

Crop
Production

HERMAN OTTÓ INTÉZET

NÖVÉNYTERMELÉS

64. kötet | 3. szám | 2015. szeptember

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Tormafajták és változatok
(*Armoracia lapathifolia*
GILIB) fehérsömör (*Albugo
candida* (Pers.) KUNTZE)
toleranciája

Hatások és kölcsönhatások
elemzése NPK műtrágyázási
tartamkísérletben silócirok
(*Sorghum bicolor* (L.)
Moench) jelzőnövénnyel

Nitrogén és réz közötti
kölcsönhatások szabadföldi
tartamkísérletben őszi árpa
kultúrában

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.
4015 Debrecen, Pf. 36.
Telefon: (06 52) 508-310
Fax: (06 52) 508-460
E-mail: novenytermeles@agr.unideb.hu
szelesne@agr.unideb.hu

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

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.agrarlapok.hu
www.nakvi.hu

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

ISSN 0546-8191
Növényterm 64 (2015) 3
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

64. kötet, 3. szám, 2015. szeptember

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

Z. BERZSENYI, M. BIRKÁS, L. BLASKÓ, CS. GYURICZA, K. INUBUSHI,
Z. IZSÁKI, M. JOLÁNKAI, T. KISMÁNYOKY, 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. Csajbók József
ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Irinyiné Oláh Katalin</i> : Tormafajták és változatok (<i>Armoracia lapathifolia</i> GILIB) fehérsömör (<i>Albugo candida</i> (Pers.) KUNTZE) toleranciája	5
<i>Izsáki Zoltán – Németh Tamás</i> : Hatások és kölcsönhatások elemzése NPK műtrágyázási tartamkísérletben silócirok (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) jelzőnövényel	25
<i>Kádár Imre – Csathó Péter</i> : Nitrogén és réz közötti kölcsönhatások szabadföldi tartamkísérletben őszi árpa kultúrában	45
<i>Pepó Péter – Murányi Eszter</i> : Tenyésztésterület vizsgálatok eltérő genotípusú kukorica (<i>Zea mays</i> L.) hibrideknél	59
<i>Varga-Haszonits Zoltán – Tar Károly – Lantos Zsuzsanna – Varga Zoltán</i> : Párolgási formulák összehasonlítása a mosonmagyaróvári meteorológiai állomás adatai alapján	77

CONTENTS

<i>K. Irinyiné Oláh</i> : White rust (<i>Albugo candida</i> (Pers.) KUNTZE) tolerance of horseradish (<i>Armoracia lapathifolia</i> GILIB) breeds and varieties	5
<i>Z. Izsáki – T. Németh</i> : Analysis of effects and interactions in a NPK fertilisation long-term experiment with sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) as indicator plant	25
<i>I. Kádár – P. Csathó</i> : Interactions between nitrogen and copper in a long-term field experiment in winter barley	45
<i>P. Pepó – E. Murányi</i> : Growing area examinations of maize (<i>Zea mays</i> L.) hybrids of different genotype	59
<i>Z. Varga-Haszonits – K. Tar – Zs. Lantos – Z. Varga</i> : Comparison of evapotranspiration calculation methods based on the data of Mosonmagyaróvár	77

СОДЕРЖАНИЕ

К. Ирине Олах: Толеранция сортов хрена и их разновидностей (<i>Armoracia lapathifolia</i> GILIB) к белой ржавчине (<i>Albugo candida</i> (Pers.) KUNTZE)	5
3. Ижаки – Т. Немет: Анализ влияний и взаимовлияний искусственных удобрений NPK в продолжительном опыте с растением-индикатором силосное сорго (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench)	25
И. Кадар – П. Чато: Взаимодействие азота и меди в грунтовом продолжительном опыте в культуре озимый ячмень	45
П. Пепо – Е. Мурани: Исследования площади выращивания кукурузных гибридов различных генотипов (<i>Zea mays</i> L.)	59
3. Варга-Хасонити – К. Тар – Ж. Лантош – З. Варга: Сравнение формул испарения на основе данных метеорологической станции в г. Мошонмадьяровар	77

Tormafajták és változatok (*Armoracia lapathifolia* GILIB) fehérsömör (*Albugo candida* (Pers.) KUNTZE) toleranciája

IRINYINÉ OLÁH KATALIN

Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Nyíregyháza

Összefoglalás

A torma egyik legjelentősebb levélbetegsége a fehérsömör, melyet az *Albugo candida* növénypatogén gomba okoz. Jelenléte növényvédelmi beavatkozás nélkül komoly kárt okoz a hajdú-bihari termesztő táj tormásaiban. A kórokozóval szemben ellenálló fajták használatával a növényvédelem eredményesebben elvégezhető, vagy akár el is hagyható. 2014 őszén 20 torma fajta, illetve változat *Albugo candida* fogékonyságát vizsgáltuk. A kísérleti anyagot úgy választottuk ki, hogy a magyar, dán, brassói, spreewaldi alakkörök mindegyike képviselve legyen és ilyen vonatkozásban is összevethessük a fajtákat. A lombfertőzést fajtánként, változatonként 10–10 véletlenszerűen kiválasztott levélen mértük fel. A levél közepére helyezett 10×10 cm-es keretben megszámláltuk a fertőzési foltokat és lejegyeztük azok méretét. Elsődleges cél az infekció felmérése volt, de próbáltunk összefüggést keresni a tünetek mérete és mennyisége között is. A fertőzött növényi anyagról preparátumot készítettünk a kórokozó identifikálása céljából. A tormafajták és változatok *Albugo candida*-val szembeni toleranciáját 50–50 sporangium méretének meghatározásával próbáltuk megállapítani. A gomba patogenitását nedveskamrás kórtani vizsgálattal igazoltuk. A szabadföldi megfigyeléseket a NYF MATI bemutató kertjében, a laboratóriumi vizsgálatokat az NYF MATI Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Tanszék laboratóriumában végeztük.

Megfigyeléseink szerint az *Albugo candida* gomba a levelek fonákán enyhén kiemelkedő, fehér, habra emlékeztető különböző méretű és szabálytalan alakú foltokat idéz elő. A fertőzés a vizsgált torma fajtáknál és változatoknál eltérő mértékű volt, a különbségek az alakköröknél is jól kirajzolódtak. A Danvit és Norda fajták, az Eperjesi-1 és a Westsik-telepi 5-ös változatok levelét az *Albugo candida* egyáltalán nem fertőzte.

A Szakácsi változat közepes, a Pózna fajta és Pellérdi változat erős mértékben fertőzöttek. A többi tormafajta és változat levelét a vizsgált gomba alig vagy gyengén támadta meg.

Legkevésbé a dán alakkör fajtái és változatai fertőződnek, leginkább a spreewaldi típusú tormák. A fertőzési foltok mérete tűszúrásnyitól (ami egyetlen sporangium telepnek felel meg) 20 mm átmérőig változott. Nagyobb tünetek inkább a dán alakkörbe tartozó fajták/változatok levelén fordultak elő, a tűszúrásnyiak a spreewaldi fajtákra/változatokra jellemzőek, de egyértelmű összefüggést a telepegyüttesek száma és mérete, valamint a foltok mérete és az alakkörök között nem találtunk. A konídiumok méretében fajtánként, változatonként tapasztaltunk különbséget, de az nincs összefüggésben sem az alakkörökkel, sem a fajták, változatok fertőzésének mértékével.

Kulcsszavak: torma (*Armoracia lapathifolia*), *Albugo candida*, fajta, alakkör, tolerancia

White rust (*Albugo candida* (Pers.) KUNTZE) tolerance of horseradish (*Armoracia lapathifolia* GILIB) breeds and varieties

K. IRINYINÉ OLÁH

College of Nyíregyháza, Technical and Agricultural Faculty,
Department of Agricultural Science and Environmental Management, Nyíregyháza

Summary

White rust is one of the most important diseases of horseradish caused by the fungus *Albugo candida*. The presence of the fungus without chemical control causes serious damage to the plantations of Hajdú-Bihar country. Chemical control can be more efficient or even omitted by planting resistant varieties. In the autumn of 2014, we studied the susceptibility of 20 horseradish varieties and breeds for *Albugo candida*. The experimental material was selected to represent the four morphological complexes, i.e. “magyar” (Hungarian), “dán” (Danish), “brassói” (Brasov) and “spreewaldi” (Spreewald). This way we could compare not only the varieties but also the different morphological complexes. Foliar infection was assessed on 10 randomly selected leaves in each variety. A 10×10 cm frame was placed on the leaf, then we counted and recorded the number of infection stains and their size. The primary objective was to assess the infection, but we tried to find a relationship between the size and amount of contamination

spots. Preparations were made for the purpose of identification of the pathogen. The tolerance of horseradish breeds and varieties to *Albugo candida* was examined by measuring the size of 50–50 sporangia stems from infected plants. The pathogenicity of the fungus was confirmed by humid box tests. The field observation was carried out in the study farm of the College of Nyíregyháza, while the laboratory tests were carried out at the Department of Agricultural Sciences and Environmental Management.

We have observed that *Albugo candida* causes white, foam-like, slightly raised spots of various size and irregular shapes on the leaves. The infection can have different levels in different varieties and the differences were shown in the morphological complexes, too. The leaves of Danvit, Norda, Eperjesi-1 and Westsik-telep 5 varieties were not infected with *Albugo candida*. Szakácsi was infected moderately, Pózna and Pellérdi were strongly infected. The fungus infection of the other varieties and strains was weak.

The varieties of “dán” morphological complex got infected least of all, while the varieties of “spreewaldi” became infected the most. The size of spot symptoms ranges from pinprick to 20 mm diameter. The former is typical in the “spreewaldi”, the latter in the “dán” morphological complex, but we found no clear correlation between the number and size of patches of infection. Varieties vary in the size of conidia, but it is not related to either the different morphological complexes, nor the rate of infection.

Key words: horseradish (*Armoracia lapathifolia*), *Albugo candida*, cultivar, morphological complexes, tolerance

Толеранция сортов хрена и их разновидностей (*Armoracia lapathifolia* GILIB) к белой ржавчине (*Albugo candida* (Pers.) KUNTZE)

К. ИРИНИНЕ ОЛАХ

Ниредьхазский Институт, Технический и Сельскохозяйственный Институт,
Ниредьхаза

Резюме

Одной из самых значительных заболеваний листьев хрена является белая ржавчина, которую вызывает растительный патогенный гриб *Albugo candida*. Его присутствие

без вмешательства защиты растений причиняет серьёзный ущерб в выращивании хрена в области Хайду-Бихар (Восточная часть Венгрии). Использование устойчивых к возбудителю болезни сортов проведение защиты растений может быть результативнее, или даже совсем необязательной. Осенью 2014 года исследовали восприимчивость 20 сортов хрена, и разновидностей к *Albugo candida*. Опытный материал выбрали так, чтобы были представлены морфологические комплексы венгерских, датских, брашовских, шпревальдских (spreewaldi) сортов, и можно было бы сравнить их в этом отношении. Заражение листьев по сортам, по разновидностям измеряли на 10 случайно выбранных листьях. В размещённой на середине листа рамке размером 10×10 см сосчитали зараженные пятна и записали их размер. Первая цель была измерение инфекции, но пытались найти и взаимосвязь между размером и количеством симптомов. Из материала заражённых растений изготовили препарат с целью идентификации возбудителя болезни. Толеранцию сортов и разновидностей хрена к *Albugo candida* пытались установить определением размера 50 спорангий. Патогенность гриба подтвердили патологическим исследованием со влажной камерой. Грунтовые наблюдения проводили в демонстрационном саду Института Техники и Аграрных Наук Ниредьхазского Института, лабораторные исследования проводили в лаборатории кафедры Экологического Менеджмента и Аграрных Наук Ниредьхазского Института.

По нашим наблюдениям гриб *Albugo candida* вызывает на нижней поверхности листьев слабо выделяющиеся белые, похожие на пену, пятна различного размера, неправильной формы. Заражение у исследованных сортов и разновидностей было различного размера, различия хорошо обозначились и у морфологических комплексов. Листья сортов «Danvit» и «Norda», «Eperjesi-1» и полевой 5-ой разновидности «Westsik» с *Albugo candida* совсем не заразились. Разновидность «Szakácsi» средне, а сорт «Rózna» и «Pellérdi» сильно заразились. Листья других сортов и разновидностей хрена изучаемый гриб едва или слабо поразил.

Менее всего заразились сорта и разновидности датских морфологических комплексов, в основном хрен шпревальдского типа. Размер пятен заражений изменялся от размера с иглочного острия (что соответствует одной группе спорангий) до 20 mm в диаметре. Большие симптомы встречались в основном на листьях морфологических комплексов датских сортов/разновидностей, пятна размером с острия иголки были характерны для шпревальдских сортов/разновидностей, но однозначную взаимосвязь между числом и размером колонии, а также между размерами пятен и морфологическими комплексами не обнаружили. У конидий по размерам по

сортам, по разновидностям обнаружили различие, но это не связано с размером заражения ни морфологических комплексов, ни сортов, ни разновидностей.

Ключевые слова: хрен (*Armoracia lapathifolia*), *Albugo candida*, сорт, морфологический комплекс, толеранция

Bevezetés

2009-ben az Európai Bizottság felvette a védett elnevezésű termékek Európai Unió listájára a hajdúsági tormát. A hazai kis termőfelület (évente átlagosan mindössze 1300 ha) ellenére e növény termesztése 2000 családnak nyújt megélhetést, és több ezer alkalmi munkavállalónak ad munkát a hajdú-bihari tájegységben. A termesztés eredményességét befolyásolják az időjárási tényezők, a termesztéstechnológia színvonala, a hozzáértő növényvédelem és az értékesítési lehetőségek is. A vetésváltás/vetésforgó hiánya és a speciális technológia következményeként, egyre gyakoribb és súlyosabb mértékben jelentkező növényegészségügyi problémákkal kell szembesülni. A torma lombját károsító és megbetegítő kórokozók elleni védekezés éppolyan jelentőséggel bír, mint az értékesíteni kívánt rizóma egészségének megőrzése. A növényvédelmi beavatkozások mellett egyre nagyobb szerep jut a helyes fajtaválasztásnak.

A torma levelét fertőző *Albugo candida* (Pers.) KUNTZE gombát korábban rendszeresen fellépő (*Dessewffy* 1959, *Hájas* 1976, *Glits* 1993), de komoly kárt nem okozó betegséggként tartották számon. Ma az Amerikai Egyesült Államok tormatermesztő vidékein (*Shehata et al.* 2009) és hazánk hajdú-bihari természetkörzetében is a lomb legjelentősebb és rendszeresen előforduló kórokozójaként írják le (*Dienes és Jobbágy* 1997, *Haraszthy* 2005). A peronoszporafélék családjába tartozó oospóras gomba (*Glits* 1993) csak élő növényi szöveteket támad meg (*Babadoost* 1990).

Gazdanövényei a keresztesvirágúak (*Brassicaceae*) családjába tartozó termesztett növények (főleg torma, retek, repce, de akár a fejeskáposzta is) (*Heffer et al.* 2002) és gyomnövények (pászortortáska) (*Glits* 1993, *Dienes és Jobbágy* 1997).

A köznyelvben fehérsömörként ismert betegség a tormát bármely fejlődési szakaszában képes megfertőzni, de a fiatal növényi szövetekbe sokkal könny-

nyebben behatol, mint az öregekbe (*Babadoost* 1990). A levélen kerekded, enyhén szögletes, több apró részből álló, nagy kiterjedésű fehér, felhólyagosodó foltok formájában jelenik meg, mely telepek az epidermisz felszakadása után krátterszerűvé válnak (*Pintér* 1993). A fertőzés következtében a levelek kanalasodnak, torzulnak, elszáradnak (*Hájas* 1976, *Glits* 1993, *Dienes és Jobbágy* 1997). A maghozó szár és a virágzat meggömbül, a levélnyel megvastagszik, rövidebb lesz (*Glits* 1993). A karógyökér feji részén dudorok jelennek meg, belső szövetei barnulnak, parásodnak (*Dienes és Jobbágy* 1997, *Géczi* 1998). *Kadow és Anderson* (1940) szerint, ha az *Albugo candida* a levélen elhatalmasodik, akkor a főgyökér a korhadásos betegségekre érzékenyebbé válik, húsa kemény és fásodó lesz, sok oldalgöykeret fejleszt.

A fertőzés lefolyásaként a fertőzött növényi részeken tavasszal 5–6 mm átmérőjű sárgászöld foltok, sporangiumtelepek jelennek meg (*Hájas* 1976, *Glits* 1993). Antocián is képződhet, ekkor a levél színén kékeslila foltok láthatók (*Babadoost* 1990, *Géczi* 1998). A szögletes sporangiumtartóról gyöngyszerűen lefüződő sporangiumok epidermisszel fedettek. Az érett sporangiospórák (zoospórák) a felbőrt felszakítva kiszabadulnak (*Glits* 1993, *Dienes és Jobbágy* 1997), a levelek mozgása közben csillóik és víz segítségével új levélre kerülve fertőznek. Nedves közegben 2–3 óra alatt csíratömlőt fejlesztenek és a sztóma-kon át a levélbe jutnak (*Géczi* 1998). Ezt követően a levélszövetek elpusztulnak, nekrotizálódnak (*Babadoost* 1990). A zoospórák a rizóma korona alatti részére lemosódva dudorokat idéznek elő (*Glits* 1993, *Dienes és Jobbágy* 1997, *Géczi* 1998).

A kórokozó áttelelhet a gyökérdugványokban micéliummal, vagy a beteg növényi részekben oospórával (*Hájas* 1976). Előbbi esetben a tavaszi kihajtás során már szisztémikusan fertőzött növényekkel kell számolnunk, melyeken a levelek a normálisnál kisebbek, befelé zsugorodnak, pöndörödnek (*Babadoost* 1990). Ettől nagyobb jelentőséggel bír, ha a kórokozó növényi maradványokon, gyomnövényeken, vadtormán telel át, ahonnan tavasszal, víz segítségével, a levélzetre kerülve fertőz (*Hájas* 1976).

A fertőzés lefolyásához ideális a tavasz és az ősz, amikor sok a csapadék és hűvös (10–15 °C) az idő (*Desseuffy* 1959, *Hájas* 1976, *Glits* 1993, *Dienes és Jobbágy* 1997, *Géczi* 1998). Az őszi fertőzés mindig nagyobb kárt okoz, mivel ilyenkor legerőteljesebb a torma növekedése. Súlyos járvány akkor alakul ki, ha a hűvös, harmatos éjszakákat enyhén felmelegedő nappalok követik (*Babadoost* 1990).

Az *Albugo candida* elleni védekezésnél legfontosabb és leghatékonyabb a fertőzés megelőzése: a keresztesvirágú gyomok és a vadtorma rendszeres irtása, a felhagyott tormaátlák felszámolása, a szisztémikusan fertőzött növények eltávolítása és megsemmisítése, valamint egészséges szaporító anyag használata (Dienes és Jobbágy 1997, Géczi 1998). Termelői tapasztalatok és irodalmi források is megerősítik, hogy az államilag elismert fajták különböznek e körkórokozóra való fogékonyságuk tekintetében. A Danvit fajta, mely morfológiai tulajdonságokban is különbözik a magyar fajtáktól, ellenállóbb e patogén gombával szemben (Géczi 2013).

Célkitűzések:

- torma fajták és változatok, illetve az alakkörök *Albugo candida* okozta lombfertőzésének felmérése szabadföldi körülmények között;
- kórokozó azonosítása spóramorfológia alapján;
- a kórokozó gomba patogenitásának igazolása;
- vizsgált tormafajták és változatok, valamint a négy torma alakkör (ld. Anyag és módszer fejezet) kórokozóval szembeni toleranciájának meghatározása laboratóriumi módszerekkel.

Anyag és módszer

A kísérletek, megfigyelések anyaga a Nyíregyházi Főiskola génmegőrzésében lévő 90 fajtát, illetve változatot számláló torma fajtagyűjtemény. Jelen publikációban 20 fajta, illetőleg változat eredményeit ismertetjük. A vizsgálati anyag kiválasztásánál arra törekedtünk, hogy a szerző által korábban meghatározott torma alakkörök – magyar, dán, brassói, spreewaldi alakkör (Irinyiné 2012) – mindegyike képviselve legyen öt-öt fajtával vagy változattal (1. táblázat). A telepítés 2014. március 20–21-én történt változatonként 5 gyökérdugvány felhasználásával ismétlés nélkül. Helye a Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Agrártudományi Intézet (NYF MATI) bemutató kertje, ahol később a szabadföldi megfigyeléseket végeztük és károsított növényi anyagot gyűjtöttünk. Mivel a cél anyatelep létrehozása és nem árutermesztés, ezért a tenyészterület eltért a hagyományos igénytől. A tőtávolság 0,5 méter, a sortávolság 1 méter, a fajtákat egymástól jeltáblával választottuk el. A technológia megfelel a hajdúsági termőtajban alkalmazottnak, azaz bakhátas, a bakhátba függőlegesen ültetett gyökérdugvánnyal, de hajtásválogatás nélkül. A kísérleti terület talaja kovárvas barna erdőtalaj.

1. táblázat. *A vizsgálatban szereplő tormafajták és változatok
alakkörök szerint csoportosítva
(Nyíregyháza, 2014)*

Fajta/változat (1)/(2)		
Dán alakkör (3)		
1.	Danvit	fajta (1)
2.	Norda	fajta (1)
3.	Eperjesi-1	változat (2)
4.	Westsik-telepi 5-ös	változat (2)
5.	CS-3	változat (2)
Magyar alakkör (4)		
6.	Bagaméri delikát	fajta (1)
7.	Petrence	fajta (1)
8.	Bagaméri 93/1	fajta (1)
9.	Csíkszeredai	változat (2)
10.	Siófoki	változat (2)
Brassói alakkör (5)		
11.	Ikervári	változat (2)
12.	Tormásligeti	változat (2)
13.	Brassói-6	változat (2)
14.	Brassói-1	változat (2)
15.	Triór	változat (2)
Spreewaldi alakkör (6)		
16.	Spreewaldi	változat (2)
17.	Nyírnemes	fajta (1)
18.	Szakácsi	változat (2)
19.	Pózna	fajta (1)
20.	Pellérdi	változat (2)

Table 1. Grouping of the horseradish varieties and breeds based on their morphological complexes (Nyíregyháza, 2014). (1) Variety, (2) Breeds, (3) Morphological complex dán, (4) Morphological complex magyar, (5) Morphological complex brassói, (6) Morphological complex spreewaldi

*Az *Albugo candida* által okozott lombfertőzés felmérése*

Az *Albugo candida* kórokozó által előidézett tüneteket olyan tormafajták és változatok levelén kísértük figyelemmel, amelyek előzetes felmérések alapján nagy eltérést mutattak a kórokozóra való fogékonyságukat tekintve. A lombfertőzést szabadföldi körülmények között, a vegetációs időben mértük fel egy alkalommal (2014. november. 20), fajtánként/változatonként 10 véletlenszerűen kiválasztott levélen, a levél közepére helyezett 10×10 cm-es ablak segítségével. Ezzel a módszerrel 100 cm² levélfelületre vetítve kaptuk meg a telepszámot. Az infekció felmérésén túl lejegyeztük a telepegyüttesek méretét is az alábbi kategóriákat használva: tűszúrásnyi, 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm átmérőjű foltok.

Laboratóriumi módszertani vizsgálatok

A laboratóriumi vizsgálatokat a Nyíregyházi Főiskola MATI Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Tanszékének laboratóriumában végeztük. Fent említett tormafajtákról és változatokról véletlenszerűen kiválasztott károsított növényi anyagot, azaz levelet gyűjtöttünk a kórokozó identifikálása céljából. A gombatelepeket Precision G típusú fénymikroszkóppal 40×16-szoros nagyításban vizsgáltuk. A kórokozó azonosítása a spóra-morfológia (alak, méret, szín) alapján történt, ehhez tárgylemezre preparátumot készítettünk.

A vizsgálatban szereplő tormafajták és változatok *Albugo candida* gombával szembeni toleranciáját torma változatonként 50–50 sporangium méretének meghatározásával állapítottuk meg Olympus U-CTR30-2 típusú fénymikroszkóppal. Megmértük a sporangiumok hosszúságát és szélességét. A méréshez skálázott okulárt használtunk 10×40-szeres nagyításban.

A vizsgált gomba patogenitásának igazolására nedveskamrás kórtani vizsgálatot végeztünk. Ehhez egészséges torma gyökereket használtunk, melyeket mosás, hámozás, darabolás és felületi fertőtlenítés (10 percen át 1%-os Neomagnol oldatban), majd steril desztillált vizes öblítés után csíramentesített Petri-csészében lévő szűrőpapírra helyeztünk. 6 ismétlésben, Petri-csészénként 5 db gyökér mintát termosztátban tartottunk fél órán át. Ezután a mintákat „albugós” levelekről vett inokulummal fertőztük, majd sterilizált itatós papírral lefedtük. 7–10 napos inkubálást követően mikroszkóposan vizsgáltuk a gomba sporulálását.

Statisztikai elemzés

A tormafajták és változatok, valamint a fajtacsoportok különböző szempontok (lombfertőzés mértéke, sporangium méret) szerinti összehasonlítását varianciaanalízissel és Tukey-féle B próbával végeztük. A statisztikai elemzések elvégzéséhez SSPS szoftvert használtunk.

