak tendencia jelleggel növelt és egyik évben sem tudtunk szignifikáns nyersfehérje % növekedést kimutatni a jobb P-ellátottság eredményeként. Az évjárat jelentősebben befolyásolta a nyersfehérje-tartalmat, mint a P-ellátottság. A legkisebb nyersfehérje-tartalmat, átlagosan 8,73%-ot 2000-ben, a kísérleti évek között a legszárazabb és legmelegebb évben mértük, amikor a zöldtermés mennyisége csak mintegy fele volt, mint amit a többi kísérleti évben regisztráltunk. A silócirok nyerszsírtartalma a kísérleti évek átlagában lényegében azonos volt (1,78–1,84%) és a talaj 120–339 mg/kg AL-P₂O₅ tartományában egyik évben sem tapasztaltunk megbízható P-hatásokat. Az évjárat nyerszsír-tartalom módosító hatása jelentősebb, mint a P-trágyázásé. Mind a nyersfehérje- mind a nyerszsír-tartalom a legkedvezőbb csapadék eloszlású évben volt a legmagasabb, amikor a tenyészidő második felében mintegy 180 mm csapadék hullott. Szignifikáns P-hatásokat egyik évben sem tudtunk kimutatni a nyersrost-tartalomra illetően. A kísérleti évek átlagában a silócirok viaszérettiségében a nyersrosttartalom kerekén 23% volt. A nyersrost-tartalom a legjobb vízellátottságú évben volt a legalacsonyabb a kedvezőbb levél/szár arány és a jobb levelezettségnek köszönhetően.

3. táblázat. A P-ellátottság hatása a silócirok nyersfehérje-, nyerszsír- és nyersrost-tartalmára
(Szarvas, 2000–2002)

Év (1)	P-ellátottság (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃		
Nyersfehérje % (5)						
2000	8,40	8,75	9,00	8,77	NS	8,73
2001	8,95	9,00	9,10	9,57	NS	9,15
2002	10,12	10,42	10,10	10,92	NS	10,39
SzD _{5%} (3)						0,49
Átlag (4)	9,15	9,39	9,40	9,75	-	-
Nyerszsír % (6)						
2000	1,30	1,30	1,42	1,47	NS	1,37
2001	1,37	1,42	1,37	1,37	NS	1,38
2002	2,73	2,64	2,52	2,69	NS	2,64
SzD _{5%} (3)						0,11
Átlag (4)	1,80	1,78	1,82	1,84	-	-
Nyersrost % (7)						
2000	22,1	23,2	23,4	22,6	NS	22,8
2001	27,8	27,1	27,0	27,2	NS	27,2
2002	20,4	19,4	19,7	20,3	NS	19,9
SzD _{5%} (3)						0,78
Átlag (4)	23,4	23,2	23,3	23,3	-	-

Table 3. The impact of P supply on the raw protein, raw fat and raw fibre content of silo sorghum (Szarvas, 2000–2002). (1) Year, (2) P supply, (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Raw protein %, (6) Raw fat %, (7) Raw fibre %

A P-ellátottság silócirok aminosav összetételére gyakorolt hatásának eredményeit a 4–6. táblázatok tartalmazzák.

A cirok nyersfehérje-tartalmának számításához (N×6,25) az összes N-t Makro-Kjeldahl módszerrel határoztuk meg. E módszerrel a fehérje-, a peptid-, a szabad aminosav-, az amid- és az ammónia-N mennyiségét mérjük. Így a szárazanyag %-ában kifejezett aminosavak mennyisége kevesebb, mint a nyersfehérje-tartalom illetve a fehérje %-ában kifejezett aminosavak mennyisége nem éri el a 100%-ot.

4. táblázat. A P-ellátottság hatása a silóctrok aminosav összetételére, g/100 g szárazanyag, illetve g/100 g nyersfehérje (Szarvas, 2000)

Aminosav (1)	P-ellátottság (2)			SzD _{5%} (3)	P-ellátottság (2)			SzD _{5%} (3)		
	P ₀	P ₁	P ₃		P ₀	P ₁	P ₃			
	g/100 g szárazanyag (4)				g/100 nyersfehérje (5)					
Arginin (7)	0,30	0,29	0,31	0,29	NS	3,61	3,31	3,47	3,30	NS
Fenilalanin (8)	0,35	0,31	0,32	0,29	0,05	4,12	3,56	3,62	3,39	0,49
Hisztidin (9)	0,14	0,13	0,13	0,13	NS	1,70	1,50	1,51	1,50	0,19
Izoleucin (10)	0,26	0,23	0,22	0,21	0,03	3,13	2,62	2,49	2,47	0,35
Leucin (11)	0,71	0,68	0,68	0,67	NS	8,52	7,82	7,55	7,49	1,01
Lizin (12)	0,26	0,27	0,26	0,25	NS	3,15	3,11	2,91	2,87	0,27
Metionin (13)	0,04	0,05	0,05	0,04	NS	0,44	0,53	0,63	0,47	NS
Treonin (14)	0,27	0,27	0,27	0,23	0,04	3,28	3,04	2,96	2,64	0,36
Valin (15)	0,35	0,31	0,29	0,28	0,04	4,21	3,56	3,21	3,24	0,46
Összesen EA (16)	2,68	2,54	2,53	2,39	-	32,16	29,05	28,35	27,37	-
Alanin (18)	0,54	0,54	0,50	0,50	NS	6,69	5,92	5,58	5,69	0,77
Aszparaginsav (19)	0,99	1,04	1,01	0,89	NS	11,00	11,86	11,24	10,22	1,35
Cisztein (20)	0,11	0,11	0,11	0,11	NS	0,11	0,11	0,11	0,11	NS
Glicin (21)	0,30	0,29	0,30	0,27	NS	3,64	3,39	3,33	3,10	0,42
Glutaminsav (22)	1,38	1,39	1,42	1,31	NS	16,52	15,90	15,74	15,00	NS
Prolin (23)	1,20	1,20	1,28	1,27	NS	13,68	13,91	13,98	14,49	NS
Szerin (24)	0,34	0,34	0,35	0,30	NS	4,12	3,95	3,87	3,46	0,52
Tirozin (25)	0,16	0,12	0,14	0,13	NS	2,00	1,44	1,56	1,47	0,36
Összes NEA (26)	5,02	5,03	5,11	4,78	-	57,76	56,48	55,41	53,54	-
Összes EA+NEA (27)	7,70	7,57	7,64	7,17	-	89,92	85,53	83,76	80,91	-
EA/NEA arány (28)	35/65	34/66	33/67	33/67	-	36/64	34/66	34/66	34/66	-

Table 4. The impact of P supply on the amino-acid composition of silo sorghum, g per 100 g dry matter, and g per 100 g dry protein (Szarvas, 2000). (1) Amino-acid, (2) P supply, (28) LSD_{5%}, (4) g per 100 g dry matter, (5) g per 100 g raw protein, (6) Essential amino-acids, (7) Arginine, (8) Phenylalanine, (9) Histidine, (10) Isoleucine, (11) Leucine, (12) Lysine, (13) Methionine, (14) Threonine, (15) Valine, (16) All EA, (17) Non-essential amino-acids, (18) Alanine, (19) Asparagine acid, (20) Cystine, (21) Glycine, (22) Glutamic acid, (23) Proline, (24) Serine, (25) Tyrosine, (26) All NEA, (27) All EA+NEA, (28) EA/NEA ratio

5. táblázat. A P-ellátottság hatása a silócirok aminosav összetételére, g/100 g szárazanyag, illetve g/100 g nyersfehérje (Szarvas, 2001)

Aminosav (1)	P-ellátottság (2) g/100 g szárazanyag (4)			SzD ₉₅ (3)	P-ellátottság (2) g/100 nyersfehérje (5)			SzD ₉₅ (3)		
	P ₀	P ₁	P ₂		P ₃	P ₀	P ₁		P ₂	P ₃
Arginin (7)	0,23	0,36	0,31	0,32	0,08	2,62	3,93	3,43	3,31	0,68
Fenilalanin (8)	0,32	0,44	0,38	0,41	NS	3,47	4,92	4,45	4,21	0,93
Hisztidin (9)	0,15	0,27	0,23	0,26	0,07	1,66	2,93	2,49	2,71	0,44
Izoleucin (10)	0,25	0,26	0,24	0,24	NS	2,84	2,90	2,41	2,51	NS
Leucin (11)	0,84	0,99	0,90	0,94	NS	9,27	10,93	9,82	9,70	NS
Lizin (12)	0,25	0,34	0,32	0,32	0,06	2,86	3,71	3,47	3,28	0,59
Metionin (13)	0,03	0,04	0,04	0,04	NS	0,35	0,43	0,46	0,36	NS
Treonin (14)	0,27	0,31	0,29	0,29	NS	2,98	3,37	3,17	2,89	NS
Valin (15)	0,26	0,28	0,27	0,27	NS	2,97	3,09	2,70	2,76	NS
Összesen EA (16)	2,60	3,29	2,98	3,09	-	29,02	36,21	33,40	31,73	-
Alanin (18)	0,54	0,61	0,56	0,55	NS	5,99	6,75	6,09	5,67	NS
Aszparaginsav (19)	0,65	0,80	0,76	0,72	0,13	7,31	8,86	8,39	8,02	0,80
Gisztin (20)	0,01	0,01	0,01	0,01	NS	0,12	0,17	0,10	0,12	NS
Glicin (21)	0,31	0,43	0,39	0,37	0,06	3,55	4,79	4,30	4,11	0,49
Glutaminsav (22)	0,92	1,09	1,02	1,02	0,05	10,16	12,19	11,13	10,56	NS
Prolin (23)	0,50	0,50	0,50	0,60	NS	5,50	5,62	5,32	6,22	NS
Szerin (24)	0,29	0,34	0,33	0,30	NS	3,24	3,79	3,61	3,39	0,52
Tirozin (25)	0,14	0,22	0,19	0,20	NS	1,61	2,42	2,26	2,00	0,50
Összes NEA (26)	3,36	4,00	3,76	3,77	-	37,48	44,59	41,20	40,09	-
Összes EA+NEA (27)	5,96	7,29	6,74	6,86	-	66,50	80,80	74,60	71,82	-
EA/NEA arány (28)	44/56	45/55	44/56	45/55	-	44/56	45/55	45/55	44/56	-

Table 5. The impact of P supply on the amino-acid composition of silo sorghum, g per 100 g dry matter, and g per 100 g dry protein (Szarvas, 2001). (1) Amino-acid, (2) P supply, (28) LSD₉₅, (4) g per 100 g dry matter, (5) g per 100 g raw protein, (6) Essential amino-acids, (7) Arginine, (8) Phenyl-alanine, (9) Histidine, (10) Isoleucine, (11) Leucine, (12) Lysine, (13) Methionine, (14) Threonine, (15) Valine, (16) All EA, (17) Non-essential amino-acids, (18) Alanine, (19) Asparagine acid, (20) Cystine, (21) Glycine, (22) Glutamic acid, (23) Proline, (24) Serine, (25) Tyrosine, (26) All NEA, (27) All EA+NEA, (28) EA/NEA ratio

6. táblázat. A P-ellátottság hatása a silóctrok aminosav összetételére, g/100 g szárazanyag, illetve g/100 g nyersfehérje (Szarvas, 2002)

Aminosav (1)	P-ellátottság (2)			SzD _{5%} (3)	P-ellátottság (2)			SzD _{5%} (3)		
	P ₀	P ₁	P ₂		P ₀	P ₁	P ₂			
Arginin (7)	0,32	0,30	0,30	0,29	NS	3,21	2,88	3,00	2,69	0,48
Fenilalanin (8)	0,37	0,43	0,44	0,41	0,05	3,75	4,10	4,39	3,77	NS
Hisztidin (9)	0,15	0,16	0,19	0,15	NS	1,52	1,58	1,85	1,39	0,20
Izoleucin (10)	0,34	0,40	0,38	0,38	NS	3,40	3,82	3,80	3,52	0,36
Leucin (11)	1,16	1,26	1,21	1,27	NS	11,54	12,07	11,98	11,63	NS
Lizin (12)	0,31	0,29	0,32	0,26	NS	3,16	2,59	3,22	2,40	NS
Metionin (13)	0,16	0,17	0,18	0,22	NS	1,66	1,67	1,83	2,28	0,35
Treonin (14)	0,32	0,36	0,37	0,35	NS	3,24	3,39	3,44	3,27	NS
Valin (15)	0,32	0,43	0,40	0,38	0,06	3,17	4,20	3,98	3,48	0,63
Összesen EA (16)	3,45	3,80	3,79	3,71	-	34,65	36,30	37,49	34,43	-
Alanin (18)	0,69	0,79	0,75	0,78	NS	6,82	7,60	7,60	7,30	0,62
Aszparaginsav (19)	0,73	0,79	0,78	0,78	NS	7,23	7,60	7,27	7,14	NS
Cisztein (20)	0,12	0,11	0,13	0,12	NS	1,27	1,12	1,33	1,16	NS
Glicin (21)	0,37	0,40	0,42	0,40	NS	3,70	3,72	4,19	3,74	NS
Glutaminsav (22)	1,52	1,69	1,64	1,57	NS	14,96	16,60	16,33	15,15	NS
Prolin (23)	0,90	0,69	0,74	0,92	NS	8,95	7,27	7,65	8,40	1,15
Szerin (24)	0,39	0,44	0,44	0,43	NS	3,89	4,16	4,38	4,00	NS
Tirozin (25)	0,17	0,21	0,25	0,20	0,03	1,71	2,17	2,51	1,87	0,41
Összes NEA (26)	4,89	5,12	5,15	5,20	-	48,53	50,24	51,26	48,76	-
Összes EA+NEA (27)	8,34	8,92	8,94	8,91	-	83,18	86,54	88,75	83,19	-
EA/NEA arány (28)	41/59	43/57	42/58	42/58	-	42/58	42/58	42/58	41/59	-

Table 6. The impact of P supply on the amino-acid composition of silo sorghum, g per 100 g dry matter, and g per 100 g dry protein (Szarvas, 2002). (1) Amino-acid, (2) P supply, (28) LSD_{5%}, (4) g per 100 g dry matter, (5) g per 100 g raw protein, (6) Essential amino-acids, (7) Arginine, (8) Phenylalanine, (9) Histidine, (10) Isoleucine, (11) Leucine, (12) Lysine, (13) Methionine, (14) Threonine, (15) Valine, (16) All EA, (17) Non-essential amino-acids, (18) Alanine, (19) Asparagine acid, (20) Cystine, (21) Glycine, (22) Glutamic acid, (23) Proline, (24) Serine, (25) Tyrosine, (26) All NEA, (27) All EA+NEA, (28) EA/NEA ratio

A 2000. évi kísérleti eredményeket értékelve megállapítható, hogy a vizsgált 17 aminosavból – g/100 g szárazanyagban kifejezve – csak az esszenciális aminosavaknál volt szignifikáns változás kimutatható, nevezetesen a fenilalanin, az izoleucin, a treonin és a valin mennyisége csökkent a jobb P-ellátottság (185–239 mg/kg AL-P₂O₅) következtében. Amennyiben az aminosavak mennyiségi változását a nyersfehérje %-ában (g/100 g nyersfehérje) vizsgáljuk, akkor mind az esszenciális, mind a nem esszenciális aminosavak esetében jelentős csökkenés tapasztalható, mivel az arginin, a metionin, a cisztin, a glutaminsav és a prolin kivételével mindegyik aminosav nyersfehérjén belüli aránya szignifikánsan kisebb volt a növekvő P-ellátottság eredményeként. Az összes aminosav nyersfehérjén belüli arányának csökkenése összefüggést mutat a P-ellátottság szintjével. E száraz évjáratban, melyben a nyersfehérjetartalom is a legkisebb volt, P-trágyázás nélkül az összes aminosav mennyisége a nyersfehérjének kezeiken 90%-át, míg P₁, P₂ és P₃ szinten 86, 84 és 81%-át érte el. A jelentősebb mértékű aminosav csökkenés elsősorban a 239 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági szintnél jelentkezett. Az esszenciális és nem esszenciális aminosavak nyersfehérjén belüli arányát a P-ellátottság érdemben nem befolyásolta (4. táblázat).

A 2001-es kísérleti évben a g/100 g szárazanyagban kifejezett aminosavak közül az arginin, a hisztidin, a lizin, az aszparaginsav, a glicin és a glutaminsav mennyisége növekedett megbízhatóan a jobb P-ellátottság (156–204 mg/kg AL-P₂O₅) eredményeként. Az aminosavak nyersfehérjén belüli arányában (g/100 g nyersfehérje) lényegesen jelentősebb változások mutathatók ki. E kedvezőbb vízellátottságú évben P-trágyázás nélkül az összes aminosav mennyisége a nyersfehérjén belül kezeiken 67% volt, míg P₁, P₂ és P₃ szinten ez 81, 75 és 72%-ot ért el. Ezen aminosav arányváltozás az arginin, a fenilalanin, a hisztidin, a lizin, az aszparaginsav, a glicin, a szerin és a tirozin mennyiségének növekedésével párosult a talaj jobb (156–204 mg/kg AL-P₂O₅) P-kínálatának köszönhetően. Az esszenciális és nem esszenciális aminosavak nyersfehérjén belüli arányát a P-ellátottság érdemben nem befolyásolta (5. táblázat).

Hasonlóan az előző kísérleti évekhez a 2002. évben sem volt szignifikáns nyersfehérje-tartalom változás a P-ellátottságtól függően és a g/100 g szárazanyagban kifejezett aminosavak közül is csak a fenilalanin, a valin és a tirozin mennyisége növekedett a magasabb P-ellátottsági (AL-P₂O₅ 176–339 mg/kg) szinttel. Az összes aminosav nyersfehérjén belüli aránya P-trágyázás nélkül 83% volt, ami 176 (P₁) és 195 (P₂) mg/kg AL-P₂O₅ szinten 87–89%-ra növekedett, majd a legmagasabb P-ellátottságnál (339 mg/kg) a P₀ értékére esett le. Az aminosav

savak közül az izoleucin, a metionin, a valin, az alanin és a tirozín %-os aránya (g/100 g nyersfehérje) növekedett a P-ellátottság 176–339 mg/kg AL-P₂O₅ tartományában. A hisztidin aránya 176–195 mg/kg P-ellátottsági szintig növekedett, míg 339 mg/kg ellátottságnál már csökkent. Az arginin és a prolin aránya magasabb P-ellátottságnál (AL-P₂O₅ 176–339 mg/kg) csökkent. A P-ellátottság az esszenciális és nem esszenciális aminosavak nyersfehérjén belüli arányában lényeges változást nem idézett elő (6. táblázat).

A silócirok aminosav összetételének kísérleti eredményeit értékelve megállapítható, hogy a P-ellátottság növekedése egy-egy kísérleti évben csak néhány aminosav változását eredményezte a szárazanyag %-ában kifejezve. Ezek a változások nem konzekvensek, nem ugyanazon aminosavakat érintik és a tenyészidő alatti vízellátottságtól függően mennyiségük csökkenést vagy növekedést mutat. A nyersfehérje aminosav összetételében a P-ellátottság jelentősebb változást okozott. Száraz évjáratban az aminosavak többségének aránya csökkent a nyersfehérjén belül, míg jobb vízellátottságú években növekedett a P-ellátottság javulásával.

Köszönetnyilvánítás

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

Irodalom

- Abou-Amer, A. I.–Kewan, K. Z.:* 2014. Effect of NP fertilization levels on sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yield and fodder quality for animals. *Alexandria Journal of Agricultural Research*. 59. 1: 51–59.
- Almodares, A.–Jafarinia, M.–Hadi, M. R.:* 2009. The effects of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 6. 4: 441–446.
- Ayub, M. M.–Nadeem, M. A.–Shara, M. S.–Mahmood, N.:* 2002. Response of maize (*Zea mays* L.) fodder to different levels of nitrogen and phosphorus. *Asian Journal of Plant Science*. 4: 352–354.

- Chand, K.-Dixit, M. L.-Arora, S. K.*: 1992. Yield and quality of forage sorghum as affected by phosphorus fertilization. *Journal of Indian Society of Soil Science*. 40: 302-306.
- Das, S. K.-Sharma, K. L.-Singh, B. R.-Rao, C. P.-Srinivas, K.-Reddy, M. N.*: 1996. Availability of desorbed phosphorus and internal phosphorus requirement by sorghum in an Alfisol. *Journal of Indian Society of Soil Science*. 44. 3: 427-433.
- Izsáki Z.-Németh T.*: 2015. A tápanyag-ellátottság hatása a silócirok (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) minőségére I. - N-ellátottság. *Növénytermelés*. 64. 4: 39-60.
- Khalid, M.-Ijaz, A.-Muhamad, A.*: 2003. Effect of nitrogen and phosphorus on the fodder yield and quality of two sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* L.). *International Journal of Agriculture & Biology*. 5. 1: 61-63.
- Mengel, K.-Kirckby, A.*: 2001. Principles of plant nutrition. 5th edition. Kluwer Academic Publisher. London.
- Munir, I.-Ranjha, A. M.-Sarfranz, M.-Obaid-ur-Rehman-Mehdiand, S. M.-Mahmood, K.*: 2004. Effect of residual phosphorus on sorghum fodder in two different textured soils. *International Journal of Agriculture and Biology*. 6. 6: 967-969.
- Polat, T.-Bukun, B.-Okant, M.*: 2007. Dose response of nitrogen and phosphorus on forage quality and economic return of rangelands. *Pakistan Journal of Botany*. 39. 3: 807-816.
- Rashid, M.-Iqbal, M.*: 2011. Response of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) fodder to phosphorus fertilizer on torripsamment soil. *Journal of Animal and Plant Science*. 21. 2: 220-225.
- Reid, R. L.-Jung, C. A.*: 1965. Influence of fertilizer treatment on the intake, digestibility and palatability of tall fescue hay. *Journal of Animal Science*. 24: 615-625.
- Roy, D. C.-Tudu, N. K.*: 2013. On farm evaluation of yield and quality of multicut sorghum (*Sorghum bicolor* L.) fodder through application of phosphorus. *International Journal of Science and Research*. 6. 14: 2825-2828.
- Roy, P. R. S.-Khandaker, Z. H.*: 2010. Effect of phosphorus fertilizer on yield and nutritional value of sorghum (*Sorghum bicolor*) fodder at three cuttings. *Bangladesh Journal of Animal Science*. 39. 1-2: 106-115.
- Soest, P. J. V.*: 1985. Composition, fiber quality and nutritive value of forages. [In: Maurice, E. H. et al. (eds.) Forages, The Science of Grassland Agriculture. 4th edition.] Iowa State University Press. Ames. Iowa. USA. 413-421.
- Sváb J.*: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Zhao, D.-Reddy, K. R.-Kakani, V. G.-Reddy, V. R.*: 2005. Nitrogen deficiency effect on plant growth, leaf photosynthesis and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *European Journal Agronomy*. 22: 391-403.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Izsáki Zoltán
Szent István Egyetem
Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar
Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet
Szarvas
Szabadság út 1-3.
H-5540
*izsaki.zoltan@gk.szie.hu

Dr. Németh Tamás
KWS Magyarország Kft.
Nemesítő Állomás
Murony
II. kerület 8.
H-5672

A kálium, bór és a stroncium hatása a tritikále elemfelvételére

KÁDÁR IMRE

Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont,
Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon, az MTA ATK TAKI Nagyhorcsók Kísérleti Telepén Mezőföldön vizsgáltuk a K és B, Sr elemek közötti kölcsönhatásokat 2001–2004. között. A K-szinteket megismételt 0, 1000, 2000 K₂O, a B-szinteket megismételt 0, 20, 40, 60 kg/ha B, a Sr-szinteket 67 kg/ha Sr adaggal állítottuk be. Műtrágyaként 60%-os KCl-ot, 11%-os bóraxot és 33%-os SrCl₂×6H₂O sót alkalmaztunk. Főparcellánként 3K-kezelés, alparcellánként 4B-kezelés, al-alparcellánként 2Sr-kezelés szolgált 24 kezeléssel×3 ismétlésben=72 parcellával osztott parcellás elrendezésben.

A kísérlet beállításakor 1987 őszen a szántott réteg 5% CaCO₃-ot, 3% humuszt, 20% agyagot tartalmazott. A pH_(H₂O) 7,8; pH_(KCl) 7,3; AL-K₂O 180–200, AL-P₂O₅ 100–120, KCl-oldható Mg 110–150, KCl+EDTA oldható Mn 60–80, Cu és Zn 1–2; B 0,7 mg/kg értékkel volt jellemezhető. A termőhely kielégítő K, Ca, B, Mg; közepes N és P; valamint gyenge Zn és Cu ellátottságú. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen található, a terület aszály-érzékeny. Az átlagos középhőmérséklet 11 °C, az éves csapadékösszeg 400–600 mm közötti egyenetlen eloszlással. Főbb megállapítások, levonható tanulságok:

- A tritikále szalmatermése 1 t/ha mennyiséggel nőtt a javuló K-ellátottsággal. A generatív fejlődési fázisban fellépő aszály miatt a szemtermés nem változott. A „kielégítő” K-ellátottság 150–200 mg/kg AL-oldható K₂O tartalomhoz köthető a szántott rétegben. A B és a Sr kezelések a termés tömegét nem befolyásolták.
- A növekvő talajbani K-kínálattal mérséklődött a Mg, Na, B, Ca, Sr elemek beépülése a szalmába. A B-trágyázás hatására többszörösére emelkedett a szalma és a szem B-tartalma, nőtt a Na és csökkent a Mg koncentrációja a szalmában.

