

Crop
Production

 HERMAN OTTÓ INTÉZET
NONPROFIT KFT.

NÖVÉNYTERMELÉS

67. kötet | 3. szám | 2018. szeptember

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Magyarország
földhasználatának 150 éve,
1868-2018



A tápanyagellátás és az öntözés
hatásának vizsgálata a szója
(*Glycine max* L.)
termésmennyiségére

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

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

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

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

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

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

A kiadásért felelős Bárányné Erdei Rita,
a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

ISSN 0546-8191
Növényterm 67 (2018) 3
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

67. kötet, 3. szám, 2018. 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,
L. CS. MARTON, J. NAGY, P. PEPÓ, K. RAJKAI, R. SCHMIDT

AGRÁRMINISZTERIUM

A kiadásért felelős a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

A nyomást és kötést a Komáromi Nyomda és Kiadó Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Dr. Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Széles Sándorné

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Dóka Lajos Fülöp – Szabó András – Szabó Éva – Ábrahám Éva Babett</i> : A tápanyagellátás és az öntözés hatásának vizsgálata a szója (<i>Glycine max</i> L.) termésmennyiségére	5
<i>Gáspár Soma Gáspár – Zsombik László – Veres Szilvia</i> : Eltérő mennyiségű nitrogénelátás hatása héj nélküli olajtök néhány fiziológiai paraméterére	23
<i>Kismányoky Tamás</i> : A talaj humusztartalmának változása különböző trágyázási rendszerekben, kukorica tartamkísérletben	35
<i>Nagy János</i> : Magyarország földhasználatának 150 éve (1868–2018)	51
<i>Széles Adrienn – Horváth Éva – Ferencsik Sándor</i> : A tavaszi nitrogén alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica termésére és marginális jövedelemelemzése	73
<i>Várallyay Szilvia – Veres Szilvia – Bódi Éva – Soós Áron – Kovács Béla</i> : Arzén-terhelés hatásvizsgálata a napraforgó fejlődésének korai stádiumában	95

CONTENTS

<i>L. F. Dóka – A. Szabó – É. Szabó – É. B. Ábrahám</i> : Examination of the effect of nutrient supply and irrigation on the yield of soybean (<i>Glycine max</i> L.)	5
<i>S. G. Gáspár – L. Zsombik – Sz. Veres</i> : Effect of nitrogen nutrition on some physiological parameters of different medicinal pumpkin genotypes	23
<i>T. Kismányoky</i> : Change in the soil humus content in different fertilisation systems in a long-term field experiment on maize	35
<i>J. Nagy</i> : 150 years of land use in Hungary (1868–2018)	51
<i>A. Széles – É. Horváth – S. Ferencsik</i> : Marginal income analysis of spring basal and top dressing and its effect on maize yield	73
<i>Sz. Várallyay – Sz. Veres – É. Bódi – Á. Soós – B. Kovács</i> : Arsenic treatments and their effect on sunflower in the early phase of plant development	95

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Л. Ф. Дока – А. Сабо – Е. Сабо – Е. Б. Абрахам:</i> Исследование влияния обеспеченности питательным веществом и орошения на количество урожая сои (<i>Glycine max</i> L.)	5
<i>Ш. Г. Гашпар – Л. Жомбик Асло – С. Вереш:</i> Влияние обеспеченности азотом различного количества на некоторые физиологические параметры масляной голосемянной тыквы	23
<i>Т. Кишманьоки:</i> Изменение содержания гумуса почвы в различных системах удобрений в продолжительном опыте кукурузы	35
<i>Я. Надь:</i> 150 лет землепользованию Венгрии (1868–2018)	51
<i>А. Селеш – Е. Хорват – Ш. Ференчик:</i> Анализ влияния внесения весеннего азотного основного удобрения и подкормки на урожай кукурузы и маргинальный доход	73
<i>С. Варайяи – С. Вереш – Е. Боди – А. Шоош – Б. Ковач:</i> Исследование влияния нагрузки мышьяка в ранней стадии развития подсолнечника	95

A tápanyagellátás és az öntözés hatásának vizsgálata a szója (*Glycine max* L.) termésmennyiségére

DÓKA LAJOS FÜLÖP – SZABÓ ANDRÁS – SZABÓ ÉVA – ÁBRAHÁM ÉVA BABETT

Debreceni Egyetem MÉK

Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

27 éves polifaktoriális tartamkísérletben vizsgáltuk a szójaállomány talajának vízforgalmát 2017-ben, egy csapadékos évben. A vizsgálati eredményekből megállapítottuk, hogy a 200 cm-es talajszelvény nedvességtartalmának alakulását a téli félév nagy mennyiségű csapadéka is nagymértékben meghatározta. A szója a 100–140 cm-es talajszelvény nedvességtartalmát használja intenzíven, az alsó 140–200 cm-es réteg kisebb jelentőséggel vesz részt az állomány vízellátásában.

Mértük a szójaállomány levélterületét is. A LAI értékek jól bizonyítják az öntözés kedvező hatását. Az öntözött kezelésekben a szója tenyészidőszakának második felében a nagyobb asszimilációs felület a terméseredményekben is megmutatkozott. A tápanyagkezelések hatását viszont szignifikánsan nem lehetett bizonyítani.

A terméseredményeket vizsgálva megállapítottuk, hogy míg a nem öntözött parcellák esetében a középső tápanyagszint termésmennyisége volt a legnagyobb, addig öntözött körülmények között a műtrágyázatlan területeken mértük a legnagyobb termésátlagot (5060 kg/ha), mely nem volt szignifikáns. Az egyes öntözési kezeléseken belüli tápanyagkezelések között sem sikerült szignifikáns hatásokat megállapítani.

A kísérlet további végzése indokolt a vizsgálati évtől eltérő időjárású évjáratokban, így a kísérlet 2018-ban is folytatódik.

Kulcsszavak: talajnedvesség, öntözés, tápanyag, csapadék, szója, termés

Examination of the effect of nutrient supply and irrigation on the yield of soybean (*Glycine max* L.)

L. F. DÓKA – A. SZABÓ – É. SZABÓ – É. B. ÁBRAHÁM

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

Summary

The soil water balance of a soil population was examined in a 27-year-long polyfactoral long-term experiment in the wet year of 2017. It was concluded from the examination results that the moisture content of the 200 cm deep soil profile was greatly affected by the high amount of precipitation of the winter period. Soybean uses the moisture content of the 100–140 cm deep soil profile intensively, while the lower layer of 140–200 cm depth has a lower significance in the water supply of the crop stand.

The leaf area of the soy population was also measured. LAI readings properly show the favourable effect of irrigation and the larger assimilation surface was also shown in the quantity of yield in the second half of the growing season of soybean in the irrigated treatments. However, the effect of the applied nutrient treatments were not significant.

Based on the analysis of yield, it was concluded that the yield obtained in the case of the medium nutrient supply level was not the highest on non-irrigated plots, while the highest average yield (5060 kg ha⁻¹) was harvested on non-fertilised plots. This difference was not significant. In addition, no significant effects were observed between the nutrient treatments within each irrigation treatment.