Eredmények

A kórtünet leírása, a kórokozó azonosítása

A megbetegedett levelek fonákán fehér, enyhén kiemelkedő, habra emlékeztető foltok láthatóak, melyek mérete tűszúrásnyitól 2 cm átmérőig változik (*1. ábra*). Ezek a gomba szabálytalan alakú és méretű sporangium telepeiből állnak, melyek átmenetileg epidermisszel fedettek. Egy-egy folton belül a telepek száma is változó. A sporangium telepek körül, levélerek menti lila elszíneződés figyelhető meg. A fertőzés helyén a levéllemez enyhén hólyagos, színe világosabb. A levél színén lilás dudorok jelennek meg. A spórák beérésével a sporangium telep színe enyhén sárgássá válik. Az érett sporangiospórák az epidermisz felszakadásakor a szabadba jutnak és vízcseppekkel újabb levélre kerülve fertőznek. A felszakadt bőrszövet elhal, világos barna színű lesz. A sporangiumok helyén kialakuló krátterszerű mélyedés sztereomikroszkóp alatt jól látható (*2. ábra*).

A fiatal és az idős levelek egyaránt fertőződtek a kórokozó által. Deformálódás, főér menti görbülés a másodrendű leveleknél fordult elő.

Az *Albugo candida* gomba szaporító képletére, a konídiumokra (sporangiumokra) jellemző, hogy rövid, szögletes sporangium tartókon gyöngysorszerűen fűződnek le. A konídiumok gömbölydedek, 1000 mérés alapján $17,84 (12,5-22,5) \times 16,94 (12,5-20) \mu\text{m}$ nagyságúak (*3. ábra*).

Az *Albugo candida* patogenitásának igazolásánál, a torma gyökerére oltott inokulum 10 nap után egyértelmű telepnövekedést mutatott, ami bizonyítja, hogy természetes eredetű táptalajon, az *Albugo candida* általunk izolált törzse patogén (*3. ábra*).

1. ábra. *Albugo candida* gomba okozta tünet különböző méretben (bal és jobb oldal)
(Nyíregyháza, 2014)

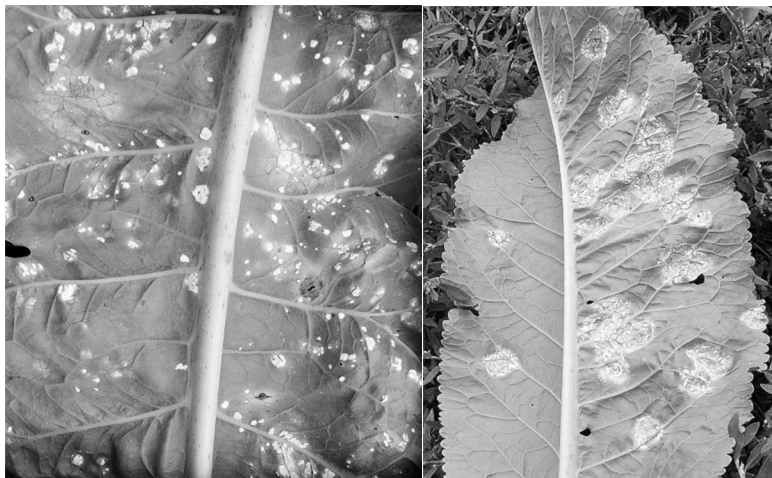


Figure 1. *Albugo candida* fungal spot symptoms of various sizes (left side and right side) (Nyíregyháza, 2014)

2. ábra. Sztereomikroszkóp felvétel az *Albugo candida* telepegyütteséről
(Nyíregyháza, 2014)



Figure 2. Stereo microscope recording of the settlement of *Albugo candida* (Nyíregyháza, 2014)

3. ábra. *Albugo candida* szögletes konídiumtartói és konídiumai (bal oldal) és a gyökérre oltott gomba telepnövekedése (jobb oldal)

(Nyíregyháza, 2014)

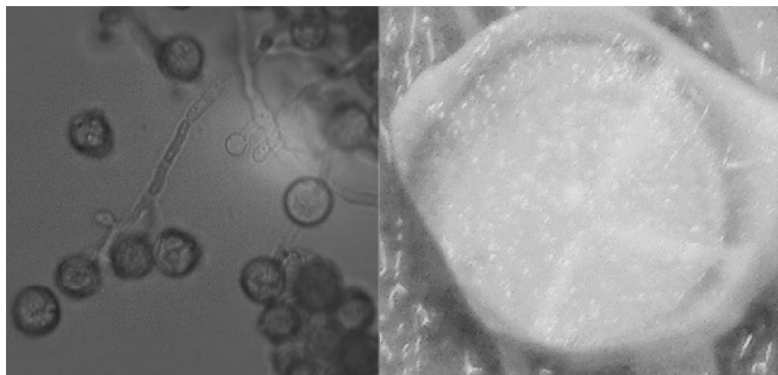


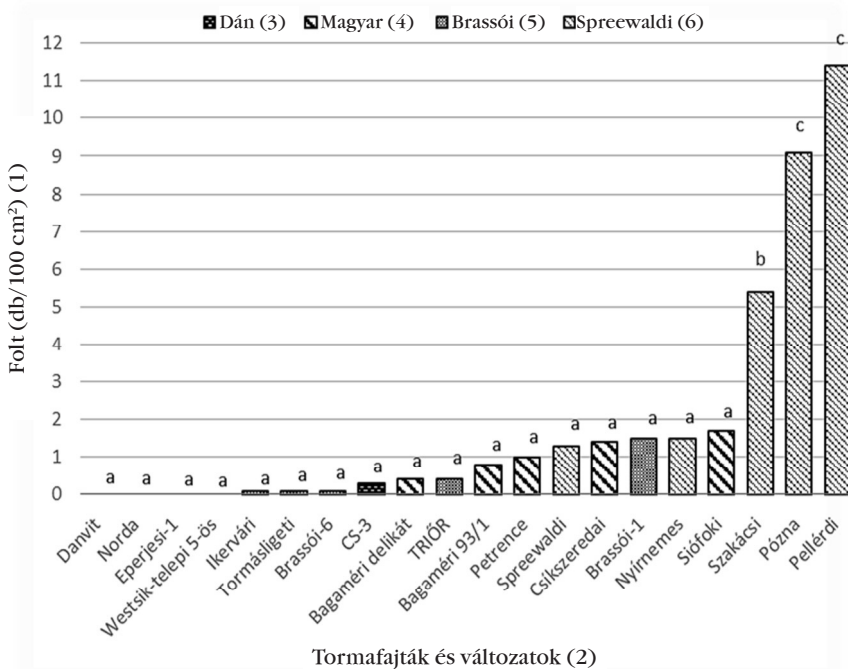
Figure 3. *Albugo candida* square conodiatree and conidia (left side) and mycelium growth of roots (right side) (Nyíregyháza, 2014)

Szabadföldi megfigyelések eredményei

Az 1–17. sorszámmal jelzett fajták és változatok között az *Albugo candida* gomba által okozott fertőzés mértékében szignifikáns különbség nem volt, 100 cm²-es levélfelületen átlagosan 0–1,7 db tünet figyelhető meg. Ezek szerint az egyedek egyáltalán nem, vagy gyengén fertőződtek. A dán alakkörbe tartozó Danvit és Norda államilag elismert fajták, illetve az Eperjesi-1 és Westsik-telepi 5-ös változatok levelén *Albugo candida*-ra jellemző tüneteket nem találtunk. A spreewaldi alakkört képviselő Szakácsi változat közepes, a Pózna fajta és Pelérdi torma változat szignifikánsan is igazolható erős fertőződöttségét jegyezhetjük fel. Közepes mértékű fertőzés esetén átlagosan 5,4 db, erős fertőzéskor 9,1–11,4 db „albugós” telepegyüttest számálhattunk meg. A vizsgált tormafajták és változatok levelén felmért, 100 cm²-re vetített *Albugo candida* által előidézett fehér foltok számát a 4. ábra szemlélteti.

A dán alakkör tagjait szinte egyáltalán nem fertőzi a gomba. Erősebb, de még mindig jelentéktelen a brassói és a magyar alakkör fertőzöttsége, ahol 0,44–1,06 darab folt jutott 100 cm² levélfelületre. A spreewaldi alakkörre átlagosan 5,74 tünet jellemző 100 cm²-en. Ez az érték statisztikailag bizonyítottan magasabb, mint a dán, magyar és brassói alakkörök fertőzöttségi szintje, melyek között statisztikai különbség nincs (5. ábra).

4. ábra. 100 cm² levélfelületre vetített *Albugo candida* által okozott tünetek száma tormafajtánként, változatonként (Nyíregyháza, 2014)



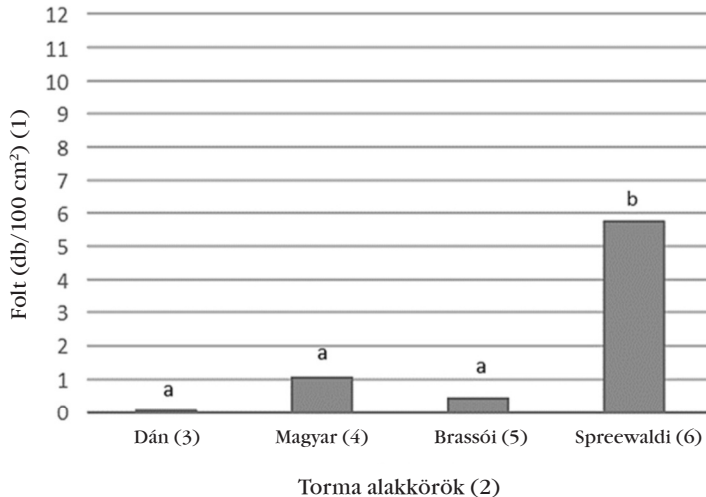
Megjegyzés: a különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan ($p < 0,01$) különböznek egymástól.

Figure 4. Spot symptoms of *Albugo candida* per 100 cm² of leaf surface (Nyíregyháza, 2014). (1) Spot infection (piece)/100 cm², (2) Horseradish breeds and varieties, (3) Morphological complex dán, (4) Morphological complex magyar, (5) Morphological complex brassói, (6) Morphological complex spreewaldi, Note: values indicated with different letter indexes differed from each other significantly ($p < 0.01$).

A felvételezés idején a legkisebb tünetek – melyek tűszúrás méretű foltnak feleltek meg – a magyar típust képviselő Bagaméri 93/1 és Petrence fajtákon, valamint a spreewaldi alakkörbe tartozó Pózna fajta, illetve Spreewaldi és Pellérdi változat levelén jelentek meg a legnagyobb mennyiségben. A Bagaméri delikát magyar fajtán, az Ikervári és Tormásligeti brassói típusú változaton kizárólag 0,5 cm átmérőjű fertőzési foltokat jegyeztünk fel, de a Brassói-1 (brassói típus) és Szakácsi, Spreewaldi (spreewaldi alakkör) változatok, valamint a Nyírnemes és Pózna, spreewaldi típusú fajták levelén is jelentős volt a

0,5 cm átmérőjű foltok aránya. Közepes méretűeknek tekinthetők az 1 cm átmérőjű fertőzések, mely jellemzően a Brassói-6 brassói típusú változaton volt jelen, illetve a CS-3 dán alakkörbe tartozó változaton. Magyar típusok közül a Petrence fajta, a Csíkszeredai és Siófoki változatok levelén a felmért tünetek fele ilyen méretű volt. 1,5 cm átmérőjű foltok ritkábban fordultak elő, a CS-3, Csíkszeredai és Siófoki változatoknál 30% feletti részarányt számoltunk. Az általunk mért legnagyobb telepegyüttes 2 cm átmérőjű volt, kizárólag a Triőr brassói típusú torma változat levelén tapasztaltuk ezt a mértékű fertőzést (6. ábra).

5. ábra. *Albugo candida* fertőzés mértéke torma alakkörönként



Megjegyzés: a különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan ($p < 0,01$) különböznek egymástól.

Figure 5. *Albugo candida* infection rate of horseradish morphological complexes (Nyíregyháza, 2014). (1) Spot infection (piece)/100 cm², (2) Horseradish morphological complexes, (3) Morphological complex dán, (4) Morphological complex magyar, (5) Morphological complex brassói, (6) Morphological complex spreewaldi, Note: values indicated with different letter indexes differed from each other significantly ($p < 0.01$).

A dán típusú tormák levelét a CS-3 változat kivételével az *Albugo candida* gomba egyáltalán nem fertőzte. Ezért ezt az alakkört egyetlen változat, a CS-3 eredményei alapján jellemezzük, melynél a levelén előforduló foltok 1–1,5 cm

átmérőjűek. A magyar alakkörnél a tünetek 50%-a 1 cm átmérőjű, emellett jelen vannak a tűszúrásnyi, az 0,5 cm-es és a 1,5 cm-es foltok is. A brassói alakkörnél az 5 mm-es átmérő a jellemző. A fehérsömör-telepek mérete fajtanként és változatonként nagy eltérést mutat a magyar és brassói alakkörön belül. E tekintetben a spreewaldi alakkör a legegységesebb. Itt a foltok mérete tűszúrásnyi, 0,5 cm-es és 1 cm-es átmérőjű kategóriába esik, számuk nagyságrendekkel több, mint a másik három alakkörnél. A spreewaldi alakkörre a kis méretű, de nagy számban előforduló „albugós” foltok jelenléte jellemző (7. ábra).

6. ábra. Az *Albugo candida* telepegyüttes méretének megoszlása tormafajtánként, változatonként (Nyíregyháza, 2014)

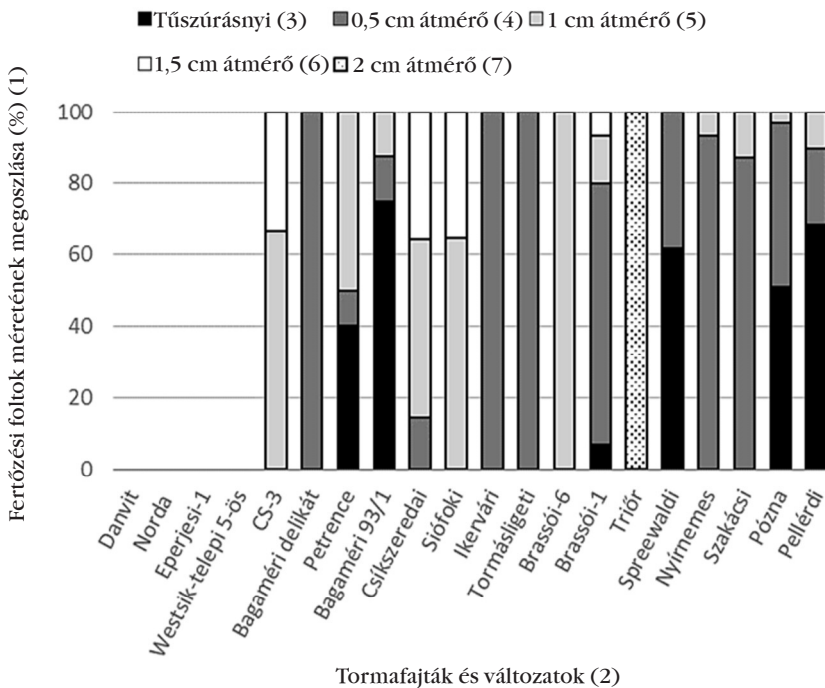


Figure 6. The size distribution of spot symptoms grouped by breed/variety (Nyíregyháza, 2014). (1) The size distribution of infection spots (%), (2) Horseradish breeds and varieties, (3) Pinprick, (4) 0.5 cm diameter, (5) 1 cm diameter, (6) 1.5 cm diameter, (7) 2 cm diameter

7. ábra. „Albugós” tünetek megoszlása torma alakkörönként
(100 cm² levélfelületre vetítve, Nyíregyháza, 2014)

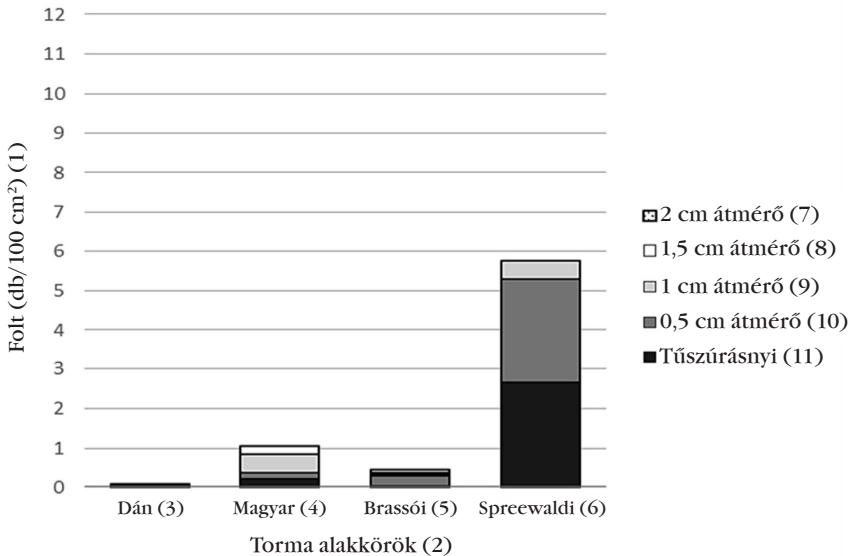


Figure 7. The typical distribution of spot symptoms per 100 cm² leaf area (Nyíregyháza, 2014) (1) Spot infection (piece)/100 cm², (2) Horseradish morphological complexes, (3) Morphological complex dán, (4) Morphological complex magyar, (5) Morphological complex brassói, (6) Morphological complex spreewaldi, (7) 2 cm diameter, (8) 1.5 cm diameter, (9) 1 cm diameter, (10) 0.5 cm diameter, (11) Pinprick

Sporangium vizsgálat eredményei

A konídiumok nagyobb átmérője 17,42–18,37 µm között változott, szignifikáns különbség az értékek között nem volt. A kisebbik átmérő 15,95–17,4 µm tartományba esett, itt már tapasztalható különbség. A konídiumok a Danvit fajtánál voltak a legkisebbek, méretük 50 mérés alapján 17,42×15,95 µm. A legnagyobb sporangiumokat a Pózna fajtánál mértük, átlagosan 18,37×17,4 µm nagyságúak (8. ábra).

Következtetések

Megfigyeléseink szerint az *Albugo candida* gomba a torma levelén különböző méretű, sárgásfehér színű epidermisszel fedett foltokat idéz elő, melyek a gomba sporangium telepei. Ezek a tünetek megegyeznek az irodalmi forrásokban leírtakkal (Babadoost 1990, Pintér 1993, Géczí 1998).

8. ábra. Az *Albugo candida* konídiumainak mérete a vizsgált tormafajtáknál és változatoknál (Nyíregyháza, 2014)

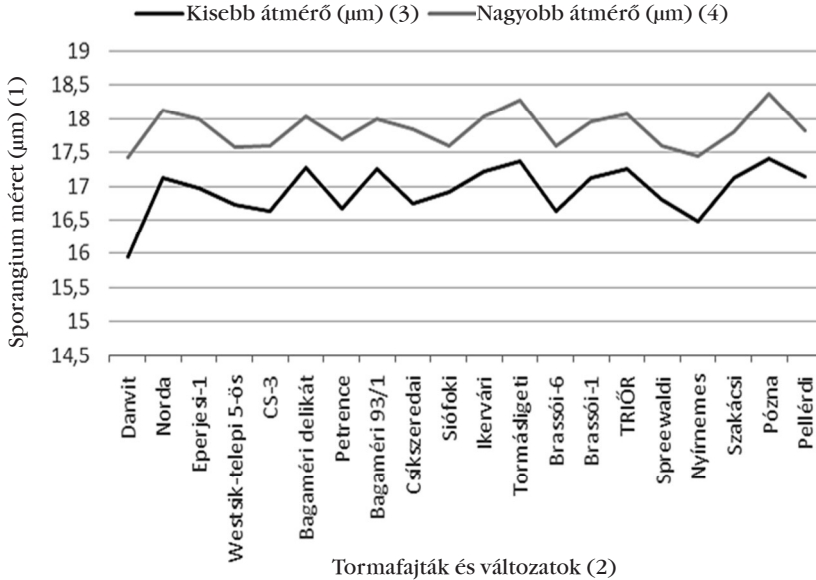


Figure 8. The size of conidia of *Albugo candida* getting from horseradish varieties and breeds (Nyíregyháza, 2014) (1) Sporangia size (µm), (2) Horseradish breeds and varieties (3) Smaller diameter (µm), (4) Larger diameter (µm)

A tünet méretétől és számától függően a betegség jelentősen csökkenti az asszimilációs felületet. A gomba spóramorfológiája és mérete megfelel az *Ubrizsi* és *Vörös* (1968) által leírt *Albugo candida*-ra jellemző tulajdonságoknak. A kórokozó patogenitását több kutató is leírta (*Babadoost* 1990, *Dienes* és *Jobbágy* 1997), az *Albugo candida* általunk izolált törzse szintén patogénnek bizonyult. A vizsgált tormafajták és változatok levelét a fehérsömör különböző mértékben betegíti meg. Összefüggés mutatható ki a fertőzés mértéke és a torma alakkörök között. Megállapítható, hogy a dán alakkör tagjait szinte egyáltalán nem támadja meg a gomba, ez megerősíti *Géczi* (2013) korábban tett megállapítását, miszerint a Danvit tormafajta ellenállóbb e kórokozóval szemben. Legérzékenyebbnek a spreewaldi alakkör fajtái és változatai bizonyultak. Erre az alakkörre a nagy számban előforduló, kis kiterjedésű foltok jellemzőek. A gomba igen stabil, a sporangium mérete tormafajtánként és vál-

tozatonként kevés változatosságot mutat, ez azt jelenti, hogy a fajták a gomba mikromorfológiájára nincsenek hatással. Nem találtunk összefüggést a sporangiumok mérete és az egyes tormaváltozatok, illetve alakkörök fertőzésének mértéke között. Ebből az a következtetés vonható le, hogy a tápnövény (jelen esetben a fajták és változatok) nincs hatással a gomba szaporodására. További vizsgálatok szükségesek annak eldöntésére, hogy mi okozza az egyes fajták, illetve az alakkörök eltérő mértékű megbetegedését. Tisztázandó, hogy a dán alakkör ellenállósága és a spreewaldi alakkör érzékenysége a levél eltérő szöveti felépítésére (pl. a kutikula vastagsága) vagy más tényezőkre vezethető vissza.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki dr. Lenti Istvánnak a mikológiai vizsgálatokban nyújtott segítségével és szakmai támogatásáért, dr. Simon Lászlónak a kéziratához fűzött észrevételeiért, és Irinyi Barnabásnak szakmai tanácsaiért.

Irodalom

- Babadoost, M.*: 1990. White Rusts of Vegetables. Report on Plant Disease. Department of Crop Sciences. University of Illinois. Urbana. http://web.aces.uiuc.edu/vista/pdf_pubs/960.pdf
- Desseuffy I.*: 1959. A torma. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 34–39.
- Dienes Gy.–Jobbágy J.*: 1997. A torma növényvédelme. Növényvédelem. 33. 9: 473–485.
- Géczi L.*: 1998. A torma termesztése. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest. 49–51.
- Géczi L.*: 2013. A torma termesztése. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 24–28.
- Glits M.*: 1993. Zöldségfélék betegségei. Torma. [In: Glits M.–Folk Gy. (szerk.) Kertészeti növénykórtan.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 416–418.
- Hájas M.*: 1976. Gyökérszöldségek termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 225–226.
- Haraszthy J.*: 2005. A torma. Parmen. Debrecen.
- Heffer, V.–Powelson, M. L.–Johnson, K. B.*: 2002. Oomycetes. The Plant Health Instructor. <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/LabExercises/Pages/Oomycetes.aspx>
- Irinyiné Oláh K.*: 2012. Különböző tormafajták és vonalak fajtakörönkénti jellemzése. Doktori PhD értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Doktori Iskola. Budapest. 63–66.
- Kadow, K. J.–Anderson, H. W.*: 1940. A study of horseradish diseases and their control. University Illinois. Bull. No. 469: 536–542.

- Pintér Cs.*: 1993. A torma fehér hólyagos levélfoltossága. *Kertészet és Szőlészet*. 42. 42: 17.
- Shehata, A. – Mulwa, R. M. S. – Babadoost, M. – Uchanski, M. – Norton, M. A. – Skirvin, R. – Walters, S. A.*: 2009: Horseradish: botany, horticulture, breeding. *Horticulture Reviews*. 35: 221–261.
- Ubrizsi G. – Vörös J.*: 1968. Mezőgazdasági mikológia. Akadémiai Kiadó. Budapest. 217–220.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

*Irinyiné Oláh Katalin
Nyíregyházi Főiskola
Műszaki és Agrártudományi Intézet
Nyíregyháza
Sóstói út 31/b.
H-4400
*olahkat@nyf.hu

Hatások és kölcsönhatások elemzése NPK műtrágyázási tartamkísérletben silócirok (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) jelzőnövénnel

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 határozunk meg N-, P-, és K-ellátottsági határértékeket csernozjom réti talajra. 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 2000–2004 között végzett kísérletek eredményei szerepelnek, melyek alapján az alábbi főbb következtetések tehetők:

1. A 2,8–3,2% humusztartalmú csernozjom réti talajon négy évben a zöldtermés maximuma 160 kg/ha N-adagnál jelentkezett. A N-túladagolás (240 kg N/ha) egyes években zöldtermés-csökkenést váltott ki. Gazdaságos zöldtermés-hozamot a talaj 0–60 cm-es rétegének vetés előtti 146 kg/ha NO₃-N szintjén kaptunk.
2. A silócirok zöldtermése a talaj 200 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottsági szintjéig növekedett. Ennél magasabb P-ellátottságnál már további megbízható termésgyarapodást nem tapasztaltunk, inkább az évek többségében kismértékű hozamcsökkenést a termésmaximumhoz képest.
3. A talaj 200–250 mg/kg AL-K₂O ellátottsági szintje jó K-ellátottságnak felel meg, mert ennél magasabb K-szinten már érdemi termésnövekedés nincsen. A 400 mg/kg AL-K₂O ellátottság felett a zöldtermés az évek többségében csökken.