- A szemtermésben dúsult a N, P, S, Mg, Zn, Cu, míg a szalma akkumulálta a K és Ca makroelemeken túl a vizsgált mikroelemek többségét. Az 1 t szem és a hozzátartozó melléktermés egységnyi vagy fajlagos elemtartalma $26-50-18-4-4=N-P_2O_5-K_2O-CaO-MgO$ kg/t volt. Adataink felhasználhatók a tritikále elemigényének (tervezett termés) számításakor a szaktanácsadásban.
- Az NH_4 -acetát+EDTA oldható B-készlet igazolhatóan nőtt 8-9 év után a B-trágyázással, K-készlet a K-trágyázással, Sr-tartalom a Sr adaggal a szántott rétegben. A hagyományos AL- K_2O tartalom jó egyezést mutat ezen a talajon az NH_4 -acetát+EDTA oldható tartalommal.

Kulcsszavak: kálium, bór, stroncium, elemfelvétel, tritikále

The impact of potassium, boron and strontium on the element uptake of triticale

I. KÁDÁR

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

Summary

The interactions between K, B and Sr were examined on calcareous chernozem adobe soil in the Nagyhőrcsök Experiment Site of the Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences in Mezőföld between 2001–2004. The K levels were adjusted with repeated K_2O doses of 0, 1000 and 2000 kg ha⁻¹, B levels with repeated doses of 0, 20, 40 and 60 kg ha⁻¹ and Sr levels with a dose of kg ha⁻¹. The applied fertilisers were 60% KCl, 11% Borax and 33% $SrCl_2 \cdot 6H_2O$ salt. The following plot distribution was used in the

experiment: main plot: 3K treatment, subplot: 4B treatment, sub-subplot: 2Sr treatment. 24 treatments and 3 replications were applied, resulting in 72 plots with split-plot design.

At the time of establishing the experiment in the autumn of 1987, the ploughed layer contained 5% CaCO₃, 3% humus and 20% clay, with the following parameters: pH_(H₂O) was 7.8, pH_(KCl) 7.3, AL-K₂O: 180–200, AL-P₂O₅: 100–120, KCl-soluble Mg: 110–150, KCl+EDTA soluble Mn: 60–80, Cu and Zn: 1–2; B: 0.7 mg kg⁻¹. The production site had satisfactory levels of K, Ca, B, Mg; moderate levels of N and P and weak levels of Zn and Cu. The groundwater level is 13–15 m and the area is drought-sensitive. The mean temperature is 11 °C and the yearly precipitation sum is 400–600 mm with uneven distribution. Main statements and conclusions to be draw:

- The straw yield of triticale increased by 1 t ha⁻¹ with improving K supply. As a result of the drought in the generative development phase, grain yield showed no change. The “satisfactory” level of K supply was due to the 150–200 mg kg⁻¹ AL-soluble K₂O content in the ploughed layer. B and Sr treatments did not affect the yield mass.
- As a result of the increasing K supply in the soil, the incorporation of Mg, Na, B, Ca and Sr into the straw decreased. B fertilisation increased the B content of the straw and grain multiple times, while the amount of Na increased and the Mg decreased in the straw.
- The amount of N, P, S, Mg, Zn and Cu increased in the grain yield and straw accumulated the majority of the examined microelements in addition to K and Ca. The unit or specific element content of 1 t grain and its related secondary yield was 26–50–18–4–4=N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO kg t⁻¹.
- Our data can be used for the calculation of the element need (expected yield) of triticale in consultancy.
- The NH₄-acetate+EDTA-soluble B stock significantly increased as a result of B fertilisation after 8–9 years, while K fertilisation resulted in the increase of K stock and Sr doses led to increased Sr stock in the ploughed layer. The conventional AL-K₂O content was similar to the NH₄-acetate+EDTA-soluble content in this soil.

Key words: potassium, boron, strontium, element uptake, triticale

Влияние калия, бора и стронция на принятие элементов тритикале

И. КАДАР

Венгерская Академия Наук, Исследовательский Центр Аграрных Наук,
Институт Почвоведения и Агрохимии, Будапешт

Резюме

На чернозёмной суглинистой почве с известковым налётом, на Опытной Станции Надхёрчёк (Nagyhörcsök) Института Почвоведения и Агрохимии Исследовательского Центра Аграрных Наук Венгерской Академии Наук (MTA ATK TAKI) в Мезё-фольде (Mezőföld) исследовали взаимовлияния между элементами К и В, Sr в 2001–2004 годах. Уровни К повторно устанавливали на уровне 0, 1000, 2000 K_2O , уровни В повторно устанавливали на уровнях 0, 20, 40, 60 kg/ha В, а уровни Sr установили дозой в 67 kg/ha . В качестве искусственного удобрения применяли 60%-ый KCl, 11%-ый борат натрия(бура) и 33%-ую соль $SrCl_2 \times 6H_2O$. Главная парцелла 3К-обработки, под-парцелла 4В-обработки, под-подпарцелла 2Sr-обработки получили с 24 обработками(дозами) \times 3 повторения=72 парцеллы в разделённом парцелярном расположении.

Во время установки опыта осенью 1987 года пахотный слой содержал 5% $CaCO_3$, 3% гумуса, 20% глины. Величины pH характеризовались $pH_{(H_2O)}$ 7,8; $pH_{(KCl)}$ 7,3; AL- K_2O 180–200, AL- P_2O_5 100–120, KCl-растворимый Mg 110–150, KCl+EDTA растворимый Mn 60–80, Cu и Zn 1–2; В 0,7 mg/kg . Место выращивания обеспеченно удовлетворительно К, Ca, В, Mg; средне N и P; и слабо Zn и Cu. Уровень грунтовых вод на глубине 13–15 м, эта площадь чувствительная к засухе. Общая средняя температура 11 °C, сумма годовых осадков 400–600 мм в неравномерном распределении. Главные выводы, извлеченные уроки.

- Урожай соломы тритикале вырос в количестве на 1 t/ha с улучшающимся обеспечением К. Из-за наступившей засухи в фазе генеративного развития урожай зерна не изменился. „Удовлетворительную” обеспеченность К-ем 150–200 mg/kg AL-растворимый можно привязать к содержанию K_2O в пахотном слое. Обработки (дозы) В и Sr не повлияли на массу урожая.
- С растущим предложением К в почве уменьшилось встроение элементов Mg, Na, В, Ca, Sr в солому. Под влиянием удобрения В многократно увеличилось

содержание В соломы и зерна, выросла концентрация Na и уменьшилась концентрация Mg в соломе.

- В урожае зерна стало больше N, P, S, Mg, Zn, Cu, а солома аккумулировала кроме макроэлементов K и Ca ещё также и большинство исследованных микроэлементов. На единицу 1 t зерна и относящегося к нему побочного продукта удельное содержание элементов было $26-50-18-4-4=N-P_2O_5-K_2O-CaO-MgO$ kg/t. Наши данные можно использовать во время вычисления потребности тритикале в элементах (планируемый урожай) в профессиональном консультировании.
- NH_4 -ацетат+EDTA растворимый В-наличие подтверждено выросло после 8–9 лет с В-удобрением, наличие К выросло с удобрением К, содержание Sr с дозами Sr в пахотном слое. Традиционное содержание AL- K_2O показывает хорошее сочетание на этой почве с содержанием NH_4 -ацетат+EDTA растворимый.

Ключевые слова: калий, бор, стронций, приём элементов, тритикале

Bevezetés

A tritikálet egyre nagyobb területen termesztjük, mert a gyengébb talajokon is kielégítően terem, ellenáll a rozsdának és a fehérjetartalma is nagy. Kedvezőtlen tulajdonságait – mint a hosszú szalma, megdőlésre való hajlam, késői érés stb. – ma már a nemesítés jelentős részben kiküszöbölte, a növény ásványi táplálásával foglalkozó szakirodalmi források száma ugyanakkor elenyésző. Duna-Tisza-közi meszes homoktalajon *Lásztity* (1986) végzett műtrágyázási kísérletet, aki jelentős tápelemhatásokról számolt be. A nyírségi savanyú homokon beállított műtrágyázási és meszezési tartamkísérletünkben, Nyírlugoson, már 12 éve monokultúrában termelünk tritikálet.

Eredményeink szerint e növény a savanyú homokokon folyó gazdálkodásban fontos szerepet tölthet be. Kedvező években termése az országos gabona-átlagokat elérheti, de szárazabb években is gazdaságosan betakarítható hozamokat nyújthat, amennyiben gondoskodunk a talaj megfelelő trágyázásáról, valamint a pH 5,5–6,0 körüli fenntartásáról mész és magnézium adagolásával. A monokultúrát jól bírja. Mint őszi vetésű növény fedettséget biztosít a homokon, megakadályozza a szél és víz általi eróziót, valamint a tápelemek kimosódását. A kiegyensúlyozott tápanyagellátás kedvező irányban módosítja a növény összetételét is (*Kádár és Szemes 1994, Kádár et al. 1999*).

Kérdés, vajon milyen termésekre képes a tritikále nem kimondottan rozstajlon? Különösen extenzív gazdálkodásban trágyázás nélkül mennyiben képes hasznosítani a kötöttebb búzatalaj eredeti tápanyagtökéjét? Hogyan alakul a trágyaigénye? Hogyan változhatnak meg bizonyos minőségi jellemzői, termésstruktúrája az eltérő tápláltság nyomán? A jelzett problémák vizsgálata céljából Mezőföldön, meszes vályog csernozjom talajon beállított tartamkísérletünk 18. évében tritikálet termesztettünk.

A viszonylag kedvező évjáratban a 18 éve semmilyen trágyázásban nem részesült parcellákon 5,5 t/ha szemtermést, illetve 13,0 t/ha földfeletti légszáraz biomasszát adott. A mérsékelt 100 kg/ha/év N-trágyázással a melléktermés tömege a P-ral kielégítően ellátott talajon elérte a 11 t/ha, az összes földfeletti légszáraz biomassa a 17 t/ha mennyiséget (Kádár 2004). Ugyanezen a talajon vizsgáltuk, hogy a tritikále hogyan reagál a talajszennyezés, illetve alkalmas lehet-e fitoremediációs célokra. Meghatároztuk az egységnyi vagy fajlagos, azaz az 1 t szemtermés és a hozzátartozó melléktermés elemtartalmát is, melyek alapul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényének becsléséhez a szaktanácsadásban (Kádár és Kastori 2006).

Jelen munkánkban, a kísérletünk 13. évében elemezzük a K×B×Sr kezelések hatását a tritikále tömegére és összetételére. Az első évben napraforgót termesztettünk. A B-trágyázás tőszámcsökkenést okozott, melyet a K-trágyázással ellensúlyozni lehetett. A második évben termesztett kukorica szem- és szártermése 1,5 t/ha mennyiséggel lett kisebb a maximális B-terhelés nyomán. A termésdepresszió, illetve mérgezés akkor következett be, amikor a B koncentrációja a 4–6 leveles hajtásban elérte a 70–80, a virágzáskori levélben a 100 mg/kg határértéket. A K-feltöltés részben ellensúlyozta a B-toxicitást. A harmadik évben a K és a B kezelések nem befolyásolták a tavaszi repce fejlődését, termését. A megismételt K és B terhelési szintek sem módosították a lucerna termését 2001–2004. között, csak a széna elemösszetételét (Kádár 2012).

Anyag és módszer

A K és B elemek közötti kölcsönhatásokat vizsgáló kísérletet 1987 őszén állítottuk be az MTA TAKI Nagyhőrcsök Kísérleti Telepén. A kísérlet talaja löszön képződött mészlepedékes csernozjom vályog amely mintegy 5% CaCO₃-ot, 3% humuszt és 20% agyagot tartalmaz a szántott rétegben. Az 1987 őszén végzett talajelemzéseink szerint a feltalajban a pH_(H₂O) 7,8; pH_(KCl) 7,3; AL-K₂O

180–200; AL- P_2O_5 100–120; KCl-oldható Mg 110–150; KCl+EDTA oldható Mn 60–80, Cu és Zn 1–2; B 0,7 mg/kg értékekkel volt jellemezhető. A *MÉM NAK* (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj kielégítő Mn, B, Mg és K, közepes N és P, valamint gyenge Zn és Cu ellátottságáról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. Éghajlata az Alföldéhez hasonlóan szárazságra hajló, átlagos középhőmérséklete 11 °C, az éves csapadékösszeg általában 400–600 mm között ingadozik.

A kísérlet osztott parcellás (split-plot) elrendezésű beállításkor $3K \times 4B = 12$ kezeléssel és 3 ismétlésben, összesen 36 parcellával. A parcellák mérete $4,9 \times 8 = 39,2$ m² volt. A parcellákat 1992 tavaszán megfektettük és az így nyert fél parcellákon 67 kg/ha Sr-ot szórtunk ki $SrCl_2$ formájában. A $4B \times 3K \times 2Sr = 24$ kezelés $\times 3$ ismétlés = 72 parcellát eredményezett, ahol a $B \times K \times Sr$ elemek közötti kölcsönhatások is vizsgálhatókká váltak.

1. tényező (főparcellák): K

K_0 = kontroll,

K_1 = 1000 kg/ha K_2O 1987 és 1990 őszen kiadva,

K_2 = 2000 kg/ha K_2O 1987 és 1990 őszen kiadva.

2. tényező (alparcellák): B

B_0 = kontroll,

B_1 = 20 kg/ha B 1988 tavasz és 1990 őszen kiadva,

B_2 = 40 kg/ha B 1988 tavaszán és 1990 őszen kiadva,

B_3 = 60 kg/ha B 1988 tavaszán és 1990 őszen kiadva.

3. tényező (al-alparcellák): Sr

Sr_0 = kontroll,

Sr_1 = 67 kg/ha Sr 1992 tavaszán kiadva.

A tartamkísérlet 1988–2004 között folyt, 17 éven át. A kísérlet beállításának körülményeiről és az első 7 évben kapott eredményekről korábbi munka számol be (*Kádár* 2012). A növényi sorrendet az *1. táblázat* tekinti át feltüntetve a termesztett növényfajokat, fajtákat, illetve hibrideket is az egyes években. Megemlítem, hogy az alaptrágyázás általában 100–100 kg/ha/év N és P_2O_5 volt 25%-os pétisó és szuperfoszfát formájában. A lucerna N-trágyázásban nem részesült, a 400 kg/ha P_2O_5 adagot a telepítést megelőzően adtuk ki a 4 évre. Kálisóként 60%-os KCl-ot, bórtrágyaként 11,3%-os bóraxot $Na_2B_4O_7 \times 10H_2O$ használtunk.

1. táblázat. A $K \times B \times Sr$ tartamkísérlet növényi sorrendje 1988–2004 között
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Kísérlet éve (1)	Növényfaj (forgó) (2)	Fajta (hibrid) (3)
1988	napraforgó (4)	Topflor-2
1989	kukorica (5)	Pi 3732
1990	tavaszi repce (6)	Arista
1991	lucerna (7)	Verko
1992	lucerna (7)	Verko
1993	lucerna (7)	Verko
1994	lucerna (7)	Verko
1995	cirok (8)	Alföldi-1
1996	búza (9)	MV-21
1997	bab (10)	Debreceni tarka
1998	mák (11)	Kompolti-M
1999	őszi árpa (12)	Botond
2000	tritikále (13)	Presto
2001	koronafürt (14)	Kompolti tarka
2002	koronafürt (14)	Kompolti tarka
2003	koronafürt (14)	Kompolti tarka
2004	koronafürt (14)	Kompolti tarka

Table 1. Crop sequence of the long-term $K \times B \times Sr$ experiment between 1988–2004 (calcareous chernozem adobe soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) Experiment year, (2) Crop species (rotation), (3) Cultivar (hybrid), (4) Sunflower, (5) Maize, (6) Spring rape, (7) Alfalfa, (8) Sorghum, (9) Wheat, (10) Bean, (11) Poppy seed, (12) Winter barley, (13) Triticale, (14) Crown vetch

A betakarítást követően parcellánként 20–20 pontból átlagmintákat vettünk a szántott talajrétegből. A talajmintákat szintén 40–50 °C-on szárítottuk, majd homogenizáltuk analízisre előkészítve. A talajok alapvizsgálati jellemzőit *Baranyai et al.* (1987), illetve a *MÉM NAK* (1978) által ismertetett eljárásokkal vizsgáltuk. Az ammóniumlaktát + ecetsav oldható PK tartalmakat *Egner et al.* (1960), a humuszt *Tyurin* (1937) módszere szerint határoztuk meg. A N mérés *Kjeldahl* (1891) szerint, míg az NH_4 -acetát+EDTA oldható elemeket *Lakanen* és *Erviö* (1971) módszerével vizsgáltuk a kísérlet egyes éveiben. A növényeket a hagyományos $cc.H_2SO_4 + cc.H_2O_2$ roncsolást követően elemeztük a B kivéte-

lével. A B vizsgálatát talajban és a növényekben az azomethine-H módszerével végeztük *Sippola* és *Erviö* (1977), illetve *Sillanpää* (1982) leírása alapján.

Kísérletünk 13. évében Presto fajtájú tritikálét termesztettünk. Vetése 1999. október 7-én történt gabona-sortávolságra, 5–7 cm mélyre, 300 kg/ha vetőmag-norma felhasználásával. Állománybonitálást végeztünk bokrosodásban és virágzás idején. Az aratásra 2000. július 3-án került sor. Kombájnolás előtt parcellánként 8–8 fm=1–1 m² nettó területről mintakévév vettünk a fő- és melléktermés tömegének megállapítása, illetve az analitikai vizsgálatok céljaira. Kísérletben az üzemekben is szokásos agrotechnikát alkalmaztuk.

Az elővetemény őszi árpát 1999. július 1-én arattuk. A tritikéle vetéséig eltelt bő három hónap alatt 208 mm eső hullott a fedetlen talajra. Ezt követően októberben 53, novemberben 96, decemberben 42, januárban 31, februárban 19, márciusban 32, áprilisban 53, májusban 20, júniusban 10 mm csapadékot kapott a terület. A tritikéle 9 hónapos tenyészideje alatt tehát összesen 356 mm-t. A vetés előtti esők pótolhatták a vizsgált vályogtalaj 160 mm körüli mennyiségre becsült hasznosítható vízkészletét az 1 m rétegben. Amennyiben feltételezzük, hogy a lehullott csapadék döntően a talajba szivárgott és a párolgási veszteségtől eltekintünk. E becslés szerint mintegy 500–520 mm csapadék állhatott a tritikéle rendelkezésére. A májusi és a júniusi aszály azonban a nagyobb magtermés kialakulását megakadályozta.

Eredmények

A tritikéle szalmatermését a javuló K-ellátottság 1 t/ha mennyiséggel növelte. A 200 mg/kg feletti tartomány már terméstöbbletkez nem vezetett. A szemtermésben ezek a hatások nem jelentkeztek a májusi és a júniusi aszály eredményeképpen. Amint a 2. táblázatban összefoglalt adatokból látható, hogy az összes földfeletti légszáraz biomassa elérte vagy meghaladta a 11 t/ha tömeget. A szem/szalma aránya közelálló volt. A talajvizsgálati adatok és a termés kapcsolata arra enged következtetni, hogy a tritikéle „kielégítő” K-ellátottsága AL-oldható K₂O-tartalom 150–200 mg/kg tartományban lehet.

A szalma Mg-tartalmát egyaránt mérsékelte a K és a B trágyázás. A maximális KB kínálattal a kontrollon mért Mg-tartalom 40%-kal csökkent. A Na esetén ellentétes irányú hatást tapasztaltunk. A bórax B-trágya Na-ot tartalmaz összetételéből eredően, mely Na-tetraborát só mintegy 11% B- és 13% Na-tartalommal az Na₂B₄O₇×10H₂O formula alapján. A B-szinteken nő a szalma Na-

koncentrációja, míg a K-kínálattal felére zuhan. A K×B kezeléskombinációkban ebből adódóan 4-szeres különbség alakul ki a Na-tartalomban (3. táblázat).

2. táblázat. K-szintek hatása a tritikále termésére aratáskor 2000-ben (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

AL-K ₂ O (mg/kg) (1)	Szalma (t/ha) (2)	Szem (t/ha) (3)	Együtt (t/ha) (4)
140	4,90	5,27	10,2
184	5,97	5,28	11,2
227	5,93	5,36	11,3
a) SzD _{5%} (5)	0,44	0,40	0,6
b) Átlag (6)	5,49	5,30	10,8

Table 2. The impact of K levels on triticale yields at harvesting in 2000 (calcareous chernozem adobe soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) AL-K₂O content (mg kg⁻¹), (2) Straw (t ha⁻¹), (3) Grain (t ha⁻¹), Altogether (t ha⁻¹), LSD_{5%}, (6) Mean

A szalma B-tartalma átlagosan a 7-szeresére, a szemtermésé mintegy a 3-szorosára nő a B-trágyázás nyomán. A K-trágyázás a B-tartalmakat igazolhatóan nagy tendenciájában mérsékli. A 3. táblázatban az is megfigyelhető, hogy a szalma B-készlete egy nagyságrenddel haladja meg a szemtermés B-készletét. A B-kontroll talajon ez a különbség 6-szoros, míg a maximális B-terhelésű kezelésekben már 10–13-szoros. Mint ismeretes, a szalma a tartalék-tápelemek süllyesztője, illetve a luxusfelvétel szerve. A túlkínálatot a vegetatív szerv képes jobban jelezni, míg a generatív szemtermés genetikailag védettebb a már szükségtelen vagy káros akkumulációval szemben.

Megnyilvánul a szalma összetételében a K, Ca, Sr kationok közötti antagonizmus. A N-tartalom a szalmában némileg hígul a javuló termésmeggel. Adatainkat a 4. táblázat szemlélteti a B és Sr kezelések átlagaiban, amennyiben a B- és Sr-trágyázás a K ilyen irányú hatását igazolhatóan nem befolyásolta.

A tritikále átlagos elemösszetételét és elemfelvételét az 5. táblázatban tanulmányozhatjuk. A szemben dúsulnak főként a szemképzés elemei: N, P, S, Mg, Zn, Cu. A szalma akkumulálja a K és Ca makroelemeket, valamint a mikroelemek többségét. Mivel a szalma/szem aránya közelálló, hasonló mennyiségi viszonyokat tükröz az aratáskori elemfelvétel is. A kombájnolt szemterméssel a talaj főként N, P, Zn és Cu elemekben szegényedik.

3. táblázat. *K×B ellátottság hatása a tritikále szalma- és szemtermésének elemtartalmára 2000-ben*
(*mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld*)

AL-K ₂ O (mg/kg)	B-szintek (B kg/ha)				SzD _{5%} (2)	Átlag (3)
	(1)					
	0	40	80	160		
A. Mg % a szalmában (4)						
140	1,39	1,14	1,04	0,98		1,14
184	1,14	1,00	0,98	1,08	0,04	1,05
227	1,11	1,14	0,89	0,85		1,00
a) SzD _{5%} (8)		0,04				0,02
b) Átlag (3)	1,22	1,09	0,97	0,97	0,02	1,06
B. Na (mg/kg)a szalmában (5)						
140	83	87	102	125		100
184	55	83	91	58	36	72
227	32	61	56	55		51
a) SzD _{5%} (8)		45				31
b) Átlag (3)	57	77	83	80	22	74
C. B mg/kg a szalmában (6)						
140	10	22	55	70		39
184	9	17	48	67	25	35
227	9	18	36	51		29
a) SzD _{5%} (8)		14				7
b) Átlag (3)	9	19	46	63	13	34
D. B mg/kg a szemben (7)						
140	1,6	2,6	3,9	5,5		3,4
184	1,7	2,0	4,1	5,0	1,4	3,2
227	1,2	2,0	3,4	5,4		3,0
a) SzD _{5%} (2)		0,8				0,6
b) Átlag (3)	1,5	2,2	3,8	5,3	0,8	3,2

Table 3. The impact of K×B supply on the element content of the straw and grain yield of triticale in 2000 (calcareous chernozem adobe soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) B levels (B kg ha⁻¹), (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Mg % in the straw, (5) Na (mg kg⁻¹) in the straw, (6) B (mg kg⁻¹) in the straw, (7) B (mg kg⁻¹) in the grain

4. táblázat. *K-szintek hatása a tritikále szalma K, N, Ca, Sr elemtartalmára 2000-ben (a B és a Sr kezelések átlagában) (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)*

AL-K ₂ O (mg/kg)	K	N %	Ca	Sr (mg/kg/g)
140	0,90	0,50	0,28	14
184	0,99	0,46	0,25	12
227	1,05	0,42	0,23	11
a) SzD _{5%} (1)	0,30	0,06	0,02	1
b) Átlag (2)	0,98	0,46	0,26	12

Table 4. The impact of K levels on the K, N, Ca and Sr content of triticale straw in 2000 (averaged over B and Sr treatments) (calcareous chernozem adobe soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) LSD_{5%}, (2) Mean

A fajlagos vagy egységnyi, azaz 1 t szemtermés és a hozzátartozó melléktermék elemtartalma az alábbiak szerint alakult: 26-50-18-4-4=N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO kg/t. Adataink felhasználhatók a tritikále elemigényének számításában a szaktanácsadáskor. Megemlítjük, hogy az As, Hg, Pb, Se, Co nyomelemek általában a 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt voltak a szemben és a szalmában, felvételük tehát a g/ha mennyiség alatt lehetett.