The continuation of the experiment is substantiated in crop years different from the examined year; therefore, the experiment is going to be performed also in 2018.

Key words: soil moisture, irrigation, nutrient, precipitation, soybean, yield

Исследование влияния обеспеченности питательным веществом и орошения на количество урожая сои (*Glycine max* L.)

Л. Ф. ДОКА – А. САБО – Е. САБО – Е. Б. АБРАХАМ

Дебреценский Университет, Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента (МЭК),
Институт Ботаники, Дебрецен

Резюме

В 27-летнем полифакторном продолжительном опыте исследовали влагооборот почвы насаждения сои в 2017-ом влажном году. По результатам исследований установили, что на формирование содержания влаги 200 см-го профиля почвы в большой мере повлияло и большое количество осадков зимнего полугодья. Соя интенсивно использует содержание влаги 100–140 см-го профиля, нижний 140–200 см-ый слой почвы имеет меньше значение в обеспечении влагой насаждения.

Измерили и площадь листа насаждения сои. Показатели LAI хорошо подтвердили благоприятное влияние орошения, в орошаемых обработках во второй половине вегетационного периода сои большая ассимиляционная поверхность проявилась и в результатах урожая. В то же время влияние обработок питательным веществом в значительной мере невозможно подтвердить.

Исследуя результаты урожая установили, что если в случае неорошаемых парцелл количество урожая среднего уровня питательного вещества было самое большое, то в орошаемых условиях на территориях без внесения искусственного удобрения измерили самый большой средний урожай (5060 kg/ha), который не был значительным. Не удалось установить значительного влияния в обработках питательным веществом в рамках отдельных орошаемых обработок.

Обосновано дальнейшее продолжение опыта, в отличных от года исследования годах выращивания, так опыт будет продолжаться и 2018-ом году тоже.

Ключевые слова: влажность почвы, орошение, питательное вещество, осадки, соя, урожай

Bevezetés

A napjainkban jellemző földhasználati és növénytermesztési rendszerek több évtizedes tapasztalat alapján alakultak ki, és alapvetően a klímához, valamint az arra jellemző talajnedvesség- és hőforgalomhoz alkalmazkodtak. Manapság már nem csak a szárazabb vagy a csapadékosabb időszakok gyakoribbak, de egyre nagyobb a szélsőséges időjárási jelenségek előfordulási valószínűsége, illetve e jelenségek negatív hatásainak erőssége, akár egy éven vagy egy tenyészidőn belül is (Birkás 2006, Láng et al. 2007, Polyák 2008, Jolánkai és Birkás 2009). Az átlaghőmérséklet megváltozása befolyással lesz az élelmiszertermelésre és a vízellátásra. Az egyre inkább változó, kiszámíthatatlanabbá váló klimatikus körülményekhez a növénytermesztés kénytelen igazodni, így fontosak az egyes prognosztizált klímaváltozási szcenáriók a talaj–növény–atmoszféra rendszer víz- és hőforgalmára gyakorolt hatásainak elemzése (David et al. 2009, Farkas et al. 2009).

Az abiotikus tényezők – beleértve a vízellátással összefüggő paramétereket és a talaj felvehető tápanyagtartalmát – meghatározzák a szója termésmennyiségét (Hartman et al. 2011). A szója vízigényes növény, 1 kg szárazanyag előállításához 750–800 liter vizet fogyaszt. A szója a vízmennyiségen túl annak eloszlására is érzékenyen reagál. A szója virágzásig szárazságtűrő növény, ebben az időszakban nem igényel öntözést (Kurnik 1976). Vízellátás szempontjából kritikus fejlődési szakasz a teljes virágzás-hüvelykötés, magtelítődés időszaka (Balikó et al. 2005). A szárazság következtében jelentkező stressz a LAI értéket csökkenti (Liu et al. 2008). A virágzás, terméskötés és termésfejlődés időszakában jelentkező szárazság-stressz hatására kevesebb lesz a hüvelyek száma, magvak száma és mérete (Pedersen és Lauer 2014). Az öntözést legkésőbb az 5–6. emelet virágzása után meg kell kezdeni, és az öntözési fordulókkal párás mikroklímát kell teremteni (Gyenei és Miskuczsa 2015). A szója termését a levegő páratartalma is jelentősen befolyásolja. Alacsony páratartalom hatására virágelrűgás lép fel vagy csökken a hüvelykötés mértéke (Kajdi 2005).

A szója tápanyagfelvétele jelentős mértékben meghatározza a szója növekedését. A szója növekedésére a stressz főként a tápanyagok csökkent felvétele miatt hat kedvezőtlenül. A szója tápanyagfelvételét befolyásolja a gyökérszerkezet, a genotípus, az ökológiai körülmények és a környezeti adottságok (beleértve a talajtulajdonságokat), valamint a szimbiózisban élő és a nem szimbio-

tikus mikrobák (*Miransari* 2016). A szója táplálóanyag-szükséglete a tenyészidő folyamán mindvégig jelentős. Mégis, tápanyagokban jól feltöltött és kifogástalan kultúrállapotú talajon a nagyobb műtrágyaadagok nem növelik, sőt, esetleg csökkentik a termést. Az oltott szója nitrogénszükségletének jelentős részét a *Rhizobium* baktériumok által fedezi. A nitrogén műtrágyák túlzott vagy nem arányos kijuttatása erőteljesebb gyomosodást, késői érést, újzöldülést, erős megdőlést, viráglerugást, rossz hüvelykötést okoz, valamint a *Rhizobium* baktériumok nitrogénkötése is folyamatosan csökken (*Kurnik* 1976, *Balikó et al.* 2005, *Balikó és Fülöpné* 2015).

Anyag és módszer

A vizsgálatokat 1983-ban beállított polifaktoriális tartamkísérletben végeztük 2017. évben a Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézetének Látóképi Kísérleti Telepén.

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

A kísérlet parcelláinak mérete 9,2×5 m, 46 m².

Vizsgálataink két vízellátási kezelésben (nem öntözött – Ö₁, öntözött – Ö₂), három tápanyagszinten történtek. A talajművelés, a növényvédelem és a betakarítás egységesen történt.

A három tápanyagdózist az 1. táblázat tartalmazza.

A talaj vízháztartásának vizsgálatára öt alkalommal vettünk talajmintát 200 cm-ig, 20 cm-es rétegenként. A talajmintavételi időpontok:

- 2017. április 18.,
- 2017. május 30.,
- 2017. július 20.,
- 2017. augusztus 31.,
- 2017. szeptember 19.

A szója trikulturás vetésváltási rendszerben szerepel, a kukoricát váltva, a búza előveteményeként. A vetésváltásban – az időjárás függvényében – a kukorica-, valamint a szójaállomány kerül öntözésre. 2017. évben a szója öntözése (Ö₂ kezelések) az alábbi módon történt:

- 2017. június 7.: 25 mm; - 2017. július 10.: 25 mm; - 2017. július 22.: 25 mm,
- 2017. július 23.: 25 mm.