4. A silócirok tápanyagellátásában a N×P kölcsönhatások minden évben érvényesültek. A N-trágyázás termésmnövelő hatása jelentősebb volt jobb P-ellátottsági szinten. A P-trágyázás kedvezőbb N-ellátottsági szinten nagyobb terméshozam többletet eredményezett.
5. Az öt kísérleti évből kettőben volt kimutatható P×K kölcsönhatás, amikor 195–362 mg/kg AL-P₂O₅-ellátottsági tartományban a túlzott K-ellátottság (453, 465 mg/kg) termésdepressziót váltott ki.

Kulcsszavak: N-, P- és K-ellátottság, silócirok, terméshozam, tartamkísérlet

Analysis of effects and interactions in a NPK fertilisation long-term experiment with sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) as indicator plant

¹Z. IZSÁKI - ²T. NÉMETH

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

²KWS Magyarország Kft., Crop Breeding Station, Murony

Summary

The experimental work related to the fertilisation consultancy development of sorghum was to examine the impact of N, P and K supply levels on sorghum yield in a long-term fertilisation experiment well distinguished soil nutrient supply levels, as well as to define the N, P and K supply limit values on chernozem meadow soil. The long-term fertilisation experiment was established in 1989 on deeply calcareous chernozem meadow soil with 4–4 N, P and K supply levels, total treatment combinations and 64 treatments. This study describes the results of the experiments performed between 2000 and 2004 and the following conclusions can be drawn:

1. The highest green yield was observed in the case of 160 kg ha⁻¹ N on chernozem meadow soil with 2.8–3.2% humus content during the four examined years. No overdose (240 kg N ha⁻¹) resulted in decreased green yield in each year. Economical green yield was obtained at the 146 kg ha⁻¹ NO₃-N level of the 0–60 layer of the soil before sowing.

2. The green yield of sorghum increased until the 200 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅ supply level of the soil. No significant yield increase was observed above this P supply level, but it rather caused a slight yield decreased in comparison with the highest yield in the majority of the examined years.
3. The 200–250 mg kg⁻¹ AL-K₂O supply level of the soil is considered to be a proper level of K supply, as no significant yield increase can be observed at any K level above this point. In the majority of the examined years, green yield decreases in the case of AL-K₂O supply levels above 400 mg kg⁻¹.
4. The N×P interactions could be detected in the nutrient supply of sorghum in each year. The yield increasing effect of N fertilisation was more significant in the case of better P supply levels. P fertilisation resulted in higher yield surplus at more favourable N supply levels.
5. P×K interaction could be observed in two out of the five experimental years, when the excessive K supply (453, 465 mg kg⁻¹) caused yield depression in the 195–362 mg kg⁻¹ AL-P₂O₅ supply range.

Key words: N, P and K supply, sorghum, yield, long-term experiment

Анализ влияний и взаимовлияний искусственных удобрений NPK в продолжительном опыте с растением-индикатором силосное сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

¹З. ИЖАКИ – ²Т. НЕМЕТ

¹Университет им. Св. Иштвана, Факультет Экономический,
Аграрный и Науки о Здравье, Сарваш

²«KWS» ООО Венгрия, Селекционная станция, Муронь

Резюме

Для развития консультирования по вопросам удобрения силосного сорго целью нашей опытной работы было исследовать влияние обеспеченности N, P и K-ем на выход продукции силосного сорго и установить предельные величины обеспеченности N, P, и K-ем на хорошо различимых уровнях обеспеченности питательными элементами почвы, в продолжительном опыте с искусственными удобрениями на

чернозёмной луговой почве. Продолжительный опыт с искусственными удобрениями установили в 1989 году на чернозёмной, в глубине карбонатной луговой почве, на 4 четырех уровнях обеспеченности N, P и K-ем, в полной комбинации обработок, с 64 дозами. В данной работе показаны результаты проведённых в 2000–2004 годах опытов, на основании которых можно сделать следующие главные выводы:

1. На чернозёмной луговой почве, содержащей 2,8–3,2% гумуса, за четыре года максимум выхода продукции зелёного урожая появился при дозе 160 kg/ha N. Передозировка N (240 kg N/ha) в отдельные годы привела к уменьшению зелёного урожая. Рентабельный зелёный урожай получили при дозе 146 kg/ha $\text{NO}_3\text{-N}$ в 0–60 см слое почвы перед посевом.
2. Зелёный урожай силосного сорго увеличивался до уровня обеспеченности почвы 200 mg/kg AL- P_2O_5 . При более высокой обеспеченности P-ом далее уже не обнаружили увеличение урожая, в основном наблюдалось небольшое уменьшение урожая по сравнению с максимумами урожая.
3. Уровень обеспеченности почвы в 200–250 mg/kg AL- K_2O соответствует хорошему уровню обеспеченности K-ем, так как при более высоком уровне K уже нет заметного увеличения урожая. При уровне обеспеченности выше 400 mg/kg AL- K_2O зелёный урожай в большинстве лет сокращался.
4. В обеспечении питательными веществами силосного сорго взаимодействия N×P проявились в каждом году. Увеличивающее урожай влияние удобрения N было более значительным при лучшем уровне обеспеченности P-ом. Удобрение P на более благоприятном уровне обеспеченности N-ом привело к увеличению выхода продукции.
5. Из пяти лет опыта в двух годах можно было показать взаимовлияние P×K, когда при уровне обеспеченности 195–362 mg/kg AL- P_2O_5 чрезмерная обеспеченность K-ем (453, 465 mg/kg) вызвала депрессию урожая.

Ключевые слова: обеспеченность N, P и K-ем, силосное сорго, выход продукции, продолжительный опыт

Bevezetés

A cirok 38–42 millió hektáros vetésterületével az 5. helyet foglalja el a világon a szántóföldi kultúrák rangsorában. Közép-kelet Afrikából származó melegigényes növényünk, termesztése legnagyobb területen Afrikában (23–27 mil-

lió ha) és Ázsiában (8–9 millió ha) folyik. Európa részesedése a világ cirok vetésterületéből igen szerény, mintegy 230–330 ezer ha, melynek közel 80%-a Franciaországra és Olaszországra esik. Magyarország a ciroktermesztés északi határán fekszik, ahol a cirok vetésterülete az utóbbi évek (2010–2013) átlagában csak 4300 hektárt tett ki. A takarmánycirokok gazdasági értéküknek megfelelően termőterületükkel az 1990-es években méltányosabb helyet (40–60 ezer hektárt) foglaltak el takarmánynövényeink rangsorában (Izsáki 2013). Származási helyükből eredően a cirokfélék szárazságtűrő képessége kiváló. E tulajdonság részben annak köszönhető, hogy a cirok főgyökere 150–160 cm mélyre lehatol és a dűsan elágazó mellékgyökerek a talaj felső 100–120 cm-es rétegét sűrűn átszövik. Így a cirok képes hasznosítani a legcsekélyebb csapadékot és a tenyészidőn kívül hullott, mélyebb talajrétegben tárolt vízkészletet is. A cirok szembetűnő tulajdonsága, hogy a levélzeten és a száron fehér viaszbevonat van, ami csökkenti a növény párologtatását. Az egységnyi levélfelületre eső kevesebb gázcsere nyílás is a gazdaságosabb vízfelhasználást segíti. Fajlagos vízfelhasználása is a legkedvezőbb szántóföldi kultúráink között, mivel 1 kg szárazanyag előállításához csak 150–200 liter vizet fogyaszt el. A cirok kiváló regenerálódó képességű, jól átvészeli az aszályos periódust. Fotoszintézisének hatékonysága magas hőmérsékleten, erős fényintenzitásnál is kiváló, nagy szárazanyag termelésre (20–30 t/ha) képes. A cirokfélék kiváló alkalmazkodó, jó tápanyag-hasznosító és jó sótűrő képességűek, melyek lehetővé teszik, hogy gyenge és közepes termőhelyi feltételek között is eredményesen termeszthetők (Bajai 1966, Józsa 1976, Barabás és Bányai 1985, Netondo et al. 2004, Tesso et al. 2005). Köztermesztésben lévő hazai silócirok fajtáink genetikai termőképessége 75–85 t/ha zöld- és 23–28 t/ha szárazanyag-termés. A silócirok nagy termőképességének és viszonylag kedvező beltartalmának köszönhetően területegységre vetített takarmányértéke igen jelentős (Siklósiné 1994, Chrappán et al. 1997, Ábrahám és Rajki 2013, Izsáki 2013).

A tápelemek közül a silócirok termés hozamának legfőbb limitálója a N-ellátottság. Azonban a N-műtrágya adagját, annak termésre gyakorolt hatását jelentősen befolyásolja a talaj N-ellátottsága, az időjárási viszonyok, a cirok genotípusa, és az alkalmazott agrotechnika színvonala. Így a leghatékonyabb N-adag is tág intervallumban, 45 és 290 kg/ha között változik a termesztési viszonyoktól függően (Zhao et al. 2005, Almodares et al. 2009, Propheter et al. 2010, Amosson et al. 2011, Kovács et al. 2011, Restelatto et al. 2014). Nebraskában a talaj ásványi N-tartalmára alapozott silócirok N-trágyázási szaktanácsadás

(Wortmann 2014) a talaj művelt rétegének szervesanyag- és $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalmától függően 50 t/ha-os zöldtermés eléréséhez 10–190 kg/ha N-adagot javasol. Ottman és Walworth (2010) Arizonában homokos-vályog talajon a 15 cm-es talajréteg 32 kg/ha N_{min} készleténél 168 kg/ha-os N-adaggal érték el a legnagyobb (24,2 t/ha) silócirok hozamot.

A cirok P-trágya reakcióját alapvetően a talaj P-ellátottsága befolyásolja (Das *et al.* 1996). A P-trágyázás jelentősebb hatása a gyenge P-ellátottságú talajokon mutatható ki (Roy és Khandaker 2010, Abou-Amer és Kewan 2014). Khalid *et al.* (2003) 10,7 mg/kg Olsen-P ellátottságú vályog talajon 50 kg P/ha trágyázás hatására 40%-os zöldtermés többletet érték el a P-trágyázás nélküli kezeléshez képest. A N- és P-trágyázás (100 N+100 P kg/ha) együttes alkalmazása további 47%-os terméstöbbletet eredményezett kísérletükben. Mehdi *et al.* (2010) homokos vályog talajon vizsgálták a P-trágyázás utóhatását a silócirok termés-hozamára. Búza elővetemény után a talaj Olsen-P ellátottsága 4,15 mg/kg és 25,15 mg/kg között változott és a jobb P-ellátottsággal mind a zöldtermés (16,7–30,0 t/ha), mind a szárazanyag-hozam (3,4–6,2 t/ha) párhuzamosan növekedett. Hazai körülmények között, csernozjom talajon Kádár és Radics (2005) a talaj 105 mg/kg $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ ellátottságánál kapták a szemes cirok maximális szemtermését és teljes földfeletti biomassza tömegét.

A silócirok fajlagos K-igénye 10 tonna zöldterméshez Buzás (1983) és Antal (2000) közlése szerint 32 kg, míg Németh (2009) többéves szántóföldi tápelemfelvételi kísérletei alapján 54 kg K_2O . Ezen utóbbi fajlagos értéket figyelembe véve a silócirok nagy K-igényű kultúra, mely 30–40 t/ha-os zöldtömeggel mintegy 135–180 kg elemi K-t vesz fel. Ennek ellenére azonban több szerző (Olgunde és Sorensen 1982, Siklósiné és Harmati 2001, Lásztity 2006, Kádár 2013, Kovács 2014) is arról számol be, hogy a K-trágyázás a cirok terméshezamát jelentősen nem befolyásolja. Akbar és Umar (2014) ugyanakkor azt tapasztalták, hogy a K-trágyázás növeli a N-trágyázás hatékonyságát és csökkenti a zöldtermés nitrát-tartalmát a nitrát reduktáz aktivitásának növelésével.

A silócirok hazai trágyázási kutatási eredményeit vizsgálva megállapítható, hogy a tudományos igényű trágyázási szaktanácsadáshoz hiányoznak azok a vizsgálatok, melyek a talaj tápelem-ellátottsága és a silócirok terméshezama és minősége közötti összefüggés eredményeiről adnak számot.

A silócirok trágyázásának kérdéskörében kísérleti munkánk egyik célja az volt, hogy jól elkülönülő talaj tápelem-ellátottsági szinteken, műtrágyázási tartam-

kísérletben vizsgáljuk a N-, P- és K-ellátottság valamint a silócirok terméshozama közötti kapcsolatot, és meghatározzunk N-, P-, és K-ellátottsági határértékeket csernozjom réti talajon silócirokra. Az ötéves kísérleti ciklus kutatási eredményeit jelen dolgozat foglalja össze.

Anyag és módszer

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

A kísérlet beállítása előtt 1989 őszén az AL- P_2O_5 156 mg/kg, az AL- K_2O 322 mg/kg, AL-Na 212 mg/kg, a KCl-Mg 765 mg/kg, az EDTA-Mn 386 mg/kg, az EDTA-Cu 5,4 mg/kg és az EDTA-Zn 3,0 mg/kg volt a kísérleti terület átlagában. A *MÉM NAK* (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 (4^3), 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 nélküli,

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 összesen 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 alpművelésben 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 2003-as kísérleti évben a szárazság miatt az állomány nagyon hiányosan kelt és a vetést meg kellett ismételni. A rendkívül száraz tavasz miatt 2002-ben és 2003-ban kelesztő öntözést végeztünk 50 mm-es víznormával. A sorok záródásáig a gyomirtást mechanikai úton végeztük. A betakarítás viaszérett-ségben történt.

Az egyes kísérleti évek vízellátottságát a tenyészidő alatt lehullott csapadék mennyiségével jellemezve megállapítható, hogy a 2001., a 2002. és a 2004. évek az átlagosnál csapadékosabbak voltak, míg a 2000-es és a 2003-as tenyészidőszak nyári hónapjai aszályosak voltak. Az aszály hatása 2003-ban a terméshozamban nem mutatkozott meg az 50 mm-es kelesztő és a júliusi 40 mm-es vízpótló öntözés miatt. A tenyészidő alatti átlaghőmérséklet vagy a sokévi átlag körül alakult vagy azt meghaladta (1. táblázat).

A talaj N-ellátottságának jellemzésére vizsgáltuk a silócirok vetése előtt a 0–60 cm-es talajréteg ásványi nitrogén-tartalmát. Az ásványi nitrogént (NO₃ - NO₂ - NH₄ - N) 1 mol/dm³ KCl-os kivonatból fotometriás módszerrel határoztuk meg, melynek NO₃-N értékeit a 2. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. *A kísérleti hely időjárásának adatai a vizsgálati időszak alatt (Szarvas, 1999–2004)*

Év (1)	Nyári félév (IV–IX.) (2)	Téli félév (X–III.) (3)	Évi összeg, illetve átlag (4)
Csapadék (mm) (5)			
Átlag 1901–1975 (7)	313	225	538
1999	496	230	847
2000	216	291	339
2001	416	190	612
2002	353	118	489
2003	96	213	350
2004	389	252	659
Hőmérséklet (°C) (6)			
Átlag 1901–1975 (7)	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
2003	19,7	2,1	10,7
2004	17,6	3,6	10,9

Table 1. Weather data of the experimental location during the period of examination (Szarvas, 1999–2004). (1) Year, (2) Summer period (months 4–9), (3) Winter period (months 10–3), (4) Yearly total and average, (5) Precipitation (mm), (6) Temperature (°C), (7) Average 1901–1975

A talaj tápelem-vizsgálatokat évente, ősszel az elővetemény betakarítása után a 0–60 cm-es talajrétegből vett mintákból végeztük el. A talaj P₂O₅- és K₂O-tartalmát AL-módszerrel határoztuk meg, és az eredmények értékelésekor a talaj P- és K-ellátottságának megítélésére a szántott (30 cm-es) réteg értékeit használjuk. Az egyes kísérleti évek P- és K-ellátottságát az előző év őszenek vizsgálati eredményével jellemezzük (*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 a 0–60 cm-es talajrétegben vetés előtt (kg/ha) (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 a művelt rétegben (mg/kg) (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 a művelt rétegben (mg/kg) (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 level of the soil in each fertilisation treatment (Szarvas, 2000–2004). (1) Treatment code, (2) Experimental years, (3) NO₃-N in the 0–60 cm soil layer before sowing (kg ha⁻¹), (4) AL-P₂O₅ in the cultivated layer (mg kg⁻¹), (5) AL-K₂O in the cultivated layer (mg kg⁻¹)

A kísérletek matematika-statisztikai értékelését háromtényezős varianciaanalízissel végeztük Sváb (1981) módszere szerint. A kísérleti eredmények értékelésekor a N-, P- és K-főhatásokat, valamint kölcsönhatásokat mutatjuk be. A főhatások elemzésénél használjuk a relatív termés fogalmát, ami azt fejezi ki, hogy trágyázás nélkül a termésmaximum hány százalékát lehetett elérni.

Eredmények

N-ellátottság főhatása

A N-ellátottság terméshozamra gyakorolt hatását a P- és K-kezelések átlagában a 3. táblázat adatai alapján értékelhetjük.

3. táblázat. A N-ellátottság hatása a silócirok zöldtermésére
(t/ha, Szarvas, 2000–2004)

Évek (1)	Zöldtermés (t/ha) (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)	Relatív termés (%) (5)
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃			
2000	22,2	26,6	28,8	28,3	1,08	26,5	77
2001	50,8	56,8	59,7	56,1	1,82	55,8	85
2002	45,8	49,6	50,5	49,9	2,25	48,9	91
2003	45,0	52,2	53,1	51,7	1,02	50,5	85
2004	46,0	51,2	54,5	56,0	0,97	51,9	82
Átlag (6)	41,9	47,3	49,3	48,4	-	46,7	84

Table 3. The impact of N supply level on the green yield of sorghum (t ha⁻¹, Szarvas, 2000–2004). (1) Years, (2) Green yield (t ha⁻¹), (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Relative yield (%)

A vizsgált öt évben, a tartamkísérlet 11–15. évei között a talaj 0–60 cm-es rétegének vetés előtti NO₃-N-tartalma N₀ szinten 20–75 kg/ha között változott. A 2000-es aszályos évet kivéve – amikor N-trágyázás nélkül a silócirok zöldtermése csak 22,2 t/ha volt – a többi évben a zöldtermés 45,0 és 50,8 t/ha közé esett N₀ szinten, vagyis N-trágyázás nélkül a négy év átlagában a termésmaximum 86%-át lehetett elérni. E magas zöldhozam a 2,8–3,2% humusztartalmú talaj jó N-szolgáltatásának tulajdonítható. Ezt igazolják korábbi N-forgalmi vizsgálataink is (Izsáki 2010), mely szerint a tartamkísérlet 18 éve alatt a talaj N-szolgáltatása átlagosan 126 kg/ha volt évente. A kísérleti periódus négy évében a termésmaximum 160 kg/ha N-adagnál jelentkezett és csak 2004-ben tapasztaltunk további kismértékű (1,5 t/ha), de szignifikáns terméshozam-növekedést a 240 kg/ha N-trágyázás eredményeként. A termésmaximum 2002-ben és 2003-ban csak tendencia jelleggel haladta meg a 80 kg N/ha

kezelés termésszintjét. A 240 kg/ha-os N-adag 2001-ben és 2003-ban szignifikáns zöldtermés-csökkenést váltott ki a termésmaximumhoz képest. A 2000-es belvíz és aszály sújtotta kísérleti évet és a 2003-as rendkívül száraz tavaszú évet kivéve a gazdaságos zöldtermés-hozam a talaj 0–60 cm-es rétegének vetés előtti 135–146 kg/ha-os $\text{NO}_3\text{-N}$ szintjén jelentkezett.

P-ellátottság főhatása

A tartamkísérlet beállításakor (1989) a talaj művelt rétegének AL- P_2O_5 -tartalma 156 mg/kg volt. A tartamkísérlet 15. évéig a talaj AL-oldható P-tartalma 120–155 mg/kg között, még a silócirok kísérletek alatt 120–139 mg/kg AL- P_2O_5 intervallumban változott, átlagértéke 129 mg/kg volt (2. táblázat). A kísérleti periódus alatt az AL-oldható P-tartalomban érdemi csökkenés nem következett be, ami a talaj jó P-kapacitására utal.

A P-ellátottság hatásának eredményeit a silócirok zöldtermésére a N- és K-kezelések átlagában a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat. A P-ellátottság hatása a silócirok zöldtermésére (t/ha, Szarvas, 2000–2004)

Évek (1)	Zöldtermés (t/ha) (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)	Relatív termés (%) (5)
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃			
2000	24,0	26,6	27,0	28,3	1,38	26,5	85
2001	52,4	57,6	55,3	58,1	3,05	55,8	90
2002	46,6	49,3	50,4	49,4	1,90	48,9	92
2003	48,1	50,8	54,2	49,0	1,35	50,5	89
2004	50,7	52,9	52,3	51,9	1,12	51,9	95
Átlag (6)	44,3	47,4	48,1	47,3	-	46,8	90

Table 4. The impact of P supply level on the green yield of sorghum (t ha⁻¹, Szarvas, 2000–2004). (1) Years, (2) Green yield (t ha⁻¹), (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Relative yield (%)

P-trágyázás nélkül a talaj művelt rétegének 120–139 mg/kg AL- P_2O_5 -ellátottsági szintjén 2000-ben, a száraz és kedvezőtlen csapadék eloszlású tenyészidőszakban a silócirok zöldtermése 24,0 t/ha, míg 2001 és 2004 között

46,6–52,4 t/ha közé esett. Az évenkénti 100 kg P_2O_5 /ha adagú trágyázás parcelláin a talaj P-ellátottsága 176–198 mg/kg között változott, és e jobb P-ellátottság a terméshozamot minden kísérleti évben szignifikánsan átlag 7%-kal növelte a P-trágyázás nélküli kezelés 120–139 mg/kg AL- P_2O_5 -ellátottsági szintjéhez képest. A P_2 -es kezelésben –ahol feltöltő P-trágyázást végeztünk és a talaj AL- P_2O_5 -ellátottsága 156–222 mg/kg volt – a zöldségtermés szintje a kísérleti évek átlagában közel azonos volt, mint amit P_1 176–198 mg/kg AL- P_2O_5 -ellátottságnál elértünk. A kísérleti adatok szerint a silócirok zöldségtermése a talaj 200 mg/kg AL- P_2O_5 -ellátottsági szintjéig növekszik. Ennél magasabb P-ellátottságnál már további megbízható termésnyereséget nem tapasztaltunk, inkább az évek többségében kismértékű hozamcsökkenést a termésmaximumhoz viszonyítva. A silócirok trágyázásával foglalkozó fontosabb forrásmunkák (Buzás 1983, Chrappán et al. 1997, Antal 2000) igen jó P-ellátottságnál, 200 mg/kg AL- P_2O_5 felett is P-trágyázást javasolnak az I-es, II-es és III-as szántóföldi termőhelyeken is, ami vizsgálataink szerint már P-túltáplálást okozhat.

K-ellátottság főhatása

A tartamkísérlet beállításakor (1989) a talaj művelt rétegének AL- K_2O -tartalma 322 mg/kg volt, mely K-trágyázás nélkül a kísérleti ciklus alatt fokozatosan csökkent és 2000-re 248 mg/kg-ra esett le. A silócirok kísérletek 5 éves vizsgálati periódusában, a 11–15. kísérleti évek között K-trágyázás nélkül a K-ellátottság 206–248 mg/kg AL- K_2O között változott, és a fokozatos K-kiürülési trend egyértelműen érvényesült (2. táblázat).

A K-ellátottság hatására a silócirok zöldségtermése a N- és P-kezelések átlagában K-trágyázás nélkül a talaj művelt rétegének 206–248 mg/kg AL- K_2O -ellátottsági szintjén a kísérleti évek átlagában 46,6 t/ha volt. Ennél jobb K-ellátottság szignifikáns termésmennyiséget nem eredményezett. A 400 mg/kg AL- K_2O ellátottság felett a zöldségtermés az évek többségében megbízhatóan csökkent a K-trágyázás nélküli kezeléshez képest (5. táblázat). A silócirok nagy K-igényű növény, fajlagos K-igénye 10 t zöldségterméshez Németh (2009) szerint 54 kg. Kísérleti eredményeink azt igazolták, hogy amennyiben a talaj K-ellátottsága a 200–250 mg/kg AL- K_2O -ellátottsági szintet eléri, akkor K-trágyázást nem célszerű végezni. A silócirok trágyázásával foglalkozó fontosabb forrásmunkák (Buzás 1983, Chrappán et al. 1997, Antal 2000) jó és igen jó

K-ellátottságnál is – 200–250 mg/kg AL-K₂O felett – K-trágyázást javasolnak az I-es, II-es és III-as szántóföldi termőhelyeken, ami nem célszerű, mert jelentős terméshozam gyarapodással ez nem jár együtt, csak a trágyázás költségét növeli.