Az NH₄-acetát+EDTA oldható B-készlet a szántott rétegben igazolhatóan növelte a B-trágyázással, az oldható K-tartalom a K-trágyázással. A 67 kg/ha Sr hatása is igazolható a 8. év után az oldható Sr-tartalom növekedésében, illetve az antagonistá Na kation koncentrációjának csökkenésében. Ami az egyéb vizsgált elemek átlagos tartalmát illeti a szántott rétegben, a kísérlet talaja az alábbi adatokkal jellemezhető e módszer szerint: Ca 1,8%; Mg 393, Mn 343, P₂O₅ 124, Al 76, Fe 72, Ba 19, S 18, Ni és Pb 3, Co és Cu 2, Zn 1, Se 0,2 mg/kg. Az As, Hg, Cd, Cr, Mo általában 0,1 mg/kg mérőhatár alatt maradt. Megemlítjük még, hogy e talajon az ammóniumlaktát-ecetsavas (AL)oldható K-tartalom jó egyezést mutat az NH₄-acetát+EDTA kivonattal. NH₄-acetát+EDTA oldható P₂O₅ tartalmat 1,7 faktossal kell szorozni, hogy az AL-P₂O₅ egyenértékhez jussunk (6. táblázat).

5. táblázat. *A tritikále átlagos összetétele és elemfelvétele
a K×B×Sr kísérletben 2000-ben
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)*

Elem jele (1)	Elemösszetétel (2)			Elemfelvétel (3)			Együtt (c) (7)
	Mérték- egység (4)	Szalma (a) (5)	Szem (b) (6)	Mérték- egység (4)	Szalma (a) (5)	Szem (b) (6)	
N	%	0,60	1,98	kg/ha	33	105	138
K	%	0,98	0,49	kg/ha	54	26	80
Ca	%	0,26	0,04	kg/ha	14	2	16
Mg	%	0,11	0,13	kg/ha	6	7	13
P	%	0,07	0,34	kg/ha	4	18	22
S	%	0,13	0,17	kg/ha	7	9	16
Mn	mg/kg	100	50	g/ha	550	265	815
Fe	mg/kg	90	40	g/ha	495	212	707
Na	mg/kg	74	9	g/ha	407	48	455
Al	mg/kg	70	4	g/ha	385	21	406
Sr	mg/kg	12	2	g/ha	66	11	77
Ba	mg/kg	12	1	g/ha	66	5	71
B	mg/kg	10	3	g/ha	55	16	71
Zn	mg/kg	4	13	g/ha	22	69	91
Cu	mg/kg	3	5	g/ha	16	26	42
Mo	mg/kg	0,16	0,14	g/ha	0,88	0,74	1,6
Cd	mg/kg	0,06	0,18	g/ha	0,33	0,95	1,3
Ni	mg/kg	0,06	0,06	g/ha	0,33	0,32	0,6
Cr	mg/kg	0,05	0,03	g/ha	0,28	0,16	0,4

Megjegyzés: 5,5 t szalma és 5,3 t szem átlagos tömeggel számolva. Az As, Hg, Pb, Se, Co általában 0,1 mg/kg mérés határ alatt.

Table 5. Average composition and element uptake of triticale in the K×B×Sr experiment in 2000 (calcareous chernozem adobe soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) Element, (2) Element composition, (3) Element uptake, (4) Measurement unit, (5) Straw (a), (6) Grain (b), (7) Altogether (c). Note: 5.5 t straw and 5.3 t grain, calculated with average weight. Usually, the As, Hg, Pb, Se and Co contents are below the measurement limit of 0.1 mg kg⁻¹.

6. táblázat. A K×B×Sr trágyázás hatása a szántott réteg NH₄-acetát+EDTA oldható elemtartalmára a kísérlet 13. évében, 2000-ben
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

B-szintek (kg/ha) (1)	B (mg/kg)	K-szintek (kg/ha) (2)	K ₂ O (mg/kg)	Na	Sr-szintek (kg/ha) (3)	Sr (mg/kg)	Na
0	2,5	0	146	22	0	36	23
40	3,1	2000	180	21	67	40	17
80	3,4	4000	228	17	-	-	-
160	3,7	-	-	-	-	-	-
a) SzD _{5%} (4)	0,3	a) SzD _{5%} (4)	20	3	a) SzD _{5%} (4)	2	2
b) Átlag (5)	3,2	b) Átlag (5)	185	20	b) Átlag (5)	38	20

Megjegyzés: egyéb elemek átlagos tartalma: Ca 1,8%, Mg 393, Mn 343, P₂O₅ 124, Al 76, Fe 72, Ba 19, S 18, Ni és Pb 3, Co és Cu 2, Zn 1, Se 0,2 mg/kg. Az As, Hg, Cd, Cr, Mo általában 0,1 mg/kg mérés határ alatt.

Table 6. The impact of K×B×Sr fertilisation on the NH₄-acetate+EDTA-soluble element content of the ploughed layer in 2000, the 13th year of the experiment (calcareous chernozem adobe soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) B levels (kg ha⁻¹), (2) K levels (kg ha⁻¹), (3) Sr levels (kg ha⁻¹), (4) LSD_{5%}, (5) Mean. Note: average content of other elements: Ca 1.8%, Mg 393, Mn 343, P₂O₅ 124, Al 76, Fe 72, Ba 19, S 18, Ni and Pb 3, Co and Cu 2, Zn 1, Se 0.2 mg kg⁻¹. As, Hg, Cd, Cr and Mo contents are usually below the measurement limit of 0.1 mg kg⁻¹.

Irodalom

- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.: 1987. A magyarországi talajtápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Egnér, H.–Riehm, H.–Domingo, W. R.: 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. Lantbr. Högsk. Ann. 26: 199–215.
- Kádár I.: 2004. A tritikále elemfelvétele műtrágyázási kísérletben. Növénytermelés. 53. 3: 273–284.
- Kádár I.: 2012. A kálium, bór és a stroncium elemek közötti kölcsönhatások vizsgálata lucernában. Agrokémia és Talajtan. 61. 1: 133–150.
- Kádár I.–Kastori R.: 2006. Mikroelem-terhelés hatása a tritikále termésére és elemfelvételére karbonátos csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 55. 2: 449–460.
- Kádár I.–Németh T.–Szemes I.: 1999. Tritikále trágyareakciója a nyírlugosi tartamkísérletben. Növénytermelés. 48: 647–661.
- Kádár I.–Szemes I.: 1994. A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA Talajtani és Agro-kémiai Kutató Intézete. Budapest. 248.

- Kjeldahl, J.*: 1891. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Zeitschr. f. analyt. Chemie. 22: 366–382.
- Lakanen, E.–Erviö, R.*: 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123: 223–232.
- Lásztity B.*: 1986. Néhány elem koncentrációjának változása az őszi rozsban és tritikáleban a tenyészidő folyamán. Agrokémia és Talajtan. 35: 85–94.
- MÉM NAK*: 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest. 48.
- MÉM NAK* [Buzás I. et al. (szerk.)]: 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Sillanpää, M.*: 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils. A global study. FAO Soils Bulletin N. 48. Rome. 444.
- Sippola, J.–Erviö, R.*: 1977. Determination of boron in soils and plants by the azomethine-H method. Finn. Chem. Lett. 138–140.
- Tyurin, I. V.*: 1937. Organicszeszkie vescsesztva pocsv. Szelhozgiz. Moszkva. 232.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

*Dr. Kádár Imre
MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet
Budapest
Herman O. u. 15.
H-1022
*kadar.imre@agrar.mta.hu

A kenyérbúza kalászolási idejét meghatározó főbb genetikai komponensei

KISS TIBOR-VEISZ OTTÓ-KARSAI ILDIKÓ

Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont,
Mezőgazdasági Intézet, Molekuláris Nemesítési Osztály, Martonvásár

Összefoglalás

A búzát széles genetikai potenciálja révén az egész világon nagy területen termesztik. A nagyfokú alkalmazkodásban szerepet játszó genetikai és molekuláris-biológiai hatásmechanizmusok jobb megértése segítséget nyújthat olyan új fajták nemesítésében, amelyek sikeresen termesztethetők a jövő megváltozott környezeti adottságai mellett is. A globális klímaváltozás befolyásolhatja a jövőbeni hőmérséklet-ingadozást és csapadékeloszlást, amelyek alapvető környezeti elemei a mezőgazdasági termelésnek, így meghatározzák a bioszféra élelmiszer előállító- és háziállat eltartó képességét is.

Közép-Európa, köztük Magyarország is sajátos klimatikus viszonyokkal rendelkezik, mivel ez a régió az óceáni, a kontinentális és a mediterrán klímaterület határán helyezkedik el. E klímák időjárási elemei az egyes években különböző erősséggel, illetve gyakran átfedéssel vagy kevert formában jelentkeznek. Magyarország területi elhelyezkedéséből adódóan így különösen kitett a szélsőséges időjárási eseményeknek, amely negatív hatást gyakorol a mezőgazdasági termelésre.

A környezeti elemek széles skálájához a gabonafélék csak a megfelelő genetikai változatosságuk révén képesek alkalmazkodni. Az alkalmazkodóképesség tanulmányozásához az egyik leggyakrabban használt módszer a kalászolási idő vizsgálata. E folyamat meghatározásában a vegetatív-generatív életszakasz közötti átmenethez szükséges hidegkezelés, azaz a vernalizációs igény (*VRN*), a nappalhossz érzékenysége (*PPD*) és a koraiság szabályozásáért (*EPS*) felelős géncsoportok játszanak fő szerepet. A vernalizációs igény genetikai szabályozásában több géncsalád vesz részt (*VRN1*, *VRN2*, *VRN3* és *VRN4*). A fenotípusos értékek és a génexpressziós mintázatok alapján bebonyo-

sodott, hogy *VRN1*, *VRN2* és *VRN3* gének között szoros episztatikus kölcsönhatás áll fenn, ezért nehéz megállapítani egyértelműen az elsődleges célgént a vernalizációs folyamatban. Úgy tűnik azonban, hogy a *VRN1* gén kiemelt szereppel rendelkezik. Búzában a nappalhossz-érzékenység szabályozásában részt vevő legfontosabb gének a *PPD-A1*, *PPD-B1* és a *PPD-D1*. Általánosan elfogadott tény, hogy a legerősebb genetikai hatást a domináns *PPD-D1a* allél fejt ki, melyet a domináns *PPD-B1a* és a *PPD-A1a* allélok követnek. Az *EPS* gének allélikus változatai néhány napos különbséget okozhatnak a virágzási időben, amely hatás független a vernalizációs igény és a nappalhossz érzékenység meghatározásáért felelős szabályozási útvonalaktól. Ebben az áttekintő közleményben célul tűztük ki a három géncsalád molekuláris-genetikai aspektusainak összefoglalását.

Kulcsszavak: vernalizációs igényt meghatározó gének (*VRN*), nappalhossz-szabályozásért felelős gének (*PPD*), koraiságot meghatározó gének (*EPS*)

The main genetic components of heading date in wheat (*Triticum aestivum* L.)

T. KISS-O. VEISZ-I. KARSAI

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

Summary

Bread wheat can be grown all over the world due to its broad genetic diversity. Detailed knowledge of the physiological and genetic factors influencing the start and length of the flowering period could contribute to the breeding of genotypes with better adaptation to present and future changes in the environment. The global climatic changes could influence the distribution of the average temperature and the pattern of rainfall in the future. These environmental components determine basically the volume of food production and the support of domesticated animals of the biosphere.

Central Europe including Hungary is located at the meeting point of the Oceanic, Continental and Mediterranean climatic zones resulting in special climatic conditions, due to the year-to-year fluctuation in intensity with which these three climatic zones influence weather in overlapping or mixed forms.

Cereals are able to adapt to these variable climate conditions as a result of the wide range of genetic diversity present in these species. One of the most important components of adaptation is flowering time, which is determined to a great extent by gene groups that regulate the vernalization requirement, i.e. the cold period that induces the transition from the vegetative to the generative phase (*VRN* genes), the photoperiod sensitivity (*PPD* genes) and the earliness per se (*EPS*) genes. Several gene families (*VRN1*, *VRN2*, *VRN3* and *VRN4*) take part in the vernalization requirement. Based on the phenotyping data and gene expression patterns it has been proved that there are epistatic interactions between the *VRN1*, *VRN2* and *VRN3* genes; therefore, it is difficult to determine the primary regulation gene in the vernalization process. However, *VRN* to have a main role. In wheat, *PPD-A1*, *PPD-B1* and *PPD-D1* are the most important genes regulating photoperiod sensitivity. It is generally accepted that the most intense genetic effect is exerted by the dominant *PPD-D1a* allele, followed by the dominant *PPD-B1a* and *PPD-A1a* alleles. Allelic variation of *EPS* genes may result in differences of a few days in flowering time, independently of environmental stimuli. In this review our aim is to summarize the molecular-genetic aspects of these three regulating systems.

Key words: vernalization genes (*VRN*), photoperiod response (*PPD*), earliness per se (*EPS*) genes

Главные генетические компоненты, определяющие время колошения хлебной пшеницы

Т. КИШШ–О. ВЕЙС–И. КАРШАИ

Венгерская Академия Наук, Исследовательский Центр Аграрных Наук,
Институт Сельского Хозяйства, Отдел Молекулярной Селекции, Мартонвашар

Резюме

Благодаря широкому генетическому потенциалу пшеницу выращивают на большой территории во всём мире. Лучшее понимание генетических и молекулярно-биологических механизмов влияния, играющих роль в приспособлении в большой степени, может оказать помощь в селекции таких новых сортов, которые успешно можно будет выращивать и в изменившихся в будущем экологических условиях. Глобаль-

ное изменение климата может повлиять в будущем на колебания температуры и распределение осадков, которые являются основными элементами окружающей среды сельскохозяйственного производства, и так определяют способность биосферы производить продукты и содержать домашних животных.

Центральная Европа, в том числе и Венгрия, обладает своеобразными климатическими условиями, поскольку этот регион расположен на границе океанских, континентальных и средиземноморских климатических территорий. Погодные элементы этих климатов проявляются в отдельные годы с разной силой, и часто перекрытием или в смешанной форме. Венгрия, исходя из её территориального расположения, особенно подвергнута экстремальным погодным событиям, что оказывает негативное влияние на сельскохозяйственное производство.

Зерновые культуры только посредством своей соответствующей генетической разнообразности способны приспособиться к широкой шкале элементов окружающей среды. Один из наиболее часто использованных методов для изучения способности приспосабливаться – исследование времени колошения. В определении этого процесса к переходу между вегетативный-генеративный жизненными периодами необходима холодная обработка, т.е. яровизационная потребность (*VRN*), чувствительность к продолжительности дня (*PPD*) и отвечающие за регулировку скороспелости (*EPS*) генетические группы играют главную роль. В генетическом регулировании яровизационной потребности принимают участие многие семьи генов (*VRN1*, *VRN2*, *VRN3* и *VRN4*). На основании фенотиповых величин и образцов экспрессии генов подтверждено, что между генами *VRN1*, *VRN2* и *VRN3* сохраняется тесное эпистатическое взаимное влияние, поэтому трудно установить однозначно первичный целевой ген в процессе яровизации. Однако так кажется, что ген *VRN1* играет значительную роль. В пшенице в регулировании чувствительности продолжительности дня наиболее участвующие гены *PPD-A1*, *PPD-B1* и *PPD-D1*. Общепринятый факт, что наиболее сильное генетическое влияние оказывает доминирующий аллель *PPD-D1a*, за которым следуют доминирующие аллели *PPD-B1a* и *PPD-A1a*. Разновидности аллельных генов *EPS* могут вызвать разницу в несколько дней во времени цветения, это влияние независимо от потребности в яровизации и от путей, ответственных за регуляцию продолжительности дня. В этой статье поставили целью обобщить молекулярно-генетические аспекты этих трёх семейств генов.

Ключевые слова: гены, определяющие яровизационную потребность (*VRN*), гены, ответственные за регуляцию продолжительности дня (*PPD*), определяющие скороспелость гены (*EPS*)

Bevezetés

Világviszonylatban a gabonafélék, ezen belül a búza, kukorica, árpa és a rizs, alapvető forrásai az emberiség élelmezésének és a haszonállatok takarmányozásának. Részesedésük a világ növénytermesztésében az 50%-ot is meghaladja. Hazánkban az őszi búza vetésterülete 1,0–1,2 millió hektár között mozog, ami a mezőgazdasági művelésbe vont területek jelentős hányadát teszi ki, így az egyik legjelentősebb termesztett gabonanövényünk.

Napjainkban a kenyérbúza elterjedési területe megközelítőleg a mérsékelt éghajlati öv északi 60. és a déli 40. szélességi fokai közé esik (*Nuttonson* 1955). Ezek a területek nagyfokú makro-és mikroklimatikus, edafikus, illetve biotikus eltéréseket mutatnak, amelyekhez a búza csak széles genetikai változatosságuk révén képesek alkalmazkodni. Kielégítő termésmennyiség 3 és 32 °C között várható, de a búza megfelelő növekedéséhez 25 °C az optimális hőmérséklet (*Curtis* 2002). Egy adott terület klimatikus viszonyaihoz leginkább alkalmazkodni képes fajták nemesítése során, illetve az üzemi termesztés gazdaságossága szempontjából figyelembe kell venni a genetikai alapanyagok és fajták ökológiai sajátosságait, és életforma típusait is. Csak azok a fajták termesztethők gazdaságosan és biztonságosan, amelyeket az adott terület környezeti feltételei mellett többéves szántóföldi kísérletek alapján szelektáltak.

A területi adaptációs képesség tanulmányozásában az egyik leggyakrabban használt módszer a kalászolási idő vizsgálata (*Koltay* és *Balla* 1975). A növény egyedfejlődésében kritikus pontot jelent a vegetatív életszakaszról való áttérés a reprodukzív életszakaszra. Ezt a folyamatot alapvetően meghatározzák a környezeti faktorok, amelyekhez sorolható többek között a nappalhossz éves periodikus váltakozásai, valamint az alacsony hőmérsékleti periódus esetleges szükségessége is, mely fontos eleme az optimális virágzási idő és a termés-képzés biztosításának (*Lelley* és *Rajháthy* 1955, *Lelley* és *Mándy* 1963).

A kalászolási idő komplex genetikai szabályozás alatt áll, aminek a molekuláris alapjait már jórészt feltárták a búza és az árpa esetében, viszont a környezeti elemek széles skálájához való alkalmazkodásuk és ezek egymásra kifejtett hatásainak molekuláris-genetikai folyamatai még nem kellőképpen tisztázottak. Árpában leírták, hogy a vernalizációs igény, és a nappalhossz érzékenység szabályozásáért felelős gének különböző allél-kombinációi eltérő növényfejlődési kategóriákhoz vezetnek (*Karsai et al.* 2008). Kontrollált környezeti paraméterek között e gének hatásai szignifikáns eltérést eredményeznek azok-

ban az agronómiai jellegekben, amelyeket egyértelműen a virágzási idő határoz meg (Láng és Balla 1988). Szántóföldi körülmények között, a különböző évjáratok eltérő környezeti hatásrendszerei következtében azonban e gének különböző alléljainak fenotípusos hatásaiban jelentős variabilitás mutatkozhat, sokszor ellentmondó eredményekhez vezetve. A kalászolási idő meghatározásában a vegetatív-generatív életszakasz közötti átmenethez szükséges hidegkezelés, azaz a vernalizációs igény (*VRN*), a nappalhossz-érzékenység (*PPD*) és a koraiság szabályozásáért (*EPS*) felelős géncsoportok játszanak fő szerepet.

Ebben az áttekintő közleményben szeretnénk összefoglalni a kenyérbúza kalászolását meghatározó e három fő géncsoport szabályozási mechanizmusait, egymásra gyakorolt hatásait és a termésképzésben betöltött környezetfüggő szerepeiket.

Vernalizációért felelős gének és szabályozási mechanizmusuk búzában

A mérsékelt égövi gabonafélék virágzását segíti elő, illetve teszi lehetővé egy néhány hétig tartó hidegkezelés, amit vernalizációnak nevezünk. Attól függően, hogy a *VRN* (*VRN1*, *VRN2*, *VRN3* és *VRN4*) gének domináns és recesszív alléljai milyen arányban oszlanak meg a hexaploid búza három eltérő genomja között, megkülönböztethetünk őszi (recesszív), és tavaszi (domináns) életformájú gabonafajtákat, valamint a domináns és recesszív allélek különböző kombinációját hordozó fakultatív életformájú genotípusokat is. Az őszi gabonafélék vetése az őszi időszakban történik és egy hosszabb vernalizációs periódust igényelnek az optimális virágzásukhoz. A vernalizációs igény telítődési üteme, amely a vegetatív fázis hosszát alapvetően meghatározza, függ a hőmérséklettől (-1,3–15,7 °C) és a hidegkezelés időtartamától is (Slafer és Rawson 1994). Ez egyben lehetővé teszi a növények számára a téli fagyokhoz való alkalmazkodást is (Law és Worland 1997). A hidegkezelés nemcsak a zöld növényre fejti ki a hatását. Megfigyelték, hogy ha szövettenyészetet, csírázó, illetve érett magokat vernalizáltak, akkor a virágzáshoz szükséges idő lecsökkent anélkül, hogy további hidegkezelést alkalmaztak volna (Marcinska et al. 1995). A tavaszi életformájú gabonafélék vetése többnyire tavasszal történik és nem, vagy csak egy rövid ideig tartó hidegkezelést igényelnek a generatív életszakaszba való átmenethez.

A búza esetében a vernalizációs igény genetikai szabályozásában több géncsalád vesz részt. A *VRN1* család génjei (*VRN-A1*, *VRN-B1*, *VRN-D1*) az 5A, 5B és az 5D homeológ kromoszómák hosszú karján helyezkednek el (Pugsley 1971, Law et al. 1975, Galiba et al. 1995, Worland 1996, Yan et al. 2003). A három *VRN1* gén által kódolt fehérjék nagyfokú hasonlóságot mutatnak az *Arabidopsis* virágmerisztémát meghatározó *API* transzkripciósfaktorral, amelyek szabályozzák a hajtáscsúcs vegetatív-generatív átmenetét (Yan et al. 2003, Trevaskis et al. 2003). Fu et al. (2005) a teljes *VRN1* gént megszekvenálták. A *VRN-A1* gén promóter, exon és intron régióiban számos polimorfizmust azonosítottak, amelyek között duplikációk és deléciók is előfordulnak. A tavaszi/őszi életforma alapvető allél típusát a promóter régióban kimutatott több szekvencia különbséghez, valamint az intron 1 régióban azonosított nagyobb méretű inzerció/delécióhoz kapcsolják (Yan et al. 2003, Fu et al. 2005). Ezek alapján a *VRN-A1a* allél promóter régiója duplikált, a *VRN-A1b* allél az 5' UTR TC-repetitív régiójában található 20 bp kiterjedésű delécióban különbözik a *vrn-A1* (recesszív) alléltól. Tetraploid búzában írták le a *VRN-A1c* (7222 bp nagyságú deléció az intron 1 régióban), a *VRN-A1d* (32 bp nagyságú deléció a promóter régióban) és a *VRN-A1e* allélt (54 bp kiterjedésű deléció a promóter régióban) (Yan et al. 2003, Fu et al. 2005). A *VRN-A1a* és *VRN-A1b* allélok a domináns *VRN-A1* haplotípusokkal hozták összefüggésbe, míg a *vrn-A1c* allélt a recesszív haplotípussal (Sherman et al. 2004). A *VRN-A1d*, illetve a *VRN-A1e* allélok és a tavaszi (domináns) életforma közötti összefüggést kísérleti úton még nem bizonyították (Yan et al. 2003, Fu et al. 2005). A *VRN-A1* kódoló régiójában csak korlátozottan fordul elő polimorfizmus; az exon 4 régiójában kimutatott SNP-t összefüggésbe hozták a különböző szárnövekedési intenzitással (Chen et al. 2009). E gén esetében már kópiaszámbeli eltéréseket is megfigyeltek, amely fenotípusos szinten is változást okozott szignifikánsan befolyásolva a vernalizációs igény nagyságát és a kalászolási időt (Díaz et al. 2012). A *VRN-A1* gént több kópiában hordozó növények nagyobb vernalizációs igénnyel rendelkeztek, aminek következtében a virágzási idejük középkései, illetve kései intervallumba esett (a génkópiák pontos számától függően). A *VRN-B1* és a *VRN-D1* gének esetében jóval kisebb mértékű polimorfizmust mutattak ki ez ideig és e két génben a tavaszi-őszi allél típus alapvetően az intron 1 régió inzerció/deléció típusához köthető (Fu et al. 2005). A domináns *Vrn-B1* (tavaszi) alléltípus az intron 1 régióban kimutatható 6850 bp nagyságú delécióval hozható összefüggésbe, míg a domináns *Vrn-D1* (tavaszi) alléltípus

esetében egy 4235 bp nagyságú deléció mutattak ki (Fu et al. 2005). A *VRN-B1* gén intron1 régiójában további két alléltípust írtak le (Shcherban et al. 2012). Az egyik a *Vrn-B1Dm* (*Vrn-B1a*), a másik a *Vrn-B1S* (*Vrn-B1c*), amely korábbi kalászolást eredményezett NIL populációkban.