1. táblázat. *A kísérletben alkalmazott műtrágya kezelések*
(Debrecen-Látókép, 2017)

	1. tápanyagszint (kontroll) (1)	2. tápanyagszint (2)	3. tápanyagszint (3)
	kg hatóanyag/ha (7)		
Nitrogén (4)	0	70	140
Foszfor (5)	0	60	120
Kálium (6)	0	50	100

Table 1. Fertiliser treatments applied during the experiment (Debrecen-Látókép, 2017). (1) 1st nutrient level (control), (2) 2nd nutrient level, (3) 3rd nutrient level, (4) Nitrogen, (5) Phosphorus, (6) Potassium, (7) kg active substance per ha

A betakarításra 2017. szeptember 15-én került sor.

Megmértük a talaj talajmintavételek utáni nedves tömegét, ezután szárítószekrényben 105 °C-on súlyállandóságig szárítottuk. A talaj nedvességtartalmát tömegszázalékban fejeztünk ki. Az így kapott eredményeket az adott talajréteg térfogattömeg értékének szorzásával térfogatszázalékra számítottunk át.

A tavaszi vetésű szója tenyészidőbeli vízellátása szempontjából – különösen a jó vízgazdálkodású talajokon – rendkívül fontos a vegetációs periódust megelőző őszi és téli hónapok időjárása (1. ábra, 2. táblázat). A 2016. év őszi időjárása kifejezetten csapadékos volt. Ezt jól jellemzi, hogy október hónapban hatalmas mennyiségű csapadék hullott (92,1 mm, a sokévi átlag 30,8 mm), miközben a hónap átlaghőmérséklete (9,1 °C) elmaradt a sokévi átlagtól (10,3 °C). E két tényező együttesen lehetővé tette a kísérlet csernozjom talajának vízkészlet-gyarapodását, jelentős mértékű feltöltődését. A csapadékos és átlagosnál hűvösebb időjárás tovább folytatódott novemberben is. A lehullott csapadék (55,5 mm) meghaladta a sokévi átlagot (45,2 mm) és a havi átlaghőmérséklet (4,1 °C) kissé alatta maradt a sokévi átlagnak (4,5 °C). Ezt követően kifejezetten hideg, télies hónapok következtek, ami lényegesen alatta maradt hőmérsékleti szempontból az elmúlt telek relatíve enyhe időjárásának. A decemberi csapadék (4,0 mm) kevesebb volt az átlagosnál (43,5 mm), ugyanakkor december elejétől szinte folyamatosan a napi átlaghőmérséklet 0 °C alatt maradt, így a december havi átlaghőmérséklet (-2,3 °C) lényegesen hidegebb volt a sokévi átlagnál (-0,2 °C). A január hónap még erőteljesebb lehűlést hozott, közel átlagos csapadékkal.

1. ábra. A szója tenyészidőszakának havi és tenyészidőbeli csapadékértékei és a 30 éves átlagok (mm) (Debrecen-Látókép, 2017)

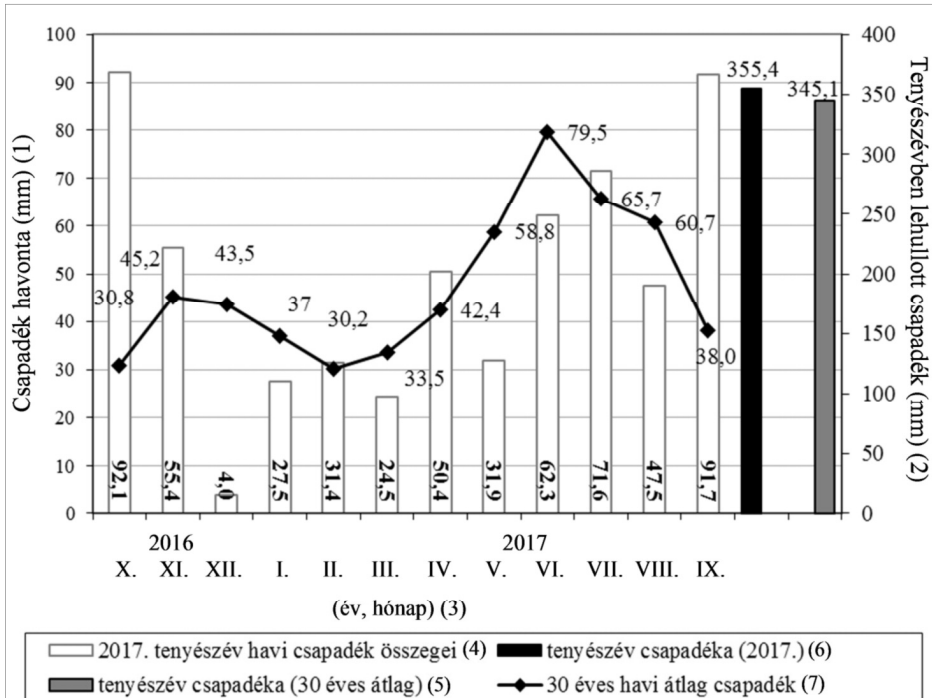


Figure 1. Monthly and growing season precipitation values of soybean and the 30-year averages (mm) (Debrecen-Látókép, 2017). (1) Monthly precipitation (mm), (2) Precipitation in the growing season (mm), (3) Year, month, (4) Monthly precipitation sums of the 2017 growing season, (5) Precipitation of the growing season (30-year average), (6) Precipitation of the growing season (2017), (7) 30-year monthly average precipitation

A januári átlaghőmérséklet az évben $-6,6^{\circ}\text{C}$ volt a sokévi $-2,6^{\circ}\text{C}$ átlaggal szemben. Január hónapban 27,5 mm csapadék hullott (az átlag 37,0 mm). A február átlagos csapadékot (31,4 mm, a sokévi átlag 30,2 mm) és az átlagosnál kissé enyhébb hőmérsékleti értékeket ($1,4^{\circ}\text{C}$, a sokévi átlag $0,2^{\circ}\text{C}$) mutatott. Ez kedvezően hozzájárult, hogy a kísérleti terület talajának a felszáradása fokozatosan megindult, így a tavaszi talajlezárást időben, március elején el tudtuk végezni. A március hónap időjárása átlagosnak volt mondható (csapadék 24,5 mm, a sokévi átlag 33,5 mm; középhőmérséklet $8,4^{\circ}\text{C}$, a sokévi átlag $5,0^{\circ}\text{C}$). Az április hónap időjárása meglehetősen szélsőséges volt, a hónap elején és végén

is erőteljes lehűlés következett be. A hűvös és kissé csapadékos időjárás miatt a kísérlet vetésére április 26-án került sor. Április hónap meteorológiai értékei – a szélsőséges időjárása ellenére – közel a sokévi átlaghoz hasonlóan alakultak. Áprilisban 50,4 mm csapadék hullott (a sokévi átlag 42,4 mm) és a havi átlaghőmérséklet 10,1 °C volt (a sokévi átlag 10,7 °C). Május hónap elejének és közepének száraz és hűvös időjárása ugyancsak kevésbé kedvezett a szójaállományok kezdeti növekedésének és fejlődésének. A május hónap második felében hullott csapadék és a jelentős felmelegedés pozitívan befolyásolta az állományok fejlődését.