5. táblázat. A K-ellátottság hatása a silócirok zöldtermésére
(t/ha, Szarvas, 2000–2004)

Évek (1)	Zöldtermés (t/ha) (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)	Relatív termés (%) (5)
	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃			
2000	25,7	27,1	26,6	26,6	NS	26,5	95
2001	53,5	56,6	57,1	56,3	NS	55,8	94
2002	50,0	49,5	49,5	46,7	3,06	48,9	100
2003	51,2	51,5	50,4	48,9	1,39	50,5	99
2004	52,8	52,8	51,8	50,2	1,01	51,9	100
Átlag (6)	46,6	47,5	47,0	45,7	-	46,7	98

Megjegyzés: NS=nem szignifikáns

Table 5. The impact of K supply level on the green yield of sorghum (t ha⁻¹, Szarvas, 2000–2004). (1) Years, (2) Green yield (t ha⁻¹), (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Relative yield (%), Note: NS=not significant

Kölcsönhatások

A silócirok tápanyag-ellátottságában a N×P kölcsönhatások minden kísérleti évben kimutathatók voltak (6. táblázat). A N-trágyázás termésmenvelő hatása jelentősebb volt jobb P-ellátottsági szinten. A P-trágyázás kedvezőbb N-ellátottsági szinten nagyobb terméshozam-többletet eredményezett. Az évek többségében N-trágyázás nélkül túlzott P-ellátottsági (P₃) szinten terméshozam-csökkenési trend mutatható ki a termésmaximumhoz viszonyítva.

Az öt kísérleti évből kettőben volt kimutatható P×K kölcsönhatás, amikor 195–362 mg/kg AL-P₂O₅-ellátottsági tartományban a túlzott K-ellátottság (453, 465 mg/kg) statisztikailag igazolható termésdepressziót váltott ki (7. táblázat).

6. táblázat. $N \times P$ kölcsönhatások a silócirok zöldtermésében
(t/ha, Szarvas, 2000–2004)

Évek (1)	P- ellátottság (2)	N-ellátottság (t/ha) (3)				SzD _{5%} (4)	Átlag (5)
		N ₀	N ₁	N ₂	N ₃		
2000	P ₀	20,1	24,5	26,9	24,6	1,61	24,0
	P ₁	21,8	27,2	28,6	28,9		26,6
	P ₂	22,9	25,9	29,6	29,9		27,0
	P ₃	24,1	28,9	30,3	30,2		28,3
	SzD _{5%} (4)	1,72					1,38
	Átlag (5)	22,2	26,6	28,8	28,3	1,08	-
2001	P ₀	48,9	52,0	54,6	54,2	3,63	52,4
	P ₁	53,3	59,2	62,6	55,6		57,6
	P ₂	50,5	57,0	59,7	54,1		55,3
	P ₃	50,7	59,1	62,2	60,7		58,1
	SzD _{5%} (4)	4,37					3,05
	Átlag (5)	50,8	56,8	59,7	56,1	1,82	-
2002	P ₀	44,2	47,2	47,1	47,8	3,12	46,6
	P ₁	47,7	49,3	51,9	48,8		49,3
	P ₂	47,3	49,5	52,9	51,7		50,4
	P ₃	43,9	52,1	50,1	51,3		49,4
	SzD _{5%} (4)	4,50					1,90
	Átlag (5)	45,8	49,6	50,5	49,9	2,25	-
2003	P ₀	42,7	49,3	50,4	50,1	2,05	48,1
	P ₁	45,1	52,1	53,0	52,9		50,8
	P ₂	45,9	57,4	58,1	55,2		54,2
	P ₃	46,4	50,1	50,9	48,5		49,0
	SzD _{5%} (4)	2,22					1,35
	Átlag (5)	45,0	52,2	53,1	51,7	1,02	-

A táblázat folytatása a következő oldalon ...

... a 6. táblázat folytatása

Évek (1)	P- ellátottság (2)	N-ellátottság (t/ha) (3)				SzD _{5%} (4)	Átlag (5)
		N ₀	N ₁	N ₂	N ₃		
2004	P ₀	43,7	50,7	53,0	55,3	1,93	50,7
	P ₁	50,1	51,5	55,3	57,4		52,9
	P ₂	46,5	50,5	55,3	56,7		52,3
	P ₃	46,3	52,1	54,3	54,9	51,9	
	SzD _{5%} (4)			2,01		1,12	
	Átlag (5)	46,6	51,2	54,5	56,0	0,97	-

Table 6. N×P interactions in the green yield of sorghum (t ha⁻¹, Szarvas, 2000–2004). (1) Years, (2) N supply, (3) P supply (kg ha⁻¹), (4) LSD_{5%}, (5) Average

7. táblázat. P×K kölcsönhatások a silócirok zöldtermésében
(t/ha, Szarvas, 2000–2004)

Évek (1)	P- ellátottság (2)	K-ellátottság (t/ha) (3)				SzD _{5%} (4)	Átlag (5)
		K ₀	K ₁	K ₂	K ₃		
2003	P ₀	45,5	50,8	48,4	47,9	2,96	48,1
	P ₁	48,0	53,8	51,8	49,5		50,8
	P ₂	58,5	54,5	51,6	52,0		54,2
	P ₃	52,9	47,1	49,7	46,2	49,0	
	SzD _{5%} (4)			2,69		1,35	
	Átlag (5)	51,2	51,5	50,4	48,9	1,39	-
2004	P ₀	51,6	51,3	49,7	50,1	2,18	50,7
	P ₁	53,7	53,2	53,1	51,5		52,9
	P ₂	53,4	53,7	52,3	49,7		52,3
	P ₃	52,7	53,2	52,2	49,5	51,9	
	SzD _{5%} (4)			2,24		1,12	
	Átlag (5)	52,8	52,8	51,8	50,2	1,01	-

Table 7. P×K interactions in the green yield of sorghum (t ha⁻¹, Szarvas, 2000–2004). (1) Years, (2) P supply, (3) K supply (kg ha⁻¹), (4) LSD_{5%}, (5) Average

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.
- Akbar, K.-Umar, S.*: 2014. Potassium fertilization – An effective mitigator of unused nitrogen in forage sorghum. Journal of Plant Biochemistry & Physiology. 2: 126.
- 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.
- Amosson, S.-Girase, J.-Bean, B.-Rooney, W.-Becker, J.*: 2011. Economic analysis of biomass sorghum for biofuels production in the Texas High Plains. Texas A&M AgriLife Res. Ext. Ctr. Amarillo.
- Antal J.*: 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Ábrahám É. B.-Rajki E.*: 2013. Ciroktermesztés aszályos évben. Magyar Mezőgazdaság. 68. 11: 20–22.
- Bajai J.*: 1966. A cirok. [In: Láng G. (szerk.) A növénytermesztés kézikönyve.] 280–319.
- Barabás Z.-Bányai L.*: 1985. A cirok és a szudánifű, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, S. sudanense (Piper) Stapf. Magyarország kultúrflórája. Pázsitfűfélék II. 9: 10–11.
- Buzás I.*: 1983. A növénytaplálás zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Chrappan Gy.-Fazekas M.-Lazányi J.-Siklósiné Rajki E.*: 1997. Amit a cirok- és madár-eleség-félékről tudni kell. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft. Budapest.
- 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.*: 2010. A N-műtrágyázás hatása a csernozjom réti talaj nitrogénmérlegére és a NO₃-N mélységi eloszlására 1990–2007 között. Agrokémia és Talajtan. 59. 2: 233–248.
- Izsáki Z.*: 2013. Takarmánycirkok gazdasági értéke, termesztésük előnyei. AgroNapló. 18. 2: 88–89.
- Józsa L.*: 1976. Takarmánycirkok termesztése és felhasználása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Kádár I.-Radics L.*: 2005. A műtrágyázás hatása a szemescirok (*Sorghum vulgare* Pers.) fejlődésére és termésére. Növénytermelés. 54. 1–2: 77–87.

- Kádár I.: 2013. A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet tanulságai 1984–2000. Magyar Tudományos Akadémia ATK Talajtani és Agrokémiai Intézete. Budapest.
- 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.
- Kovács G. P.: 2014. Cukorcirok termesztés-technológia kidolgozása alternatív energetikai célokra. Doktori PhD értekezés. Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar. Gödöllő.
- Kovács G. P.–Mikó P.–Nagy L.–Gyuricza Cs.: 2011. Talajművelési eljárások hatása a cukorcirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) beltartalmi paramétereire. Növénytermelés. 60. 1: 61–81.
- Lásztity B.: 2006. Az ásványi tápelemek felhalmozása gabonafélékben. Műegyetemi Kiadó. Budapest.
- Mehdi, S. M.–Obaid-ur, R.–Sarfraz, M.–Ahmed, B.–Afzal, S.: 2010. Residual effect of wheat applied phosphorus on sorghum fodder in a sandy loam soil. Pakistan Journal of Science. 62. 4: 202–206.
- MÉM NAK: 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. Budapest.
- Netondo, G. W.–Onyango, J. C.–Beck, E.: 2004. Sorghum and salinity: I. Response of growth, water relations and ion accumulation to NaCl salinity. Crop Science. 44: 797–805.
- Németh T.: 2009. A tápanyagellátás hatása a silócirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) tápelem-felvételére, szárazanyag-felhalmozására és termés hozamára. Doktori PhD értekezés. Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma. Mezőgazdaságtudományi Kar Növénytudományi Intézet. Debrecen.
- Olgunde, O. O.–Sorensen, E. C.: 1982. Influence of concentrations of K and Mg in nutrient solution on sorghum. Agronomy Journal. 74. 1: 41–46.
- Ottman, M.–Walworth, J.: 2010. Development of forage sorghum tissue testing for efficient fertilization, 2009. Forage & Grain Report. Collage of Agriculture and Life Sciences. University of Arizona. 30–37.
- Propheter, J. S.–Staggenborg, S.–Wu, X.–Wang, D.: 2010. Performance of annual and perennial biofuel crops: Yield during the first two years. Agronomy Journal. 102: 806–814.
- Restelatto, R.–Pavinato, P. S.–Sartor, L. R.–Paixao, S. J.: 2014. Production and nutritional value of sorghum and black forages under nitrogen fertilization. Grass and Forage Science. 69. 4: 693–704.
- 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.
- Siklósiné Rajki E.: 1994. Takarmánycirok fajta- és termesztési ajánlat. Agroforum. 5. 3: 14.

- Siklósiné Rajki E.–Harmati I.*: 2001. Silócirok. [In: Radics L. (szerk.) Alternatív növények termesztése I.] Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest. 301–314.
- Sváb J.*: 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Tesso, T. T.–Claflin, L. E.–Tuinstra, M. R.*: 2005. Analysis of stalk rot resistance and genetic diversity among draught tolerant sorghum genotypes. *Crop Science*. 45: 645–652.
- Wortmann, C. S.*: 2014. Grain and silage sorghum. [In: Shaver, T. M. (ed.) Nutrient Management for Agronomic Crops in Nebraska.] University of Nebraska Institut of Agriculture and Natural Resources. Lincoln. 91–98.
- 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 – Adress of the authors:

*Dr. Izsáki Zoltán
Szent István Egyetem GAEK
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

Nitrogén és réz közötti kölcsönhatások szabadföldi tartamkísérletben őszi árpa kultúrában

KÁDÁR IMRE - CSATHÓ PÉTER

MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a N×Cu elemek közötti kölcsönhatásokat 1990-ben őszi árpával. Termőhely talaja a szántott rétegben 3% humuszt, 5% körüli CaCO₃-ot, 20% körüli agyagot tartalmazott. Talajjellemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, közepes N, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13–15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet 4 N×3 Cu=12 kezelés×3 ismétlés=36 parcellával állítottuk be. A N 0, 100, 200, 300 kg/ha, a Cu 0, 50, 100 kg/ha adagokat jelentett Ca-ammónium-nitrát, illetve CuSO₄ formájában. Főbb eredmények:

Az őszi árpa szemtermésmennyiségét a 100 kg/ha/év N-trágyázás megbízhatóan, átlagosan mintegy 39%-kal (1,4 t/ha-ral) emelte. A nagyobb, 200 és 300 kg/ha/év N-adagok viszont, N-túltrágyázást okozva, az optimális N-szinthez képest 0,2–0,4 t/ha szemtermés-csökkenést eredményeztek. A Cu-trágyázás a termést nem befolyásolta. A N-terheléssel nőtt a növényi szövetek N- és a vizsgált kationok koncentrációja. A vegetatív földfeletti szövetekben a N-kínálat kifejezettebben növelte a Cu felvételét, mint a Cu-trágyázás. A gyökér Cu-tartalma viszont a N és a Cu adagolásával egyaránt látványosan 2–3-szorosára emelkedett. A N×Cu pozitív kölcsönhatás eredményeképpen a kontrollon mért 5 mg/kg Cu mennyisége 6-szorosára, 29 mg/kg értékre ugrott. A gyökérben akkumulálódó Cu ugyanakkor nem vagy csak kis mértékben továbbítódott a földfeletti szövetekbe. A Cu vertikális mozgása gátolt volt.

Kulcsszavak: N×Cu kölcsönhatások, szabadföldi kísérlet, őszi árpa, mészlepedékes csernozjom talaj

Interactions between nitrogen and copper in a long-term field experiment in winter barley

I. KÁDÁR-P. CSATHÓ

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

Summary

The interactions between N×Cu were examined in winter barley in a field experiment on calcareous chernozem loamy soil in 1990. The ploughed layer of the soil of the production site contained 3% humus, around 5% CaCO₃ and around 20% clay. According to the performed soil analyses, the area was rich in Ca, Mg, K, Mn, while it had a satisfactory supply of Cu, medium supply of N and weak-medium supply of P and Zn. The groundwater level is 13–15 m and the area is drought-sensitive. The experiment was established with 4 N×3 Cu=12 treatments×3 replications=36 plots. N was applied in 0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ doses in the form of Ca ammonium nitrate, while Cu was applied in 0, 50 and 100 kg ha⁻¹ doses in the form of CuSO₄. Main results:

The grain yield of winter barley was significantly increased by 100 kg ha⁻¹ year⁻¹ N application by 39% (1.4 t ha⁻¹). However, larger N doses, such as 200 and 300 kg ha⁻¹ year⁻¹ caused N overfertilisation and resulted in 0.2–0.4 t ha⁻¹ decrease of grain yield. Cu fertilisation did not affect yield. The N load increased the N concentration of the vegetable organs and that of the examined cations. The N supply enhanced the Cu uptake of the above-ground organs more significantly than Cu fertilisation. However, the Cu content of the root increased 2–3 times as a result of applying N and Cu. As a consequence of the positive interaction between N×Cu, the measured amount of Cu in the control treatment (5 mg kg⁻¹) increased 6 times to 29 mg kg⁻¹. At the same time, the Cu which accumulated in the root was transported to above-ground organs only slightly or it was not transported at all. The vertical movement of Cu was blocked.

Key words: N×Cu interactions, field trial, winter barley, calcareous chernozem soil

Взаимодействие азота и меди в грунтовом продолжительном опыте в культуре озимый ячмень

И. КАДАР – П. ЧАТО

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

Резюме

В установленном грунтовом опыте на чернозёмной с известковым налётом суглинистой почве исследовали взаимодействия между элементами N×Cu в 1990 году с озимым ячменём. Почва места произрастания содержала в пахотном слое 3% гумуса, около 5% CaCO₃, около 20% глины. На основе анализов почвы территория была обеспечена хорошо Ca, Mg, K, Mn, удовлетворительно Cu, средне N, и слабо-средне обеспечена P и Zn. Почвенные воды расположены на глубине 13–15 м, территория чувствительна к засухе. Опыт установили в 4 N×3 Cu=12 обработках×3 повторения=с 36 парцеллами. Дозы N 0, 100, 200, 300 kg/ha, и Cu 0, 50, 100 kg/ha означали Ca-нитрат аммония, и в форме CuSO₄. Главные результаты:

Урожай зерна озимого ячменя удобрение N 100 kg/ha/года доказуемо увеличило, в среднем на 39% (1,4 t/ha). Однако большие, 200 и 300 kg/ha/год дозы N, причинив передозировку N, по сравнению с оптимальным уровнем N дали уменьшение урожая зерна на 0,2–0,4 t/ha. Удобрение Cu не повлияло на урожай. С нагрузкой N росла концентрация N растительных органов и исследованных катионов. В вегетативных органах над поверхностью почвы предложение N более выразительно увеличило приём Cu, чем внесение удобрения Cu. Однако содержание корнем Cu с дозами N и Cu в одинаковой мере увеличилось в 2–3 раза. В результате позитивного взаимодействия N×Cu измеренное на контроле 5 mg/kg количество Cu выросло в 6 раз, достигнув величины 29 mg/kg. В тоже время аккумуляированный в корне Cu не передал или только в малом размере передал в надповерхностные органы. Вертикальное движение Cu было затруднено.

Ключевые слова: взаимодействие N×Cu, грунтовый опыт, озимый ячмень, чернозёмная почва с известковым налётом

Bevezetés

A N×Cu elemek közötti kölcsönhatásokat hazai és nemzetközi szakirodalmi források alapján korábban már áttekintettük (Kádár és Csathó 2013, 2014).

Az első kísérleti évben 1988-ban tavaszi árpával végzett vizsgálatok eredményei szerint a N-trágyázás 20–25%-os terméscsökkenést eredményezett a lucerna elővetemény leszántása után. A Cu-trágyázás hatástalan maradt. Ami az elemösszetételt illeti, a Cu döntően a gyökérben dúsult, ahol a kontrolltalajon mért Cu-tartalom a 28 mg/kg értékről ötszörösére, 144 mg/kg-ra ugrott. A hajtás Cu koncentrációja ugyanakkor érdemben nem változott, a Cu növényen belüli vertikális transzportja gátolt volt. Talajvizsgálati adataink szerint ugyanakkor a bevitt Cu-trágya gyakorlatilag teljes mennyisége kimutatható volt a szántott rétegben KCl+EDTA oldható formában (Kádár és Csathó 2013).

A kísérlet 2. évében 1989-ben őszi búzát termesztettünk. A N-trágyázás csak a szalma termését növelte, míg a Cu-trágyázás hatástalan volt. A N-kínálattal általában emelkedett a búza szerveinek N- és a kationok koncentrációja. A gyökér kétszer gazdagabb volt Cu-ban, mint a fiatal hajtás. A Mg és a vizsgált mikroelemek a gyökérben dúsultak. A 0–60 cm talajréteg NO₃-N készlete 1989 tavaszán a 0, 100, 200, 300 kg/ha/év kezelésben 42, 84, 135, 180 kg/ha mennyiséget tett ki, tükrözve a N-terhelést (Kádár és Csathó 2014).

Ugyanezen a talajon 1990-ben vizsgáltuk a NPK ellátottsági szintek hatását az őszi árpára. A kielégítő PK-ellátottságot a szántott réteg 140–200 mg/kg AL-P₂O₅ és AL-K₂O tartománya, illetve a N-ellátást a 100 kg/ha/év körüli N-adag biztosította. Megállapítottuk, hogy az állomány kiegyensúlyozott NPK ellátottságát a bokrosodáskori hajtás összetétele jól jellemezheti az irodalmi adatokkal összhangban (Kádár 2000).

Anyag és módszer

A N×Cu kölcsönhatásokat vizsgáló kéttényezős kísérletet 1988 tavaszán állítottuk be az MTA TAKI nagyhőrcsöki kísérleti telepén. A kísérlet talaja löszön képződött meszes csernozjom, mely a kísérlet beállítása előtt 1988. március elején végzett talajvizsgálataink szerint mintegy 5% CaCO₃-ot és 3% humuszt tartalmazott a szántott rétegben. A pH(KCl)=7,3; az AL-P₂O₅ 128 mg/kg, AL-K₂O 243 mg/kg, KCl-Mg 150–180 mg/kg, az EDTA-Mn 127 mg/kg, az EDTA-Cu 2–3 mg/kg, EDTA-Zn 1–2 mg/kg értékekkel jellemezhetőek. A KCl-oldható

$\text{NH}_4\text{-N}$ 9 mg/kg, $\text{NO}_3\text{-N}$ 12 mg/kg a feltalajban. A *MÉM NAK* (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj jó Ca, Mg, K, Mn; kielégítő Cu, közepes N, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságáról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszály-érzékeny. Éghajlata az Alföldéhez hasonlóan szárazságra hajló, átlagos közép-hőmérséklete 11 °C, éves átlagos csapadékösszege 576 mm. A kísérlet osztott parcellás (split-plot) elrendezésű 4 N×3 Cu=12 kezeléssel és 3 ismétléssel, összesen 36 parcellával. A parcellák mérete 4,9×15=73,5 m² volt. A vizsgált tényezők az alábbiak:

1. tényező (főparcellák):

N₀ = kontroll

N₁ = 100 kg/ha/év N

N₂ = 200 kg/ha/év N

N₃ = 300 kg/ha/év N

2. tényező (alparcellák):

Cu₀ = kontroll

Cu₁ = 50 kg/ha Cu 1988 tavaszán

Cu₂ = 100 kg/ha Cu 1988 tavaszán

Az alaptrágyázás évente 100 kg/ha P₂O₅ és 100 kg/ha K₂O adagot jelentett superfoszfát és kálisó formájában. A N-t 25%-os pétisó ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$), a Cu trágyát 25,5%-os $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ formában alkalmaztuk. A PK műtrágyákat és a N felét az elővetemény lucerna törésére szórtuk ki 1987 őszén és leszántottuk, míg a N másik felét és a CuSO_4 trágyát 1988 tavaszán kevertük a talajba vetés előtt. A „Kompolti Korai” fajtájú őszi árpát 1989. szeptember 29-én vetettük el 5–6 cm mélyre és gabonaszortávolságra, kb. 300 kg/ha vetőmagnormával. A főbb agrotechnikai műveleteket és módszertani megfigyeléseket az *I. táblázat* tekinti át. Megemlítjük, hogy általában az üzemekben szokásos agrotechnikát alkalmaztuk.

Állománybonitálást végeztünk bokrosodás, virágzás idején és aratás előtt. Parcellánként 4–4 fm területről gyökeres növénymintákat vettünk bokrosodás végén. A hajtást hasonló módon mintáztuk virágzás kezdetén. Aratás előtt parcellánként mintakévév vettünk. A növénymintáknak meghatároztuk a friss és a légszáraz tömegét, majd analízisre finomra őröltük. A növényeket vizsgáltuk makroelemekre, illetve mikroelemekre. Talajmintákban meghatároztuk a KCl+EDTA oldható Cu-tartalmat, valamint a KCl-kicszerűlhető $\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalmat *MÉM NAK* (1978), illetve *Baranyai et al.* (1987) által ismertetett eljárásokkal.

1. táblázat. *Főbb agrotechnikai műveletek és megfigyelések 1990-ben az őszi árpa N×Cu tartamkísérletben (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)*

Műveletek megnevezése (1)	Időpont (2)	Egyéb megjegyzések (3)
1. Őszi műtrágyázás (N, P, K) (4)	1989. 09. 25.	Parcellánként kézzel (18)
2. Szántás kb. 20 cm mélyre (5)	1989. 09. 26.	MTZ-50+Lajta eke (19)
3. Szántás elmunkálása (6)	1989. 09. 26.	MTZ-50+tárcsa, kombinátor (20)
4. Vetés+hengerezés (7)	1989. 09. 29.	MTZ-50+vetőgép+henger (21)
5. Kelés, sorolás (8)	1989. 10. 12.	Egységesen az egész kísérlet (22)
6. Tavasz N-műtrágyázás (9)	1990. 03. 12.	Parcellánként kézzel (18)
7. Bonitálás bokrosodásban (10)	1990. 03. 12.	Parcellánként 1-5 skálán (23)
8. Gyökeres növénymintavétel (11)	1990. 04. 19.	Parcellánként 4 fm=0,5 m ² (24)
9. Bonitálás virágzaskor (12)	1990. 05. 16.	Parcellánként 1-5 skálán (23)
10. Mintavétel/hajtás/virágzásban (13)	1990. 05. 16.	Parcellánként 4 fm=0,5 m ² (24)
11. Mintakéve aratáskor (14)	1990. 06. 21.	Parcellánként 4 fm=0,5 m ² (24)
12. Kombájnlás (15)	1990. 06. 21.	Parcellánként 2×15=30 m ² (25)
13. Mintakévek cséplése (16)	1990. 08. 21.	LABOR cséplő parcellánként (26)
14. 1000-szem számlálás (17)	1990. 08. 23.	Parcellánként 4×500 db mag (27)

Megjegyzés: Kompolti korai fajta 5-6 cm mélyre vetve gabona sortávra kb. 300 kg/ha vetőmag-normával.

Table 1. Main agrotechnical operations and observations in the N×Cu experiment in winter barley in 1990 (calcareous chernozem soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) Operations, (2) Date, (3) Other notes, (4) Autumn fertilisation (N, P, K), (5) Approx. 20 cm deep ploughing, (6) Finishing the ploughed surface, (7) Sowing and rolling, (8) Emergence, (8) N fertilisation in the spring, (10) Classification in tillering, (11) Crop sampling with root, (12) Classification during flowering, (13) Sampling of the shoot during flowering, (14) Sample sheaf during harvesting, (15) Harvesting, (16) Threshing of sample sheaves, (17) Counting of thousand grains, (18) Manually per plot, (19) MTZ-50+Lajta plough, (20) MTZ-50+disk, combinator, (21) MTZ-50+sowing machine+roller, (22) Uniformly in the whole experiment, (23) On a scale from 1 to 5 per plot, (24) 4 rm=0.5 m² per plot, (25) 2×15=30 m² per plot, (26) LABOR thresher per plot, (27) 4×500 grains per plot, Note: the Kompolti early variety is sown 5-6 cm deep with cereal row spacing and around 300 kg ha⁻¹ sowing seed norm.