A *VRN1* géncsaládon belül a domináns *VRN-A1a* allél fejt ki a legerősebb hatást a tavaszi életforma kialakításában úgy, hogy a növények egyáltalán nem igényelnek hidegkezelést a virágzásukhoz. Ezzel szemben a domináns *VRN-B1* és *VRN-D1* gének csak részlegesen szüntetik meg a növény generatív életszakaszához nélkülözhetetlen hidegigényt (Pugsley 1971, 1972, Kato et al. 2001, Loukoianov et al. 2005). A *VRN1* gének null mutánsai extrém későn kalásznak, de még normális virágokat fejlesztenek és fertilis magokat hoznak létre (Chen és Dubcovský 2012).

A *VRN2* gén sorozat a *VRN-A2* és *VRN-B2* gének által jellemzett diploid és tetraploid búzában (Yan et al. 2004, Distelfeld et al. 2009b). A *VRN-A2* gén a diploid *T. monococcum* két vonalának keresztezéséből létrejött térképező populáció alapján az 5Am kromoszómán helyezkedik el (Dubcovský et al. 1998, Yan et al. 2004). Distelfeld et al. (2009b) leírták, hogy a *VRN-B2* általában funkcióképes a tetraploid búzában, míg a *VRN-A2* gén nem. A *VRN2* gén régiójában található két közel azonos paralóg *ZCCT* gén (*ZCCT1*, *ZCCT2*) szerkezetükben és funkciójukban is eltérnek az *Arabidopsis VRN2* génjétől (Yan et al. 2004). A *VRN2* gén esetében is leírtak már több polimorfizmust a *ZCCT1* gén promóter, és a *ZCCT2* gén kódoló régióiban (Yan et al. 2004). Míg a kenyérbúzában a *VRN2* gén fenotípusos hatása kevésbé mutatható ki, addig az árpban jelentős komponense a virágzási idő szabályozásának. A domináns *VRN2* gén az őszi életforma kialakításáért felelős. E gén CCT doménjának mutációi, illetve a gén teljes deléciója recesszív (tavaszi) allélt hoz létre diploid búzában és árpbában, amely megszünteti a növények vernalizációs igényét (Yan et al. 2004, Dubcovský et al. 2005).

A *VRN3* génsorozat közé a *VRN-A3*, a *VRN-B3* és a *VRN-D3* lókuszek tartoznak, amelyek a 7 homeológ kromoszómák rövid karján helyezkednek el (Yan et al. 2006, Yoshida et al. 2010). Az *Arabidopsis FT* virágmerisztéma azonosági génje és a búza *VRN3* (*TaFT*) génje között magas szintű homológiát írtak le (Yan et al. 2006). A három gén közül a *Vrn-B3* a legjobban jellemezett; a domináns allél esetében egy 5295 bp hosszúságú repetitív szekvencia beépülést találtak a promóter régióban, amely a korai virágzással mutatott szoros korrelációt. Ez az inszerció hiányzott e gén recesszív (*vrn-B3*) alléltípusából és kései

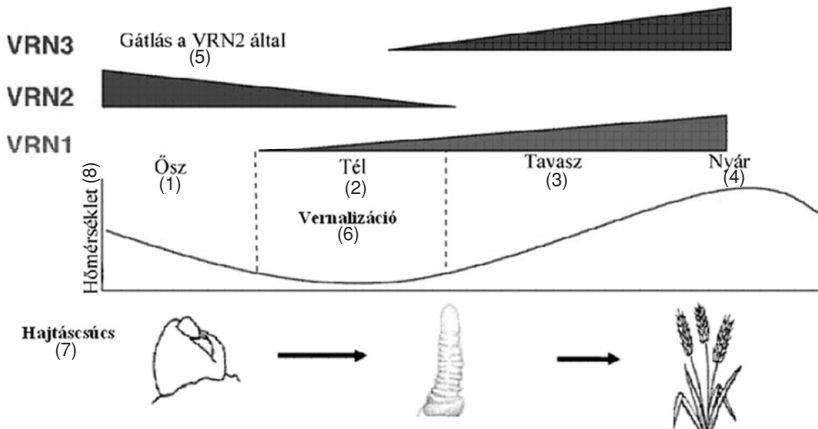
kalászolást okozott (Yan *et al.* 2006). További hat SNP-t találtak a promóter és az intron1 régióban, de ezek a mutációk nem váltottak ki fenotípusos különbséget a két alléltípus között (Yan *et al.* 2006). Chen *et al.* (2013) további két alléltípust írtak le a *VRN3* lókuszon (*VRN-B3b*, *VRN-B3d*).

A *VRN4* lókuszt eddig csak a D genomban azonosították, ezért jelölése a következő: *VRN-D4*. Ez a gén a kapcsoltsági térképek alapján az 5D kromoszóma centromer régiójában helyezkedik el (Yoshida *et al.* 2010, Kippes *et al.* 2014). Ebben a régióban azonosították a *TaVIL1* gént (Fu *et al.* 2007), amely homológ az *Arabidopsis VIL1* génjével, és a *VIN3* génnel együtt fontos szerepet tölt be a vernalizáció epigenetikus szabályozásában, illetve a virágzás nappalhossz általi szabályozásában (Sung *et al.* 2006). Kippes *et al.* (2014) bebizonyították, hogy a *TaVIL-D1* gén nem azonos a *VRN-D4* génnel. E gén esetében csak kevés információval rendelkezünk, és egyes szerzők szerint a *VRN-D4* gén domináns allélja alacsony eloszlási értéket mutat a hexaploid búza genotípusok között (Goncharov 1998). Idáig nem mutattak ki fenotípusosan is megjelenő polimorfizmust e gént meghatározó két alléltípus esetében.

Rövid nappalon a *VRN1* és a *VRN3* gének alacsony transzkripciók aktivitást mutatnak, bár ha a növényeket hosszúnappalos megvilágításba helyezik, akkor e gének aktivitása gyorsan növekszik (Yan *et al.* 2006). Rövid nappalos megvilágítás mellett a *VRN1* gének transzkripciója szignifikáns szinten magasabb a vernalizált növényekben, mint olyanokban, amelyek nem kaptak hidegkezelést (Dubcovsky *et al.* 2006, Trevaskis *et al.* 2006, Fu *et al.* 2007), ezért a *VRN1* gének felülszabályozottak a vernalizáció által, függetlenül a másik két meghatározó *VRN* gén (*VRN2*, *VRN3*) működésétől (Trevaskis *et al.* 2007). Loukoianov *et al.* (2005) leírták a három *VRN* allél (*VRN-A1*, *VRN-B1* és *VRN-D1*) eltérő génexpresszióját egy és hat leveles fejlettségi állapotú izogén búza vonalakban. A *VRN-A1* transzkripciója már az első leveles állapotban megnyilvánult, míg a *VRN-B1* és a *VRN-D1* allélok aktivitása csupán a második és a harmadik leveles állapotban volt kimutatható, ami magyarázatot adhat a *VRN-A1* gén erősebb hatásmechanizmusára is (Loukoianov *et al.* 2005). Oliver *et al.* (2009) összefüggést találtak a hiszton fehérje szintje és a *VRN1* gének aktivitása között. Az aktív hiszton fehérje a sejtosztódásból származhat és szerepe lehet a sejt szintű memória kialakításában is (Trevaskis 2010). Mind a *VRN2*, mind a *VRN3* gén hosszú nappalon mutat magas transzkripciók aktivitást, de míg az előbbi aktivitása a vernalizáció előtt a nagyobb, addig az utóbbira csak a vernalizációt követően van hatással a hosszú nappalhossz.

A fenotípusos értékek és a génexpressziós mintázatok alapján bebizonyosodott, hogy *VRN1*, *VRN2* és *VRN3* gének között szoros episztatikus kölcsönhatás áll fenn, ezért nehéz megállapítani egyértelműen az elsődleges célgént a vernalizációs folyamatban. Úgy tűnik azonban, hogy a *VRN1* gén rendelkezik kiemelt szereppel (Trevaskis et al. 2006). A legújabb modellek szerint összesen a csírázást követően, amikor a nappalok még kellően hosszúak az aktív *VRN2* gén megakadályozza a *VRN3* gén átíródását, amely fontos a *VRN1* gén aktiválásának alacsony szinten tartásában (1. ábra).

1. ábra. Főbb vernalizációs igényért felelős gének kifejeződése az évszakok függvényében egy nappalhossz-érzékeny őszi gabonafélében



Forrás: Distelfeld et al. (2009a)

Figure 1. Regulation of vernalization genes by environmental changes during the growing season in a photoperiod-sensitive winter cereal. (1) Autumn, (2) Winter, (3) Spring, (4) Summer, (5) Inhibition by VRN2, (6) Vernalisation, (7) Shoot apice, (8) Temperature, Source: Distelfeld et al. (2009a)

A vernalizáció során a hideg hatására a *VRN1* gén fokozatosan aktiválódik és az egyre nagyobb mennyiségben termelődő *VRN1* transzkripciós faktor egyrészt gátolja a *VRN2* működését, másrészt serkenti a *VRN3* gént. Ez utóbbi a *VRN1* géne visszahatva tovább fokozza annak aktivitását így kiváltva a kalászolást (Loukoianov et al. 2005, Distelfeld et al. 2009a, Chen és Dubcovsky 2012, Deng et al. 2015). A tavaszi és fakultatív növekedési típus egy, illetve több domináns allél által meghatározott a *VRN1*, *VRN3* és a *VRN4* gének lókusain. Az ilyen allélokot hordozó genotípusok csak részlegesen vagy egyáltalán

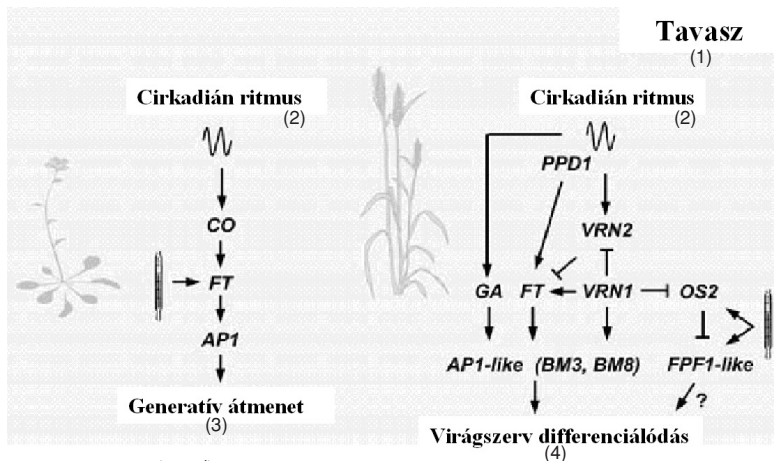
nem igényelnek hidegkezelést a virágzásukhoz. Az őszi életforma akkor alakul ki, amikor a *VRN2* gén domináns allélja a többi *VRN* gén recesszív alléljaival van együtt. Búzában a *VRN2* és a *VRN4* gén domináns alléljait a fenotípusos tulajdonságok alapján nehéz elkülöníteni egymástól, ami magyarázat lehet arra, hogy miért nem vonták be a *VRN4* gént az európai nemesítési programokba (Goncharov 1998). A *VRN1* gén recesszív, a *VRN2* gén domináns és a *VRN3* gén recesszív alléltípusa együttes előfordulásakor (őszi jelleg), e gének pozitív visszakapcsolási rendszere nem működik. Ebben az esetben a *VRN-D4* gén részleges dominanciáért felelős allélja szükséges ahhoz, hogy aktiválja azt a visszakapcsolási folyamatot, amelynek eredményeként a genotípusok szignifikánsan korábban kalászolnak, mint azok, amelyek minden *VRN* génen recesszív allélt hordoznak (Kippes et al. 2014). A *T. monococcum* esetében a *VRN2* gén funkcionális részének hiányában a vernalizációs igény megszűnik (Yan et al. 2004), és a virágzáshoz szükséges idő lecsökken. Hasonló megállapítást írtak le árpában is a *VRN2* gén delécioja következtében (Yan et al. 2004, Dubcovsky et al. 2005). A *VRN2* gén recesszív allélja (*vrn2*) megszünteti a *VRN1* és *VRN3* gén allélikus különbségeinek a virágzási időre kifejtett hatásait (Dubcovsky et al. 2005), ugyanakkor a *VRN1* és *VRN3* gének domináns alléltípusai (*Vrn1* és *Vrn3*) pedig csökkentik, vagy meg is szüntethetik a *VRN2* gén allélikus különbségeinek hatásait (Loukoianov et al. 2005, Yan et al. 2006).

A vernalizációs kezelés a *VRN* génekre gyakorolt hatásán keresztül nemcsak a fagyállóságot és a virágzási időt befolyásolja, de meghatározó szerepet tölt be számos egyéb morfológiai paraméterre és végsősoron a különböző terméskomponensekre is. Így hatással van a levélszámra, szinte az összes egyedfejlődési fázisra, a zászlóslevél megjelenésére és az oldalhajtás számra is (Levy és Peterson 1972). Egyes szerzők szerint azok a genotípusok, amelyek két domináns allélt hordoznak a *VRN* génekből, korábban érnek be és nagyobb a termésátlaguk is. A három domináns allélt hordozók korai kalászolásúak, ugyanakkor alacsonyabb a termésátlaguk (Stelmakh 1993, 1998). Whitechurch és Snape (2003) szerint a domináns *Vrn-A1* és *Vrn-D1* allélokot hordozó genotípusok kalászkaszáma megnövekedett. A domináns vernalizációs gének felgyorsítják a vegetatív/generatív fázis átmenetét, aminek következtében csökken a végső levélszám (Hay és Kirby 1991, Slafer és Rawson 1994). Ezzel szemben a recesszív *vrn* allélok meghosszabbítják a vegetatív növekedési fázis hosszát, aminek következtében nagyobb levélszám és több oldalhajtás várható, valamint kitolódik a zászlós levél megjelenése és a kalászolás is (Kirby 1990).

Nappalhossz-érzékenységért felelős gének (*PPD*) és szabályozási folyamataik

A nappalhossz napi és évszakos változásainak érzékeléséhez a növényeknek különféle adaptációs rendszert kellett kifejleszteniük, amelyben fontos szerepet játszanak az úgynevezett elsődleges fényérzékelő molekulák, úgymint a fitokrómok és a kriptokrómok, illetve a belső cirkadián ritmust szabályozó gének is. A növényeket feloszthatjuk nappalhossz-érzékenységük alapján hosszú- és rövidnappalos típusokra. A hosszúnappalos növényeknek, mint a búza, árpa, rozs és az *Arabidopsis* is, szükségük van a hosszúnappalos megvilágításra ahhoz, hogy megfelelő legyen a virágzásuk, ellenkező esetben fejlődésük vontatottá válik. A rövidnappalos növények virágzásához, úgymint a kukorica, illetve a rizs, 12 óránál rövidebb napi megvilágítás is elegendő (Laurie 1997). A nappalhossz szabályozási útvonal nagyobb szintű hasonlóságot mutat mind az egyszikű, mind a kétszikű növények körében, amely folyamatban a *CO* (*CONSTANS*) gén központi regulátor szerepe által szabályozza az *FT* gén aktivitását induktív napi megvilágítás mellett (Kardailsky et al. 1999) (2. ábra).

2. ábra. Virágzási időt meghatározó szabályozó útvonalak összehasonlítása *Arabidopsis thaliana* modellnövényben és a gabonafélékben



Forrás: Fjellheim et al. (2014)

Figure 2. Comparison of the main genetic regulators of flowering time in *Arabidopsis thaliana* and in cereals. (1) Spring, (2) Circadian rhythm, (3) Generative transition, (4) Differentiation of the reproductive organ, Source: Fjellheim et al. (2014)

Az aktivált *FT* gén serkenti többek között az *APETALA1* (*API*) gén működését, amely előidéz a virágképződést (Fjellheim et al. 2014). A virágzási idő finomhangolásában részt vesz több fehérje is, amelyek elnyomják az *FT* gén expresszióját. Richter et al. (2013) leírtak két *GATA* transzkripciósfaktor működési mechanizmusát, amelyek szabályozzák a növénymagasságot a gibberellinsav (*GA*) szintézisen keresztül. A vad típusú domináns *CO* gén rövid nappalon késői, míg hosszúnappalon korai virágzást eredményezett. A recesszív *co* gént tartalmazó genotípusokban ezzel szemben mindkét nappalhosszon késői virágzást okozott (Laurie 1997). A hosszúnappalos növények esetében leírtak a csírázást követően egy úgynevezett nappalhossz által nem befolyásolt fejlődési fázist, amelyet egy fény által indukálható szakasz követ (Roberts et al. 1988). A fény által nem befolyásolt periódusban a növények nem érzékelik, vagy nem képesek reagálni a különböző nappalhosszra, így kalászolási idejükre nincs hatással. Ez a fázis az egyes genotípusoknál eltérő hosszúságú lehet. Amikor a növények átlépnek az úgynevezett fény által indukálható fejlődési fázisba a különböző nappalhossz már hatással van a virágzási időre, de az egyes genotípusok válaszreakciója széles határok között változhat (Roberts et al. 1988)

A búza vad ősei kvantitatív hosszú nappalos növények, amelyek képesek kalászolásra rövid nappalon is, de ezt a folyamatot a hosszú megvilágítás jelentősen felgyorsítja. A természetbe vonás során azonban néhány gén mutációjának következtében nappalhossz érzékeny (recesszív) és érzéketlen (domináns) változatok alakultak ki (Pugsley 1966). A nappalhossz-érzéketlen allélt hordozó genotípusok kalászolása gyors rövid- és hosszúnappalos megvilágítási paraméterek mellett egyaránt. Ugyanakkor a nappalhossz-érzékeny allél rövid nappalon jelentős mértékben késlelteti a kalászolást.

Búzában a nappalhossz-érzékenység szabályozásában részt vevő legfontosabb gének a *PPD-A1*, *PPD-B1* és a *PPD-D1*, melyek 2A, 2B és a 2D homeológ kromoszómákon helyezkednek el (Law et al. 1978, Börner et al. 1993, Worland és Snape 2001). A funkcionális polimorfizmus szempontjából a legkevesebb információ a *PPD-A1* génről áll rendelkezésre; csak néhány polimorfizmusát írták eddig le nappalhossz-érzéketlen fajtákban. Az egyik egy 1,2 kb nagyságú inszerció az intron 5 régióban, amely valószínűleg nem jár fenotípusos hatással, míg a másik egy delécio sorozat az exon 5, az intron 5 és az exon 6 szegmenseiben, mely stop kodon eltolódást eredményez közvetlenül a delécio után (Beales et al. 2007). Ugyanakkor a durum búza (*T. durum* desf.) esetében

a nappalhossz-érzéketlenség a *PPD-A1* gén mutációjának hozzájárulásába. Az itt leírt két deléción (1,027 bp és 1,117 bp) hasonló régióban helyezkedik el, mint a *Ppd-D1a* allél esetében közölt nagyméretű szekvenciahiány (Wilhelm et al. 2009). A *PPD-B1* funkcionális polimorfizmusai ismertebbek, mint a *PPD-A1* géné. Megállapították, hogy a 2B egykromoszómás nappalhossz-érzéketlen allélt hordozó szubsztitúciós vonalakban a kalászolási idő rövidebb volt, mint a nappalhossz-érzékes allélt hordozók esetében (Scarth és Law 1984). A Chinese Spring fajtában leírtak egy pontmutációt az exon 3 régióban és emellett bizonyosodott, hogy a *PRR* (pseudo-response regulator) gén kópia szám megszorozódása áll a nappalhossz-érzéketlenség mögött (Díaz et al. 2012). E mutációk koszegregációt mutatnak a korai kalászolási fenotípussal (Beales et al. 2007, Díaz et al. 2012). A búza *PPD-D1* génje befolyásolja legerősebben a nappalhossz-érzékesységet (Laurie et al. 1995). E gént már teljes mértékben klónozták és számos *PRR* gén kópiát írtak le ezen a lókuszon (Turner et al. 2005). A búza és az árpa *PPD* génjeinek válaszreakciója között különbség mutatkozik. Árpában a *PPD-H1* gén nappalhossz-érzékes allélja meggyorsítja a virágzási folyamatokat a nappalhossz növekedésével (Laurie et al. 1995), míg a nappalhossz-érzéketlen allélra nincs hatással a nappalhossz. Ezzel szemben a kenyérbúza esetében a domináns nappalhossz-érzéketlen alléltípusok korai virágzást eredményeznek rövid nappalon, míg a nappalhossz-érzékes alléltípust hordozó genotípusok kalászolása vontatottá válik, illetve teljes mértékben el is maradhat (Worland 1996). A *PPD1* gén szekvenciája szoros homológiát mutat az *Arabidopsis* cikradián ritmusban részt vevő *PRR7* génjével. A *PRR7* gén mind a fény, mind pedig a hőmérséklet érzékelésben részt vesz, így a *PPD1* gén is hasonló szerepet tölthet be a gabonaféléknél (Greenup et al. 2009). A *PPD-D1a* gén promóter régiójában található egy 2,089 bp nagyságú deléción, amely a gén nappalhossz-érzéketlen allélváltozatára jellemző. A deléción következtében jelentősen módosul a génkifejeződés napi ciklusa, amelynek fenotípusos következménye a korai kalászolás mind rövid-, mind hosszúnappalos megvilágítás mellett (Beales et al. 2007). Új nappalhossz-szabályozásban szerepet játszó gént (*PPD-B2*) írtak le a 7B kromoszóma rövid karján (Khlestkina et al. 2009). Ez a gén csak hosszúnappalos megvilágítás mellett gyorsítja meg a virágzási folyamatokat, amely szemben áll a jól ismert *PPD1* gének hatásmechanizmusával. Általánosan elfogadott tény, hogy a legerősebb genetikai hatást a domináns *Ppd-D1a* allél fejt ki, melyet a domináns *Ppd-B1a* és a *Ppd-A1a* allélok követnek (Blake et al. 2009, Díaz et al. 2012).

A nappalhossz fontosabb szerepet játszik a vernalizációra érzéketlen tavaszi búzák virágzásának szabályozásában, mint azoknál az őszi életforma típusoknál, amelyek csak akkor reagálnak a nappalhossz-változásra, ha a vernalizációs igényük teljes mértékben telítődött (*Levy és Peterson 1972*). A nappalhossz-érzékelés hatással van a búza vegetatív és reprodukív egyedfejlődési fázisaira is (*Miralles és Richards 2000*). Számos tanulmány bizonyította, hogy a nappalhossz-érzéketlen allélok csökkentették a virágzáshoz szükséges időt mind kontrollált, mind szántóföldi körülmények között (*Worland et al. 1998, Foulkes et al. 2004*). A szárnövekedési fázis bekövetkezési ideje és hossza nagymértékben függ a különböző *PPD* gének alléljainak hatásaitól is (*Miralles et al. 2000*). Ez az egyedfejlődési fázis kritikus fontosságú a fertilis virágok teljes számának kialakulásában, amely a megfelelő szemterméssel áll szoros kapcsolatban (*Reynolds et al. 2009*). A *PPD* gén érzéketlen alléltípusainak pleiotróp hatásait már több szerző is leírta. Ezek között szerepel a csökkent növénymagasság, (a domináns *Ppd-D1* gén erősebb hatást fejtett ki, mint az *Rht8* törpeségi gén) (*Worland 1996*), a csökkent végső levélszám (*Miralles és Richards 2000*), a korai kalászká kezdemények kialakulása (*Rawson és Richards 1993*), a korai kalászolás (*Worland 1996*), a csökkent oldalhajtásszám (*Miralles és Richards 2000*), a csökkent kalászkaszám (*Snape et al. 2001*) és a kisebb zöld levélfelület (*Foulkes et al. 2004*). Pozitív összefüggést írtak le a *PPD-D1* gén nappalhossz-érzéketlen alléltípusa és a fertilis kalászkák számának növekedése között, amely nagyobb szemtermést eredményezhet (*Worland 1996*). Ezeket a megállapításokat nagymértékben módosíthatják az adott év környezeti paramétereiben tapasztalható változások (évjárathatás) (*Worland et al. 1994, 1998, Worland 1996*).