2. táblázat. *A szója tenyészidőszakának középhőmérsékleti értékei és a 30 éves átlagtól való eltérések (°C) (Debrecen-Látókép, 2017)*

20016/2017	2016/2017 év közep hőmérsékletei (°C)	30 éves átlag (°C)	Eltérés (°C)
	(1)	(2)	(3)
Október (4)	9,1	10,3	-1,2
November (5)	4,1	4,5	-0,4
December (6)	-2,3	-0,2	-2,1
Január (7)	-6,6	-2,6	-4,0
Február (8)	1,4	0,2	1,2
Március (9)	8,4	5,0	3,4
Április (10)	10,1	5,0	5,1
Május (11)	16,3	10,7	5,6
Június (12)	20,9	15,8	5,1
Július (13)	21,0	18,7	2,3
Augusztus (14)	22,1	20,3	1,8
Szeptember (15)	15,5	15,8	-0,3
Átlag (°C) (16)	17,7	14,4	3,3

Table 2. Mean temperature values of the growing season of soybean and the differences from the 30-year average (°C) (Debrecen-Látókép, 2017). (1) Mean temperatures of 2016/2017 (°C), (2) 30-year average (°C), (3) Difference (°C), (4) October, (5) November, (6) December, (7) January, (8) February, (9) March, (10) April, (11) May, (12) June, (13) July, (14) August, (15) September, (16) Mean (°C)

Májusban 31,9 mm csapadék hullott (a sokévi átlag 58,8 mm), az átlaghőmérséklet (16,3 °C) pedig meghaladta a sokévi átlagot (15,8 °C). A szója vege-

tatív fejlődése szempontjából kedvező volt, hogy júniusban a sokévi átlaghoz (79,5 mm) közel azonos mennyiségű csapadék (62,3 mm) hullott, ugyanakkor a havi középhőmérséklet (20,9 °C) több mint 2 °C-kal meghaladta a sokévi átlagot (18,7 °C). Július hónapban lehullott csapadék (71,6 mm) kedvezően meghaladta a sokévi átlagot (65,7 mm) és a hőmérsékleti átlag (21,0 °C) is magasabb volt a sokévi átlagnál (20,3 °C). A párás, meleg klíma kedvezően befolyásolta a szója vegetatív fejlődését és virágzását. Az augusztus hónap időjárása nem volt kedvező a szója érése szempontjából, az átlagosnál (65,7 mm) kevesebb csapadék hullott (47,5 mm). A havi középhőmérséklet (22,1 °C) közel 3 °C-kal haladta meg a sokévi átlagot (19,6 °C). A szeptember eleji lehűlés és a hónap első felében lehullott jelentős csapadékmennyiség (91,7 mm hullott, a sokévi átlag 38,0 mm) következtében az érés és a lombszáradás az állományszárítás ellenére elhúzódott. Szeptember hónap átlaghőmérséklete (15,5 °C) gyakorlatilag megegyezett a sokévi átlaggal (15,8 °C).

Eredmények

Polifaktoriális tartamkísérletben vizsgáltuk a szójaállomány talajának 200 cm-es szelvényében a térfogatszázalékban kifejezett nedvességtartalom tenyészidőbeli alakulását nem öntözött és öntözött kezelésekben, melyet a 2. ábra mutat be.

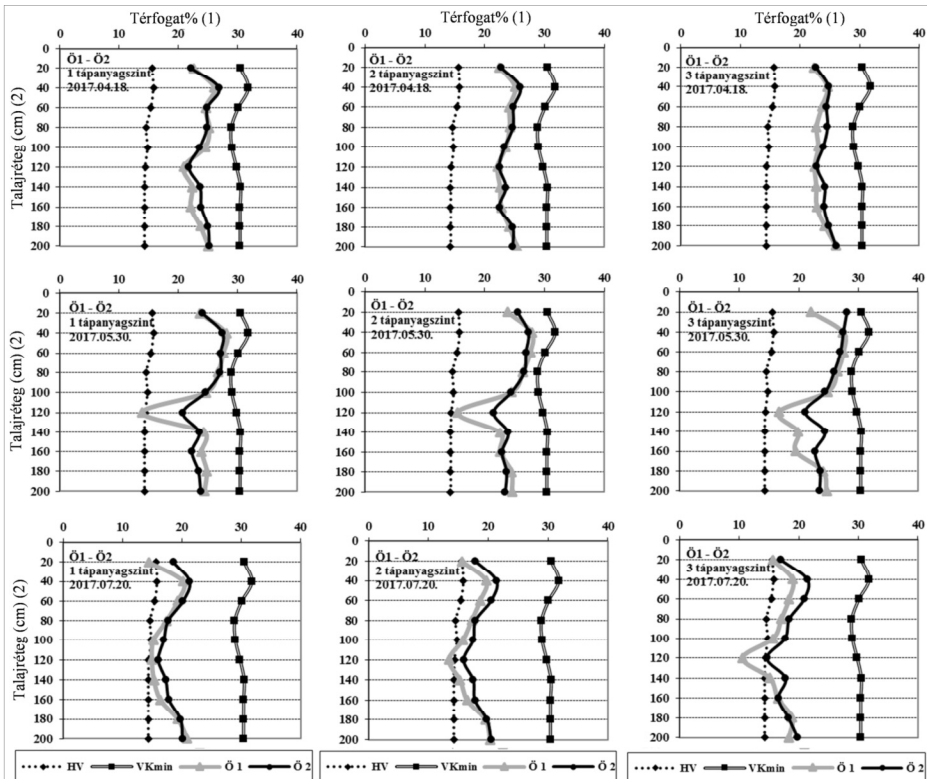
A 2. ábrából kitűnik, hogy még a kedvező vízellátás ellenére is az öntözött állomány talajának nedvességtartalma tovább segítette a növényeknek a vízellátásban. A szója vízigényének szempontjából megfelelő vízellátottságú évjáratban is az öntözött kezelések talajában később következett be a nagyobb fokú nedvességhiány. A nem öntözött parcellákban már május végére megközelítettek a görbék a holtvíztartalmat jelző értékeket, míg az O_2 -ként jelzett görbék ezt a szintet jóval később, megközelítőleg két hónap múlva érték el. Ez az első két alkalommal (június 7.: 25 mm; 2017. július 10.: 25 mm) történt öntözés talajnedvességet növelő hatásának tulajdonítható, míg a következő két öntözővíz adag (július 22.: 25 mm; 2017. július 23.: 25 mm) hatására ez a változás nem állapítható meg, az állomány a teljes öntözővíz adagot a termésképzésre fordította, melyet a terméseredmények fognak bizonyítani.