A tenyészidő közel 9 hónapja alatt összesen 323 mm csapadék hullott. Az elővetemény őszi búza betakarítása és az őszi árpa vetése közötti 1,5 hónap alatt azonban még 143 mm eső esett, tehát elvileg az őszi árpa kielégítő 466 mm csapadékkal rendelkezhetett. A havi csapadékösszegek 1990-ben az alábbiak

voltak: január – 34 mm, február – 3 mm, március – 15 mm, április – 67 mm, május – 39 mm, június – 90 mm. A június közepén érkezett nagyobb eső csapadékát az állomány már nem igazán tudta hasznosítani, a május viszont az átlagosnál szárazabb volt. Ebből adódóan, átlagosnak mondható termésszintekre volt kilátásunk, átlagos N-hatásokkal.

Eredmények

A N-trágyázás hatását az őszi árpa fejlődésére és termésére a 2. táblázatban tanulmányozhatjuk. A N-kontrollhoz viszonyítva javult az állomány fejlettsége, nőtt a magassága és tömege a mérsékelt N-trágyázással. Az őszi árpa szemtermés mennyiségét a 100 kg/ha/év N-trágyázás megbízhatóan, átlagosan mintegy 39%-kal (1,4 t/ha-ral) emelte. A nagyobb, 200 és 300 kg/ha/év N-adagok viszont, N túltrágyázást okozva, az optimális N szinthez képest 0,2-0,4 t/ha szemtermés csökkenést eredményeztek. Az ezerszemtömeg – kezeléstől függetlenül – 37 g körüli volt. A N-túlsúly főként a kalázonkénti szemek számát mérsékelte. Az összes földfeletti légszáraz biomassa aratás idején 6,6-8,8 t/ha között ingadozott.

A N-kínálattal emelkedett a növényi szervek N és kation/fém makro- és mikro-elemeinek koncentrációja. A P esetében viszont esetenként a hígulással fellépő koncentráció csökkenése figyelhető meg. Összesen 10 elemet vizsgáltunk, 5 makro- és 5 mikroelemet. A fiatalkori állományban bokrosodás végén 7 elem tartalma módosul igazolhatóan a N-adagok függvényében. Virágzás idején 6 elem, aratáskori szalmában 5 elem, pelyvában 4, míg a szemben már csak 2 elem változik kimutathatóan. A szem genetikailag védett növényi szerv, jobban ellenáll a változásnak, stabilitás jellemzi (3. táblázat).

A növényi szervek Cu-tartalmának alakulását a 4. táblázatban szemléltetjük a N×Cu kétirányú táblázatban, hogy a kölcsönhatásokat érzékeltessük. Megfigyelhető, hogy a vegetatív földfeletti növényi részekben a N-trágyázás kifejezettebben növeli a Cu koncentrációját, mint a Cu-trágyázás. Sőt, a N-kontrolltalajon a Cu adagolás hatástalan. A Cu-adagok viszont ugrásszerűen, 2-3-szorosára emelik a gyökér Cu-tartalmát. A N×Cu trágyázás közötti kölcsönhatások eredményeképpen a kontrollon mért 5 mg/kg Cu mennyisége közel a 6-szorosára nő elérve a 29 mg/kg értéket. A gyökérben akkumulálódó Cu azonban nem vagy alig továbbítódik a földfeletti szervekbe.

2. táblázat. N-trágyázás hatása az őszi árpaára 1990-ben
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

N-adag (kg/ha/év)	Bonitálás állományra (2)	05. 16.	06. 21.	05. 16. (3)	Hajtás (4)	Gyökér (5)	Hajtás (4)	Gyökér (5)
(1)	03. 12.	05. 16.	06. 21.	04. 19. (zöld, g)	04. 19. (légszáraz, g)	04. 19. (légszáraz, g)	04. 19. (légszáraz, g)	04. 19. (légszáraz, g)
0	3,0	3,0	2,8	69	393	114	88	25
100	3,7	4,6	5,0	77	505	148	106	26
200	4,7	4,7	4,6	75	523	161	111	27
300	4,3	4,7	4,3	74	553	172	121	28
SzD _{5%} (8)	1,1	0,9	1,0	6	86	41	12	3
Átlag (9)	3,9	4,2	4,2	74	494	156	106	27
N-adag (kg/ha/év)	Hajtás 05. 16. (g)	Szem (db/kalász) (10)	06. 21. (11)	06. 21. aratáskor (t/ha) (12)				
(1)	Zöld (13)	Légszáraz (14)	06. 21. (11)	Szalma (15)	Pelyva (16)	Együtt (17)	Szem (18)	Összesen (19)
0	707	231	22	2,45	0,47	2,92	3,65	6,57
100	987	300	27	3,15	0,56	3,72	5,07	8,79
200	998	299	26	3,22	0,52	3,74	4,88	8,62
300	942	267	25	3,27	0,52	3,79	4,67	8,45
SzD _{5%} (8)	118	35	2	0,30	0,08	0,35	0,40	0,82
Átlag (9)	909	274	25	3,02	0,52	3,54	4,57	8,11

Megjegyzés: bonitálás 1=gyengén, 5=jól fejlett állomány. A 04. 19-én, illetve 05. 16-án vett minták tömege 4 fm=0,5 m² területre vonatkozik. Kezeléstől függetlenül az ezerszem tömege átlagosan 37,3 g; a melléktermés/főtermés aránya 0,85 volt.

Table 2. The impact of N fertilisation on winter barley in 1990 (calcareous chernozem soil, Nagyhorcsók, Mezőföld). (1) N dose (kg ha⁻¹ year⁻¹), (2) Classification of the stand, (3) Height (cm), (4) Shoot, (5) Root, (6) Green (g), (7) Air dry (g), (8) LSD_{5%}, (9) Mean, (10) Shoot on 16/05 (g), (11) Grain (number per ear), (12) On 21/06 during harvesting (t ha⁻¹), (13) Green, (14) Air dry, (15) Straw, (16) Chaff, (17) Together, (18) Grain, (19) Total. Note: classification: 1=weakly developed population, 5=highly developed population. The weight of the samples sown on 19/04 and 16/05 refers to 4 fm=0.5 m². Independently of the given treatment, the average thousand grain weight is 37.3 g and the proportion of secondary and primary yield was 0.85.

3. táblázat. *N-trágyázás hatása az őszi árpa elemtartalmára 1990-ben
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)*

Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	N-trágyázás (kg/ha/év) (3)				SzD _{5%} (4)	Átlag (5)
		0	100	200	300		
Hajtás 04. 19-én bokrosodás végén (6)							
N	%	1,86	2,56	3,03	3,00	0,30	2,61
K	%	2,64	3,00	3,32	3,12	0,26	3,02
Ca	%	0,51	0,63	0,66	0,69	0,14	0,62
Mg	%	0,12	0,14	0,14	0,16	0,02	0,14
P	%	0,22	0,18	0,18	0,17	0,02	0,19
Na	mg/kg	628	726	889	994	220	809
Mn	mg/kg	64	78	75	84	12	75
Gyökér 04. 19-én bokrosodás végén (7)							
N	%	1,78	2,17	2,13	2,35	0,33	2,11
K	%	1,26	1,43	1,44	1,60	0,22	1,43
Ca	%	0,41	0,59	0,66	0,56	0,14	0,56
Mg	%	0,19	0,21	0,21	0,24	0,03	0,21
Na	%	0,11	0,15	0,13	0,15	0,04	0,13
Mn	mg/kg	134	153	147	167	24	150
Zn	mg/kg	29	34	44	47	10	39
Hajtás 05. 16-án virágzaskor (8)							
N	%	0,93	1,56	1,87	2,09	0,38	1,61
K	%	1,57	1,93	1,95	2,14	0,30	1,90
Ca	%	0,35	0,45	0,52	0,61	0,18	0,48
Mg	%	0,09	0,10	0,11	0,11	0,02	0,10
Na	mg/kg	280	537	460	471	120	437
Mn	mg/kg	22	34	41	41	11	35
Szalma 06. 21-én aratáskor (9)							
N	%	0,26	0,37	0,54	0,63	0,20	0,45
K	%	1,20	1,42	1,45	1,50	0,22	1,39
Ca	%	0,44	0,39	0,51	0,59	0,06	0,48
Na	%	0,06	0,13	0,11	0,12	0,04	0,10
Mn	mg/kg	21	29	38	39	10	32

A táblázat folytatása a következő oldalon ...

... a 3. táblázat folytatása

Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	N-trágyázás (kg/ha/év) (3)				SzD _{5%} (4)	Átlag (5)
		0	100	200	300		
Pelyva 06. 21-én aratáskor (10)							
N	%	0,38	0,42	0,55	0,59	0,09	0,48
K	%	0,22	0,23	0,26	0,31	0,04	0,25
P	%	0,13	0,09	0,07	0,07	0,02	0,09
Mn	mg/kg	38	43	47	48	8	44
Szem 06. 21-én aratáskor (11)							
N	%	1,14	1,62	1,83	1,95	0,26	1,64
P	%	0,41	0,33	0,31	0,33	0,03	0,34

Table 3. The impact of N fertilisation on the element content of winter barley in 1990 (calcareous chernozem loamy soils, Nagyhörcsök, Mezőföld), (1) Element, (2) Measurement unit, (3) N fertilisation (kg ha⁻¹ year⁻¹), (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) Shoot on 19/04 at the end of tillering, (7) Root on 19/04 at the end of tillering, (8) Shoot on 16/05 during flowering, (9) Straw on 21/06 during harvesting, (10) Husk on 21/06 during harvesting, (11) Grain on 21/06 during harvesting

4. táblázat. A N×Cu kezelések hatása az őszi árpa Cu-tartalmára 1990-ben
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld, mg/kg)

Cu adag (kg/ha) (1)	N-trágyázás (kg/ha/év) (2)				SzD _{5%} (4)	Átlag (3)
	0	100	200	300		
Hajtás 04. 19-én (5)						
0	3,7	3,7	3,7	4,7		4,0
50	3,7	4,7	4,7	5,7	1,6	4,7
100	3,7	4,7	4,7	5,7		4,7
SzD _{5%} (3)			0,9			0,6
Átlag (4)	3,7	4,4	4,4	5,4	0,8	4,5
Gyökér 04. 19-én (6)						
0	5	10	11	11		9
50	12	14	14	24	7	16
100	19	22	27	29		24
SzD _{5%} (3)			10			6
Átlag (4)	12	15	17	21	4	16

A táblázat folytatása a következő oldalon ...

... a 4. táblázat folytatása

Cu adag (kg/ha) (1)	N-trágyázás (kg/ha/év) (2)				SzD _{5%} (4)	Átlag (3)
	0	100	200	300		
Hajtás 05. 16-án (7)						
0	3,8	3,8	4,4	4,4		4,2
50	3,8	4,4	5,0	4,4	0,9	4,4
100	3,8	4,4	5,0	5,0		4,8
SzD _{5%} (3)			0,7			0,4
Átlag (4)	3,8	4,2	4,8	4,6	0,6	4,3
Szalma 06. 21-én (8)						
0	2,0	2,0	2,0	2,5		2,1
50	2,0	2,0	2,8	2,8	0,8	2,4
100	1,8	3,0	3,0	3,2		2,8
SzD _{5%} (3)			0,7			0,4
Átlag (4)	1,9	2,3	2,6	2,8	0,4	2,4
Pelyva 06. 21-én (9)						
0	2,0	1,8	2,8	3,0		2,4
50	2,2	2,2	3,5	3,0	0,8	2,7
100	2,8	3,0	3,8	4,2		3,5
SzD _{5%} (3)			0,9			0,5
Átlag (4)	2,3	2,3	3,4	3,4	0,4	2,9
Szem 06. 21-én (10)						
0	1,8	2,0	2,0	2,5		2,1
50	1,8	2,5	2,8	2,2	0,8	2,3
100	1,8	3,0	3,0	3,2		2,8
SzD _{5%} (3)			0,9			0,5
Átlag (4)	1,8	2,5	2,6	2,6	0,4	2,4

Table 4. The impact of N×Cu treatments on the Cu content of winter barley in 1990 (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld, mg kg⁻¹). (1) Cu dose (kg ha⁻¹), (2) N fertilisation (kg ha⁻¹ year⁻¹), (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoot on 19/04, (6) Root on 19/04, (7) Shoot on 16/05, (8) Straw on 21/06, (9) Chaff on 21/06, (10) Grain on 21/06

Az őszi árpa átlagos elemösszetételét vizsgálva megállapítható, hogy a fiatal hajtás N, K, Ca, P elemekben gazdagabb, míg a Mg és a vizsgált mikroelemek a gyökérben dúsulnak. A virágzáskori hajtás jelentősen hígult a bokrosodáskorrihoz viszonyítva a Cu és P elemeket kivéve. A generatív szemtermésben a N, P, Mg, Zn és Cu elemek koncentrációja jelentősen meghaladja a melléktermését. Ezek a szemképződés fontos tényezői (5. táblázat).

5. táblázat. Az őszi árpa átlagos összetétele 1990-ben
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Elem jele (1)	Mértékegység (2)	04. 19. (bokrosodáskor) (3)		05. 16.	06. 21. (aratáskor) (4)		
		Hajtás (5)	Gyökér (6)	Hajtás (5)	Szalma (7)	Pelyva (8)	Szem (9)
N	%	2,61	2,11	1,61	0,45	0,48	1,64
K	%	3,02	1,43	1,90	1,39	0,25	0,42
Ca	%	0,62	0,56	0,48	0,48	0,22	0,07
P	%	0,19	0,12	0,20	0,08	0,09	0,34
Mg	%	0,14	0,21	0,10	0,06	0,07	0,12
Fe	mg/kg	710	2800	64	109	107	76
Na	mg/kg	859	1300	437	1050	365	124
Mn	mg/kg	75	150	35	32	44	23
Zn	mg/kg	15	42	10	4	5	138
Cu	mg/kg	4	9	4	2	3	37

Table 5. Average composition of winter barley in 1990 (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhörcsök, Mezőföld). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) on 19/04 during tillering, (4) on 21/06 during harvesting, (5) Shoot, (6) Root, (7) Straw, (8) Chaff, (9) Grain

Az aratáskori földfeletti termékkel kivont elemek mennyiségéről és eloszlásáról a 6. táblázat nyújt áttekintést. A kombájntolt szemterméssel távozik a tábláról a N, P, Mg makro elemek zöme. A 8 t/ha körüli földfeletti biomassza 91 kg N, 62 kg K (74 kg/ha K₂O), 19 kg Ca, 18 kg P (41 kg P₂O₅), 8 kg Mg mennyiséget épített testébe. A fajlagos, azaz 1 t szem+a hozzátartozó melléktermés elemtartalma 20 kg N, 14 kg K (17 kg K₂O), 4 kg P (9 kg P₂O₅), 4 kg Ca (5–6 kg CaO), 2 kg Mg (3–4 kg MgO) mennyiségnek felelhet meg. Adataink felhasználhatók a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.

6. táblázat. Az őszi árpa átlagos elemfelvétele 1990-ben
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)

Elem jele (1)	Mérték- egység (2)	06. 21.				Fajlagos 1 t/ha szem+melléktermésre (3)
		Szalma (4)	Pelyva (5)	Szem (6)	Együtt (7)	
N	kg/ha	13,6	2,5	74,9	91	20
K	kg/ha	42,0	1,3	19,2	62	14
Ca	kg/ha	14,5	1,1	3,2	19	4
P	kg/ha	2,4	0,5	15,5	18	4
Mg	kg/ha	1,8	0,4	5,5	8	2
Na	g/ha	3171	190	567	3928	860
Fe	g/ha	329	56	347	732	160
Mn	g/ha	97	23	105	225	49
Zn	g/ha	12	3	631	646	141
Cu	g/ha	6	2	169	177	39

Table 6. Average element uptake of winter barley in 1990 (calcareous chernozem loamy soil, Nagyhorcsök, Mezőföld). (1) Element, (2) Measurement unit, (3) Specific nutrient content for 1 t ha⁻¹ grain + by product yield, proportional to it, (4) Straw, (5) Chaff, (6) Grain, (7) Together

Irodalom

- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.: 1987. A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Kádár I.: 2000. Az őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. 49. 6: 661–675.
- Kádár I.–Csathó P.: 2013. A N-Cu kölcsönhatások szabadföldi tavaszi árpa kísérletben. Agrokémia és Talajtan. 62. 2: 345–358.
- Kádár I.–Csathó P.: 2014. A nitrogén és réz közötti kölcsönhatások vizsgálata őszi búzában. Növénytermelés. 63. 2: 27–44.
- MÉM NAK: 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiái Központ. Budapest.
- MÉM NAK: 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiái Központ. Budapest.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

*Dr. Kádár Imre - Dr. Csathó Péter
MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet
Budapest
Herman O. u. 15.
H-1022
*kadar@rissac.hu

Tenyészterület vizsgálatok eltérő genotípusú kukorica (*Zea mays* L.) hibrideknél

PEPÓ PÉTER - MURÁNYI ESZTER

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

Összefoglalás

Eltérő genotípusú és tenészidejű kukorica hibridek (Sarolta, P 9175, SY Afinity) vizsgálatát végeztük el különböző sortávolság (45 cm, 76 cm) és tőszám (50, 70 és 90 ezer/ha) alkalmazása mellett, két eltérő évjáratban (2013, 2014), mészlepedékes csernozjom talajon a Hajdúságban. Vizsgálati eredményeink azt bizonyították, hogy a korszerű kukorica hibridek kedvezően reagáltak a tőszámsűrítésre. A kedvező vízellátottságú 2013. évben a 45 cm sortávnál a 90 ezer/ha, a kedvezőtlenebb 2014. évben a 76 cm sortávnál ugyancsak a 90 ezer/ha állománysűrűség bizonyult optimálisnak (a termésmaximumok 12 875–17 595 kg/ha, illetve 12 149–15 334 kg/ha között változtak hibridtől függően). A LAI_{max} 2013-ben 4,1–4,7 $m^2 m^{-2}$, 2014-ben 4,4–4,5 $m^2 m^{-2}$ között, a $SPAD_{max}$ pedig 55,7–60,9; illetve 61,6–64,3 között változott az optimális sortáv és tőszám kezeléseiben. A tőszám növelése mindkét évben növelte a LAI értékeket. A SPAD értékek 2013-ban csökkentek, 2014-ben nem változtak a tőszám növelésére. Az évjárat és a tenészterület, valamint az állománysűrűség hatásának jellemzésére kiválóan lehetett használni az általunk kidolgozott fotoszintetikus kapacitás mutatót (Ph.C.= P-index). A Pearson-féle korrelációs analízissel a kukorica hibridek termése és a P-index között szoros (0,829**–0,866**), a termés és a LAI_{max} között közepes erősségű (0,440**–0,579**) kapcsolatot lehetett kimutatni. Vizsgálataink szerint a termés és a $SPAD_{max}$ értékek között nem volt kapcsolat (–0,252–+0,094).

Kulcsszavak: kukorica, sortáv, tőszám, termés, LAI, SPAD, P-index

Growing area examinations of maize (*Zea mays* L.) hybrids of different genotype

P. PEPÓ – E. MURÁNYI

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

Summary

The examination of maize hybrids of different genotype and ripening date (Sarolta, P 9175, SY Afinity) was performed in the case of different row spacing (45 cm, 76 cm) and crop density (50, 70 and 90 plants per hectare) in two different crop years (2013, 2014) on calcareous chernozem soil in the Hajdúság region of Hungary. The obtained examination results showed that the modern maize hybrids responded favourably to increasing crop density. In 2013, when water supply was favourable, the optimal crop density was shown to be 90 thousand plants per hectare in the case of 45 cm row spacing, while in the less favourable year of 2014, it was again 90 thousand plants per hectare which was optimal at 76 cm row spacing (maximum yield were 12 875–17 595 kg ha⁻¹ and 12 149–15 334 kg ha⁻¹ for each hybrid, respectively). LAI_{max} was between 4.1–4.7 m² m⁻² in 2013 and 4.4–4.5 m² m⁻² in 2014. SPAD_{max} was between 55.7–60.9 and 61.6–64.3 in the optimal row spacing and crop density treatments, respectively. Increasing crop density increased LAI in both years. SPAD readings decreased in 2013, while they did not change as a result of increasing crop density in 2014. The photosynthetic capacity index (Ph.C.=P index) developed by the authors of this paper could be perfectly used to characterise the impact of crop year and growing area, as well as crop density. Pearson's correlation analysis was used to demonstrate a close correlation between the yield of maize hybrids and the P index (0.829**–0.866**) and a moderate correlation between yield and LAI_{max} (0.440**–0.579**). According to the performed examinations, there was no correlation between yield and SPAD_{max} readings (-0.252–+0.094).

Key words: maize, row spacing, crop density, yield, LAI, SPAD, P index

Исследования площади выращивания кукурузных гибридов различных генотипов (*Zea mays* L.)

П. ПЕПО – Е. МУРАНИ

Дебреценский Университет, Факультет Сельского хозяйства, Науки о Пище и Экологического менеджмента, Институт Ботаники, Дебрецен

Резюме

Проводили исследования гибридов кукурузы различного генотипа и вегетационного периода (Sarolta, P 9175, SY Afinity) при применении различного размера междурядий (45 см, 76 см) и числа растений (50, 70, 90 тыс/га), в двух различных годах выращивания (2013, 2014), на чернозёмной с известковым налётом почве в Хайдусаге (Hajdúság). Результаты наших исследований доказали, что современные гибриды кукурузы благоприятно реагируют на уплотнение числа стеблей. В благоприятно водообеспеченном 2013 году при междурядье 45 см число стеблей 90 тыс/га, в менее благополучном 2014 году при междурядье 76 см также насаждения плотностью 90 тыс/га оказались оптимальными (максимумы урожая изменялись в пределах 12 875–17 595 kg/ha, и 12 149–15 334 kg/ha в зависимости от гибрида). В 2013 году показатели LAI_{max} изменялись в пределах 4,1–4,7 $m^2 m^{-2}$, в 2014 году в пределах 4,4–4,5 $m^2 m^{-2}$, а величины $SPAD_{max}$ изменялись в пределах 55,7–60,9, и 61,6–64,3 при оптимальных междурядьях и оптимальном числе стеблей. Увеличение числа стеблей в обоих годах увеличило показатель LAI. Показатели SPAD в 2013 году уменьшились, в 2014 году не изменялись при увеличении густоты стеблей. Для характеристики влияния года выращивания, площади выращивания, и влияния густоты насаждения отлично можно использовать выработанный нами индекс фотосинтетической мощности ($Ph.C.=P-index$). Корреляционным анализом по методу Пирсона (Pearson) можно показать тесную связь между урожаем гибридов кукурузы и P-индексом (0,829**,-0,866**), и средней силы связь между урожаем и LAI_{max} (0,440**,-0,579**). Согласно нашим исследованиям не было связи между урожаем и величинами $SPAD_{max}$ (-0,252–+0,094).

Ключевые слова: кукуруза, междурядье, число стеблей, урожай, LAI, SPAD, P-index

Bevezetés

Napjainkban a kukorica vetésterülete, termésátlaga és a megtermelt össz-mennyisége növekszik a legdinamikusabban a világon a nagy területen termesztett növények közül a jelentősen növekvő kereslet miatt. Hazánkban a legnagyobb területen termesztett növényünk a kukorica (1,2–1,3 millió ha vetésterület). Míg az 1970–1980-as években a kukorica hazai termésátlaga világviszonylatban az első öt ország között szerepelt, addig napjainkban – az egy millió hektár feletti országok között – csak a 7–14. helyezés között változik a termésátlagunk évjárattól függően. A hazai kukoricatermesztésben a világ legjobb genotípusait használjuk, ugyanakkor az agrotechnikai elemeknél jelentős a lemaradásunk. Ehhez hozzájárulnak a klímaváltozás miatti szélsőséges éghajlati feltételek is. A kukorica agrotechnikájában számos elem meghatározó jelentőségű a termés mennyiségének kialakításában. Ezek közé tartozik a tenyészterület és az állománysűrűség. Számos hazai és külföldi kutató bizonyította, hogy az állománysűrűség növelése – bizonyos határok között – növeli a kukorica termésmennyiségét. *Sárvári et al.* (2001, 2002), *Berzsenyi és Lap* (2005), *Sárvári* (2005) és *Pepó* (2009) kutatásaik alapján megállapították, hogy a kukoricatermesztésben a nagyobb tőszám alkalmazása növelte a termést. A termésmnövekedés mértéke jelentősen függött az évjárattól, a tápanyagellátástól, a vízellátástól, valamint a hibridtől. A tőszám mellett fontos a kukorica tenyészterülete is. A külföldi szakirodalomban több eredményt találtunk arra vonatkozóan, hogy a hagyományos kukorica sortávolság (70–76 cm) csökkentése hogyan befolyásolta a kukorica termését. A kísérleti eredmények jelentős részében a kutatók a sortávolság csökkentése (33–50 cm) esetében a kukorica termésének eltérő mértékű növekedését tapasztalták (*Lutz et al.* 1971, *Andrade et al.* 2002, *Shapiro és Wortmann* 2006, *Farinelli et al.* 2012). Más kísérletekben a sortávolság csökkentése esetén a kukorica termésmennyisége nem változott (*Giesbrecht* 1969, *Farnham* 2001).