Koraiságért felelős gének és szabályozásuk

Az *EPS* gének allélikus változatai néhány napos különbséget okozhatnak a virágzási időben, amely hatás független a vernalizációs igény és a nappalhossz-érzékenység meghatározásáért felelős szabályozási útvonalaktól (*Worland 1996, Snape et al. 2001*). A *PPD* génekkel szoros kapcsolatot állapítottak meg, így együttes működésük meghatározza egy adott genotípus nappalhossz-érzékenységét (*Worland 1996*). Az *EPS* gének legfontosabb feladata a virágzási idő szabályozási mechanizmusának finomhangolásában mutatkozik meg (*Hoogendoorn 1985, Valárik et al. 2006, Griffiths et al. 2009*). E gének egyes

allélváltozatai felhasználhatóak olyan új genotípusok létrehozásában is, amelyek koraiságukkal elkerülhetik a kora nyári száraz periódust, így növelhető a fajták termőképessége, és fokozható a termésbiztonság is. Az 'Earliness per se' mennyiségi tulajdonságot meghatározó jelleg, így számos kisebb hatású gén által determinált (Kato és Wada 1999). E gének precíz és részletes tanulmányozása megköveteli a megfelelően előállított genetikai alapanyag mellett, a pontosan beállított környezeti paramétereket is, ahol a *VRN* és *PPD* gének nem fedik el a koraisági gének fenotípusos hatásait (Kamran et al. 2014).

Chinese Spring aneuploid és szubsztitúciós vonalaikon, illetve egyéb DH és RIL vonalakon végzet kísérletek alapján szinte mindegyik kromoszómán találtak olyan régiót, amely a koraisággal mutatott szoros kapcsolatot és hatással volt a virágzási időre is (Scarth és Law 1984, Hoogendoorn 1985, Worland és Law 1986, Kato et al. 1998, Maccaferri et al. 2008, Griffiths et al. 2009). Bullrich et al. (2002) térképező populációban meghatároztak egy QTL-t, amely szorosan kapcsolt egy fő *EPS* génnel (*Eps-A^m1*). Ez az egyik legjobban feltérképezett *EPS* lókuszt, amely a *T. monococcum* 1A^m kromoszómáján helyezkedik el (Bullrich et al. 2002, Valárik et al. 2006, Lewis et al. 2008, Faricelli et al. 2010). E gén korai alléltípusa (*Eps-A^m1-e*) szignifikáns szinten meggyorsította, miközben a kései alléltípus (*Eps-A^m1-l*) pedig jelentősen késleltette a virágzáshoz szükséges időt. A két allél kalászolási időre kifejtett hatása 16 °C-on szignifikáns szinten nagyobb volt, mint 23 °C-on, amely a gén hőmérséklet általi szabályozottságára utal (Bullrich et al. 2002). Faricelli et al. (2010) szerint a *Molybdenum Transporter 1 (MOT1)* és a *Filamentation Temperature Sensitive H (FtsH4)* gének összefüggésbe hozhatók az *eps-A^m1* lókusszal. Zikhali et al. (2014) a hexaploid búza 1D kromoszóma hosszú karján mutattak ki egy a korai kalászolásért felelős QTL-t. Leírták, hogy a *Triticum aestivum* *FLOWERING LOCUS T 3 (TaFT3)*, a búzával homológ árpa *FLOWERING LOCUS T 3 (HvFT3)* és a *PHOTOPERIOD H2 (PPD-H2)*-ként jelölt gén (Faure et al. 2007) nem hozható kapcsolatba ezzel az 1D kromoszóma hosszú karján leírt *EPS* hatással. Az *EPS* génekhez köthető QTL-ek relatív nagy aránya a 2-es és az 5-ös kromoszómákon figyelhető meg (34 és 28), amelyeken a fő *VRN* és *PPD* gének is találhatóak, ami azt sugallja, hogy ezek a lókuszok kapcsolatban lehetnek egymással (Maccaferri et al. 2008, Griffiths et al. 2009, Kamran et al. 2014).

Az *EPS* gének szinte valamennyi egyedfejlődési fázisra hatással vannak, úgy mint a vegetatív/generatív átmenetre, a korai és kései kalász-differenciálódási

fázisra, a szárnövekedési fázisra, a kalászolásra, amelyeknek jelentős szerepük van a szemtermés kialakulására is (Slafer és Rawson 1996, Lewis et al. 2008, Griffiths et al. 2009). Lewis et al. (2008) tanulmányozták az *Eps-A^m1* lókuszt egyes alléltípusainak hatását a vegetatív és korai reprodukzív fázisokban NIL vonalakban. Leírták, hogy azoknál a genotípusoknál, amelyek az *Eps-A^m1-e* allélt (korai) hordozták 35 nappal korábban megtörtént a hajtáscsúcs vegetatív/generatív átmenete, mint azoknál, amelyek az *Eps-A^m1-l* alléltípussal (kései) rendelkeztek. Viszont nem tudtak kimutatni szignifikáns QTL hatást a terminális kalászká megjelenése és a kalászolási idő között. Azok a vonalak, amelyek a kései allélt hordozták (*Eps-A^m1-l*) 8,7-tel több kalászkát hoztak létre, mint a korai alléllal (*Eps-A^m1-e*) rendelkezők. A növényenkénti szemszám is szignifikáns összefüggést mutatott egy *EPS* QTL-lel, amely a 3A kromoszómán helyezkedik el (Shah et al. 1999). Az *EPS* génnek és a növekedéshez szükséges hőmérséklet által biztosított optimális egyedfejlődési ráta között is kapcsolatot írtak le (Bullrich et al. 2002).

Összegezve tehát elmondható, hogy nemesítési szempontból fontos annak tisztázása, hogy milyen összefüggések mutathatók ki az egyedfejlődési génnek különböző alléltípusai, a kalászolási idő, illetve az egyes terméskomponensek egymásra gyakorolt hatásaiban szántóföldi körülmények között. Mivel e génnek megfelelő allélkombinációinak felhasználása az adott nemesítési programokban olyan új fajták előállítását teszi lehetővé, amelyekkel növelni lehet a termésbiztonságot. Ehhez a munkához nyújt segítséget az *Arabidopsis thaliana* modellnövény mutációs változatainak részletes tanulmányozása is, illetve búzán belül a különböző térképező populációkon, közel-izogén vonalakon, transzgenikus növényeken és egyéb mutánsokon végzett kutatások eredményei is sokat lendítettek a virágzási génnek funkcióinak és kapcsolatrendszerének a felderítésében.

Köszönetnyilvánítás

A kutatásokat az OTKA NK72913, az OTKA 80781, a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064, az EU-FP7 ADAPTAWHEAT és az EU_BONUS_12-1-2012-0024 pályázatok támogatták.

Irodalom

- Beales, J.–Turner, A.–Griffiths, S.–Snape, J. W.–Laurie, D. A.: 2007. A Pseudo-Response Regulator is misexpressed in the photoperiod insensitive *Ppd-D1a* mutant of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 115: 721–733.
- Blake, N. K.–Lanning, S. P.–Martin, J. M.–Doyle, M.–Sherman, J. D.–Naruoka, Y.–Talbert, L. E.: 2009. Effect of variation for major growth habit genes on maturity and yield in five spring wheat populations. *Crop Sci.* 49: 1211–1220.
- Börner, A.–Worland, A. J.–Plaschke, J.–Schumann, E.–Law, C. N.: 1993: Pleiotropic effects of genes for reduced height (Rht) and day-length insensitivity (*Ppd*) on yield and its components for wheat grown in middle Europe. *Plant Breed.* 111: 204–216.
- Bullrich, L.–Appendino, M. L.–Tranquilli, G.–Lewis, S.–Dubcovsky, J.: 2002. Mapping of a thermo-sensitive earliness per se gene on *Triticum monococcum* chromosome 1A^m. *Theor. Appl. Genet.* 105: 585–593.
- Chen, A.–Dubcovsky, J.: 2012. Wheat TILLING mutants show that the vernalization gene *VRN1* down-regulates the flowering repressor *VRN2* in leaves but is not essential for flowering. *Plos Genet.* 8: e1003134.
- Chen, F.–Gao, M.–Zhang, J.–Zuo, A.–Shang, X.–Cui, D.: 2013. Molecular characterization of vernalization response genes in bread wheat from the Yellow and Huai Valley of China. *BMC Plant Biol.* 13: 199.
- Chen, Y.–Carver, B. F.–Wang, S.–Zhang, F.–Yan, L.: 2009. Genetic loci associated with stem elongation and winter dormancy release in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 118: 881–889.
- Curtis, B. C.: 2002. Wheat in the world. [In: Curtis B. C. et al. (eds.) *Bread wheat: improvement and production.*] FAO, Italy.
- Deng, W.–Casao, M. C.–Wang, P.–Sato, K.–Hayes, P. M.–Finnegan, E. J.–Trevaskis, B.: 2015. Direct links between the vernalization response and other key traits of cereal crops. *Nature Communications.* 6: 5882.
- Díaz, A.–Zikhali, M.–Turner, A. S.–Isaac, P.–Laurie, D. A.: 2012. Copy number variation affecting the *Photoperiod-B1* and *Vernalization-A1* genes is associated with altered flowering time in wheat (*Triticum aestivum*). *PLoS ONE.* 7. 3: e33234.
- Distelfeld, A.–Li, C.–Dubcovsky, J.: 2009a. Regulation of flowering in temperate cereals. *Curr. Opin. Plant Biol.* 12: 178–184.
- Distelfeld, A.–Tranquilli, G.–Li, C.–Yan, L.–Dubcovsky, J.: 2009b. Genetic and Molecular Characterization of the *VRN2* Loci in Tetraploid Wheat. *Plant Physiol.* 149: 245–257.
- Dubcovsky, J.–Chen, C.–Yan, L.: 2005. Molecular characterization of the allelic variation at the *VRN-H2* vernalization locus in barley. *Mol. Breed.* 15: 395–407.

- Dubcovsky, J.-Lijavetzky, D.-Appendino, L.-Tranquilli, G.:* 1998. Comparative RFLP mapping of *Triticum monococcum* genes controlling vernalization requirement. *Theor. Appl. Genet.* 97: 968-975.
- Dubcovsky, J.-Loukoianov, A.-Fu, D.-Valarik, M.-Sanchez, A.-Yan, L.:* 2006. Effect of photoperiod on the regulation of wheat vernalization genes *VRN1* and *VRN2*. *Plant Mol. Biol.* 60: 469-480.
- Faricelli, M. E.-Válarik, M.-Dubcovsky, J.:* 2010. Control of flowering time and spike development in cereals: the earliness per se *Eps-1* region in wheat, rice, and *Brachypodium*. *Funct. Integr. Genomics.* 10: 293-306.
- Faure, S.-Higgins, J.-Turner, A.-Laurie, D. A.:* 2007. The *FLOWERING LOCUS T*-like gene family in barley (*Hordeum vulgare*). *Genetics.* 176: 599 - 609.
- Fjellheim, S.-Boden, S.-Trevaskis, B.:* 2014. The role of seasonal flowering responses in adaptation of grasses to temperate climates. *Frontiers in Plant Science.* 5: 431: 1-15.
- Foulkes, M. J.-Sylvester-Bradley, R.-Worland, A. J.-Snape, J. W.:* 2004. Effect of a photoperiod response gene *Ppd-D1* on yield potential and drought resistance in UK winter wheat. *Euphytica.* 135: 63-73.
- Fu, D.-Dunbar, M.-Dubcovsky, J.:* 2007. Wheat *VIN3*-like PHD finger genes are up-regulated by vernalization. *Mol. Genet. Genomics.* 277: 301-313.
- Fu, D.-Szűcs, P.-Yan, L.-Helguera, M.-Skinner, J. S.-von Zitzewitz, J.-Hayes, P. M.-Dubcovsky, J.:* 2005. Large deletions within the first intron in *VRN-1* are associated with spring growth habit in barley and wheat. *Mol. Gen. Genomics.* 273: 54-65.
- Galiba, G.-Quarrie, S. A.-Sutka, J.-Morgounov, A.:* 1995. RFLP mapping of the vernalization (*Vrn1*) and frost resistance (*Fr1*) genes on chromosome 5A of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 90: 1174-1179.
- Goncharov, N. P.:* 1998. Genetic resources of wheat related species: The *Vrn* genes controlling growth habit (spring *vs.* winter). *Euphytica.* 100: 371-376.
- Greenup, A.-Peacock, W. J.-Dennis, E. S.-Trevaskis, B.:* 2009. The molecular biology of seasonal flowering-responses in *Arabidopsis* and the cereals. *Ann. Bot.* 103: 1165-1172.
- Griffiths, S.-Simmonds, J.-Leverington, M.-Wang, Y.-Fish, L.-Sayers, L.-Alibert, L.-Orford, S.-Wingen, L.-Herry, L.-Faure, S.-Laurie, D.-Bilham, L.-Snape, J.:* 2009. Meta-QTL analysis of the genetic control of ear emergence in elite European winter wheat germplasm. *Theor. Appl. Genet.* 119: 383-395.
- Hay, R. K. M.-Kirby, E. J. M.:* 1991. Convergence and synchrony - a review of the coordination of development in wheat. *Aus. J. Agri. Res.* 42: 661-700.
- Hoogendoorn, J.:* 1985. A reciprocal *F1* monosomic analysis of the genetic control of time of ear emergence, number of leaves and number of spikelets in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica.* 34: 545-558.

- Kamran, A. – Iqbal, M. – Spaner, D.: 2014. Flowering time in wheat (*Triticum aestivum* L.): a key factor for global adaptability. *Euphytica*. 197: 1–26.
- Kardailsky, I. – Shukla, V. K. – Ahn, J. H. – Dagenais, N. – Christensen, S. K. – Nguyen, J. T. – Chory, J. – Harrison, M. J. – Weigel, D.: 1999. Activation tagging of the floral inducer FT. *Science*. 286: 1962–1965.
- Karsai, I. – Szűcs, P. – Kőszegi, B. – Hayes, P. M. – Casas, A. – Bedő, Z. – Veisz, O.: 2008. Effects of photo and thermo cycles on flowering time in barley: a genetical phenomics approach. *J. Exp. Bot.* 59: 2707–2715.
- Kato, H. – Taketa, S. – Ban, T. – Iriki, N. – Murai, K.: 2001. The influence of a spring habit gene, *Vrn-D1*, on heading time in wheat. *Plant Breed.* 120: 115–120.
- Kato, K. – Miura, H. – Akiyama, M. – Kuroshima, M. – Sawada, S.: 1998. RFLP mapping of the three major genes, *Vrn1*, *Q* and *B1*, on the long arm of chromosome 5A of wheat. *Euphytica*. 101: 91–95.
- Kato, K. – Wada, T.: 1999. Genetic analysis and selection experiment for narrow-sense earliness in wheat by using segregating hybrid progenies. *Breed. Sci.* 49: 233–238.
- Khlestkina, E. K. – Giura, A. – Roder, M. S. – Borner, A.: 2009. A new gene controlling the flowering response to photoperiod in wheat. *Euphytica*. 165: 579–585.
- Kippes, N. – Zhu, J. – Chen, A. – Vanzetti, L. – Lukaszewski, A. – Nishida, H. – Kato, K. – Dvorak, J. – Dubcovsky, J.: 2014. Fine mapping and epistatic interactions of the vernalization gene *VRN-D4* in hexaploid wheat. *Mol. Genet. Genomics*. 289: 47–62.
- Kirby, E. J. M.: 1990. Co-ordination of leaf emergence and leaf and spikelet primordium initiation in wheat. *Field Crops Res.* 25: 253–264.
- Koltay Á. – Balla L.: 1975. Búzátermesztés és -nemesítés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 250.
- Láng, L. – Balla, L.: 1988. Selection of early heading wheats in the phytotron. *Acta Agron. Hung.* 37: 269–275.
- Laurie, D. A. – Pratchett, N. – Bezzant, J. H. – Snape, J. W.: 1995. RFLP mapping of five major genes and eight quantitative trait loci controlling flowering time in a winter 9 spring barley (*Hordeum vulgare* L) cross. *Genome*. 38: 575–585.
- Laurie, D. A.: 1997. Comparative genetics of flowering time. *Plant Molecular Biology*. 35: 1–2., 167–177.
- Law, C. N. – Sultka, J. – Worland, A. J.: 1978. A genetic study of daylength response in wheat. *Heredity*. 41: 575–585.
- Law, C. N. – Worland, A. J. – Giorgi, B.: 1975. The genetic control of ear-emergence time by chromosomes 5A and 5D of wheat. *Heredity*. 36: 49–58.
- Law, C. N. – Worland, A. J.: 1997. Genetic analysis of some flowering time and adaptive traits in wheat. *New Phytol.* 137: 19–28.
- Lelley J. – Mándy G.: 1963. A búza. Magyarország kultúrflórája. VIII. kötet 13. füzet. Akadémiai Kiadó. Budapest. 316.

- Lelley J.–Rajháthy T.*: 1955. A búza és nemesítése. MTA Agrártudományok Osztálya Monográfia sorozata. Budapest.
- Levy, J.–Peterson, M. L.*: 1972. Responses of spring wheats to vernalization and photoperiod. *Crop Sci.* 12: 487–490.
- Lewis, S.–Faricelli, M. E.–Appendino, M. L.–Valárik, M.–Dubcovsky, J.*: 2008. The chromosome region including the earliness per se locus *Eps-A^m1* affects the duration of early developmental phases and spikelet number in diploid wheat. *J. Exp. Bot.* 59: 3595–3607.
- Loukoianov, A.–Yan, L.–Blechl, A.–Sanchez, A.–Dubcovsky, J.*: 2005. Regulation of *VRN-1* vernalization response genes in normal and transgenic polyploid wheat. *Plant Physiol.* 138: 2364–2373.
- Maccaferri, M.–Sanguineti, M. C.–Corneti, S.–Ortega, J. L. A.–Salem, M. B.–Bort, J.–DeAmbrogio, E.–del Moral, L. F. G.–Demontis, A.–El-Ahmed, A.–Maalouf, F.–Machlab, H.–Martos, V.–Moragues, M.–Motawaj, J.–Nachit, M.–Nserallah, N.–Ouabbou, H.–Royo, C.–Slama, A.–Tuberosa, R.*: 2008. Quantitative trait loci for grain yield and adaptation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) across a wide range of water availability. *Genetics.* 178: 489–511.
- Marcinska, I.–Dubert, F.–Biesaga-Koscielniak, J.*: 1995. Transfer of the ability to flower in winter wheat via callus tissue regenerated from immature inflorescences. *Plant Cell Tissue Organ. Cult.* 41: 285–288.
- Miralles, D. J.–Richards, R. A.–Slafer, G. A.*: 2000. Duration of stem elongation period influences the number of fertile florets in wheat, barley. *Australian Journal of Plant Physiology.* 27: 931–940.
- Miralles, D. J.–Richards, R. A.*: 2000. Responses of leaf and tiller emergence and primordium initiation in wheat and barley to interchanged photoperiod. *Ann. Bot.* 85: 655–663.
- Nuttonson, M. Y.*: 1955. Wheat-climatic relationships and the use of phenology in ascertaining the thermal and photothermal requirements of wheat. American Institute of Crop Ecology. Washington DC. 1–388.
- Oliver, S. N.–Finnegan, E. J.–Dennis, E. S.–Peacock, W. J.–Trevaskis, B.*: 2009. Vernalization – induced flowering in cereals is associated with changes in histone methylation at the *VERNALIZATION1* gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 106: 8386–8391.
- Pugsley, A. T.*: 1966. The photoperiodic sensitivity of some spring wheats with special reference to the variety Thatcher. *Aust. J. Agric. Res.* 17: 591–599.
- Pugsley, A. T.*: 1971. A genetic analysis of the spring-winter habit of growth in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 22: 21–23.
- Pugsley, A. T.*: 1972. Additional genes inhibiting winter habit in wheat. *Euphytica.* 21: 547–552.
- Rawson, H. M.–Richards, R. A.*: 1993. Effects of high temperature and photoperiod on floral development in wheat isolines differing in vernalization and photoperiod genes. *Field Crops Res.* 32: 181–192.

- Reynolds, M.–Foulkes, M. J.–Slafer, G. A.–Berry, P.–Parry, M. A. J.–Snape, J. W.–Angus, W. J.: 2009. Raising yield potential in wheat. *J. of Exp. Bot.* 60: 1899–1918.
- Richter, R.–Bastakis, E.–Schwechheimer, C.: 2013. Cross-repressive interactions between *SOC1* and the *GATAs GNC* and *GNL/CGA1* in the control of greening, cold tolerance, and flowering time in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 162: 1992–2004.
- Roberts, E. H.–Summerfield, R. J.–Cooper, J. P.–Ellis, R. H.: 1988. Environmental control of flowering in barley (*Hordeum vulgare* L.). I. Photoperiod limits to long-day responses, photoperiod-insensitive phases and effects of low-temperature and short-day vernalization. *Ann. Bot.* 62: 127–144.
- Scarth, R.–Law, C. N.: 1984. The control of the day-length response in wheat by the group 2 chromosomes. *Z Pflanzenzuchtg.* 92: 140–150.
- Shah, M. M.–Gill, K. S.–Baenziger, P. S.–Yen, Y.–Kaeppler, S. M.–Ariyaratne, H. M.: 1999. Molecular mapping of loci for agronomic traits on chromosome 3A of bread wheat. *Crop Sci.* 39: 1728–1732.
- Shcherban, A. B.–Emtseva, M. V.–Efremova, T. T.: 2012. Molecular genetical characterization of vernalization genes *Vrn-A1*, *Vrn-B1* and *Vrn-D1* in spring wheat germplasm from Russia and adjacent regions. *Cereal Res. Commun.* 40: 351–361.
- Sherman, J. D.–Yan, L.–Talbert, L.–Dubcovsky, J.: 2004. A *PCR* marker for growth habit in common wheat based on allelic variation at the *VRN-A1* gene. *Crop Sci.* 44: 1832–1838.
- Slafer, G. A.–Rawson, H. M.: 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. *Aust. J. Plant. Phys.* 21: 393–426.
- Slafer, G. A.–Rawson, H. M.: 1996. Responses to photoperiod change with phenophase and temperature during wheat development. *Field Crops Res.* 46: 1–13.
- Snape, J. W.–Butterworth, K.–Whitechurch, E.–Worland, A. J.: 2001. Waiting for fine times: genetics of flowering time in wheat. *Euphytica.* 119: 185–190.
- Stelmakh, A. F.: 1993. Genetic effect of *Vrn* genes on heading date and agronomic traits in bread wheat. *Euphytica.* 65: 53–60.
- Stelmakh, A. F.: 1998. Genetic systems regulating flowering response in wheat. *Euphytica.* 100: 359–369.
- Sung, S. B.–Schmitz, R. J.–Amasino, R. M.: 2006. A *PHD* finger protein involved in both the vernalization and photoperiod pathways in *Arabidopsis*. *Gene Dev.* 20: 3244–3248.
- Trevaskis, B.–Bagnall, D. J.–Ellis, M. H.–Peacock, W. J.–Dennis, E. S.: 2003. *MADS* box genes control vernalization-induced flowering in cereals. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 100: 13099–13104.
- Trevaskis, B.–Hemming, M. N.–Dennis, E. S.–Peacock, W. J.: 2007. The molecular basis of vernalization-induced flowering in cereals. *Trends Plant Sci.* 12: 351–357.