Az április közepén mért talajnedvességi értékek alapján a talaj teljes 0–200 cm-es rétege a téli félév feltöltő hatását már csak részben mutatja, a térfogatszázalékos értékek 22–25 tf% között alakultak.

A következő talajmintavételi időpont (május 30.) értékei a felső 0–100 cm rétegben az április végi esőzésnek köszönhetően nőttek (26–28 tf%), viszont ez a megállapítás a 100–140 cm-es talajszintben már nem értelmezhető, itt a térfogatszázalékos értékek kisebbek voltak (18–20 tf%), megközelítették a holtvíz értékét (16 tf%) mind a nem öntözött, mind az öntözött kezelésekben, mindhárom tápanyagszint esetében.

A július 20-i mérések alapján megállapítható, hogy a talajnedvesség csökkenése tovább folytatódott, a gyökerezési mélységben (80–140 cm) 15–18 térfogatszázalékos értékeket számítottunk.

2. ábra. A talaj nedvességtartalmának alakulása szójaállományban különböző tápanyag szinteken (öntözési kezelés/tápanyagszint/időpont – év, hónap, nap)
(Debrecen-Látókép, 2017)



A 2. ábra folytatása a következő oldalon ...

... a 2. ábra folytatása

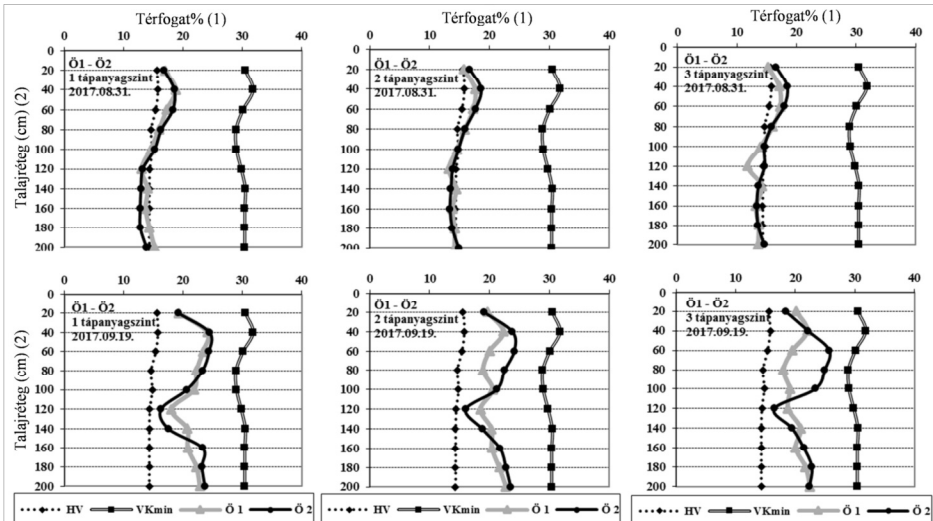


Figure 2. Soil moisture content in the soy population at different nutrient levels (irrigation treatment/nutrient level/time of application – year, month, day) (Debrecen-Látókép, 2017). (1) Volume%, (2) Soil layer (cm)

A talajnedvesség a legkisebb értékeket augusztus végére érte el, amikor a nyári meleg időjárás és a növények termésképzési fenofázisa miatti nagy vízigény hatására a vizsgált teljes (200 cm) talajszelvényben a térfogatszázalékos értékek a holtvíztartalomig csökkentek.

A teljes talajszelvény teljes tenyészidőszakbeli vízháztartását vizsgálva megállapítható, hogy a szója csapadékos tenyészévében a 80–140 cm-es talajszelvény nedvességtartalmát használja intenzíven. Az öntözött kezelésekben a nedvességtartalmi értékek egyik mintavételi időpontban sem csökkentek a holtvíztartalom szintje alá.

A szójaállományok levélterületének (LAI) változását a 3. táblázat mutatja be. Az állományok levélterülete június elejétől július közepéig fokozatosan növekedett, a július 17-i mérési időpontban a legmagasabb tápanyagszinten meghaladta a $10 \text{ m}^2/\text{m}^2$ -t. Az augusztus 17-i mérések során öntözetlenül $4,22 \text{ m}^2/\text{m}^2$ és $6,36 \text{ m}^2/\text{m}^2$, öntözve $5,01 \text{ m}^2/\text{m}^2$ és $7,74 \text{ m}^2/\text{m}^2$ között változott a LAI értéke. Augusztus 31-re a levélterület index tovább csökkent.

3. táblázat. Az öntözés és a tápanyag-utánpótlás hatása a szója levélterületére
(LAI, m²/m²) (Debrecen-Látókép, 2017)

Mérési időpont (hónap, nap) (1)	Öntözési kezelés (2)	Levélfelületi index (LAI, m ² /m ²) (3)		
		1. tápanyagszint (kontroll) (4)	2. tápanyagszint (5)	3. tápanyagszint (6)
VI. 12.	Nem öntözött (7)	1,83	2,62	2,94
	Öntözött (8)	2,84	2,75	3,00
SzD _{5%} öntözés (9)			0,39	
SzD _{5%} tápanyag (10)			0,48	
VI. 20.	Nem öntözött (7)	3,47	3,86	3,99
	Öntözött (8)	3,17	4,09	4,01
SzD _{5%} öntözés (9)			0,40	
SzD _{5%} tápanyag (10)			0,49	
VII. 04.	Nem öntözött (7)	5,51	6,25	7,38
	Öntözött (8)	5,49	6,46	6,79
SzD _{5%} öntözés (9)			0,72	
SzD _{5%} tápanyag (10)			0,89	
VII. 17.	Nem öntözött (7)	8,11	8,53	8,69
	Öntözött (8)	9,41	9,93	10,99
SzD _{5%} öntözés (9)			1,39	
SzD _{5%} tápanyag (10)			1,70	
VIII. 17.	Nem öntözött (7)	4,95	4,22	4,41
	Öntözött (8)	6,53	5,67	6,77
SzD _{5%} öntözés (9)			1,40	
SzD _{5%} tápanyag (10)			1,71	
VIII. 31.	Nem öntözött (7)	1,19	1,10	1,05
	Öntözött (8)	2,57	3,39	2,73
SzD _{5%} öntözés (9)			0,79	
SzD _{5%} tápanyag (10)			0,97	

Table 3. The effect of irrigation and nutrient replenishment on the leaf area of soybean (LAI, m²/m²) (Debrecen-Látókép, 2017). (1) Time of measurement (month, day), (2) Irrigation treatment, (3) Leaf Area Index (LAI, m²/m²), (4) 1st nutrient level (control), (5) 2nd nutrient level, (6) 3rd nutrient level, (7) Non-irrigated, (8) Irrigated, (9) LSD_{5%} irrigation, (10) LSD_{5%} nutrient

A nem öntözött és az öntözött kezelések közötti értékeket vizsgálva megállapítható, hogy a szója tenyészidőszakának első szakaszában a levélterület hasonlóan alakult, szignifikáns különbség nem volt egyik tápanyagkezelés esetében sem (különbség 0,02–1,01 m²/m²). Július közepétől ez a tendencia megváltozott, a kedvezőbb vízellátású (öntözött) parcellák szignifikánsan nagyobb asszimilációs felülettel rendelkeztek (különbség 1,3–2,36 m²/m²) egészen augusztus végéig, az utolsó mérési időpontig.