A kukorica termésmennyiségének változását a növényállományok fotoszintetikus kapacitása jelentős mértékben meghatározza (*Berzsenyi* 2000). A kukorica fotoszintetikus kapacitását részben a levélterület nagysága (LAI_{max}), annak dinamikája, illetve részben a levelek fotoszintetikus aktivitása (klorofilltartalom, annak változása) határozza meg. A kutatási eredmények azt bizonyították, hogy a kukorica állománysűrűségének a növelése növelte a kukorica

asszimilációs területének (LAI) értékeit (*Berzsenyi és Lap 2006, Amanullah et al. 2010, Liu et al. 2012, Sadeghi et al. 2012*). A relatív klorofilltartalmat a szántóföldi kísérletekben a SPAD értékekkel jellemzik nemzetközileg elfogadott módon. A kísérleti eredmények azt bizonyították, hogy a kukorica tőszámának növelése általában csökkentőleg hatott a levelek SPAD értékeire (*Jiang et al. 2010, Su et al. 2012*) és ez a hatás hibridspecifikus volt. *Meng et al. (2013)* vizsgálatai szerint a sortávolság növelése csökkentette a kukorica csőlevelének a SPAD értékeit. Komplex kísérletekben vizsgálva *Li et al. (2011), Wang et al. (2012)* és *Tang et al. (2013)* megállapították, hogy az állomány-sűrűség növelése növelte a levélterület indexet (LAI), míg a klorofilltartalmat (SPAD) csökkentette.

A kísérletünkkel a célunk az volt, hogy tanulmányozzuk eltérő genotípusú kukorica hibridek tőszámreakcióját, az eltérő tenyészterületek hatását a kukorica asszimilációs kapacitására (LAI, SPAD), termésmennyiségére eltérő évjáratokban, csernozjom talajon.

Anyag és módszer

A szabatos, szántóföldi kisparcellás kísérleteket a Debreceni Egyetem ATK Látóképi Kísérleti Telepén állítottuk be véletlenblokk elrendezésben, négy ismétlésben. A kísérleti parcellák területe 15,2 m² volt. A kísérletet mészlepedékes csernozjom talajon végeztük 2013. és 2014. években. A kísérletben két sortávolságot (45 és 76 cm), három tőszámot (50 ezer/ha, 70 ezer/ha és 90 ezer/ha) alkalmaztunk három eltérő genotípusú kukorica hibridnél, melyek a következők voltak: Sarolta (FAO 290), P 9175 (FAO 330) és SY Afinity (FAO 470).

A kísérletben egységes, korszerű agrotechnikát (talajművelés, tápanyag-ellátás, növényvédelem, betakarítás) alkalmaztunk.

A kísérletben a kukorica vegetációs periódusa során folyamatosan, szántóföldi körülmények között, roncsolásmentes (non-destructive) vizsgálatokkal határoztuk meg az asszimilációs területet (LAI) és a relatív klorofilltartalmat (SPAD). A levélterület (LAI) értékeket a SunScan Canopy Analysis Systems (SS1) hordozható levélterület-mérő segítségével, a levél relatív klorofilltartalmát pedig a Soil Plant Analysis Development (SPAD-502 Plus, Konica Minolta) klorofill mérőműszer használatával határoztuk meg. A táblázatokban a LAI és

SPAD maximális értékeit közöljük az adott évjáratban (a virágzáskori fenofázisban). A betakarításkori terméseredményeket a betakarításkor mért szemnedvesség értékekkel 14%-ra standardizáltuk és ezeket közöljük a táblázatokban.

A kísérleti eredményeket az SPSS for Windows 13.0 és a Microsoft Office 2013 Excel program segítségével értékeltük variancia-analízissel és Pearson-féle korreláció számítással.

Eredmények

A kukorica tőszám és tenyészterület kísérleteinket kiváló talajadottságok mellett (mészlepedékes csernozjom) végeztük, két eltérő időjárású évjáratban. A kísérleti évek (tenyészidő előtti és vegetációbeli) havi csapadéknak és hőmérsékletének, valamint a 30 éves átlagoknak az értékeit az *1. táblázat* tartalmazza. A két év időjárása alapvetően eltért egymástól. A 2013. vegetációs periódus előtti időszakban (október-március hónapokban) a lehullott csapadék mennyisége (332,7 mm) lényegesen meghaladta a 2014. tenyészév előtti periódus csapadék mennyiségét (167,1 mm). Ezt a közel kétszer több csapadékot a kiváló vízgazdálkodási paraméterekkel rendelkező csernozjom talaj a kísérleti térben megfelelően tudta raktározni és a későbbiekben a növekvő vízigényű kukorica állományok ezt a vizet tudták hasznosítani. A 2013. év vegetációs periódusát relatíve egyenletes vízellátottság (áprilisban 48,0 mm, májusban 68,7 mm, júniusban 30,8 mm) jellemezte, ezért a júliusi hónap átlaghoz (65,7 mm) képest kevesebb csapadék (15,6 mm) nem befolyásolta kedvezőtlenül a növényállományok fejlődését. A 2014. vegetációs periódusban a június extrém száraz (7,9 mm, átlag 79,5 mm) és meleg időjárása kedvezőtlenül befolyásolta a generatív szervek korai differenciálódását. Ezt a kedvezőtlen hatást a 2014. júliusában lehullott igen jelentős csapadék (128,0 mm) csak részben tudta kompenzálni. A két évjárat vízellátását jól jellemzik az egyes periódusokban lehullott csapadék mennyiségek:

2012. október – 2013. március	332,7 mm	} 575,6 mm
2013. április – 2013. szeptember	242,9 mm	
2013. október – 2014. március	167,1 mm	} 552,5 mm
2014. április – 2014. szeptember	385,4 mm	

I. táblázat. A csapadék (mm) és hőmérséklet (°C) havi értékeit a kukorica vegetációs periódusa előtt és a tenyészidőszakban (Debrecen, 2013–2014)

Év (1)	Okt. (5)	Nov. (6)	Dec. (7)	Jan. (8)	Febr. (9)	Márc. (10)	Ápr. (11)	Máj. (12)	Jún. (13)	Júl. (14)	Aug. (15)	Szept. (16)
Csapadék (mm) (2)												
2012/2013	22,4	16,6	65,8	38,7	52,9	136,3	48,0	68,7	30,8	15,6	32,2	47,6
2013/2014	39,1	51,5	0	39,2	26,0	11,3	39,6	69,4	7,9	128,0	44,8	95,7
30 éves átlag (4)	30,8	45,2	43,5	37,0	30,2	33,5	42,4	58,8	79,5	65,7	60,7	38,0
Hőmérséklet (°C) (3)												
2012/2013	11,1	7,2	-1,2	-1,0	2,3	2,9	12,0	16,6	19,6	21,2	21,5	14,0
2013/2014	11,8	7,6	0,5	2,0	7,8	8,9	12,3	15,4	19,0	21,2	19,8	16,7
30 éves átlag (4)	10,3	4,5	-0,2	-2,6	0,2	5,0	10,7	15,8	18,7	20,3	19,6	15,8

Table 1. Monthly precipitation (mm) and temperature (°C) values before the vegetation period of maize and during the growing season (Debrecen, 2013–2014). (1) Year, (2) Precipitation (mm), (3) Temperature (°C), (4) 30-year-average, (5) October, (6) November, (7) December, (8) January, (9) February, (10) March, (11) April, (12) May, (13) June, (14) July, (15) August, (16) September

Bár a vizsgált két évben a vegetáció előtt és a vegetációban lehullott összes csapadék mennyisége közel megegyezett, mégis a két évben a terméseredmények jelentősen eltértek egymástól (2–3. táblázat). Ez azt bizonyítja, hogy a kukorica vegetatív és generatív fejlődése szempontjából rendkívül fontos a csapadék mennyiségén túl annak megoszlása is.

A kukorica terméseredményei eltérően alakultak a két kísérleti évben. A vizsgált hibridek termése 2013. évben 10 765–17 595 kg/ha, 2014. évben pedig 9269–15 508 kg/ha között változtak, azaz a két évjárat között közel 2 t/ha terméskülönbség állapítható meg. A kedvező időjárású 2013. évben a vizsgált hibridek a speciális mikroklimatikus feltételekkel jellemezhető, szűkebb sortávolságú (45 cm) kezelésekben adták a nagyobb termést a 76 cm sortávolságú kezelésekkel összehasonlítva. A 45 cm sortávolságnál a hibridek a legnagyobb, 90 ezer/ha tőszámnál érték el a maximális termésüket (Sarolta 12 875 kg/ha, P 9175 17 595 kg/ha, SY Afinity 16 876 kg/ha). A 2013. évben a vizsgált hibridek a 76 cm sortávolságnál nem csak kisebb termést adtak a 45 cm sortáv terméseredményeihez képest, hanem a tőszám optimumuk is változott. A Sarolta (11 997 kg/ha) és a P 9175 (15 948 kg/ha) is a 70 ezer/ha, az SY Afinity (15 946 kg/ha) viszont a 90 ezer/ha tőszámnál adta a legnagyobb termést a 76 cm sortávnál. A 2014. évben a speciális időjárási és mikroklimatikus feltételek miatt a terméseredmények mintegy 2000 kg/ha-ral voltak kisebbek a 2013. évihez képest, valamint a hibridek eltérő tenyészterület és tőszám reakciót mutattak. A 2014. évben a nagyobb terméseket a 76 cm sortávolságnál kaptuk a vizsgált kukorica genotípusoknál (12 149–15 508 kg/ha). A 76 cm sortávolságnál az állományok jobb légjárhatósága kedvezőbb mikroklimatikus feltételeket jelentett a rendkívül aszályos júniusi hónapban. A vizsgált genotípusok a 90 ezer/ha tőszámnál adták a maximális termést 76 cm sortávnál. A 45 cm sortáv esetében a hibridek termése kb. 2 t/ha-ral volt kisebb, mint a 76 cm sortávnál (termésmaximumok 10 253–13 343 kg/ha között változtak). A 45 cm sortávnál 2014. évben optimálisnak a Saroltánál az 50 ezer/ha, a P 9175-nél és az SY Afinitynél a 70 ezer/ha tőszám bizonyult.

Mindkét vegetációs periódusban meghatároztuk a kukorica hibridek levélterület és relatív klorofilltartalmának értékeit. A 2–3. táblázatban a LAI_{max} és $SPAD_{max}$ értékeket közöljük. Mindkét évben a nagyobb termésekhez nagyobb LAI_{max} értékek tartoztak. A 2013. évben a 45 cm sortávnál az optimális tőszámnál a LAI_{max} 4,1–4,7 $m^2 m^{-2}$, a 76 cm sortávnál pedig 3,2–3,8 $m^2 m^{-2}$ között változott.

2. táblázat. A sortáv és tőszám hatása a kukorica hibridek termésére, LAI_{max} és SPAD_{max} értékeire (Debrecen, 2013)

Sortáv (cm) (1)	Tőszám (ezer/ha) (2)	Sarolta				P 9175			SY Afinity	
		Termés (kg/ha) (3)	LAI _{max} (m ² m ⁻²) (4)	SPAD _{max} (5)	Termés (kg/ha) (3)	LAI _{max} (m ² m ⁻²) (4)	SPAD _{max} (5)	Termés (kg/ha) (3)	LAI _{max} (m ² m ⁻²) (4)	SPAD _{max} (5)
45	50	10 765	2,9	59,7	14 105	3,7	60,2	13 616	3,6	60,7
45	70	12 609	3,4	58,4	16 755	4,2	59,8	14 628	3,8	58,0
45	90	12 875	4,1	55,9	17 595	4,7	58,0	16 876	4,3	58,6
76	50	11 878	2,4	62,6	15 859	3,3	61,0	14 682	3,2	59,3
76	70	11 997	3,2	59,9	15 948	3,8	59,8	15 372	3,5	59,0
76	90	11 826	3,8	57,8	15 219	3,8	60,9	15 946	3,8	55,7
SzD _{5%} termés (6)		1043	-	-	1938	-	-	1579	-	-
SzD _{5%} LAI (7)		-	0,5	-	-	0,7	-	-	0,6	-
SzD _{5%} SPAD (8)		-	-	2,7	-	-	3,5	-	-	3,7

Table 2. The effect of row spacing and crop density on the yield, LAI_{max} and SPAD_{max} values of maize hybrids (Debrecen, 2013). (1) Row spacing (cm), (2) Crop density (thousand plants per hectare), (3) Yield (kg ha⁻¹), (4) LAI_{max} (m² m⁻²), (5) SPAD_{max}, (6) LSD_{5%} yield, (7) LSD_{5%} LAI, (8) LSD_{5%} SPAD

3. táblázat. A sortáv és tőszám hatása a kukorica hibridek termésére, LAI_{max} és $SPAD_{max}$ értékeire (Debrecen, 2014)

Sortáv (cm) (1)	Tőszám (ezer/ha) (2)	Sarolta			P 9175			SY Afinity		
		Termés (kg/ha) (3)	LAI_{max} ($m^2 m^{-2}$) (4)	$SPAD_{max}$ (5)	Termés (kg/ha) (3)	LAI_{max} ($m^2 m^{-2}$) (4)	$SPAD_{max}$ (5)	Termés (kg/ha) (3)	LAI_{max} ($m^2 m^{-2}$) (4)	$SPAD_{max}$ (5)
45	50	10 253	3,1	63,1	13 152	4,0	63,9	12 510	3,1	65,5
45	70	10 065	3,3	63,2	13 3 43	3,5	61,6	13 267	3,1	62,2
45	90	9 607	3,7	63,4	13 301	4,0	61,9	9 269	3,5	62,4
76	50	9 607	3,0	63,9	13 051	3,2	65,1	13 157	3,2	62,5
76	70	10 971	3,7	64,9	14 219	4,0	66,4	15 050	3,7	63,4
76	90	12 149	4,5	62,0	15 508	4,5	63,3	15 334	4,4	64,3
SzD _{5%} termés (6)		1278	-	-	807	-	-	2255	-	-
SzD _{5%} LAI (7)		-	0,5	-	-	0,7	-	-	0,4	-
SzD _{5%} SPAD (8)		-	-	3,5	-	-	3,3	-	-	3,8

Table 3. The effect of row spacing and crop density on the yield, LAI_{max} and $SPAD_{max}$ values of maize hybrids (Debrecen, 2014). (1) Row spacing (cm), (2) Crop density (thousand plants per hectare), (3) Yield (kg ha⁻¹), (4) LAI_{max} ($m^2 m^{-2}$), (5) $SPAD_{max}$, (6) LSD_{5%} yield, (7) LSD_{5%} LAI, (8) LSD_{5%} SPAD

Hasonló megállapítást tehetünk a 2014. évben is a LAI_{max} értékeknél (45 cm sortávnál 3,5–4,0 $m^2 m^{-2}$, 76 cm sortávnál 4,4–4,5 $m^2 m^{-2}$). A $SPAD_{max}$ értékek esetében a 2013. tenyészévben 3–7 értékponntal kisebbek voltak, mint 2014. évben (55,7–62,6, illetve 61,6–66,4). A 2013. évben mind a 45 cm, mind a 76 cm sortávolságnál az állománysűrűség növelése csökkentette a $SPAD_{max}$ értékeket. A kedvezőtlenebb időjárású 2014. évben ezt a tendenciát nem tapasztaltuk.

A 2013. és 2014. évben kapott LAI_{max} értékek alig különböztek egymástól, a $SPAD_{max}$ értékek pedig 2014. évben voltak kedvezőbbek. Ennek ellenére a terméseredmények 2014. évben mintegy 2000 kg/ha-ral voltak kisebbek. A két évjárat és a tőszám kezelések jellemzésére felhasználtuk az általunk kidolgozott fotoszintetikus kapacitás (Ph.C.=P-index) mutatót, amelynek számítását az alábbi képlettel végezhetjük el:

$$Ph. C. (P index) = \left(\frac{Termés}{LAI max} \times \frac{Termés}{SPAD max} \right) / 1000$$

A kapott értékeket az 1–2. ábra mutatja be. A P-index (Ph.C.) értékek azt bizonyították, hogy ezekkel az értékekkel jól jellemezhetőek mind az évjáratok, mind a tőszám-kezelések. A nagyobb terméseredményű (10 765–17 595 kg/ha) 2013. évben a P-index értékek (649–1252) lényegesen meghaladták a kisebb termésű (9269–15 334 kg/ha) 2014. év P-index értékeit (401–974). Különbségeket lehetett megállapítani a különböző tenyészterületek (45 és 76 cm) és tőszám (50, 70, 90 ezer/ha) kezelések P-index értékei között is (1–2. ábra).

Következtetések

Két eltérő évjáratban (2013. és 2014. évek) vizsgáltuk 3 különböző genotípusú és tenyészidejű kukorica hibrid (Sarolta, P 9175, SY Afinity) növényfiziológiai paramétereit (LAI , $SPAD$) és termésmennyiségét különböző tenyészterület (45 és 76 cm sortáv) és tőszám (50, 70, 90 ezer/ha) kezelésekben. Kísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy a kukorica kifejezetten érzékeny a vízellátásra, amely részben a tenyészidő előtti (október-március) és tenyészidőbeni (április-szeptember) hónapok csapadékösszegét, illetve annak megoszlását jelentette.

1. ábra. A sortáv és tőszám hatása a kukorica hibridek fotoszintetikus kapacitására (Debrecen, 2013)

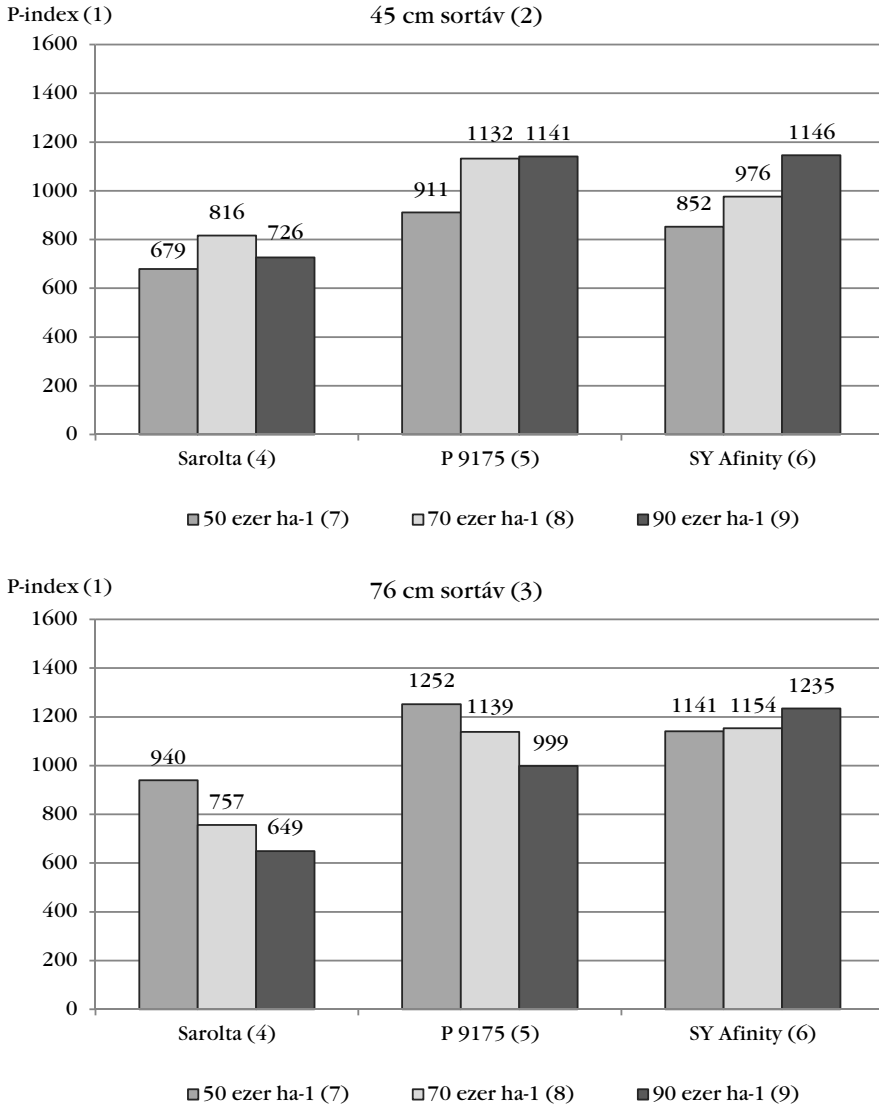


Figure 1. The effect of row spacing and crop density on the photosynthetic capacity of maize hybrids (Debrecen, 2013). (1) P index, (2) 45 cm row spacing, (3) 76 cm row spacing, (4) 'Sarolta' hybrid, (5) 'P 9175' hybrid, (6) 'SY Affinity' hybrid, (7) 50 thousand plants ha⁻¹, (8) 70 thousand plants ha⁻¹, (9) 90 thousand plants ha⁻¹

2. ábra. A sortáv és tőszám hatása a kukorica hibridek fotoszintetikus kapacitására (Debrecen, 2014)

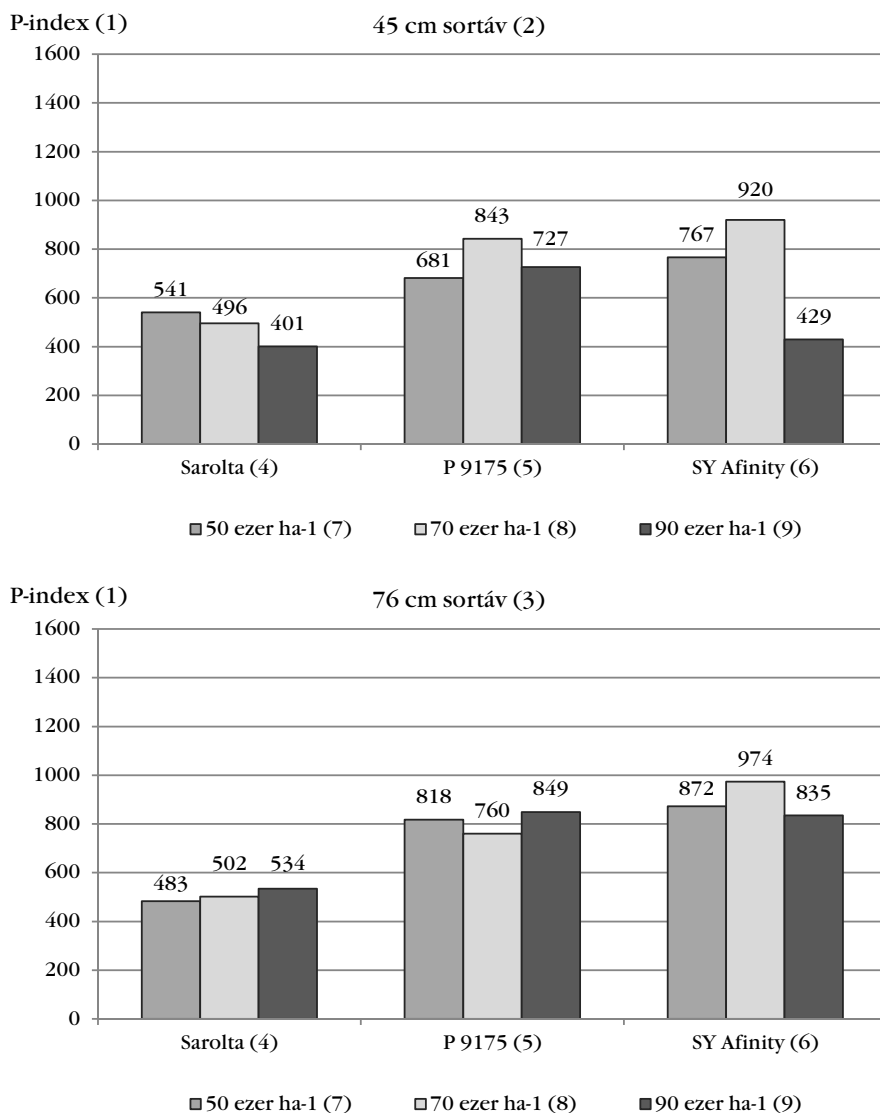


Figure 2. The effect of row spacing and crop density on the photosynthetic capacity of maize hybrids (Debrecen, 2014). (1) P index, (2) 45 cm row spacing, (3) 76 cm row spacing, (4) 'Sarolta' hybrid, (5) 'P 9175' hybrid, (6) 'SY Affinity' hybrid, (7) 50 thousand plants ha⁻¹, (8) 70 thousand plants ha⁻¹, (9) 90 thousand plants ha⁻¹

A kedvezőbb vízellátású 2013. évben a vizsgált hibridek termésmaximuma 11 997–17 595 kg/ha, a kedvezőtlenebb 2014. évben pedig 10 253–15 334 kg/ha között változott sortávától és tőszámtól függően. 2013. évben a hibridek 45 cm sortávnál és 90 ezer/ha állománysűrűségénél, 2014. évben pedig 76 cm sortávnál és 90 ezer/ha tőszámnál adták a termésmaximumukat. Vizsgálati eredményeink szerint tehát a tőszám növelése mindkét évjáratban növelte az eltérő tenyészidejű kukorica hibridek termését *Sárvári et al.* (2001), *Berzsényi és Lap* (2005), valamint *Sárvári* (2005) eredményeihez hasonlóan. Kísérleteinkben – az évjárat eltérő jellege miatt – 2013-ban a 45 cm, 2014-ben pedig a 76 cm sortávnál kaptuk a legnagyobb terméseket. Ez a tenyészterület erőteljes környezeti függőségét bizonyította (elsősorban a vízellátottságtól való függést). Eredményeink tehát csak részben igazolták *Lutz et al.* (1971), *Andrade et al.* (2002), *Shapiro és Wortmann* (2006) és *Farinelli et al.* (2012) kutatási megállapításait, akik a sortávolság csökkentésével a kukorica terméseredményének növelését tapasztalták.