- Trevaskis, B.–Hemming, M. N.–Peacock, W. J.–Dennis, E. S.: 2006. *HvVRN2* responds to day length, whereas *HvVRN1* is regulated by vernalization and developmental status. *Plant Physiol.* 140: 1397–1405.
- Trevaskis, B.: 2010. The central role of the *VERNALIZATION1* gene in the vernalization response of cereals. *Funct. Plant Biol.* 37: 479–487.
- Turner, A.–Beales, J.–Faure, S.–Dunford, R. P.–Laurie, D. A.: 2005. The pseudo-response regulator *Ppd-H1* provides adaptation to photoperiod in barley. *Science.* 310: 1031–1034.
- Valárik, M.–Linkiewicz, A. M.–Dubcovsky, J.: 2006. A microcolinearity study at the earliness per se gene *Eps-A^m1* region reveals an ancient duplication that preceded the wheat-rice divergence. *Theor. Appl. Genet.* 112: 945–957.
- Whitechurch, E. M.–Snape, J. W.: 2003. Developmental responses to vernalization in wheat deletion lines for chromosomes 5A and 5D. *Plant Breeding.* 122: 35–39.
- Wilhelm, E. P.–Turner, A. S.–Laurie, D. A.: 2009. Photoperiod insensitive *Ppd-A1a* mutations in tetraploid wheat (*Triticum durum* desf.). *Theor. Appl. Genet.* 118: 285–294.
- Worland, A. J.–Appendino, M. L.–Sayers, E. J.: 1994. The distribution, in European winter wheats, of genes that influence ecoclimatic adaptability whilst determining photoperiodic insensitivity and plant height. *Euphytica.* 80: 219–228.
- Worland, A. J.–Börner, A.–Korzun, V.–Li, W. M.–Petrović, S.–Sayers, E. J.: 1998. The influence of photoperiod genes on the adaptability of European winter wheats. *Euphytica.* 100: 385–394.
- Worland, A. J.–Law, C. N.: 1986. Genetic analysis of chromosome 2D of wheat. I. The location of genes affecting height, day-length insensitivity, hybrid dwarfism and yellow-rust resistance. *Plant Breed.* 96: 331–345.
- Worland, A. J.: 1996. The influence of flowering time genes on environmental adaptability in European wheats. *Euphytica.* 89: 49–57.
- Worland, T.–Snape, J. W.: 2001. Genetic basis of worldwide wheat varietal improvement. [In: Bonjean, A. P.–Angus, W. J. (eds.) *The world wheat book: a history of wheat breeding.*] Intercept Ltd. London. 61–67.
- Yan, L.–Fu, D.–Li, C.–Blechl, A.–Tranquilli, G.–Bonafede, M.–Sanchez, A.–Valarik, M.–Yasuda, S.–Dubcovsky, J.: 2006. The wheat and barley vernalization gene *VRN3* is an orthologue of FT. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 103: 19581–19586.
- Yan, L.–Loukoianov, A.–Blechl, A.–Tranquilli, G.–Ramakrishna, W.–SanMiguel, P.–Bennetzen, J. L.–Echenique, V.–Dubcovsky, J.: 2004. The wheat *VRN2* gene is a flowering repressor down-regulated by vernalization. *Science.* 303: 1640–1644.
- Yan, L.–Loukoianov, A.–Tranquilli, G.–Helguera, M.–Fahima, T.–Dubcovsky, J.: 2003. Positional cloning of wheat vernalization gene *VRN1*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 100: 6263–6268.

- Yoshida, T.-Nishida, H.-Zhu, J.-Nitcher, R.-Distelfeld, A.-Akashi, Y.-Kato, K.-Dubcovsky, J.:* 2010. *Vrn-D4* is a vernalization gene located on the centromeric region of chromosome 5D in hexaploid wheat. *Theor. Appl. Genet.* 120: 543–552.
- Zikhali, M.-Leverington-Waite, M.-Fish, L.-Simmonds, J.-Orford, S.-Wingen, L. U.-Goram, R.-Gosman, N.-Bentley, A.-Griffiths, S.:* 2014. Validation of a *IDL* earliness per se (*eps*) flowering QTL in bread wheat (*Triticum aestivum*). *Mol. Breeding.* 34: 1023–1033.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Kiss Tibor – Dr. Veisz Ottó – Dr. Karsai Ildikó
MTA ATK Mezőgazdasági Intézet
Molekuláris Nemesítési Osztály
Martonvásár
Brunszvik u. 2.
H-2462
*kiss.tibor@agrar.mta.hu

Mikroalga kezelések hatása az őszi káposztarepce (*Brassica napus*) növekedésére és fejlődésére

¹TÓTH JÁCINT–²GERGELY ISTVÁN–^{1,3}ÖRDÖG VINCE

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

¹Növénybiológiai Intézet, Mosonmagyaróvár

²Növénytermesztéstani Intézet, Mosonmagyaróvár

³University of KwaZulu-Natal, Research Centre for Plant Growth and Development,
Pietermaritzburg

Összefoglalás

Földünk éghajlatának átalakulása nagymértékben megnehezíti a biztonságos mezőgazdasági termelést. A fenntartható fejlődés és a környezetkímélő gazdálkodás előtérbe kerülésével változik a mezőgazdasági termelés is. Kísérletünk célja az volt, hogy két kísérleti évben mérjük mikroalga kezelések hatását a repce (*Brassica napus* L.) növekedésére és fejlődésére.

Közleményünkben az első kísérleti év részletes eredményeit, összehasonlításként pedig a 2013/2014-es vegetációs időszakban megismételt kísérlet terméseredményeit mutatjuk be. A kísérleti parcellákat 2010-ben Mosonmagyaróvár közelében állítottuk be. Kísérleti növényünket, egy őszi káposztarepce hibridet (*Brassica napus* L. cv. Orlando) az MACC-612 *Nostoc entophytum* és az MACC-430 *Tetracystis* sp. 0,03%-os és 0,1%-os szuszpenzióival, valamint a hagyományos repce termesztéstechnológiában is alkalmazott készítménnyel kombinálva, illetve a nélkül kezeltük. Vizsgáltuk a növények növekedését jellemző mutatókat, a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét, valamint a termésképző elemeket és a magok minőségi paramétereit. Az MACC-612 és az MACC-430 0,03% és 0,1%-os őszi kezelése 90–110%-kal növelték a levelek klorofill-a, 80–101%-kal a klorofill-b, 66–81%-kal az összes karotinoid és 25–37%-kal a levelek szárazanyag tartalmát. A két mikroalga törzs mindkét évben növelte az összes termés mennyiségét

2010/2011-ben (10–14%) és 2013/2014-ben (10–21%) a kontroll parcellákhoz viszonyítva, de a magok átlagos olajtartalma egyik évben sem változott a kezelések hatására.

A kétéves kísérletsorozat eredményei szerint, az MACC-612 0,03% koncentrációjú, illetve kombinált kezelése, valamint az MACC-430 0,03%-os szuszpenziója kedvezően befolyásolták a repce növekedését és fejlődését, növelték a termés mennyiségét.

Kulcsszavak: mikroalga, repce, organikus, élettani stimulálás, fotoszintetikus pigmentek, morfológia, termésnövekedés

The impact of microalgae treatments on the growth and development of winter coleseed (*Brassica napus*)

¹J. TÓTH-²I. GERGELY-^{1,3}V. ÖRDÖG

Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences,

¹Institute of Plant Biology, Mosonmagyaróvár

²Institute of Crop Production, Mosonmagyaróvár

³University of KwaZulu-Natal, Research Centre for Plant Growth and Development, Pietermaritzburg

Summary

The impacts of climate change are a great burden for steady agricultural production. As a result of sustainable development and environmentally sound farming becoming more preferred, agricultural production is also undergoing changes. The aim of our experiment was to measure the impact of microalgae treatments on the growth and development of winter coleseed (*Brassica napus* L.) for two years.

This publication describes the detailed findings of the first year of experiment and provides the yield data of the experiment repeated in the vegetation period of 2013/2014 for comparison purposes. The experimental plots were established close to Mosonmagyaróvár in 2010. The experimental crop was a winter coleseed hybrid (*Brassica napus* L. cv. Orlando) treated with suspensions of MACC-612 *Nostoc entophyllum* and MACC-430 *Tetracystis* sp. (concentrations were 0.03% and 0.1%) or in combination with the product also used in conventional winter coleseed production technology and also without this product. The parameters describing crop growth, the amount of

photosynthetic pigments as well as yield forming elements and seed quality parameters were also examined. The autumn treatments of MACC-612 and MACC-430 (0.03% and 0.1%) increased the leaf chlorophyll content by 90–110%, the chlorophyll b content by 80–101%, the total carotenoid content by 66–81% and the leaf dry matter content by 25–37%. The two microalgae strains increased the total yield both in 2010/2011 (by 10–14%) and in 2013/2014 (by 10–21%) compared to the control plots, but the average oil content of the seeds did not change as a result of the applied treatments in either year.

As a result of the two-year experiment series the 0.03% concentration and combined treatments of MACC-612 and the 0.03% concentration treatment of MACC-430 had a favourable impact on the growth and development of winter coleseed and increased its yield.

Key words: microalgae, winter coleseed, physiological stimulation, photosynthetic pigments, morphology, increasing yield

Влияние обработок микроводорослями на рост и развитие озимого капустного рапса (*Brassica napus*)

¹Я. ТОТ–²И. ГЕРГЕЙ–^{1,3}В. ОЁРДОЁГ

Университет им.Сечени Иштвана, Факультет Сельского Хозяйства и Науки о Пище,

¹Институт Биологии Растений, Мошонмадьяровар

²Институт Растениеводства, Мошонмадьяровар

³University of KwaZulu-Natal, Research Centre for Plant Growth and Development,
Pietermaritzburg

Резюме

Изменение климата Земли в большой мере затрудняет безопасное производство в сельском хозяйстве. С выдвиганием на первый план устойчивого развития и берегающего окружение хозяйствования изменяется и сельскохозяйственное производство также. Целью нашего опыта было измерить в двух годах опыта влияние обработок микроводорослями на рост и развитие рапса (*Brassica napus* L.).

В нашей статье показываем подробные результаты первого года опыта, и для сравнения показываем результаты урожая повторного опыта в вегетационный период 2013/2014 года. Опытные парцеллы в 2010 году установили недалеко от города Мошонмадьаровара (Mosonmagyaróvár). Наше опытное растение, гибрид озимого капустного рапса (*Brassica napus* L. cv. Orlando) обрабатывали МАСС-612 *Nostoc entophyllum* и МАСС-430 *Tetracystis* sp. 0,03%-ой и 0,1%-ой суспензиями, и в комбинации с применяемыми в традиционной технологии выращивания рапса препаратом, а также и без него. Исследовали характеризующие рост растений показатели, количество фотосинтетических пигментов, а также плодообразующие элементы и качественные параметры семян. Осенние 0,03%-ые и 0,1%-ые обработки МАСС-612 и МАСС-430 на 90–110% увеличили содержание хлорофилла-а листьев, на 80–101% хлорофила-*b*, на 66–81% увеличили содержание всех каротиноидов и на 25–37%-ов содержание сухого вещества листьев. Эти два типа микроводорослей в обоих годах увеличили количество всего урожая в 2010/2011-ом (на 10–14%) и в 2013/2014-ом году (на 10–21%) по сравнению с контрольными парцеллами, но среднее содержание масла семян не изменилось ни в один из годов опыта под влиянием обработок.

Согласно результатам серии опытов двух лет, обработки МАСС-612 0,03%-ой концентрацией, а также комбинированные обработки, и МАСС-430 0,03%-ая суспензия благоприятно повлияли на рост и развитие рапса, увеличили количество его урожая.

Ключевые слова: микроводоросли, рапс, органический, физиологическое стимулирование, фотосинтетические пигменты, морфология, рост урожая

Bevezetés

Földünk éghajlatának szélsőséges változásai megnehezítik a biztonságos mezőgazdasági termelést a világ minden részén, így Magyarországon is. Az aszály hazánk éghajlati jellemzője (Bussay et al. 1999), a csapadék eloszlása térben és időben nagyon változó. Az ország területének legnagyobb részén jelentősen csökkent a csapadékelátottság az elmúlt fél évszázadban. Az utóbbi évszázadban a négy évszakot tekintve a legnagyobb csapadékcsökkenés tavasszal következett be (*Net1*).

A változó klíma hatására új mezőgazdasági kártevők és kórokozók jelentek meg. A mezőgazdasági kártevők elleni védekezés az elmúlt évtizedekben ké-

miai növényvédő szerekkel történt. Az alkalmazásuk során felmerült környezeti és egészségügyi gondok azonban egyre inkább a biológiai védekezés felé irányították a figyelmet (*Bereczki és Báldi* 2011). Az eddig bevált, és jól működő termesztés-technológiai irányelveket egyre-másra váltják fel a modern, környezetkímélő gazdálkodást szorgalmazó törekvések. Cél a környezetre káros peszticidek lehető legkisebb mértékű felhasználása.

A talajok termékenysége növelhető, a kultúrnövények ellenálló képessége pedig fokozható különböző növénykondicionáló és mikrobiológiai készítmények alkalmazásával. Tengeri algakivonatokkal és mikroalga-készítményekkel kedvezően befolyásolhatók a növények életfolyamatai és ezzel együtt a termés mennyisége és minősége (*Kahn et al.* 2009, *Nain et al.* 2010). A kedvező hatásokat a mikroalgák által termelt bioaktív vegyületekkel magyarázzák (*Rodgers et al.* 1979).

Az algasejtek életfolyamataik során létfontosságú és a környezeti hatások által is indukált vegyületeket, a szaporodás stacioner szakaszában pedig bioaktív, úgynevezett másodlagos anyagcsere termékeket termelnek. Közéjük tartoznak egyebek között szerves savak, szénhidrátok, aminosavak és peptidek, vitaminok, növekedést szabályozó anyagok, antibiotikumok, enzimek és toxikus vegyületek. A magasabb rendű növényekhez hasonlóan az algákban is előforduló növényi hormonok szintén specifikus anyagcsere-termékek (*Erdei* 2008). Az algakivonatok kedvező hatása a termesztett növényekre, leginkább a növényi hormonokra vezethető vissza, amihez egyéb bioaktív vegyületek is hozzájárulnak.

Sergeeva et al. (2002) cianobaktériumokban, *Jacobs et al.* (1985) pedig zöldalgákban mutatták ki az IES (indol-3-ecetsav) jelenlétét, analitikai módszerek segítségével. Az IES élettanilag aktív auxin, amely egyebek között hatással van a megnyúlásos növekedésre és a sejtosztódásra (*Cleland* 1987), valamint fontos szerepe van a járulékos és oldal gyökerek képződésében is (*Thimann* 1936). *Ördög et al.* (2004) analitikai módszerekkel izoprenoid és gyűrűs citokinineket azonosítottak talajból izolált zöldalgákból. A citokininek szabályozzák a növényi sejtosztódást és az egyedfejlődés szinte valamennyi fázisát. Legjelentősebb szerepük a sejtciklus és a sejtosztódás szabályozásában (*den Boer és Murray* 2000), valamint az auxinnal való kölcsönhatásban, a sejtmeinyulás serkentésében van. Ma már bizonyított, hogy az algák a magasabb rendű növényekhez hasonlóan, egyéb hormonok mellett auxinokat és citokinineket is termelnek (*Stirk et al.* 2013b).

Ferreira és Lourens (2002) leírták a KELPAK növényi hormon tartalmú tengeri algakivonat pozitív hatását a repce növekedésére és fejlődésére, míg *Billard et al.* (2013) algából származó biostimulánsok segítségével növelték a repce gyökérképződését és az N-P-K-S elemek felvételét. *Jannin et al.* (2012) bizonyították az *Ascophyllum nodosum* pozitív hatását a repce gyökérképzésére és nitrogén felvételére.

A tengeri algakivonatok hatásaira alapozva célunk az volt, hogy kisparcellás növénykísérletekben megismerjük egy cianobaktériummal és egy zöldalgával végzett növénykezelés hatását a repce növekedésére, fejlődésére, és az egyes terméselemekre, valamint a kezelt növények időjárási stresszhatásokkal szembeni tűrőképességének változására.

Anyag és módszer

Kísérleti növényünk, az "Orlando 1", hagyományos előállítású hibridrepce volt. A kísérleti növények kezelésére a Mosonmagyaróvári Algagyűjteményből két jól szaporodó és hormontermelő törzset választottunk ki: az MACC-612 *Nostoc enthophytum* cianobaktériumot és az MACC-430 *Tetracystis sp.* zöldalgát. Az MACC-612 törzsből a kísérlet elvégzéséhez szükség mennyiségű biomasszát az IGV, Institut für Getreideverarbeitung GmbH (Potsdam, Németország) egyik fotobioreaktorában szaporították fel, és szárítva bocsájtották rendelkezésünkre. Az MACC-430 zöldalgát Mosonmagyaróváron, a Növénybiológiai Intézetben termesztették.

A szántóföldi kísérleteket Mosonmagyaróváron 2010-ben véletlen blokk elrendezésben állítottuk be. A parcellák mérete 14,4 m² (6 sor, 24 cm-es sortávolság), az ismétlések száma 4, a kezelések száma 7 volt. A mintavételi sorokat minden esetben a középső 2 sor növényegyedei alkották. A kísérleti terület talaja többretegű, humuszos dunai öntéstalaj volt.

A terület tápanyag utánpótlására ősszel 45 kg/ha nitrogén, 45 kg/ha foszfor, 45 kg/ha kálium hatóanyag került kijuttatásra, 3×15-ös komplex műtrágya formájában. Tavasszal fejtrágyaként 94,5 kg/ha nitrogén hatóanyaggal kezeltük a növényeket, MAS-pétisó (NH₄NO₃+CaMg(CO₃)₂) formájában. Az elővetemény őszi búza volt. Sulky vetőgéppel, dupla gabona sortávra (24 cm) 3,5 kg/ha vetőmagot vetettünk el 2010. szeptember 4-én. Az átlagosan 2 cm mélyre vetett magból kikelt állomány tőszáma 35–40 db/m² volt. A kikelt állomány kezeléseit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat. A mosonmagyaróvári kísérleti kezelések alapadatai 2010–2011-ben

Kezelések (1)	Dózis (g/ha), (l/ha) (2)	Koncentráció (g/l), (ml/l) (3)	Fenológiai fázis* (4)	Permetlé- mennyiség (l/ha) (5)
Kontroll (6)	-	-	BBCH-14-16	400
	-	-	BBCH-30	400
	-	-	BBCH-51	700
MACC-612	120	0,3	BBCH-14-16	400
	120	0,3	BBCH-30	400
	210	0,3	BBCH-51	700
MACC-612	400	1,0	BBCH-14-16	400
	400	1,0	BBCH-30	400
	700	1,0	BBCH-51	700
MACC-430	120	0,3	BBCH-14-16	400
	120	0,3	BBCH-30	400
	210	0,3	BBCH-51	700
MACC-430	400	1,0	BBCH-14-16	400
	400	1,0	BBCH-30	400
	700	1,0	BBCH-51	700
MACC-612	400	1,0	BBCH-14-16	400
Wuxal® Boron	1,0	5	BBCH-30	200
Wuxal® Boron	2,0	5	BBCH-51	400
Route®	0,8	4	BBCH-14-16	200
Folicur® Solo	2,0	1	BBCH-14-16	200
Wuxal® Boron	2,0	5	BBCH-51	400

Megjegyzés: * BBCH 14-16: 4-6 leveles állapot; BBCH-30: szárba indulás kezdete; BBCH-51: zöld-bimbós állapot.

Table 1. The experimental treatments in Mosonmagyaróvár in 2010 and 2011. (1) Treatments, (2) Dose, (3) Concentration, (4) Phenological phases, (5) Volume of spray (1 ha⁻¹), (6) Control, Note: * BBCH 14-16: 4-6 leaves unfolded; BBCH-30: beginning of stem elongation; BBCH-51: green bud.

A kezelésekhez kereskedelmi forgalomban kapható, a repce növényvédelmi technológiájában alkalmazott készítményeket használtunk algapreparátummal kombinálva, vagy a nélkül: 1 - Route: magas cink tartalmú folyékony műtrágya; 2 - Wuxal® Boron: bór tartalmú koncentrált levéltrágya; 3 - Folicur®

Solo: 250 g/l tebukonazol, gombaölő és regulátor. A növényeket három fenológiai fázisban kezeltük: 1 - 6 leveles állapotban BBCH-14-16 (2010. november 15.); 2 - szárba induláskor BBCH-30 (2011. március 29.); 3 - virágzás kezdetén, zöldbimbós állapotban BBCH-51 (2011. április 13.). A parcellák növény állományainak teljes befedéséhez az első és második alkalommal 400, a harmadik kezelésnél 700 liter vizet használtunk hektáronként.

A kontroll parcella növényeit csapvízzel kezeltük, a cianobaktériumot és a zöldalgát pedig 0,3 és 1,0 g/l koncentrációban juttattuk ki a növényekre (0,03% és 0,1%). A hatodik parcellánál kombináltuk a kezeléseket, az első kezelést az MACC-612 cianobaktériummal (400 l/ha, 0,1%), a másodikat és harmadik pedig Wuxal® Boron (200 l/ha, 0,5%) növényvédő készítménnyel végeztük. A hetedik parcella növényeinél a repcetermesztés növényvédelmében általánosan alkalmazott kezeléseket választottuk. Az őszi időszakban 4-6 lomblevelés állapotban Route®-ot (200 l/ha, 0,4 %), valamint a tavaszi vegetációs időszakban Folicur® Solo-t (200 l/ha, 0,5%), zöldbimbós állapotban pedig Wuxal® Boron-t (400 l/ha, 0,5%) vittünk ki az állományra. Az egyes permetezések időpontjait úgy illesztettük a növényvédelmi kezelések sorába, hogy azok alkalmazhatóak legyenek az általános nagyüzemi gyakorlatban is, illetve a tábla állományát érintő egyéb kezelések ne befolyásolják a mikroalgás kezelések hatásait.

A 2. táblázatban bemutatott fenológiai fázisokban, illetve időpontokban végeztük el a növényvizsgálatokat és a termésképző elemek vizsgálatát. Az első kezelést követően ősszel öt héten keresztül, minden kísérleti parcella területéről szórvány mintavételezéssel, 10-20 növényről 1-1 teljesen kifejlett (4-8. valódi lomblevelés), azonos korú és méretű levelet távolítottunk el a középső két sor növényeiről. A levelek homogenizálását követően 10 g mennyiséget hőálló porcelánedényekbe mértünk, majd 104 °C-on tömegállandóságig szárítottuk (6-8 nap). A friss és szárított levélminták adataiból számítottuk azok szárazanyag-tartalmát. A homogenizált friss levélmintákból színanyag-meghatározást is végeztünk: 0,1 g-ot előhűtött dörzscsészébe mértünk és ehhez képhegynyi CaCO₃-ot adtunk. A színanyagokat acetonnal vontuk ki. A centrifugálást követően nyert tiszta kivonatot acetonnal szemben fotometráltuk 662 nm, 644 nm és 440,5 nm-es hullámhosszokon. A pigmenttartalmat az alábbi képletekkel számítottuk:

$$Kl-a: V/[(9,78 \times E662) - (0,99 \times E644 \times 1000 \times W)],$$

$$Kl-b: V/[(21,4 \times E644) - (4,65 \times E662 \times 1000 \times W)],$$

$$Kar: V/[(4,695 \times E440,5) - (0,268 \times Z \times 1000 \times W)],$$

ahol $Z = 5,13 \times E662 + 20,41 \times E644$, E=az oldat adott hullámhossznál mért extinkciója, V=az extraktum végtérfogata (ml), W=az extrakcióhoz felhasznált levélanyag friss tömege (g).

2. táblázat. *A kísérleti repce állomány vizsgált paramétereit, fenológiai fázisait és a növénykezelések időpontjait (Mosonmagyaróvár, 2010–2011)*

Vizsgált paraméterek és fejlődési stádiumok (1)	Időpontok (2010) (2)	Fenológiai állapotok (3)
Vetés (4)	09. 11.	-
Kelés (5)	10. 20.– 11. 02.	2 sziklevel (29)
4–6 leveles állapot (6)	11. 04.– 11. 07.	4–6 kifejlett levél (30)
1. kezelés (7)	11. 15.	4–6 kifejlett levél (30)
Levelek klorofill-a, klorofill-b, karotinoid (8)	10. 20., 10. 27., 11. 03., 11. 10., 11. 17.	4 leveles állapottól telelésig (31)
Fiatal növények növekedése, fejlődése (9)	10. 13.– 12. 13.	4 leveles állapottól telelésig (31)
Tőlevélrózsás állapot (10)	12. 02.–	9s kifejlett levél (32)
Levélzet mennyisége (11)	10. 13.– 12. 13.	9s kifejlett levél (32)
Hajtáscsúcs fejlettsége (12)	12. 13.	9s kifejlett levél (32)
Gyökérzet fejlettsége (13)	12. 13.	9s kifejlett levél (32)
Gyökérnyak vastagsága (14)	12. 13.	9s kifejlett levél (32)

A 2. táblázat folytatása a következő oldalon ...