A tápanyagellátás hatása a tenyészidőszakot elemezve, ellenkezően alakult. A június 12.–július 17. időszakban a tápanyagdózisok emelkedésével a LAI értéke is nőtt, július közepétől viszont a három műtrágyaszinten a levélterület hasonlóan alakult, szignifikáns különbséget nem lehet megállapítani.

A növénytermesztési tér vízháztartásának alakulása jelentős hatást gyakorol a terméseredményekre is, ezért a talaj vízháztartása mellett vizsgáltuk a szója állomány terméseredményeit is eltérő víz- és tápanyagellátottság mellett (3–4. ábra). Az öntözés hatását vizsgálva megállapítható, hogy a szója vízigénye szempontjából jó vízellátottságú évben is a mesterséges vízutánpótlás kedvezően befolyásolta a termésképzési folyamatokat, az öntözött parcellákban szignifikánsan nagyobb termésmennyiségeket kaptunk (3. ábra).

A tápanyagkezelések hatása már nem mutat ennyire egyértelmű eredményeket (3. ábra). Az egyes öntözési kezeléseken belüli tápanyagkezelések hatásainak összefüggései nem szignifikánsak, mégis szembevetendő, hogy míg a nem öntözött parcellák esetében a középső tápanyagszint termésmennyisége volt a legnagyobb, addig öntözött körülmények között a műtrágyázatlan területeken mértük a legnagyobb termésátlagot (5060 kg/ha).

Az öntözés a legnagyobb termésnövekedést (1210 kg/ha) az 1 tápanyagszinten (kontroll) eredményezte, a másik két műtrágyadózis mellett a vízutánpótlás termésnövelő hatása közel azonos mértékű volt (600–640 kg/ha)

Megállapítható, hogy a 2017. év, valamint a 2016 év utolsó hónapjainak csapadékos időjárása hatására az öntözött területeken a műtrágyázás termésnövekedést okozott, ugyanakkor öntözés nélkül növelte a termést.

A csernozjom talaj vízháztartását vizsgáltuk egy jó vízellátottságú évben, 2017-ben, szója állományban.

Az eredmények alapján a 200 cm-es talajszelvény nedvességtartalmának alakulását a téli félév nagy mennyiségű csapadéka is nagymértékben meghatározta.

3. ábra. Az öntözés hatása szójaállományban a termés mennyiségére az egyes tápanyag-ellátási kezelésekben (Debrecen-Látókép, 2017)

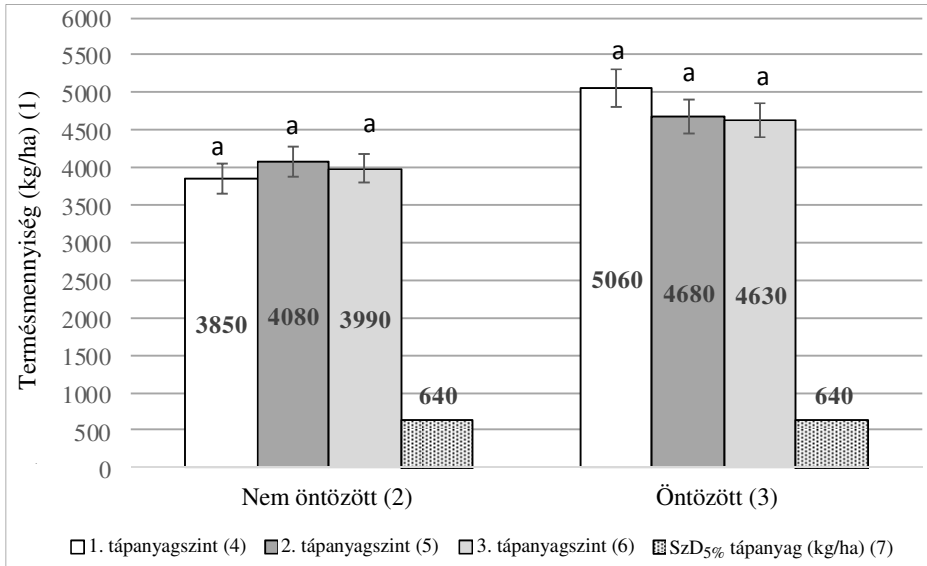


Figure 3. The effect of irrigation on yield in each nutrient supply treatment in the soybean population (Debrecen-Látókép, 2017). (1) Yield (kg ha⁻¹), (2) Non-irrigated, (3) Irrigated, (4) 1st nutrient level, (5) 2nd nutrient level, (6) 3rd nutrient level, (7) LSD_{5%} nutrient (kg ha⁻¹)

A teljes talajszelvény vízháztartását vizsgálva megállapítható, hogy a szója a 100–140 cm-es talajszelvény nedvességtartalmát használja intenzíven, az alsó 140–200 cm-es réteg kisebb jelentőséggel vesz részt az állomány vízellátásában.

A levélterület értékek jól bizonyítják az öntözés kedvező hatását. Az öntözött kezelésekben a szója tenyészidőszakának második felében nagyobb LAI értékeket mértünk, a nagyobb asszimilációs felület a terméseredményekben is megmutatkozott. A tápanyagkezelések hatását viszont statisztikailag nem lehetett bizonyítani, sem a levélterület, sem pedig a termés mennyiség esetében.

Az eredményekből megállapítható, hogy a még pontosabb következtetések levonása érdekében további, a vizsgált évtől eltérő időjárási paraméterekkel jelentkező tenyészévekben is érdemes vizsgálatokat végezni. Ennek következtében a kísérlet a 2017. évi paraméterekkel, kezelésekkel 2018. évben tovább fog folytatódni.