A LAI_{max} eredményeink azt bizonyították, hogy a tőszám növelésével mindkét sortávnál (45 cm és 76 cm) nőtt a levélterület nagysága, hasonlóan *Berzsényi és Lap* (2006), *Liu et al.* (2012) kísérleteihez. Ugyanakkor a kedvezőbb vízellátottságú 2013. évben a 45 cm, a kedvezőtlenebb 2014. évben pedig a 76 cm sortávnál kaptuk a nagyobb LAI értékeket. A relatív klorofilltartalmat (SPAD) a tőszám növelése a kedvező 2013. évben csökkentette (*Jiang et al.* 2010, *Su et al.* 2012), de ezt a kedvezőtlenebb vízellátású 2014. évben nem tudtuk igazolni.

Az évjárat és tőszám kezelésekre jellemzésére a fotoszintetikus kapacitás mutatót (Ph.C.=P-index) dolgoztuk ki. A Pearson-féle korreláció-analízis azt bizonyította (4. táblázat), hogy a legszorosabb összefüggést a P-index és a kukorica termése között lehetett kimutatni (0,829**–0,866**). Közepes erősségű (0,440**–0,579**) összefüggés volt vizsgálataink szerint a LAI_{max} és a termés között, míg nem találtunk kapcsolatot a $SPAD_{max}$ és a termés között (–0,252–+0,094).

4. táblázat. Az asszimilációs terület (LAI), a relatív klorofilltartalom (SPAD) és a kukorica termése közötti összefüggés vizsgálata
Pearson-féle korreláció-analízissel
(Debrecen, 2013–2014)

	2013	2014	2013. és 2014. évek átlaga (1)
Termés (2)	1	1	1
LAI _{max} (3)	0,579 ^(**)	0,440 ^(**)	0,470 ^(**)
SPAD _{max} (4)	-0,055	0,094	-0,252 ^(**)
Ph.C. (P-index) (5)	0,829 ^(**)	0,859 ^(**)	0,866 ^(**)

Megjegyzés: (**) – a korreláció szignifikáns SzD_{1%}-os szinten

Table 4. Examining the correlation between the assimilation area (LAI), the relative chlorophyll content (SPAD) and maize yield using Pearson's correlation analysis (Debrecen, 2013–2014). (1) Average of 2013 and 2014, (2) Yield, (3) LAI_{max}, (4) SPAD_{max}, (5) Ph.C. (P index)

Irodalom

- Amanullah-Asif, M.–Nawab, K.–Shah, Z.–Hassan, M.–Khan, Z. A.–Khlail, K. S.–Hussain, Z.–Tariq, M.–Rahman, H.: 2010. Impact of planting density and P-fertilizer source on the growth analysis of maize. Pakistan Journal of Botany. 42. 4: 2349–2357.
- Andrade, H. F.–Calvino, P.–Cirilo, A.–Barbieria, P.: 2002. Yield response to narrow rows depend on increased radiation interception. Agronomy Journal. 94. 5: 975–980.
- Berzsenyi Z.: 2000. Növekedésanalízis a növénytermesztésben. Növénytermelés. 49. 4: 389–404.
- Berzsenyi, Z.–Lap, D. Q.: 2005. Responses of maize (*Zea mays* L.) hybrids to sowing date, N fertiliser and plant density in different years. Acta Agronomica Hungarica. 53. 2: 119–131.
- Berzsenyi Z.–Lap, D. Q.: 2006. A növényszám hatásának vizsgálata a kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek növekedésére a növekedésanalízis klasszikus módszerével. Növénytermelés. 55. 1–2: 71–85.

- Farinelli, R.–Penariol, F. G.–Fornasteri Filho, D.:* 2012. Agronomic characteristics and yield of maize cultivars in different row spacing and population densities. *Científica (Jaboticabal)*. 40. 1: 21–27.
- Farnham, E. D.:* 2001. Row spacing, plant density, and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agronomy Journal*. 93. 5: 1049–1053.
- Giesbrecht, J.:* 1969. Effect of population and row spacing on the performance of four corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Agronomy Journal*. 61. 3: 439–441.
- Jiang, L. L.–Han, X. R.–Yang, J. F.–Liu, X. H.–Gao, X. N.–Ma, B.:* 2010. Effects of fertilization on photosynthetic physiological characteristics in maize of high yield variety with different planting density. *Journal of Shenyang Agricultural University*. 41. 3: 265–269.
- Li, X. Y.–Li, D. Q.–Tang, Q. Y.:* 2011. Effects of plant density on source-sink characteristics and grain yield of spring maize variety Chashi No.1. *Journal of Hunan Agricultural University*. 37. 4: 361–366.
- Liu, Z. D.–Xiao, J. F.–Yu, J. Ch.–Liu, Z. G.–Nan, J. Q.:* 2012. Effects of varieties and planting density on plant traits and water consumption characteristics of spring maize. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 28. 11: 125–131.
- Lutz, A. J.–Camper, M. H.–Jones, D. G.:* 1971. Row spacing and population effects on corn yields. *Agronomy Journal*. 63. 1: 12–14.
- Meng, Z. Y.–Wang, Y. H.–Shen, D. F.–Xi, L. L.:* 2013. Effect of row spacing on yield and its components of summer maize in westwrn Henan province. *Journal of Henan Agricultural Sciences*. 42. 7: 19–22.
- Pepó P.:* 2009. A kukorica (*Zea mays* L.) termése és növénydőlése száraz és csapadékos évjáratban csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 58. 3: 53–66.
- Sadeghi, M.–Naderi, A.–Lak, S.–Fathi, G. A.:* 2012. Evaluation of plant population density on growth, grain yield and yield components of four maize hybrids. *Advances in Environmental Biology*. 6. 1: 327–333.
- Sárvári M.–Futó Z.–Zsoldos M.:* 2001. Összefüggés a kukoricahibridek tőszáma és a termése között. II. *Növénytermesztési Tudományos Nap*. 26–33.
- Sárvári M.–Futó Z.–Zsoldos M.:* 2002. A vetésidő és a tőszám hatása a kukorica termésére 2001-ben. *Növénytermelés*. 51. 3: 291–307.
- Sárvári, M.:* 2005. Impact of nutrient supply, sowing time and plant density on maize yields. *Acta Agronomica Hungarica*. 53. 1: 59–70.
- Shapiro, A. C.–Wortmann, S. C.:* 2006. Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in Eastern Nebraska. *Agronomy Journal*. 98. 3: 529–535.
- Su, Y. J.–Qin, Y. T.–Zhang, S. L.–Qin, G. W.–Xu, G. J.–Lu, R. Q.–Mei, Z. J.:* 2012. Effects of planting density on growth and yield of summer maize Xundan 28. *Acta Agriculturae Jiangxi* 24. 6: 49–53.

- Tang, J. H.-Qi, Hua.-Zhang, W. J.-Yu, J. L.-Song, Z.-Liu, Y.-Zheng, Ch. Y.:* 2013. Effect of density on physiological characteristics and accumulation of photosynthesis product of different maize plant type. *Journal of Shenyang Agricultural University*. 44. 1: 13-19.
- Wang, H. Y.-Gao, J. L.-Wang, Z. G.-Sun, J. Y.-Yu, X. F.-Gao, Y. B.-Jia Ning-Ye, J.-Lu, J. W.:* 2012. Effects of high planting density on super high-yielding spring maize leaf senescence and root activity at anthesis and grain-filling stage. *Journal of Maize Sciences*. 20. 2: 75-81.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Pepó Péter – Murányi Eszter
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*pepopeter@agr.unideb.hu

Párolgási formulák összehasonlítása a mosonmagyaróvári meteorológiai állomás adatai alapján

¹VARGA-HASZONITS ZOLTÁN - ²TAR KÁROLY - ¹LANTOS ZSUZSANNA -
¹VARGA ZOLTÁN

¹Nyugat-magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Mosonmagyaróvár

²Nyíregyházi Főiskola, Természettudományi és Informatikai Kar, Nyíregyháza

Összefoglalás

A párolgás a különböző felszínekről a légkörbe történő vízgőzszállítás, a növények vízmérlegének legfontosabb kiadási tagja. A párolgást meghatározó függvények között megkülönböztetjük a potenciális párolgást, az ekvivalencia párolgást és referencia evapotranszpiráció számítására szolgáló módszereket.

Összehasonlító elemzéseinkhez a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának mosonmagyaróvári meteorológiai állomásán 1981 és 2010 között mért adatokat használtuk fel. Az A-kád mért adatai azonban csak 1994-től állnak rendelkezésre, ezért ezeknek csupán az 1995–2010 közötti 16 év adataira vonatkozó átlagértékeit tudtuk használni.

Az összehasonlításban az A-káddal mért párolgási értékek, a Penman-egyenlettel meghatározott értékek, a FAO Penman-Monteith egyenlettel meghatározott értékek, a Priestley-Taylor formulával meghatározott értékek és a korábban hazai adatokon kidolgozott kádfüggvény segítségével meghatározott értékek szerepelnek.

A vizsgált evapotranszpirációs függvények összehasonlítása azt mutatja, hogy Mosonmagyaróváron az evapotranszpiráció meghatározására a Penman-függvény, valamint a FAO Penman-Monteith függvény használata ajánlatos. Ezek a függvények egyrészt jól követik a mérési eredményeket, másrészt alkalmazásuk esetén hazai és nemzetközi összehasonlításokat is lehet végezni, mivel ezeket a függvényeket általánosan használják az egész világon mint referencia evapotranszpirációt.

Az A-kád mérések és a kádfüggvény értékei a referencia evapotranszpirációt reprezentáló függvények értékeivel párhuzamosan változnak, ezért az A-kád adatok és a kádfüggvény értékei egy szorzótényezővel átszámíthatók referencia evapotranszpirációvá olyan helyeken, ahol a szélmérés adatai nem állnak rendelkezésre.

A Priestley-Taylor függvény – mivel csak a párolgáshoz szükséges energiát tartalmazza, de nem jeleníti meg a levegő párologtató képességének a hatását – elsősorban a nedves éghajlatú területeken ad megbízható eredményt. Mivel hazánk egész területe nem ilyen jellegű, a Priestley-Taylor függvény nemcsak Mosonmagyaróváron, hanem hazánk más területén is a tényleges párolgási értékeknél alacsonyabb értékeket fog mutatni.

Ha evapotranszpirációs módszereket hasonlítunk össze, akkor figyelemmel kell lenni arra is, hogy közel azonos jellegű éghajlati viszonyok között végezzük-e az összehasonlítást, vagy olyan esetben, amikor az éghajlati viszonyokban az evapotranszpirációt befolyásoló elemek változásában valamilyen tendencia figyelhető meg.

A mosonmagyaróvári éghajlati viszonyokban az 1990-es évektől változás történt. Az évi középhőmérséklet emelkedő, a relatív nedvesség pedig csökkenő tendenciát mutat, s ezek mindegyike párolgásnövelő hatású. Mivel a kádfüggvény e két elemre épül, a kádfüggvény mutatta a legerőteljesebb változást. A Penman-függvénynek és a FAO Penman-Monteith függvénynek csak az egyik összetevője a légnedvesség, így ezek csak gyengébb emelkedő tendenciával reagáltak a bekövetkezett változásra. A Priestley-Taylor függvény nem tartalmaz légnedvességi összetevőt, ezért nem is reagált észrevehetően e változásokra.

Kulcsszavak: evapotranszpiráció, Penman-módszer, FAO-Penman módszer, Priestley-Taylor módszer, kádfüggvény

Comparison of evapotranspiration calculation methods based on the data of Mosonmagyaróvár

¹Z. VARGA-HASZONITS – ²K. TAR – ¹ZS. LANTOS – ¹Z. VARGA

¹University of West Hungary, Faculty of Agricultural and Food Sciences,
Mosonmagyaróvár

²College of Nyíregyháza, Faculty of Science and IT, Nyíregyháza

Summary

Evapotranspiration is the water transport from different surfaces to the air. It is the most important loss component of the water balance of plants. The functions describing evapotranspiration include methods for calculating potential, equivalent and reference evapotranspiration.

Our study was based on the data measured between 1981–2010 at the meteorological station of Faculty of Agricultural and Food Sciences, University of West Hungary in Mosonmagyaróvár. Measured A-pan values are available since June 1994, so in the case of that parameter only mean values for the 16 years between 1995 and 2010 were used.

In our comparison, the relationships between measured (A-pan) and modelled (Penman method, FAO Penman-Monteith method, Priestley-Taylor method, local formula) evapotranspiration data series were analyzed.

As a result of our investigations, the Penman method and the FAO Penman-Monteith method can be suggested for determining evapotranspiration in Mosonmagyaróvár. The outputs of these models are in good agreement with the measured values and the results of these methods are comparable with domestic and international studies, since these functions are commonly used as reference evapotranspiration throughout the world.

Values of A-pan measurements and local formula changed parallelly with the model values considered as reference evapotranspiration, so these values can be converted to reference evapotranspiration by using a multiplication factor in places where data of wind measurements are not available.

The Priestley-Taylor method gives reliable results only in wet areas, as it includes only the energy required for evapotranspiration, but does not show the effect of the air's evaporating capacity. As not the whole country is humid, we suppose that the Priestley-Taylor method underestimates the evapotranspiration not only in Mosonmagyaróvár, but also all over Hungary.

If methods for calculating evapotranspiration are compared, it should be considered whether the climatic conditions are relatively homogenous or they show a certain tendency.

Climatic conditions of Mosonmagyaróvár began to change from the 1990s. The average temperature rose, while the relative humidity dropped. Both of them increase evapotranspiration. Since the local formula was based on these two elements, the most significant change was shown in this case. Since relative humidity is only one component of the Penman method and the FAO Penman-Monteith method, these models responded weakly to this change. The Priestley-Taylor method contains no relative humidity component, so it reacted insignificantly to those changes.

Key words: evapotranspiration, Penman method, FAO-Penman method, Priestley-Taylor method, local formula

Сравнение формул испарения на основе данных метеорологической станции в г. Мошонмадьярвар

¹З. ВАРГА-ХАСОНИТШ – ²К. ТАР – ¹Ж. ЛАНТОШ – ¹З. ВАРГА

¹Западно-Венгерский Университет, Факультет Сельского Хозяйства и Науки о Пище, Мошонмадьярвар

²Ниредьхазский Институт, Факультет Естественных Наук и Информатики, Ниредьхаза

Резюме

Испарение – выделение водяного пара с различных поверхностей в атмосферу – самая важная часть расхода водного баланса растений. Среди определяющих испарение функций различаем потенциальное испарение, эквивалентное испарение и методы, служащие для вычисления референции эвапотранспирации.

Для сравнительных анализов использовали данные измерений 1981–2010 годов метеорологической станции факультета Сельского Хозяйства и Науки о Пище Западно-Венгерского Университета (г. Мошонмадьярвар). Однако измеренные данные ванны «А» только с 1994 года находятся в нашем распоряжении, поэтому из них

могли использовать средние показатели данных только за 16 лет в период 1995–2010 годов.

В сравнении с измеренными величинами испарения ванны «А», участвовали установленные уравнением Пенмана (Penman) показатели, определённые уравнением ФАО Пенман-Монтейт (FAO Penman-Monteith) показатели, вычисленные формулой Пристли-Тейлор (Priestley-Taylor) и ранее выработанные на венгерских данных с помощью функции ванны.

Сравнение исследованных эвапотранспирационных уравнений показывает то, что в Мошонмадьяроваре для определения эвапотранспирации предлагается использовать уравнение Пенмана, а также уравнение ФАО Пенман-Монтейта. Эти уравнения с одной стороны хорошо отражают результаты измерений, с другой стороны – в случае их применения – можно проводить венгерские и международные сравнения, поскольку эти уравнения обычно используются во всём мире, как референция эвапотранспирации.

Измерения корыта «А» и показатели уравнения корыта изменяются параллельно с величинами репрезентативных уравнений эвапотранспирации, поэтому данные «А»-ванны и величины уравнения ванны можно пересчитать множителем в референциальную эвапотранспирацию в таких местах, где не располагаем данными измерения ветра.

Уравнение Пристли-Тейлор, так как содержит только необходимую энергию к испарению, но не показывает испаряющее влияние воздуха, в первую очередь даёт надёжный результат на территориях с влажным климатом. Поскольку вся территория Венгрии не такого характера, уравнение Пристли-Тейлор не только в Мошонмадьяроваре, но и на других территориях Венгрии будет показывать более низкие показатели величин транспирации, чем на самом деле.

Если сравниваем эвапотранспирационные способы, то надо учитывать и то, что проводим сравнение в климатических условиях одинакового характера, или в таком случае, когда в климатических условиях можно наблюдать какую-либо тенденцию в изменении элементов, влияющих на эвапотранспирацию.

В климатических условиях Мошонмадьяровара с 1990-ых годов произошло изменение. Годовая средняя температура показывает повышающую тенденцию, а относительная влажность показывает уменьшающую тенденцию, и каждая из них имеет влияние на увеличение испарения. Так как уравнение ванны основывается на этих двух элементах, это уравнение ванны показало самое сильное изменение.

Влажность воздуха уравнения Пенмана и уравнения ФАО Пенмана-Монтейта – только одна составная часть, так они более слабой повышающейся тенденцией реагировали на наступившие изменения. Уравнение Пристли-Тейлора не содержит составную влажности воздуха, поэтому и не реагирует заметно на эти изменения.

Ключевые слова: эвапотранспирация, метод Пенмана, метод ФАО-Пенмана, метод Пристли-Тейлора, уравнение ванны

Bevezetés

A párolgás a különböző felszínekről a légkörbe történő vízgőzszállítás. Az agrometeorológiában három felszín típusnak van kiemelt fontossága. Ezek a vízfelszín, a csupasz talajfelszín és a növényi felszín.

A vízmolekulák légkörbe szállítása csak akkor megy végbe, ha a molekulák elegendő energiával rendelkeznek ahhoz, hogy környezetükből ki tudjanak szakadni, és ha a párologtató felszín és a felette lévő levegő között gőznyomás-különbség van. Ahhoz, hogy 1 kg víz (1 mm/m²) T °C hőmérsékleten elpárologjon,

$$\lambda = 2,501 - (2,361 \cdot 10^{-2}) \cdot T$$

MJ energiára van szükség (*Supit és van der Groot* 2013). A λ a víz 1 kilogrammjának azonos hőmérsékletű gőzzé alakításához szükséges hőmennyiség. Mivel ez a hőmennyiség nem emeli a hőmérsékletet, látens hőnek nevezik. Szokták még párolgási hőnek vagy kicsapódási hőnek is nevezni. Ez utóbbi elnevezés azért jogosult, mert amikor a vízgőz folyékonyvá válik, ugyanannyi hőmennyiség szabadul fel, mint amennyi a gőzzé váláshoz volt szükséges.

A párolgáshoz szükséges energia – amely a napsugárzásból és a környező melegebb levegőből származik – a párologtató felszín hőmérsékletét emeli, ezáltal megnövekszik a felszínen lévő vízmolekulák kinetikus energiája. Ez az energianövekedés addig tart, amíg le nem győzi a molekulák közötti kohéziós erőt, s ezzel eltávozik a felszín feletti légrétegbe. Mivel a vízfelszínből kilépő részecskék energiát visznek magukkal, a felszín hőmérséklete lecsökken.

A növényeknek, hogy az energiát növekedésre használhassák, vízre van szükségük, máskülönben az energia csak felmelegíti a növényt, s ezzel stresszt idéz elő. Hasonlóképpen, hogy a növények a vizet növekedésre használhassák,

energiára van szükségük, máskülönben a víz csak átszivárog a talajon, vagy felhasználatlanul elfolyik. Az éghajlat növényekre gyakorolt hatását ezért az energia és a víz kölcsönhatása határozza meg (Gates 1993).

Az evapotranszpiráció éppen az a környezeti elem, amelyben az energia és a víz jelentős szerepet játszik, s ezzel a növények növekedését, fejlődését és produktivitását egyaránt befolyásolja (Jones *et al.* 1986). A párolgást is figyelembe vevő vízhasznosulási paraméter, a WUE egyre jelentősebb szerepet játszik a növénymodellekben is (Katerji *et al.* 2013). A párolgási viszonyok számszerű ismerete nélkül nem állítható fel a vízmérleg, s az arra épülő gyakorlati tevékenységek, mint például az öntözés okszerű alkalmazása sem valósítható meg (Varga-Haszonits és Varga 2006).

Anyag és módszer

A vizsgálathoz a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszer-tudományi Karának mosonmagyaróvári meteorológiai állomásán mért adatokat használtuk fel. Az adatok az 1981 és 2010 közötti időszakra vonatkoznak. Az összehasonlításban az A-káddal mért párolgási értékek, a Penman-egyenlettel meghatározott értékek (Penman 1948), a FAO Penman-Monteith egyenlettel meghatározott értékek (Allen *et al.* 1998), a Priestley-Taylor formulával (Priestley és Taylor 1972) meghatározott értékek, és a korábban hazai adatokon kidolgozott kádfüggvény (Dunai *et al.* 1968, 1969) segítségével meghatározott értékek szerepelnek.

A Penman-formulát számszerű formában a következőképpen lehet meghatározni (van Oijen és Leffelaar 2008):

$$ET_0 = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{\Delta R_n + \gamma E_a}{\Delta + \gamma} = \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{R_n}{\lambda} \right) + \left(\frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{E_a}{\lambda} \right) \quad (1)$$

ahol ET_0 a párolgás mennyisége (mm/nap) zavartalan vízellátottság mellett, λ a látens hő, R_n a sugárzási egyenleg (MJ/m² nap), E_a a levegőben lévő telítési hiány és a szélsébség függvénye (mm/nap), Δ a telítési gőznyomás hőmérséklet szerinti gradiense (kPa/°C), γ a pszichrométeres konstans (kPa/°C). Az összefüggés második formájának első tagját a sugárzási összetevő alkotja, a második tagot pedig a levegő párolgató képessége képezi.

Később *Monteith* (1973) úgy módosította az (1) összefüggést, hogy az egyaránt használható legyen a potenciális és a tényleges párolgás számítására is. Ezt a levegő sűrűségét ρ_a (kg/m³), ellenállását r_a (s/m), valamint a különböző felszínek (a vízgőznek a talajban, a növényen keresztül és a sztóma nyíláson át történő áramlásával szembeni) együttes ellenállását reprezentáló r_s (s/m) paraméterek bevezetésével érte el:

$$\lambda E = \frac{\Delta \cdot (R_n - G) + \rho_a c_p \cdot \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \quad (2)$$

ahol E a párolgási érték (mm/nap), e_s a telítési gőznyomás (kPa), e_a a tényleges gőznyomás (kPa), c_p az állandó nyomáson vett fajhő (MJ/kg °C).

Amint láthatjuk, *Monteith* figyelembe vette a talajba vezetett G hőmennyiséget (MJ/m² nap) is, azonban e hőmennyiséget csekély volta miatt elhanyagolhatónak lehet tekinteni.

A *Monteith* által kidolgozott módszert *Allen et al.* (1998) az egyszerűbb számítás végett a következőképpen alakították át:

$$ET_0 = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (3)$$

ahol ET_0 a referencia evapotranspiráció, a 0,408-as érték a látens hő reciproka 20 °C-os hőmérséklet esetén, T a napi középhőmérséklet Celsius fokban, az u_2 pedig a 2 m magasságban mért átlagos napi szélsébség (m/s). A többi jelölés megegyezik a *Penman*-formulánál ismertetett jelölésekkel.

Priestley és Taylor (1972) kimutatta, hogy amennyiben nincsen advekcio, akkor a potenciális párolgás a következő formulával adható meg:

$$E = \alpha \cdot \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot (R_n + G) \quad (4)$$

ahol az α empirikus együttható, amelynek értéke 1,08 és 1,34 között ingadozik, átlagosan 1,26-nak tekinthető.

Az egyenlet tulajdonképpen az egyensúlyi párolgást (equilibrium evapotranspiration) adja meg, amely a vízfelszínről elpárolgó lehetséges legkisebb vízmennyiséget jelenti, s csak a hőmérséklettől és a rendelkezésre álló energia-mennyiségtől függ, mivel $e_s = e_a$ miatt az advektív tag nulla.

A Priestley-Taylor formula elsősorban a nedvesebb területeken használható. A szabad vízfelszínről történő párolgás vagy az A-kádból történő párolgás (E_{PAN}) meteorológiai adatok segítségével, lokális formulával is meghatározható (Dunay *et al.* 1968, 1969):

$$E_{PAN} = \left(\frac{1 - r_n}{2 - r_n} \right) \cdot t_k \quad (5)$$

ahol E_{PAN} az A-kád napi párologtatása, r_n a napi átlagos relatív nedvesség tizedes tört alakban kifejezett – 0,0 és 1,0 közötti – értéke, t_k a napi középhőmérséklet Celsius fokban kifejezve.

Ez lehetővé teszi, hogy ahol nem volt A-káddal történő párolgásmérés, ott meteorológiai adatokból számíthatjuk az A-típusú kádból történő párolgás értékét. Így ahol a meteorológiai állomáson nincs A-típusú kád, ott is meg tudjuk határozni a potenciális párolgást, illetve ezáltal a potenciális párolgásra vonatkozóan hosszú idősorok is előállíthatók.