... a 2. táblázat folytatása

Vizsgált paraméterek és fejlődési stádiumok (1)	Időpontok (2011) (2)	Fenológiai állapotok (3)
Télállóság vizsgálata (15)	03. 17.	9x kifejtett levél (32)
Szárba indulás (16)	03. 25.--	1. látható internódium (33)
2. kezelés (17)	03. 29.	1-2 látható internódium (34)
Virágzás kezdete, zöldbimbós állapot (18)	04. 13.-	Első virágok megjelenése (35)
3. kezelés (19)	04. 13.	Első virágok megjelenése (35)
Teljes virágzás (20)	05. 02.-	75% \leq virágzó állomány (36)
Érés kezdete (21)	06. 01.-	A magok 20-25%-a érett (37)
Teljes érés (22)	06. 15.-	A magok 75-95%-a érett (38)
Betakarítás (23)	06. 20.	A magok több mint 95%-a érett (39)
Oldalelágazások száma, állománymagasság (24)	06. 20.	Teljes érettség (40)
Elágazásonkénti becőszám (25)	06. 20.	Teljes érettség (40)
Becők paramétereinek vizsgálata (26)	06. 27.	Teljes érettség (40)
Parcellánkénti termés, ezermag (27)	06. 27.	Teljes érettség (40)
Magok minőségi paramétere (28)	06. 27.	Teljes érettség (40)

Table 2. The dates, investigated parameters and phenological phases of the experimental rape plants (Mosonmagyaróvár, 2010–2011). (1) Studied parameters and developmental stages, (2) Date, (3) Phenological phase, (4) Sowing, (5) Germination, (6) 4–6 leaves stage, (7) 1st treatment, (8) Chlorophyll-a,b and carotenoid, (9) Growth and development of young plants, (10) Rosette stage, (11) Amount of foliage, (12) Development of shoot top, (13) Development of roots, (14) Thickness of root collar, (15) Winter hardiness, (16) Beginning of stem elongation, (17) 2nd treatment, (18) Green bud, (19) 3rd treatment, (20) Full flowering, (21) Beginning of ripening, (22) Fully ripe, (23) Harvest, (24) Number of branches, and plant height, (25) Number of pods/branches, (26) Examination of pods, (27) Total yield, and thousand seed weight, (28) Oil and water content of the seeds, (29) Two seed-leaves, (30) 4–6 mature leaves, (31) From the 4-leaf-stage until wintering, (32) 9 or more mature leaves, (33) First visible internode, (34) 1–2 visible internodes, (35) Appearance of the first flowers, (36) The proportion of flowering population is 75% or higher, (37) 20–25% of seeds are ripened, (38) 75–95% of seeds are ripened, (39) More than 95% of seeds are ripened, (40) Total maturity

A pigment tartalmat mg/g friss tömegben kaptuk meg. A hajtáscsúcs fejlettségét, a gyökérzet hosszát, valamint a gyökérnyak vastagságát az őszi vegetációs időszak végén, a talaj lefagyásának kezdetén vizsgáltuk. A tölevélrózsás állapot elérését követően minden kísérleti parcella területéről a középső két sorból 10–15 növényt ástunk ki. A Növénybiológiai Intézet laboratóriumában lemostuk a gyökérzetten marad talajmaradványokat, majd a gyökérnyaknál eltávolítottuk a gyökérzetet. A levelek leválasztását követően a hajtáscsúcsot a

középső tengely menten két egyenlő részre vágtuk, majd digitális tolómérővel mértük a hosszát, a gyökérnyak metszéspontjában annak keresztmetszetét. Vizsgáltuk a kísérleti növények gyökérzetének fejlettségét, átlagos hosszát, oldalelágazásainak számát, valamint friss és szárított tömegét. Március elején vizsgáltuk az áttelelő állományt, meghatároztuk a parcellánkénti növényszámot.

A tavaszi növénykezeléseket követően, csak állomány szintű megfigyelést végeztünk. Betakarítás előtt mértük a növény állomány magasságát, meghatároztuk a növények elágazásainak számát, betakarítást követően az elágazásonkénti, illetve a növényenkénti becők számát. Laboratóriumi körülmények között mértük a becők hosszát és tömegét, a becőkben lévő átlagos magszámot, magtömeget és ezermag tömeget. A magok minőségi paraméterei közül vizsgáltuk az átlagos és szárazanyag tartalomra vonatkoztatott olaj- és víztartalmat. A beltartalmi mutatók meghatározásához (parcellánként 200 g repce-mag) gabona és olajos magvak beltartalmi vizsgálatára alkalmas NIR (near infrared) Infratec™ 1241 Grain Analyzer készüléket használtunk.

A kísérleti területen a kivetett csíraszám hektáronként 450 000 db volt. A vetést követően a megfelelő időjárási feltételeknek köszönhetően, az állomány egyenletes kelését október 28-tól figyelhettük meg. A növények a tölevélrózsás állapotot már december elején elérték. A téli időszakban az átlagosnál kevesebb csapadék hullott, ugyanakkor 2011 első felében a hőmérsékleti értékek +0,46 °C-kal meghaladták az országos százéves átlagnak megfelelő értékeket (OMSZ 2011). A téli enyhe időszakot követően az állomány korán fejlődésnek indult, így állomány szintű szárba indulást figyelhettünk meg 2011. március 25-ét követően. A 3. kezelés idején az állomány 70–90%-a elérte a zöldbimbós állapotot. A kedvező időjárási viszonyok miatt 2–3 hét elteltével bekövetkezett az állomány teljes virágzása. Június elején megkezdődött az első becők érése, a becőkben a szemek barnulása majd érése. A betakarítás június 20-án, optimális feltételek mellett megtörtént. Az állományban a közepes légmozgás kis mértékű szemvesztést okozott, de nem érte el a gazdaságilag jelentős mértéket. Betakarításkor parcellánként 3×1 m²-en eltávolítottuk a növényeket és reprezentatív mintákat képeztünk belőlük, majd 15 növényen vizsgáltuk az elágazások és az elágazásonkénti becők számát. Növényenként 30–40 becőt használtunk a vizsgálatokhoz.

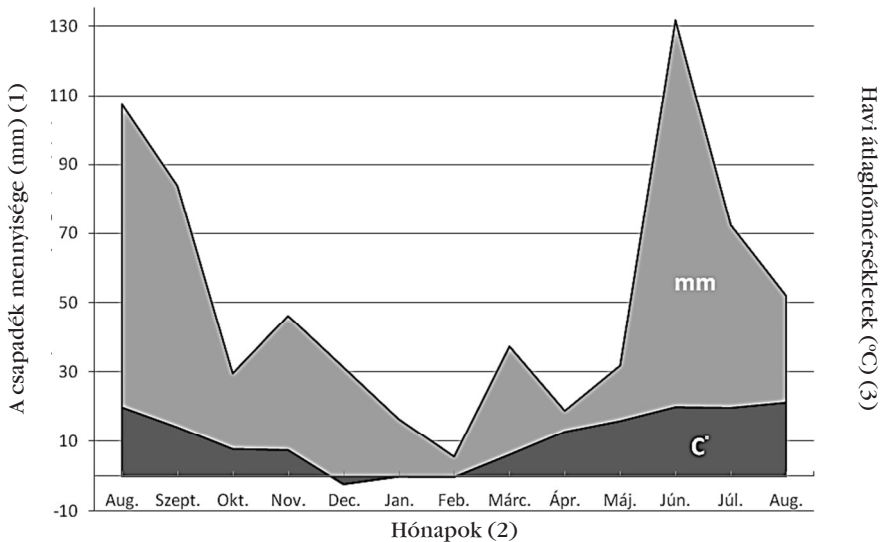
A szántóföldi és a laboratóriumi vizsgálatok eredményeit 2007 Windows 7 Home Premium OA szoftver, Microsoft Excel program IBM SPSSR Statistics

19.0 for Windows szoftver statisztika programjával, egytényezős variancia-analízissel elemeztük. A kezeléshatások kimutatását variancia-analízissel, a változók közötti összefüggések vizsgálatát korrelációanalízissel, és lineáris regresszió analízissel végeztük. A laboratóriumi vizsgálatokat a Nyugat Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság és Élelmiszertudományi Kar Növénybiológiai, illetve Növénytermesztési Intézeti laboratóriumaiban végeztük.

Eredmények

A 2010. évet a szélsőséges időjárási viszonyok jellemezték. A mért meteorológiai adatok alapján ez az év aszályos, a vegetációs időszak alatti csapadékeloszlás pedig meglehetősen egyenetlen volt, ami jelentős veszélyt jelentett a termésbiztonságra (1. ábra).

1. ábra. A havi csapadékmennyiség és átlaghőmérséklet Mosonmagyaróváron és környékén 2010 és 2011 augusztusa között



Megjegyzés: Kajdi Ferenc mérései alapján (NYME MÉK, 2010–2011)

Figure 1. The total monthly precipitation and the monthly average temperature in Mosonmagyaróvár between Aug. 2010 and Aug. 2011. (1) Amount of precipitation (mm), (2) Months, (3) Monthly mean temperature (°C), Note: Based on the measurements of Ferenc Kajdi (NYME MÉK, 2010–2011)

A vegetációs periódusban az átlagosnál jóval kevesebb csapadék hullott, illetve annak időbeli eloszlása rendkívül egyenetlen volt. A vetés nedves talajba történt, az augusztusi illetve szeptemberi 107,5 mm, illetve 83,9 mm csapadék biztosította a keléshez szükséges feltételeket. A kelést követő időszakban a csapadék mennyisége elmaradt az országos és a Mosonmagyaróváron mért 100 éves átlagtól. A téli időszakban bekövetkező extrém csapadékszegény időszak nehezítette a repce telelését. Hiányzott a megfelelő hóborítottság, így a száraz, fagyos viszonyok miatt magasabb növénypusztulásra lehetett számítani. Tavasszal folytatódott a csapadékszegény időszak, csupán a betakarítást követően, júniusban mértünk 131,7 mm csapadékmennyiséget.

A levelek színanyag- és szárazanyag-tartalma

Az első kezelést követően öt héten keresztül mértük a növények levélzetének színanyag- és szárazanyag-tartalmát. Az első mérés során nem tapasztaltunk szignifikáns klorofill-a tartalom változást egyetlen kezelést követően sem (3. táblázat). A második mérés szerint a mikroalgás permetezések statisztikailag eltérő szinten igazolható klorofill-a tartalom növekedést ($P=1\%$, $P=5\%$,) eredményeztek a kezeletlen növényekhez viszonyítva.

A harmadik mérés alapján minden kezelt növény levélzetében szignifikánsan növekedett a klorofill-a tartalom. A negyedik mérés kizárólag az MACC-430-as törzs 0,03%-os, illetve az MACC-612 és Wuxal® Boron kombinált kezeléseinél mutatott szignifikáns változást a klorofill-a mennyiségében. Az utolsó mérés alkalmával az MACC-612-es és az MACC-430-as törzs mindkét dózisú kezelése $P=1\%$ -on növelték a klorofill-a tartalmat a kezeletlen növények leveleihez viszonyítva. Az MACC-612 Wuxal® Boron kombinációja 66%-os klorofill-a mennyiség növekedést okozott ($P=5\%$), míg a hagyományos (Route Folicur®) kezelések nem okoztak szignifikáns változást.

A klorofill-b tartalom az utolsó mérési időpontban az MACC-612 0,03% koncentrációjú kezelése $P=1\%$ -os, a 612-es törzs 0,1%-os szuszpenziója, valamint az MACC-430-as törzs mindkét koncentrációja $P=0,1\%$ -os szinten növelték a színanyagok mennyiségét a kontrollhoz viszonyítva. A korábbi mérések a klorofill-b mennyiségére csupán néhány kezelésnél mutattak pozitív hatást.

3. táblázat. A friss repce levélminták klorofill-a koncentrációja (mg/g) és a levelek szárazanyag-tartalma (%) (Mosonmagyaróvár, 2010. 10. 20.–2010. 11. 17.)

Kezelések (1)	2010. 10. 20.		2010. 10. 27.		2010. 11. 03.		2010. 11. 10.		2010. 11. 17.	
	Kl-a (2)	L.Sza. (3)	Kl-a (2)	L.Sza. (3)	Kl-a (2)	L.Sza. (3)	Kl-a (2)	L.Sza. (3)	Kl-a (2)	L.Sza. (3)
Kontroll (4)	0,7460	02,749	0,6420	11,600	0,7478	13,200	0,7918	10,800	0,4741	10,200
MACC-612 (0,3 g/l)	0,6969	02,529	0,8354*	12,400	0,8664	13,800	0,8869	12,700*	0,9173*	14,000***
MACC-612 (1 g/l)	0,7365	02,600	0,8223*	12,100	0,8774	12,200	0,9052	13,000*	1,0072*	12,500**
MACC-430 (0,3 g/l)	0,6984	02,580	0,8523**	12,100	0,9031*	13,600	0,9768*	13,000*	0,9867*	12,900**
MACC-430 (1 g/l)	0,7589	02,717	0,7811	11,700	0,8852*	13,800	0,8680	13,200*	1,0003*	12,800**
MACC-612 (1 g/l) Wuxal®Boron	0,7241	02,697	0,7783	12,300	0,9502**	13,700	0,9447*	13,400*	0,7901**	13,700***
Route®, Folicur® Solo, Wuxal®Boron	0,5986	02,197	0,7215	10,800	0,8734	11,300	0,8486	10,000	0,5374	11,100

Megjegyzés: P***=0,1%; P**=1%; P*=5%

Táblázat 3. Chlorophyll-a concentration (mg g⁻¹ fresh leaves) and the dry matter in fresh leaves (%) of rape (Mosonmagyaróvár, 20. 10. 2010–17. 11. 2010). (1) Treatments, (2) Chlorophyll-a (Kl-a), (3) Dry matter of leaves (L.Sza.), (4) Control, Note: P***=0.1%, P**=1%, P*=5%

A felesleges fényenergia a fotoszintetikus rendszer károsodásához vezethet. A gerjesztett klorofill károsodását a karotinoidok akadályozzák meg, ha az egyébként nem képes gyorsan visszajutni az alapállapotba (Ördög és Molnár 2009, Stirk *et al.* 2013a). A 0,1% és 0,03% koncentrációjú cianobaktérium és zöldalga szuszpenziók szignifikánsan növelték a karotinoidok mennyiségét a kezelt növények levelében az utolsó méréskor, míg a hagyományos kezeléssorozat nem befolyásolta annak mennyiségét a kontroll növényekhez képest. Ogunlela *et al.* 1989-ben bizonyították, hogy a repce levélzetének kora és állása befolyásolja a levelek klorofilltartalmát. A klorofillok mennyiségének változása több módon is bekövetkezhet. A növény nagyobb mennyiségű nitrogént képes felvenni, ami elősegíti a klorofillok termelődését (Ogunlela *et al.* 1989), vagy egyes növényi hormonok növelik annak mennyiségét. Eredményeink bizonyítják, hogy az MACC-612 és az MACC-430-as törzsek szignifikánsan növelték a kísérleti növények klorofill- és karotinoid-tartalmát. A nagyobb mennyiségű klorofilltartalom hatására a növények hosszabb ideig képesek az ATP és a NADPH előállítására. Az így kapott energiatöbbletet a növények a levélzet és a gyökérzet fejlesztésére fordítják az őszi periódusban, növelve a sikeres telelés esélyeit.

Ezt támasztják alá a klorofillmérésekkel párhuzamosan végzett levél szárazanyag-tartalom mérések eredményei is. A vizsgálatok alapján elmondható, hogy a kezelést követően, öt héten át folyamatosan emelkedett a levelek szárazanyag-tartalma a mikroalgás kezelések hatására (3. táblázat). Az utolsó mérést követően a legnagyobb szignifikáns különbséget ($P=0,1\%$) a kontroll parcellákhoz viszonyítva az MACC-612-es törzs 0,03% koncentrációjú kezelése, valamint a MACC-612 Wuxal® Boron kombinált permetezései okozták a levelek szárazanyag-tartalmában. A parcellák kezdeti értékeihez viszonyítva az MACC-612-es törzs 0,03% szuszpenziója, közel 25%-kal, míg az MACC-430-as törzs átlagosan 17–18%-kal növelte a levelek szárazanyag-tartalmát, ugyanakkor a hagyományos kezeléssorozatnál ez alig 2%-kal növekedett.

Növény- és hajtásvizsgálatok

A növények átlagos magasságát két alkalommal, 2010. december közepén és betakarításkor mértük. Minden kísérleti parcellán, 5×1 m²-en vizsgáltuk az átlagos állománymagasságot. Az eredmények alapján elmondható, hogy mind az MACC-430-as, mind pedig a MACC-612-es törzs 0,1% illetve 0,03% koncentrációjú, valamint az MACC-612 – Wuxal® Boron kombinált kezelése, $P=0,1\%$ -os

szinten növelték az őszi átlagos növénymagasságot a kontroll parcella növényeihez viszonyítva. A hagyományos termesztéstechnológiai eljárások ugyanakkor szignifikánsan csökkentették ($P=1\%$) a kezelt parcellák állománymagasságát (4. táblázat). A túlfejtett, 10–12 leveles, szárba indult növények éppúgy kitétek a téli fagykároknak, mint a gyenge gyökéretű, fejletlen, 2–4 leveles egyedek (Net2).

4. táblázat. A repce növény- és hajtásvizsgálatok eredményei (Mosonmagyaróvár, 2010. 12. 13., 2011. 03. 17., 2011. 06. 20.)

Kezelések (1)	Őszi levélszám (db) (2)	Tavaszi tőszám (db/m ²) (3)	Növénymagasság (cm) (4)		Oldal- elágazások (db) (7)
			Ősz (5)	Betakarítás (6)	
Kontroll (8)	10,3	35,4	25,0	150,0	8,1
MACC-612 (0,3 g/l)	12,4**	40,3	35,7***	166,3**	9,5*
MACC-612 (1 g/l)	12,2**	44,1*	41,3***	167,5**	9,9**
MACC-430 (0,3 g/l)	11,6*	39,2	32,7***	156,9	9,1
MACC-430 (1 g/l)	11,9*	44,5*	32,0***	155,4	9,1
MACC-612 (1 g/l)	12,4**	39,8	39,7***	166,1**	8,8
Wuxal [®] Boron					
Route [®] , Folicur [®] Solo, Wuxal [®] Boron	10,7	41,6	19,8**(-)	147,6	8,4

Megjegyzés: P***=0,1%; P**=1%; P*=5%

Table 4. The results of plant investigations of rape (Mosonmagyaróvár 13. 12. 2010; 17. 03. 2011; 20. 06. 2011). (1) Treatments, (2) Autumn-foliage (pcs), (3) Plant number at spring (pcs), (4) Plant height (cm), (5) Autumn, (6) Harvest, (7) Side branches (pcs), (8) Control, Note: P***=0.1%, P**=1%, P*=5%

A kísérleti növények betakarításkori átlagos magasságát közel 12%-kal szignifikánsan ($P=1\%$) növelte a MACC-612 0,03% és 0,1% dózisu, valamint Wuxal[®] Boronnal kombinált kezelése a csak vízzel kezelt növényekhez viszonyítva. Az MACC-430-as 0,03% és 0,1%-os kezelése, valamint a hagyományos termesztéstechnológiai eljárás nem okozott szignifikáns magasságnövekedést.

Az MACC-612 cianobaktérium 0,1% dózisu kezelése $P=1\%$, míg a 0,03%-os szuszpenziója $P=5\%$ -os szinten szignifikánsan növelte az elágazások számát.

A hagyományos kezelések, valamint az MACC-612 0,1% Wuxal kombinációja nem voltak hatással az oldalelágazások számára. *Kádár* (2008) szerint ritkább vetésnél több elágazás képződik. A virágok 5–20%-a termékenyül, amelyből 40–60% képez becőt, így azok száma növényenként akár a 200-at is elérheti.

Az őszi levélszám vizsgálatok eredményei alapján elmondható, hogy az MACC-612-es cianobaktérium mindkét koncentrációja, valamint a Wuxal® Boronnal alkotott kombinációja, illetve az MACC-430-as 0,1%-os kezelése szignifikánsan növelték ($P=1\%$) a kísérleti növények levélszámát a kontrollhoz viszonyítva (4. táblázat). Az MACC-430-as zöldalga 0,03% koncentrációjú kezelése 13%-kal ($P=5\%$) növelte a levelek mennyiségét. A levélszám vizsgálatokat követően mértük a hajtáscsúcs hosszát, amit az MACC-612-es törzs 0,1% koncentrációjú kezelése ($P=0,1\%$) növelt. A repce legbiztosabban akkor telet, ha 8–11 leveles, földhöz simuló (*Antal és Jolánkai* 2008), jól fejlett gyökérrzel (*Net2*), 10–12 mm-es gyökérnyakkal rendelkezik (*Net3*). A tavaszi tőszám vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy az MACC-612-es, valamint az MACC-430-as törzs 0,1% dózisu kezelése szignifikánsan ($P=5\%$) növelték a sikeresen áttelelt növények számát, míg a hagyományos termesztéstechnológiai kezelésorozat csak tendenciáiban növelte a négyzetméterenkénti tavaszi növényszámot. Mérési eredményeink részben ellentétesek az irodalomban közöltekkel, hiszen a mikroalgával kezelt kísérleti parcellák növényei annak ellenére, hogy átlagosan 10–15 cm-rel magasabbak voltak, kiválóan átvészelték a téli száraz, hideg, csapadékmentes időszakot. Ehhez hozzá járulhatott a kezelt növények nagyobb szárazanyag tartalma is. Esetünkben nem szárba indult állományról volt szó.

Gyökérvizsgálatok

A gyökérrzet vizsgálatát az őszi levélszám meghatározással egyidejűleg végeztük. A gyökérnyak vastagságát 37%-kal növelte ($P=1\%$) az MACC-612 nagyobb dózisu (0,1%) kezelése, míg az MACC-430 0,1%-os, valamint az MACC-612-es törzs Wuxal® kombinációja átlagosan 26,5%-kal ($P=5\%$) növelte a gyökérnyak átmérőjét. Az MACC-612-es törzs mindkét koncentrációjú kezelése, valamint az MACC-430-as törzs 0,03%-os szuszpenziója $P=5\%$ -os szinten növelte a gyökérrzet hosszúságát a kontrollhoz képest. Az MACC-612-es törzs 0,03%-os, valamint Wuxal® Boronnal készített kombinációja, az MACC-430 mindkét dózisu kezelése szignifikánsan ($P=1\%$) több gyökérelágazást eredményeztek a kontrollhoz viszonyítva, ugyanakkor az MACC-612 0,1%-os kezelése $P=5\%$ -os szinten növelték a fő gyökérelágazások (3 mm átmérőnél vastagabb) számát.

A hagyományos kezeléssorozat nem okozott bizonyítható változást a gyökérszétel hosszának és elágazásainak számában. A gyökérszétel friss tömegét nem növelték szignifikánsan a kezelések a kontrollhoz viszonyítva. A méréseket követően minden gyökérmintát 106 °C-on tömegállandóságig (4 nap) szárítottunk. Az eredmények azt mutatták, hogy az MACC-430-as törzs mindkét koncentrációjú kezelése, P=0,1%-os szinten növelte a száraz gyökértömeget.

Az MACC-612-es cianobaktérium 0,03% és 0,1% koncentrációjú, valamint Wuxal® Boronnal kombinált permetezései 41, 35, illetve 41%-kal (P=1%) növelték a száraz gyökértömeget a kontroll parcellákhoz képest, ami hozzájárulhatott a jobb teleléshez (5. táblázat).

5. táblázat. A repce gyökérvizsgálatok eredményei
(Mosonmagyaróvár, 2010. 12. 13.)

Kezelések (1)	Gyökér (2)				
	Nyak átmérője (mm) (3)	Hossza (cm) (4)	Elágazások száma (db) (3 mm≤) (5)	Friss tömege (g) (6)	Szárított tömege (g) (7)
Kontroll (8)	9,6	18,10	13,2	4,881	1,761
MACC-612 (0,3 g/l)	12,0	22,72*	18,4**	5,580	2,385**
MACC-612 (1 g/l)	13,2**	22,10*	17,4*	5,818	2,350**
MACC-430 (0,3 g/l)	11,9	22,62*	18,2**	6,243	2,718***
MACC-430 (1 g/l)	12,1*	20,20	18,9**	5,786	2,699***
MACC-612 (1 g/l) Wuxal® Boron	12,2*	21,31	19,0**	5,452	2,351**
Route®, Folicur® Solo, Wuxal® Boron	10,5	17,13	14,2	4,983	1,243(-)

Megjegyzés: P***=0,1%; P**=1%; P*=5%

Table 5. The results of root investigations of rape (Mosonmagyaróvár, 13. 12. 2010). (1) Treatments, (2) Root, (3) Root collar (mm), (4) Length (cm), (5) Side junctions (pcs), (6) Fresh weight, (7) Dry weight, (8) Control, Note: P***=0.1%, P**=1%, P*=5%

A sikeres telelés javításában fontos szerepet töltenek be a különféle regulátorok is (Antal és Jolánka 2008). Ezek nagy többsége fungicid készítmény,

amely egyben segíti a gombás eredetű megbetegedések leküzdését is. Az azol hatóanyagú regulátorok jelentős hatással vannak a növény növekedésében fontos szerepet játszó gibberelin szintézisére, illetve annak anyagcsere-folyamataira (*Net4*). Hatásukra csökken a növény hosszanti növekedése, így a repce által megtermelt energia a gyökérszövet fejlődésére fordítódik (*Net5*). A gyökérszövet vastagsága, fejlettsége meghatározza a növény víz- és tápanyag-felvevő képességét. A fejletlen gyökérszettel rendelkező növény télállósága gyengébb, fogékonyabb a gombás eredetű betegségekre. Általánosságban elmondható, hogy a kifejlett, erős gyökérszettel telelő állomány a tavaszi, esetleg szárazabb periódus alkalmával is sikeresen fejlődik, stressz tűrő képessége nagyobb.

Az auxin:kinetin arány növelése szövettenyészetekben serkenti a gyökérszövet képződést (*Ördög és Molnár 2009*). Az MACC 612-es törzs jobban hatott a kezelt növények gyökérszövetének átlagos hosszúságára, míg az MACC-430-as zöldalga a gyökérszövet elágazásainak számát, illetve a száraz gyökértömeget növelte hatékonyabban. Feltehető, hogy a két törzs növényi hormon tartalma befolyásolta kedvezően a repce gyökérszövet képződését. A repce 4–6 leveles fejlettségénél kipermetezett növekedésszabályozó készítmények hatására nemcsak a télállóság javult, hanem tavasszal több oldalhajtás is képződik. Az oldalhajtások számának növekedésével növekszik a becőszám, így a termés mennyisége emelkedik (*Net6*).