4. ábra. A tápanyagellátás hatása szója állományban a termés mennyiségére az öntözés függvényében (Debrecen-Látókép, 2017)

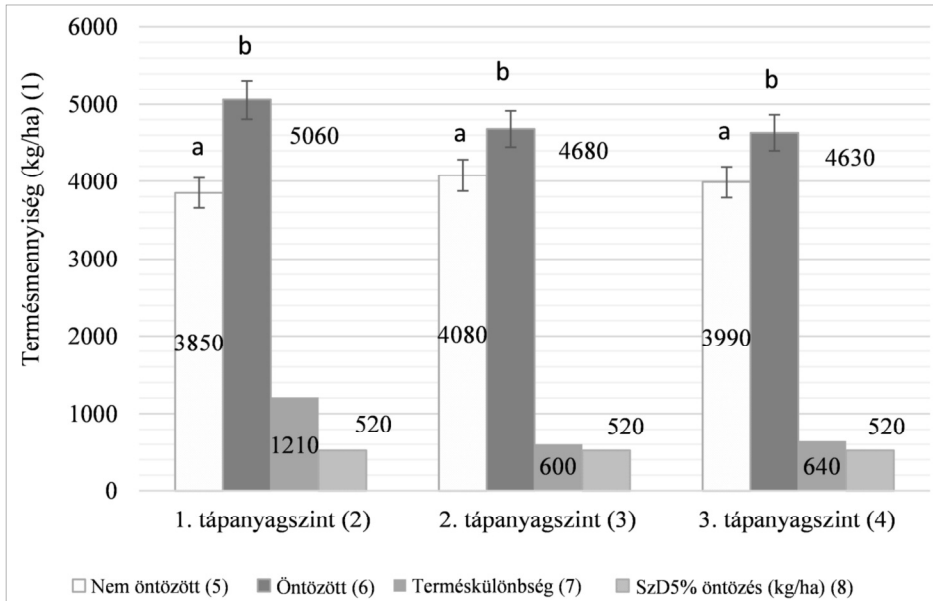


Figure 4. The effect of nutrient supply on yield in the soybean population, depending on irrigation (Debrecen-Látókép, 2017). (1) Yield (kg ha⁻¹), (2) 1st nutrient level, (3) 2nd nutrient level, (4) 3rd nutrient level, (5) Non-irrigated, (6) Irrigated, (7) Yield difference, (8) LSD_{5%} irrigation (kg ha⁻¹)

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a GINOP-2.2.1-15-2016-00021 sz., valamint az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 sz. projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósult meg.

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósul meg.

Irodalom

- Balikó S.–Bódis L.–Kralovánszky U. P.*: 2005. A szója termesztése. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 217.
- Balikó S.–Fülöpné Kuszák K.*: 2015 termesztés agrotechnikai követelményei. [In: Balikó S. (szerk.) Szójatermesztés korszerűen.] S-Press 5 Kft. 25.
- Birkás M.*: 2006. Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest. 107.
- David, D.–Jessica, A.–Saleemul, H.*: 2009. Rugalmas alkalmazkodás. [In: 2009 – A világ helyzete. Úton egy felmelegedő világ felé.] A washingtoni Worldwatch Institute jelentése a fenntartható társadalomhoz vezető folyamatról. 189–210.
- Farkas Cs.–Hagyó A.–Horváth E.–Várallyay Gy.*: 2009. A vízgazdálkodás várható változása a prognosztizált klímaváltozás függvényében csernozjom talajon. „KLÍMA-21” Füzetek. Klímaváltozás – hatások – válaszok. 57: 3–15.
- Gyenei F.–Miskucza P.*: 2015. Öntözés. [In: Balikó S. (szerk.) Szójatermesztés korszerűen.] S-Press 5 Kft. 67–74.
- Hartman, G. L.–West, E. D.–Herman, T. K.*: 2011. Crops that feed the World 2. Soybean – worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. Food Security. 3: 5–17.
- Jolánkai M.–Birkás M.*: 2009. Klímaváltozás és növénytermesztés. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Növénytermesztés: Gazdálkodás – Klímaváltozás – Társadalom. Akadémiai Kiadó. Budapest. 27–32.
- Kajdi F.*: 2005. Szója. [In: Antal J. (szerk.) Növénytermesztéstan 2.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 135–150.
- Kurnik E.*: 1976. Nagyüzemi szójatermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 186–194.
- Láng I.–Csete L.–Jolánkai M.*: 2007. A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest.
- Liu, X.–Jin, J.–Wang, G.–Herbert, S. J.*: 2008. Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast China. Field Crops Research. 105: 157–171.
- Miransari, M.*: 2016. 12 – Soybeans, Stress, and Nutrients. Environmental Stresses in Soybean Production. Soybean Production. 2: 273–298.
- Pedersen, P.–Lauer, J. G.*: 2004. Response of soybean yield components to management system and planting date. Agron. J. 96. 5: 1372–1381.
- Polyák F.*: 2008. Az öntözés fontossága, szükségessége, gyakorlata. Agrárágazat. 9. 5: 74–76.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Dóka Lajos Fülöp – Dr. Szabó András – Dr. Szabó Éva – Dr. Ábrahám Éva Babett
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*doka@agr.unideb.hu

Eltérő mennyiségű nitrogénellátás hatása héjnélküli olajtök néhány fiziológiai paraméterére

¹GÁSPÁR SOMA GÁSPÁR – ²ZSOMBIK LÁSZLÓ – ¹VERES SZILVIA

Debreceni Egyetem

¹MÉK Növénytudományi Intézet, Debrecen

²AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza

Összefoglalás

A tök az egyik legrégebben termesztett növényünk egyike, jelentősége folyamatosan nő, elsősorban széleskörű felhasználhatósága miatt. A tökfélék családjának sok tagja van, többek között a stájer tök (*Cucurbita pepo* var. *styriaca*) változat, melynek a magját héjnélküli stájer mag néven emlegetnek. Jól ismert orvosi növényként, ugyanúgy, mint állati és humán tápanyagforrásként. Munkánk során szabadföldi kísérleteket végeztünk, melyben az eltérő mennyiségű nitrogéntáplálás hatását vizsgáltuk az olajtök relatív klorofilltartalmára. Kisparcellás, randomizált kísérletünket a Nyíregyházi Kutató Intézet területén állítottuk be, és a méréseket 2017 nyarán végeztük. A háromféle mennyiségű nitrogénellátást a vetésnél juttattuk ki. A relatív klorofilltartalom méréséhez mind SPAD-502 (Minolta, Japan), mind kézi Greenseeker (Trimble, USA) készülékeket alkalmaztunk a további célkitűzéssel, hogy a mért paraméterek hasznosíthatóságát értékeljük. Méréseink alanya kétféle genotípus volt (Gleisdorfi Classic és a GL Rustical). A Gleisdorfi Classic érzékenyebb volt a csökkentett nitrogén ellátásra (noN és 1/2N) a relatív klorofilltartalom értékek alapján, mint a GL Rustical, valamint az NDVI értékek is alacsonyabbak voltak a kezelések hatására, mint a GL Rustical-nál. A fele mennyiségben alkalmazott nitrogénellátás a GL Rustical esetében kismértékű relatív klorofilltartalombeli változást eredményezett, azaz ezen paraméter alapján megfontolandó a GL Rustical kevesebb mennyiségű nitrogénellátás melletti termesztése. A dupla mennyiségben kijuttatott nitrogén ugyanakkor nem növelte tovább a relatív klorofilltartalmat a vizsgált genotípusok esetében. Eredményeink szerint mindkét mért paraméter

alkalmas a héj nélküli olajtök nitrogén ellátottságának a jellemzésére, ahogyan más növények esetében is. Szignifikáns különbséget mértünk a genotípus és a kezelések között, de további vizsgálatok szükségesek megállapításaink részleteinek bizonyítására, valamint a minőségi jellemzők meghatározására.