Ahogy arra már utaltunk, a számításokat a mosonmagyaróvári meteorológiai állomás adatai alapján végeztük el az 1981 és 2010 közötti időszakra vonatkozóan. Ebben a 30 évi éghajlati periódusban azonban az A-kád mért adatai csak 1994-től állnak rendelkezésre, ezért ennek csupán 16 év adataira vonatkozó napi átlagértékeit tudtuk használni.

Eredmények

A párolgási módszerek közötti összefüggések

A párolgást meghatározó függvények között megkülönböztetjük a potenciális párolgást, az ekvivalencia párolgást és referencia evapotranszpiráció számítására szolgáló módszereket.

A potenciális párolgáson a közvetlenül a vízfelszínről történő párolgást értjük. Ezt az A-típusú káddal mérjük a meteorológiai állomásokon, s a Penman függvénnyel és a hazai adatokon kidolgozott kádfüggvénnyel határozzuk meg.

Ekvivalencia párolgáson a rendelkezésre álló energiától és a hőmérséklettől függő minimálisan lehetséges párolgást értjük (Rosenberg et al. 1983). Ennek a módszernek a használata nem terjedt el széles körben. Leginkább a Priestley-Taylor függvény mutat vele rokonságot.

A referencia felszín fogalmát azért vezették be, hogy minden növényre és növekedési állapotra egységes párolgási paramétereket lehessen meghatározni. A hipotetikus referencia felszín egy 12 cm magas növényzettel rendelkező, $70 \text{ s}\cdot\text{m}^{-1}$ rögzített felszíni ellenállású és 0,23 albedójú felszín. A referencia evapotranszspiráció erre a felszínre meghatározott evapotranszspiráció (Allen et al. 1998). Az összes többi növényre vonatkozó evapotranszspirációt úgy határozzuk meg, hogy a referencia evapotranszspirációt az adott növényre vonatkozó növényi koefficienssel megszorozzuk.

Az Anyag és módszer részben megadott párolgási függvényekkel meghatároztuk az 1981 és 2010 közötti 30 évre a napi evapotranszspiráció értékeit. Az A-kád adatai az 1995 és 2010 közötti időszak adataival szerepelnek az összehasonlításban. Kiszámítottuk az evapotranszspiráció 30 évi napi átlagait mindegyik módszerrel, s meghatároztuk a köztük lévő összefüggéseket (1. táblázat).

Az 1. táblázatból láthatjuk, hogy az egyes párolgási formulák a mért adatokkal és egymás adataival is szoros összefüggésben vannak. A hazai evapotranszspirációs vizsgálatainkat korábban a kádfüggvény segítségével végeztük. Az e függvénnyel meghatározott értékek a legszorosabb összefüggést a FAO Penman-Monteith függvény értékeivel mutatják. A FAO Penman-Monteith függvény pedig a referencia evapotranszspiráció meghatározására a FAO által ajánlott módszer. Lényegében – a mosonmagyaróvári adatok alapján úgy látszik – a Penman-módszer is ugyanúgy használható hazánkban a referencia evapotranszspiráció számítására, mivel a Penman-módszer és a FAO Penman-Monteith módszer között rendkívül szoros az összefüggés. A Priestley-Taylor módszer ugyancsak szoros összefüggést mutat a másik három módszerrel, különösen a Penman- és a FAO Penman-Monteith módszerrel.

Meghatároztuk, hogy a referencia evapotranszspirációnak tekintett FAO Penman-Monteith függvénnyel számított napi értékektől a többi formula milyen mértékben tér el. Ezt az átlagos négyzetes hiba értékével (σ_{hiba}) jellemeztük, ami a következő formában írható:

$$\sigma_{hiba} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - F_{ref})^2}{n}} \quad (6)$$

ahol F_i az i -edik evapotranszspirációs függvénnyel számított érték, F_{ref} a FAO Penman-Monteith referencia evapotranszspiráció értéke, és n az esetek száma.

1. táblázat. Az A-kád adatai és egyes párolgási függvények közötti páronkénti összefüggések determinációs együtthatói (R^2 értékei) (Mosonmagyaróvár, 1981–2010)

	Mért A-kád adatok (1)	Kád- függvény (2)	Penman- függvény (3)	FAO Penman- Monteith függvény (4)	Priestley- Taylor függvény (5)
Mért A-kád adatok (1)	1	0,9338	0,9389	0,9455	0,9324
Kádfüggvény (2)		1	0,9631	0,9736	0,9575
Penman-függvény (3)			1	0,9975	0,9875
FAO Penman-Monteith függvény (4)				1	0,9848
Priestley-Taylor függvény (5)					1

Table 1. Coefficients of determination (R^2) of the paired correlations between the data of the A-pan and each evaporation formula (Mosonmagyaróvár, 1981–2010). (1) A-pan measurement, (2) Local formula, (3) Penman formula, (4) Penman-Monteith formula, (5) Priestley-Taylor formula

A mért A-kád adatokra vonatkozó átlagos négyzetes hiba: 0,27 mm, a Penman-függvényre vonatkozó 0,08 mm, a Priestley-Taylor függvényre vonatkozó 0,18 mm és a kádfüggvényre vonatkozó pedig 0,44 mm. Figyelembe véve az evapotranszspirációs formulák közötti összefüggések – minden esetben legalább 1%-os szinten szignifikáns – determinációs együtthatóit is, ez azt mutatja, hogy sokéves adatokkal történő éghajlati jellemzésre a bemutatott függvények mindegyike használható.

Mivel az *1. táblázat* adatai alapján megállapíthattuk, hogy a referencia evapotranszpirációként ajánlott FAO Penman-Monteith módszer szoros összefüggést mutat mind a mért adatokkal, mind a bemutatott számítási formulákkal, ezért amikor egy vizsgált helyen széladatok nem állnak rendelkezésre, akkor a kádfüggvény is alkalmazható referencia evapotranszpiráció számításra, ha előzőleg meghatároztuk a kádfüggvény és a FAO Penman-Monteith függvény értékei közötti átszámításra szolgáló koefficiens az alábbi módon:

$$ET_0 = k \cdot E \quad (7)$$

ahol ET_0 a referencia evapotranszpiráció, E a kádfüggvény értéke, k pedig az adott függvényre meghatározott koefficiens.

A napi párolgási értékek változásai

Az éven belüli változásokkal kapcsolatban elsőként a napi értékeket vizsgáljuk, mert ezek kapcsolódnak olyan gyakorlati tevékenységekhez, mint pl. a szervesanyag termelés vagy az öntözés. Ugyanakkor a napi adatok alapján elemezhetjük legrészletesebben az évi menetet is.

Az *1. ábrából* látható, hogy az A-kád mért napi adatai (amelyek április 1. és október 31. között állnak rendelkezésre) Mosonmagyaróváron jó egyezést mutatnak a Penman-módszerrel és a FAO Penman-Monteith módszerrel meghatározott adatokkal. A Penman-módszerrel számított adatok pedig szinte teljesen megegyeznek a FAO Penman-Monteith módszerrel mért adatokkal. A hazai adatokon kidolgozott kádfüggvény novembertől és május végéig szintén jó egyezést mutat a Penman-módszerrel és a FAO Penman-Monteith módszerrel számított adatokkal. A meleg nyári hónapokban és az ősz első két hónapjában azonban az említett módszereknél magasabb értékeket ad. A Priestley-Taylor módszer az egész év folyamán alacsonyabb értékeket mutat, mint a másik három vizsgált módszer.

Mivel a FAO Penman-Monteith módszert referencia evapotranszpirációként fogadták el, a napi evapotranszpiráció 30 évi átlagértékeinek éven belüli változásait e módszer alapján mutatjuk be (*2. ábra*).

lagok. Az A-kád adatok az 1995–2010 közötti időszak átlagai. Ezen kívül az A-kád adatokat csak a 4. és 10. hónap között mértük.

2. ábra. A FAO Penman-Monteith függvénnyel számított evapotranspiráció 30 évi napi átlagainak évi menete (Mosonmagyaróvár, 1981–2010)

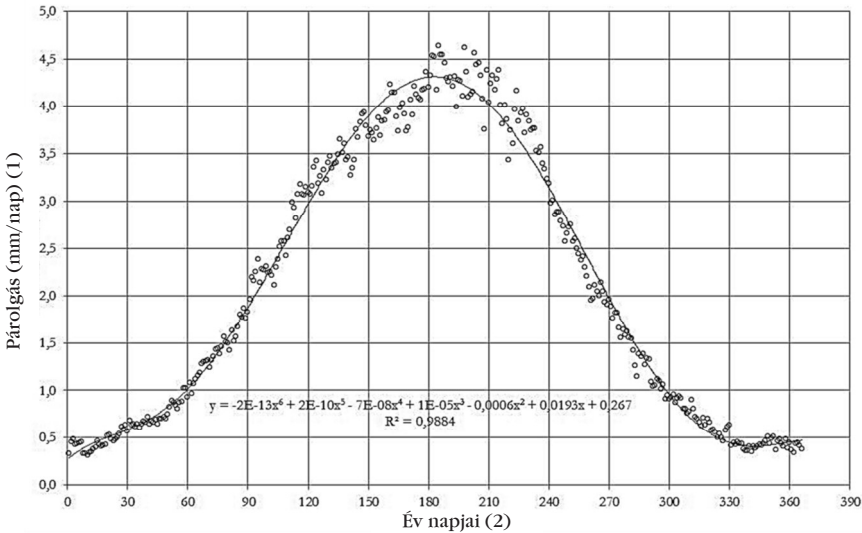


Figure 2. Yearly course of the 30-year-long daily mean values of evapotranspiration calculated with the FAO Penman-Monteith function (Mosonmagyaróvár, 1981-2010). (1) Evaporation (mm day⁻¹), (2) Days of the year

Látható a 3. ábrán, hogy a havi értékek tekintetében is hasonló évi eloszlást mutatnak az értékek, mint a napi adatok évi menete esetén. A Penman-függvénnyel, a FAO Penman-Monteith függvénnyel számított adatok és az A-káddal mért adatok egymáshoz közeli értékeket mutatnak. A kádfüggvénnyel kapott adatok a tavaszi hónapokban nem mutatnak szignifikáns eltérést sem a referencia evapotranspirációként használható módszerek adataitól, sem a mért adatoktól, az év többi részében azonban értékeik szignifikáns eltérést mutatnak az összes többi módszerhez képest ($p=5\%$). A kétmintás t-próbák minden hónapra vonatkozóan azt mutatták, hogy a Priestley-Taylor függvénnyel számított értékek 1%-os szinten szignifikánsan kisebbek a többi módszerrel kapott értékeknél.

3. ábra. A különböző formulákkal számított evapotranspiráció havi összegeinek 30 éves időszakra vonatkozó átlagai (Mosonmagyaróvár, 1981–2010)

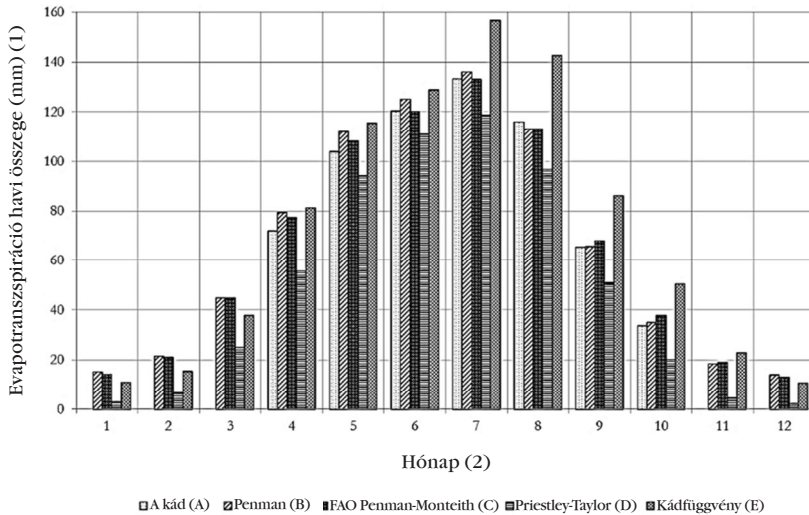


Figure 3. Mean values of the 30-year-period of the monthly sums of evaporation calculated with various formulae (Mosonmagyaróvár, 1981–2010). (1) Monthly sum of evapotranspiration (mm), (2) Months, (A) A-pan, (B) Penman, (C) FAO Penman-Monteith, (D) Priestley-Taylor, (E) Pan function

Az évi párolgási összegek változásai

Az évi párolgási összegek esetében négy módszert hasonlítottunk össze, mivel az A-kád mérések csak 1995-től állnak rendelkezésre, s akkor is csupán az április-október időszakra. A négy módszerrel kapott évi értékek változásait a 4. ábrán láthatjuk.

Az évi összegek ingadozását egyrészt az jellemzi, hogy milyen határok között változnak, másrészt az, hogy az évi változások során milyen emelkedő és süllyedő tendenciákat mutatnak.

A vizsgált időszakban a kádfüggvény mutatja a legnagyobb ingadozást: a legalacsonyabb értéke 600 mm körül van, a legmagasabb értéke pedig megközelíti az 1200 mm-t. Az abszolút ingadozás tehát mintegy 600 mm, az átlag majdnem 70%-a. A Penman- és a FAO Penman-Monteith módszerek évi értékei alig különböznek egymástól, s szinte teljesen párhuzamosan változnak. A változásaik a kádfüggvénnyel is párhuzamosak, azonban az eltérések értékei is változnak: ezek a 2000 utáni melegebb években megnövekszenek. Az említett

három függvény esetében a minimumok 1987-ben, a maximumok pedig 2007-ben vannak. A Penman-módszer és a FAO Penman-Monteith módszer minimumai 600 mm közeliek, míg a maximumok megközelítik a 900 mm-t. Az abszolút ingadozás tehát mintegy 300 mm, az átlag kb. 40%-a. A Priestley-Taylor függvény nem mutat jelentős ingadozást. Ennek magyarázata, úgy gondoljuk, abban van, hogy ez a módszer csupán a sugárzásra épül, a sugárzás pedig évről évre nem mutat nagy ingadozásokat.

4. ábra. Az evapotranszpirációs formulákkal számított értékek évi összegeinek ingadozásai (Mosonmagyaróvár, 1981–2010)

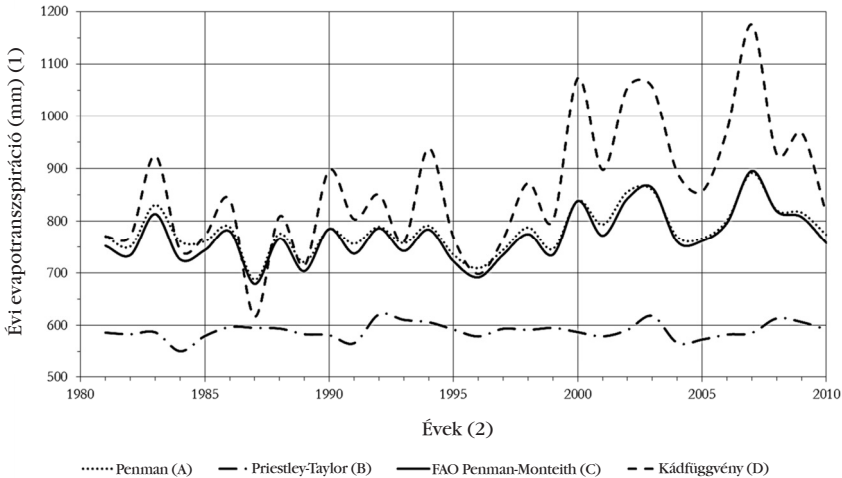


Figure 4. Fluctuations of the yearls sums of values calculated with evapotranspiration formulae (Mosonmagyaróvár, 1981–2010). (1) Yearly evapotranspiration (mm), (2) Years, (A) Penman, (B) Priestley-Taylor, (C) FAO Penman-Monteith, (D) Pan function

Az is látható a 4. ábrán, hogy az 1990-es évek közepétől az évi evapotranszpiráció értékei növekvő tendenciát mutatnak a kádfüggvény, a Penman-függvény és a FAO Penman-Monteith függvény esetében, s ennek folyamán a kádfüggvény értékei az utóbbi két függvény értékeit jelentősebb mértékben meghaladják. A Priestley-Taylor függvény értékei ebben az időszakban is 600 mm évi összeg körül ingadoznak anélkül, hogy számottevő mértékben emelkedő tendenciát mutatnának.

Következtetések

A vizsgált evapotranszspirációs függvények összehasonlítása azt mutatja, hogy Mosonmagyaróváron az evapotranszspiráció meghatározására a Penman-függvény, valamint a FAO Penman-Monteith függvény használata ajánlatos. Amint az A-kád mérések adatai is mutatják, ezek a függvények egyrészt jól követik a mérési eredményeket, másrészt alkalmazásuk esetén nemzetközi összehasonlításokat is lehet végezni, mivel ezeket a függvényeket általánosan használják az egész világon, mint referencia evapotranszspirációt.

Az A-kád mérések és a kádfüggvény értékei – mint bemutattuk – a referencia evapotranszspirációt reprezentáló függvények értékeivel párhuzamosan változnak, ezért az A-kád adatok és a kádfüggvény értékei egy szorzótényezővel átszámíthatók referencia evapotranszspirációvá. E konverziós faktor megállapítása ennek a munkának nem volt célja; a kádfüggvény – az abban domináns szerepet játszó hőmérsékleti hatás miatt – szignifikánsan eltérő értékeit referencia evapotranszspirációvá „átalakító” tényező pontos meghatározása az év különböző időszakaira későbbi terveink között szerepel. Annyi azonban már eddigi eredményeink alapján is valószínűsíthető, hogy a konverziós faktor Mosonmagyaróvár térségének éves párolgási adataira 0,9 körüli értéket fog felvenni, s ez a tényező az egyes hónapokban ettől jelentősen eltérő értékeket fog mutatni. Előreláthatólag a téli-tavaszi eleji időszakban számíthatunk 1,0 feletti értékekre.

A Priestley-Taylor függvény, mivel csak a párolgáshoz szükséges energiát tartalmazza, s nem tartalmazza a levegő párologtató képességének a hatását, elsősorban a nedves éghajlatú területeken ad megbízható eredményt (*Rosenberg et al.* 1983), szemi-arid és arid területeken kevésbé alkalmazható. Mivel hazánk egész területe a szemi-arid éghajlattípushoz tartozik, amint az ábrákból is látható, a Priestley-Taylor függvény nemcsak Mosonmagyaróváron, hanem várhatóan hazánk más területén is a tényleges párolgási értékeknél alacsonyabb értékeket fog mutatni.

A vizsgálat érdekességét az evapotranszspiráció 1990-es évektől kezdődő emelkedő tendenciája emeli ki. Amint a 4. ábra mutatja, a tendencia változásra különbözőképpen reagáltak az egyes módszerek. A kádfüggvény reagálása a legerőteljesebb, a Penman- és a FAO Penman-Monteith módszerek reagálása szinte azonos és lényegesen kisebb, a Priestley-Taylor módszer pedig nem

mutat változást ebben az időszakban. Ezzel kapcsolatban a következő észrevételeket lehet tenni:

1. Ha evapotranszpirációs módszereket hasonlítunk össze, akkor figyelemmel kell lenni arra is, hogy közel azonos jellegű éghajlati viszonyok között végezzük-e az összehasonlítást vagy olyan esetben, amikor az éghajlati viszonyokban az evapotranszpirációt befolyásoló elemek változásában valamilyen tendencia figyelhető meg.
2. Amint az 5. ábrán látható, a mosonmagyaróvári éghajlati viszonyokban az 1990-es évektől változás történt. A hőmérséklet emelkedő tendenciát mutat, a relatív nedvesség pedig csökkenő tendenciát, s ezek mindegyike párologásnövelő hatású. Mivel a kádfüggvény e két elemre épül, a kádfüggvény mutatta a legerőteljesebb változást. A Penman-függvénynek és a FAO Penman-Monteith függvénynek csak az egyik összetevője a légnedvesség, így ezek csak gyengébb emelkedő tendenciával reagáltak a bekövetkezett változásra. A Priestley-Taylor függvény nem tartalmaz légnedvességi összetevőt, ezért nem is reagált észrevehetően e változásokra.

5. ábra. Az évi középhőmérsékletek és az évi átlagos relatív nedvesség értékek alakulása az utóbbi 140 évben Mosonmagyaróváron

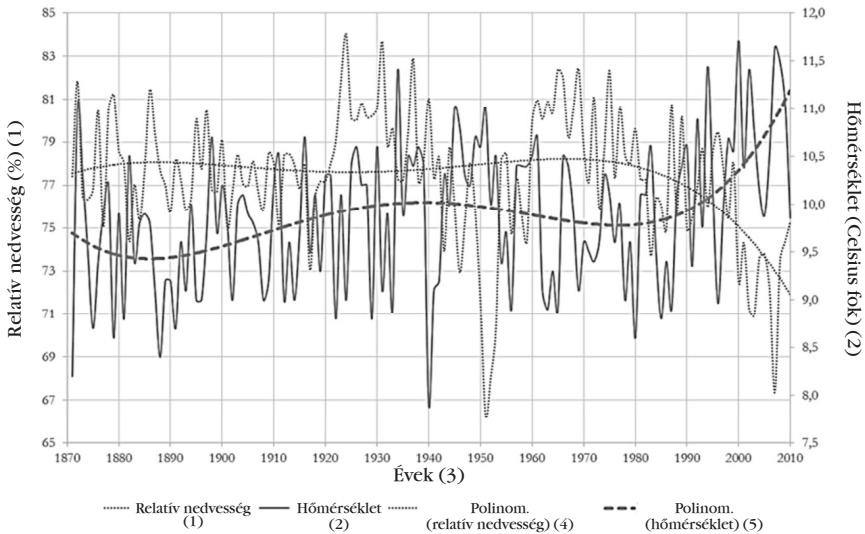


Figure 5. Yearly mean temperatures and yearly relative mean humidity during the last 140 years in Mosonmagyaróvár. (1) Relative humidity (%), (2) Temperature (Celsius degrees), (3) Years, (4) Polynomial (relative humidity), (5) Polynomial (temperature)

Az elvégzett vizsgálatok alapján azt mondhatjuk, hogy Mosonmagyaróvár éghajlati viszonyai között a Penman-függvény és a FAO Penman-Monteith függvény egyaránt alkalmas a párolgási viszonyok jellemzésére. Az A-kád adatok és a kádfüggvény adatai pedig egy szorzótényezővel alkalmassá tehetők a referencia evapotranszspiráció számítására olyan helyeken, ahol a szélmerés adatai nem állnak rendelkezésre. Ehhez szükséges lesz regionálisan használható (évi és havi bontású) konverziós faktorok számszerűsítésére környékbeli referencia állomások párhuzamos párolgási adatai alapján. A Priestley-Taylor függvény hazánk éghajlati viszonyai között nem ajánlható, mivel nem reagál kellőképpen érzékenyen a változásokra.

Irodalom

- Allen, R. G.–Pereira, L. S.–Raes, D.–Smith, M.*: 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome. FAO.
- Dunai S.–Posza I.–Varga-Haszonits Z.*: 1968. Egyszerű módszer a tényleges evapotranszspiráció és a talaj vízkészletének meghatározására. I. A párolgás meteorológiája. Öntözéses Gazdálkodás. 6. 2: 39–48.
- Dunai S.–Posza I.–Varga-Haszonits Z.*: 1969. Egyszerű módszer a tényleges evapotranszspiráció és a talaj vízkészletének meghatározására. II. Tényleges párolgás. Öntözéses Gazdálkodás. 7. 2: 27–38.
- Gates, D. M.*: 1993. Climate change and its biological consequences. Sinauer Associates. Massachusetts.
- Jones, J. W.–Zur, B.–Bennett, J. M.*: 1986. Interactive effects of water and nitrogen stresses on carbon and water vapour exchange of corn canopies. Agricultural and Forest Meteorology. 38: 113–126.
- Katerji, N.–Campi, P.–Mastrorilli, M.*: 2013. Productivity, evapotranspiration, and water use efficiency of corn and tomato crops simulated by AquaCrop under contrasting water stress conditions in the Mediterranean region. Agricultural Water Management. 130: 14–26.
- Monteith, J.*: 1973. Principles of Environmental Physics. Edward Arnold. London.
- Oijen, M. van–Leffelaar, P.*: 2008. Crop Ecology. LINTUL2: Water Limited Crop Growth. Wageningen University. Plant Science.
- Penman, H. L.*: 1948. Natural evapotranspiration from open water, bare soil and grass. Proceedings of Royal Society. London. 120–145.
- Priestley, C. H. B.–Taylor, R. J.*: 1972. On the assessment of surface heat and evaporation using large scale parameters. Monthly Weather Review. 100: 81–91.

- Rosenberg, N. J.–Blad, B. L.–Verma, S. B.:* 1983. Microclimate. The Biological Environment. John Wiley & Sons. New York.
- Supit, I.–van der Groot, E.:* 2013. Updated system description of the WOFOST crop growth simulation model as implemented in the Crop Growth Monitoring System applied by the European Commission. Wageningen. www.supit.net
- Varga-Haszonits Z.–Varga Z.:* 2006. Agrometeorológiai gyakorlatok. NymE-MÉK. Mosonmagyaróvár.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Varga-Haszonits Zoltán–Dr. Lantos Zsuzsanna–*Dr. Varga Zoltán
Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Mosonmagyaróvár
Vár 2.
H-9200
*varzol@mtk.nyme.hu

Dr. Tar Károly
Nyíregyházi Főiskola
Természettudományi és Informatikai Kar
Nyíregyháza
Sóstói út 31/b.
H-4400



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