A második és harmadik kezelést követően a betakarításig az egyes fenológiai fázisokban a kezelések nem voltak hatással sem a virágzás kezdetére, sem annak lefolyására. A repce érése minden kísérleti parcellában azonos időben kezdődött, ám a kontrolltól eltérően a magok pergeése az MACC-612 és a MACC-430-as törzsszel kezelt növényeknél minimális volt.

Becővizsgálatok

A növényenkénti összes becőszámot, a hagyományos kezeléssorozattól eltekintve minden kezelés $P=0,1\%$ -os szinten növelte a kezelt parcellákhoz viszonyítva. A szántóföldi vizsgálatok bizonyították, hogy az MACC-612-es törzs mindkét koncentrációjú kezelése jobban hatott a vegetatív fejlődésre, mint az MACC-430-as törzs, illetve a hagyományos és a cianobaktériummal kombinált kezelések. Mivel az MACC-612 $0,1\%$ -os szuszpenziójával kezelt növényeknél átlagosan kétszer több elágazást számoltunk, ami azt eredményezte, hogy a mikroalgával kezelt növényeken közel kétszer több becő fejlődött ki, mint a kezeltlen növényeken. *Kádár (2008)* szerint negatív kapcsolat van a tőszám és az

elágazások száma, a becőszám és a becőnkénti magszám, a magszám és az ezer-mag tömeg, valamint a mag olaj- és fehérje%-a között.

A becők vizsgálatával megállapítottuk, hogy minden mikroalga-tartalmú kezelés szignifikánsan növelte a becők hosszúságát a kontroll parcellához viszonyítva (6. táblázat).

6. táblázat. A becővizsgálatok eredményei
(Mosonmagyaróvár, 2011. 06. 20.)

Kezelések (1)	Becő (2)				
	Száma/ növény (db) (3)	Hossza (cm) (4)	Össz- tömege (g) (5)	Mag-száma (db) (6)	Mag- tömege (g) (7)
Kontroll (8)	223	6,77	0,149	20,8	0,090
MACC-612 (0,3 g/l)	524***	7,72**	0,184*	24,9**	0,103
MACC-612 (1 g/l)	533***	7,41*	0,189*	23,5*	0,116
MACC-430 (0,3 g/l)	475***	7,86***	0,205**	27,8***	0,129**
MACC-430 (1 g/l)	435***	7,30	0,175	22,7	0,107
MACC-612 (1 g/l)	447***	7,44*	0,201**	24,9**	0,123*
Wuxal® Boron					
Route®, Folicur® Solo, Wuxal® Boron	237	7,16	0,160	23,3	0,093

Megjegyzés: P***=0,1%; P**=1%; P*=5%

Table 6. The results of pod investigations (Mosonmagyaróvár, 20. 06. 2011). (1) Treatments, (2) Pod, (3) Number/plant (pcs), (4) Length (cm), (5) Total weight of pod (g), (6) Number of seeds (pcs), (7) Weight of seed in the pod (g), (8) Control, Note: P***=0.1%, P**=1%, P*=5%

Az MACC-430 0,03% dózisu kezelései 16%-kal (P=0,1%), míg az MACC-612-es 0,1% szuszpenziója és a Wuxal® Boronnal kombinált kezelései P=5%-os szinten szignifikánsan növelték a becőhosszúságot. Az MACC-612-es törzs 0,03% koncentrációjú kezelései P=1% szignifikáns becőhosszúság-növekedést eredményeztek. A mikroalgás kezeléseket hatással voltak a becők össztömegére, a becőnkénti magszámra, és a magok becőnkénti tömegére is. Az MACC-612 mindkét dózisu kezelése P=5%, míg a Wuxal® Boronnal kombinált és az MACC-430

alacsonyabb dózisu (0,03%) kezelései $P=1\%$ -os szinten növelték a becők átlagos össtsömeget. A becőkben található magok száma az MACC-430 alacsonyabb (0,03%) dózisu kezeléseit követően 33%-kal nőtt ($P=0,1\%$), míg a 612-es törzs 0,03%-os, és a Wuxal® Boronnal alkotott kombinációja 20%-kal növelte a magszámot ($P=1\%$) a kezeletlen növényekhez viszonyítva. Az MACC-612 0,1%-os, valamint a hagyományos kezeléssorozat $P=5\%$ -kal növelték a becőnkénti magszámot, míg az MACC-430-as mikroalga 0,1%-os kezelései nem okoztak szignifikáns változást a becők magszámában, a kontrollhoz viszonyítva. Az MACC-612-Wuxal® kombinált kezelései közel 36%-kal növelték ($P=5\%$) az egy becőben található magok össtsömeget a kontrollhoz viszonyítva. Az MACC-430 0,03%-os szuszpenziója $P=1\%$ szignifikáns becőnkénti magtömeg növekedést okozott (43%). A többi kezelés nem eredményezett szignifikáns változást.

Terméseredmények

A kezelések hatására szignifikánsan igazolható termésnövekedést nem tudunk kimutatni, bár az MACC-612 cianobaktérium (0,03%), a cianobaktérium Wuxal® Boron kombinációja és az MACC-430 0,03% szuszpenziója termésnövekedést eredményezett. Az ezermag tömeget az MACC-612 0,1%-os, valamint a Wuxal® Boronnal kombinált kezelései, illetve az MACC-430 0,03%-os kezelései szignifikánsan ($P=5\%$), átlagosan 15–25%-kal növelték (7. táblázat).

A magok átlagos olaj- és víztartalma szignifikánsan nem változott a kezelések hatására. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy ha az elsőként beérett becőkhez időzítjük a betakarítást, akkor a később érő becők nem érnek be teljesen, ezért kevesebb termést és olajat adnak. Ha akkor aratjuk a táblát, amikor az összes becő elérte a biológiai érettséget, a korábban beérett becők jelentős része a betakarítás idejére már felnyílik, a szemek kiperegnek (*Net6*). Feltételezhető, hogy egy későbbi időpontban elvégzett betakarítás a terméseredmények, valamint a beltartalmi mutatók kontrolltól való jelentősebb eltérését eredményezték volna.

A második kísérleti év terméseredményei és a magok ezermag tömege, valamint olaj- és víztartalma az első kísérleti évhez hasonlóan alakult (8. táblázat). Az MACC-430 0,03% dózisu kezelése mindkét évben szignifikánsan ($P=5\%$) növelte az ezermag tömeget. A két algatörzs 0,03% koncentrációja mindkét esztendőben jelentősen, de nem szignifikánsan növelte az összes és az olajban kifejezett termésmennyiséget.

7. táblázat. Az „Orlando” hibrid repce terméseredményei és beltartalmi mutatói
(Mosonmagyaróvár, 2011. 06. 20.)

Kezelések (1)	Ezermag- tömeg (g) (2)	Termés (t/ha) (4)	Olaj (t/ha) (5)	Magok (3)		
				Nedves olaj- tartam (%) (6)	Száraz olaj- tartam (%) (7)	Víztartam (%) (8)
Kontroll (9)	3,87	2,3	1,04	45,28	49,9	9,3
MACC-612 (0,3 g/l)	4,56	2,6	1,16	44,63	49,2	9,3
MACC-612 (1 g/l)	4,85*	2,4	1,08	45,50	50,1	9,2
MACC-430 (0,3 g/l)	4,81*	2,6	1,13	43,58	48,3	9,8
MACC-430 (1 g/l)	4,47	2,3	1,02	44,88	49,5	9,3
MACC-612 (1 g/l)	4,86*	2,6	1,17	45,15	49,7	9,2
Wuxal® Boron						
Route®, Folicur® Solo, Wuxal® Boron	4,53	2,3	1,02	44,75	49,4	9,4

Megjegyzés: P***=0,1%; P**=1%; P*=5%

Table 7. Yield and nutritional assessment of winter oilseed rape „Orlando” (Mosonmagyaróvár, 20. 06. 2011). (1) Treatments, (2) Thousand seed weight, (3) Seeds, (4) Yield, (5) Oil, (6) Oil content of fresh seed, (7) Oil content of dry seeds, (8) Water content, (9) Control, Note: P***=0.1%, P**=1%, P*=5%

Következtetések

A repce korai (4–6 leveles) mikroalgás kezelése szignifikánsan növelte a növények leveleinek szénanyag- és szárazanyag-tartalmát, ami hatással volt a növények további fejlődésére. Az MACC-612 0,03% és 0,1% dózisú kezeléseinek hatására a repce erőteljesebb vegetatív részt, nagyobb lombzatot és hosszabb gyökérzetet fejlesztett, míg az MACC-430-as törzs kezelése a gyökérzet elágazásainak számát és a száraz gyökértömeget növelték a kezeletlen parcella növényeihez viszonyítva. A sikeres teletést követően a mikroalgával kezelt állományok, kora tavasszal erőteljes gyökérzetüknek és lombzatuknak köszönhetően, 4–5 nappal korábban szökkennek szárba, azonban a zöldbimbós állapotot a kezeletlen növényekkel közel azonos időben érték el.

8. táblázat. Az „Orlando” hibrid repce terméseredményei és beltartalmi mutatói
(Mosonmagyaróvár, 2013. 06. 06.)

Kezelések (1)	Ezermag- tömeg (g) (2)	Termés (t/ha) (4)	Olaj (t/ha) (5)	Magok (3)		
				Nedves olaj- tartam (%) (6)	Száraz olaj- tartam (%) (7)	Víztartam (%) (8)
Kontroll (9)	4,22	2,1	0,96	45,70	50,39	9,2
MACC-612 (0,3 g/l)	4,51*	2,7*	1,16	44,75	49,00	9,2
MACC-612 (1 g/l)	4,40	2,4	1,08	45,23	49,80	9,2
MACC-430 (0,3 g/l)	4,52*	2,6	1,14	44,23	49,25	10,2*
MACC-430 (1 g/l)	4,28	2,4	1,07	44,55	49,17	9,4
MACC-612 (1 g/l) Wuxal® Boron	4,30	2,3	1,02	44,48	49,25	9,7
Route®, Folicur® Solo, Wuxal® Boron	4,37	2,3	1,02	44,40	49,44	10,2*

Megjegyzés: P***=0,1%; P**=1%; P*=5%

Table 8. Yield and nutritional assessment of winter oilseed rape „Orlando” (Mosonmagyaróvár, 06. 06. 2013). (1) Treatments, (2) Thousand seed weight, (3) Seeds, (4) Yield, (5) Oil, (6) Oil content of fresh seed, (7) Oil content of dry seeds, (8) Water content, (9) Control, Note: P***=0.1%, P**=1%, P*=5%

A virágzás és az érés egyenletes volt. A mikroalgával kezelt állományok növényeiben megfigyeléseink alapján a becők pergése közel sem volt olyan jelentős, mint a kontroll, vagy a hagyományos termesztéstechnológiai eljárással kezelt növényeknél. A tavaszi kezelések pozitívan hatottak a növények vegetációs felületére és az egyes terméselemekre is. Az MACC-430 0,03%-os kezelés hatására szignifikánsan növekedett ($P=0,1\%$) a becők hosszúsága és tömege ($P=1\%$), a becőkben található magok száma ($P=0,1\%$) és tömege ($P=1\%$), valamint a magok ezermag tömege ($P=5\%$), amely pozitívan hatott az összes termés mennyiségre. Az MACC-430-as törzs 0,1%-os kezelése a tavaszi időszakban csak néhány esetben bizonyultak hatásosnak, de a hagyományos termesztéstechnológiai eljárásoknál is gyakran elmaradt a várható pozitív hatás. Az MACC-612 0,1%-os kezelése szignifikánsan növelte a becőhosszúságot, a becők össz-

tömegét, a becőnkénti magszámot és a magtömeget, valamint az ezermag tömeget, míg a törzs Wuxal® Boronnal készített kombinációja tendenciájában növelte az összes termés mennyiségét. Az MACC-612 0,03% dózisu kezelése hatására a repce vegetatív felülete növekedett, ami pozitívan hatott a becők hosszúságára, a becők össztömegére, valamint a becőnkénti magszámra, és az összes termés mennyiségére, azonban a becőnkénti magtömeget, az ezermag tömeget szignifikánsan nem befolyásolta. A két éves kísérletsorozat eredményei szerint, az MACC-612 0,03% koncentrációjú, illetve kombinált kezelése, valamint az MACC-430 0,03%-os szuszpenziója kedvezően befolyásolták a repce növekedését és fejlődését, növelték a termés mennyiségét.

Irodalom

- Antal J.–Jolánkai M.*: 2008. Növénytermesztés tan 2. Olaj- és ipari növények termesztése. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Berczki K.–Báldi A.*: 2011. A biológiai védekezés hazai és nemzetközi trendjei. Biokontroll. 1. 1: 1.
- Billard, V.–Etienne, P.–Jannin, L.–Garnica, M.–Cruz, F.–Garcia-Mina, J. M.–Yvin, J. C.–Ourry, A.*: 2013. Two Biostimulants Derived from Algae or Humic Acid Induce Similar Responses in the Mineral Content and Gene Expression of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). Journal of Plant Growth Regulation. 33: 305–316.
- Bussay A.–Szinell Cs.–Szentimrey T.*: 1999. Az aszály magyarországi előfordulásának vizsgálata és mérhetősége. Éghajlati és agrometeorológiai tanulmányok (7). OMSZ. Budapest.
- Cleland, R. E.*: 1987. Auxin and cell elongation. [In: Davies, P. J. (ed.) Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development.] Martinus Nijhoff Publishers. Boston. 132–148.
- den Boer, B. G. W.–Murray, A. H.*: 2000. Triggering the cell cycle in plants. Trends Cell Biol. 245–250.
- Erdei L.*: 2008. A növekedés és fejlődés intercelluláris szabályozása. Növényi hormonok. Növényélettan, Növekedés és fejlődésélettan. Jatepress. Szeged.
- Ferreira, M. I.–Lourens, A. F.*: 2002. The efficacy of liquid seaweed extract on the yield of canola plants. South African Journal of Plant and Soil. 19. 3: 159–161.
- Jacobs, W. P.–Falkenstein, K.–Hamilton, R. H.*: 1985. Nature and amount of auxin in algae: IAA from extracts of *Caulerpa paspaloides* (Siphonales). Plant Physiol. 78. 4: 844–848.

- Jannin, L.–Arkoun, M.–Etienne, P.–Goux, P. L. D.–Garnica, M.–Fuentes, M.–San Francisco, S.–Baigorri, R.–Cruz, F.–Houdusse, F.–García-Mina, J. M.–Yvin, J. C.–Ourry, A.: 2012. *Brassica napus* Growth is Promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Seaweed Extract: Microarray Analysis and Physiological Characterization of N, C, and S Metabolisms. *Journal of Plant Growth Regulation*. 32: 31–52.
- Kádár I.: 2008. A repce tápanyagigényéről és műtrágyázásáról. *Agrofórum*. 19. 7: 22.
- Khan, W.–Rayirath, U. P.–Subramanian, S.–Jithesh, M. N.–Rayorath, P.–Hodges, D. M.–Critchley, A. T.–Craigie, J. S.–Norrie, J.–Prithiviraj, B.: 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth. Regul.* 28: 386–399.
- Nain, L.–Rana, A.–Joshi, M.–Jadhav, S. D.–Kumar, D.–Shivay, Y. S.–Paul, S.–Prasanna, R.: 2010. Evaluation of synergistic effects of bacterial and cyanobacterial strains as biofertilizers for wheat. *Plant Soil*. 331: 217–230.
- Net1: 2013. http://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarország/
- Net2: 2013. [file:///C:/Users/J%C3%A1cint/Downloads/repce%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/J%C3%A1cint/Downloads/repce%20(1).pdf)
- Net3: 2012. <http://www.farmit.hu/partnerek-szakmai-cikkei/szantofold/ho-fogsagabol-szabadulo-repceallomanyok-megitelese-allomanymustra-es-tavaszi-strategia>
- Net4: 2014. <http://regihonlap.agroforum.hu/archivum/agroforum-2004-julius>
- Net5: 2014. http://www.agro.basf.hu/agroportal/hu/hu/repcesz/szaktanacsok/szaktanacsok_26.html
- Net6: 2013. http://agronaplo.hu/files/file/2013/Nufarm_repce_2013.pdf
- Novák B.: 1998. Sejtbiológia biomérnökök számára, BME Mezőgazdasági Kémiai Technológia Tanszék. Budapest.
- Ogunlela, V. B.–Kulmann, A.–Geisler, G.: 1989. Leaf Growth and Chlorophyll Content of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) as Influenced by Nitrogen Supply. *J. Agronomy & Crop Science*. 163: 73–89.
- Ördög V.–Molnár Z.: 2009. Növényélettan. Az Agrármérnöki MSc szak tananyag-fejlesztése TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt.
- Ördög, V.–Stirk, W. A.–van Staden, J.–Novák, O.–Strnad, M.: 2004. Endogenous cytokinin in three genera of microalgae from the Chlorophyta. *J. Phycol.* 40. 1: 88–95.
- Rodgers, G. A.–Bergman, B.–Henriksson, E.–Urdis, M.: 1979. Utilization of blue-green algae as biofertilizers. *Plant Soil*. 52: 99–107.
- Sergeeva, E.–Liaimer, A.–Bergman, B.: 2002. Evidence for production of the phytohormone indole-3-acetic acid by cyanobacteria. *Planta*. 215. 2: 229–238.
- Stirk, W. A.–Bálint, P.–Tarkowská, D.–Novák, O.–Strnad, M.–Ördög, V.–van Staden, J.: 2013. Hormone profiles in microalgae: gibberelins and brassinosteroids. *Plant. Physiol. and Biochem.* 70: 348–353.

- Stirk, W. A. – Ördög, V. – Rolčík, J. – Novák, O. – Strnad, M. – Bálint, P. – van Staden, J.:* 2013. Auxin and cytokinin relationships in 24 microalgal strains. *Journal of Phycology*. 49. 3: 459–467.
- Thimann, K. V.:* 1936. Auxins and the growth of roots. *Am. J. Bot.* 23: 561–569.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

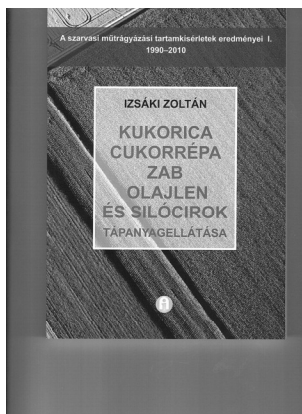
*Tóth Jácint – Dr. Ördög Vince
Széchenyi István Egyetem MÉK
Növénybiológiai Intézet
Mosonmagyaróvár
Kolbai Károly u. 8.
H-9200
*ing.jacint.toth@gmail.com

Dr. Gergely István
Széchenyi István Egyetem MÉK
Növénytermesztéstani Intézet
Mosonmagyaróvár
Vár 2.
H-9200

KÖNYVISMERTETÉS

Book reviews

Izsáki Zoltán: „A szarvasi műtrágyázási tartamkísérletek eredményei I. (1990–2010)
Kukorica, cukorrépa, zab, olajlen és silócirok tápanyagellátása”
(Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, 299 p.)



A hazai növénytermesztési és agrokémiai kutatások eredményeire épülő trágyázási ajánlások és szaktanácsadási rendszerek több mint száz éves múlt-
ra tekintenek vissza és magukba foglalják mindazon tudományos és gyakorlati
ismereteket, melyek a kor egy adott szakaszáig felhalmozódtak. A növénytáp-
lálás komplex tudományos ismeretek szintézisére alapozódik, elválaszthatatlan
az agrokémiai, a növényélettani, a talajtani és a növénytermesztési tudomány
fejlődésétől, azok új tudományos eredményeitől. Az agrárkutatás igényli a ki-
tekintést, a távlatot mind térben, mind időben. Sikere alapvetően nem az eset-
leges szerencsén, hanem a hosszú távú és előretekintő kísérletezésen múlik. A
trágyázási szaktanácsadás fejlesztésében alapvető tudományos háttérrel adnak

a hazai műtrágyázási tartamkísérletek. A tartamkísérletek nemzeti értéket képviselnek az agrár- és környezetgazdálkodás számára.

A Szarvasi Műtrágyázási Tartamkísérleteket 1989-ben állították be 4–4 N-, P- és K-ellátottsági szinten, 64 trágyázási kezeléssel és évente négy növényvel. A kutatási ciklus két évtizede alatt 10 szántóföldi kultúra szerepelt a tartamkísérletben. A kutatási eredményeket és tapasztalatokat összefoglaló könyv első kötete öt növény, a kukorica, cukorrépa, zab, olajlen és silócirok tápanyag-ellátásával foglalkozik. Az olvasó egy logikus felépítésű, gondosan összeállított, komplex szemléletű, élvezetes stílusú szakmai igényességgel megírt könyvet vehet a kezébe. A klasszikus talajtermékenységi – agrokémiai – növény-táplálási kutatási eredmények igazi tárházára bukkanhat ebben a munkában.

Az okszerű tápanyagellátás nem nélkülözheti, hogy egzakt szántóföldi kísérletek alapján minél több ismeretet szerezzünk talajaink tápanyag-szolgáltató képességéről. A könyv 20 kísérleti év részletes talaj- és tápelemfelvételi vizsgálati és tápelemforgalmi számításai alapján jellemzi a csernozjom réti talaj tápelem-szolgáltatását. Ismerteti a N-, P- és K-műtrágyázás hatását a talaj tápelem-tartalmának változására, a $\text{NO}_3\text{-N}$ felhalmozódására és kimosódására. Napjainkban a genetikai haladás, a fajtaváltás jelentősen felgyorsult a szántóföldi növénytermesztésben. A nagyobb termőképességű és kedvezőbb harvest indexű fajták termesztésbe vonása magával hozta, hogy változás mutatható ki egyes növényfajoknál a fajlagos tápelemfelvételében. A tartamkísérlet részeként végzett tápelemforgalmi vizsgálatok részletes adatokat közölnek a kísérleti növények tápelemfelvételére és annak dinamikájára.

A trágyázási szaktanácsadás fejlesztésének ma is fontos eleme a szántóföldi termőhelyek tápelem-ellátottsági határértékeinek pontosítása, figyelemmel az egyes növénycsoportok, illetve növényfajok tápelemigényére. Ilyen típusú vizsgálatokra azon kísérletek alkalmasak amelyek kalibrációs jellegűek és képesek kimutatni a talaj tápanyag-ellátottsága és a termés hozam közötti kapcsolatot. A szarvasi kísérletek metodikája ezt lehetővé teszi és választ ad arra, hogy milyen tápanyag-ellátottsági szintig számíthatunk termés hozam növekedésre, jobb termés minőségre és hol következhet be termésdepresszió és minőségromlás. A korszerű növénytermesztés olyan trágyázási gyakorlatot szándékozik alkalmazni, mely környezetkárosítás nélkül biztosítja a növény tápanyagigényének kielégítését gazdaságos termésszint és jó termékminőség elérésével. A könyv egyes fejezetei ehhez hasznos támpontot nyújtanak, ismertette az egyes növényeknél a trágyázás termés hozam és minőség kapcsolatát.

A tudományos alapokon nyugvó trágyázási szaktanácsadási rendszernek szerves része a diagnosztikai célú növényanalízis, mely alkalmas a növény tápláltsági állapotának megállapítására, abszolút vagy relatív tápelemhiány vagy -túlsúly kimutatására, rejtett táplálkozási zavarok feltárására, és a trágyázási gyakorlat ellenőrzésére. A tenyészidőszakban végzett növényanalízis e feladatnak csak akkor tud eleget tenni, ha a növény tápláltsági állapotát jellemző tápelem-ellátottsági határértékek megbízhatóan kalibráltak. A tartamkísérletekben végzett növényelemzések nagy tömegű adatbázisának értékelése alapján ismerteti a szerző a vizsgált növények kielégítő tápelem-ellátottságának határértékeit összevetve a hazai és nemzetközi adatokkal.

A Szarvasi Műtrágyázási Tartamkísérleteket jelentős hazai és nemzetközi kutatási programok támogatták. A könyv igen komoly szakmai értéket képviselő, hiánypótló munka, amely hazai és nemzetközi vonatkozásban is fontos tudományos és gyakorlatban is jól hasznosítható eredményeket tesz közzé, kiegészítve azokat széleskörű irodalmi eredményekkel és ismeretekkel. E kísérleti eredmények, adatok, tények nem avulnak el. Értékük inkább nőhet az idővel. Beépülve szakmai tudatunkba és a szaktanácsadási gyakorlatba racionálisabb gazdálkodást eredményezhetnek. A kiadvány ajánlható az oktatás, a kutatás, a szaktanácsadás és a termelés területén dolgozó, növénytáplálás iránt érdeklődő szakemberek számára.

Kádár Imre



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