Kulcsszavak: héj nélküli olajtök, relatív klorofilltartalom, nitrogén, SPAD, NDVI

Effect of nitrogen nutrition on some physiological parameters of different medicinal pumpkin genotypes

¹S. G. GÁSPÁR – ²L. ZSOMBIK – ¹SZ. VERES

University of Debrecen

¹Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,
Institute of Crop Sciences, Debrecen

²Institutes for Agricultural Research and Education Farm,
Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza

Summary

Pumpkin is one of the plants that have been produced for a long time. Its significance is constantly growing, mainly due to its wide range of usability. There are many plants in the genus cucurbita, such as the Styrian pumpkin (*Cucurbita pepo* var. *styriaca*), the seed of which is referred to as the peel-less Styrian seed. This plant is a well-known medicinal plant, as well as a source of animal and human nutrients. During our work, we performed field experiments to examine the effect of nitrogen supply of different extent on the relative chlorophyll content of oil pumpkin. The randomised small plot experiment was established at the Research Institute of Nyíregyháza and measurements were performed in the summer of 2017. The three different nitrogen supply doses were applied during sowing. The relative chlorophyll content was measured both with SPAD-502 (Minolta, Japan), and handheld Greenseeker (Trimble, USA) with the intention to evaluate the usability of the measured parameters. The subject of our measurements was two different genotypes (Gleisdorf Classic and GL Rustical). Based on the relative chlorophyll content, the Gleisdorf Classic was more sensitive to reduced nitrogen supply (noN and 1/2N) than the GL Rustical. In addition, the obtained NDVI

readings were also lower as a result of the performed treatments than in the case of GL Rustical. The half dose nitrogen treatment showed a slight relative change in chlorophyll content in the case of GL Rustical, i.e., based on this parameter, the production of GL Rustical is should be considered with lower dose of nitrogen replenishment. At the same time, a double dose of applied nitrogen did not increase the relative chlorophyll content any further in the case of the examined genotypes. Based on the obtained findings, both measured parameters are suitable for the characterisation of the nitrogen supply level of the peel-less oil pumpkin, similarly to other plants. There was a significant difference between genotype and the performed treatments, but further analyses are necessary to be carried out in order to verify the details of our statements, as well as to identify quality characteristics.

Key words: Styrian pumpkin, relative chlorophyll content, nitrogen, SPAD, NDVI

Влияние обеспеченности азотом различного количества на некоторые физиологические параметры масляной голосемянной тыквы

¹Ш. Г. ГАШПАР – ²Л. ЖОМБИК АСЛО – ¹С. ВЕРЕШ

Дебреценский Университет

¹МÉК Институт Ботаники, Дебрецен

²АКИТ Ниредьхазский Исследовательский Институт, Ниредьхаза

Резюме

Тыква является одним из самых древних выращиваемых растений, её значение постоянно растёт, в первую очередь из-за широкого круга использования. В семье тыквенных есть много членов, среди прочих вид штирийской тыквы (*Cucurbita pepo* var. *stygiaca*), который из-за семян без кожуры упоминают как штирийская голосемянная. Хорошо известно как лечебное растение, а также как источник питательных веществ для животных и людей. В ходе нашей работы проводили грунтовые опыты, в которых исследовали влияние обеспечения различными количествами азота на релятивное содержание хлорофилла масляной голосемянной тыквы. Малопарцельный произвольный опыт установили на территории Исследовательского Института

в Ниредхазе (Nyíregyháza) и измерения проводили летом 2017 года. Вносили три разных количества азотного удобрения при посеве. Для измерения относительного содержания хлорофилла применяли приборы как SPAD-502 (Minolta, Japan), так и ручной Greenseeker (Trimble, USA), с целью оценить полезность измеренных параметров. Субъектом измерений были два генотипа (Gleisdorfi Classic и GL Rustical). Gleisdorfi Classic был более чувствителен к уменьшенному обеспечению азота (noN и 1/2N) на основе величин содержания относительного хлорофилла, чем GL Rustical, также и величины NDVI тоже были ниже под влиянием обработок, чем у GL Rustical. При обеспечении половиной количества применённого азота в случае GL Rustical привело к небольшому изменению относительного содержания хлорофилла, т.е. на основании этого параметра надо продумать выращивание GL Rustical с меньшим количеством обеспечения азота. В то же время внесённый в двойном количестве азот не увеличил относительное содержание хлорофилла в случае исследованных генотипов. Согласно нашим результатам оба измеренных параметра пригодны для характеристики обеспеченности азотом масляной голосемянной тыквы, также как и в случае других растений. Значительную разницу измерили между генотипами и обработками, но необходимы дальнейшие исследования для подтверждения деталей наших выводов, а также для определения качественных параметров.

Ключевые слова: масляная голосемянная тыква, относительное содержание хлорофилла, азот, SPAD, NDVI

Bevezetés

Az olajtök termesztés első bizonyítékai 1697-re nyúlnak vissza Ausztria, Stájerország részében (Riegler 2004). A héj nélküli olajtök – gyakran vékony héjúnak vagy csupasz magvúnak nevezett stájer tök, a *Cucurbita pepo* subsp. *pepo* mutánsa – termesztésének délnyugati irányú elterjedése Magyarország felé az 1870–1880 közötti időszakra becsülhető (Teppner 2004). Az Amerikai Egyesült Államokban Curtis (1948) volt, aki először hívta fel a figyelmet arra, hogy a héj nélküli olajtök-magból kiváló minőségű növényi olaj gyártható, valamint ugyancsak alkalmas tökmag-snack-ként való fogyasztásra is.

A stájer héj nélküli tök (*Cucurbita pepo* L. convar. *Pepo* var. *styriaca* Greb.) maghéja nem lignifikálódott, így snackként való fogyasztásra sokkal alkalmasabb, mint a tökfélék más genotípusai. Ehhez a hasznosítási 'kényelemhez' járul hozzá, hogy kiemelt táplálkozási tulajdonságokkal bír, elsősorban fehérje-

és olajtartalma miatt. A legjellemzőbb előforduló olajsavjai a palmitinsav, a sztearinsav, az olajsav és a linolsav, az összetétel a klimatikus feltételeknek megfelelően változhat. Az abiotikus tényezők közül különösen a hőmérséklet hatása ismert, mint olajsav-összetételt befolyásoló faktor. A magfeltöltődés utolsó hetében az alacsony hőmérséklet az olajsav linolsavvá alakulását eredményezi (Murkovic *et al.* 1999). Kiemelkedően magas tokoferol-tartalma miatt orvosi növényként is számon tartják (Stevenson *et al.* 2007). Számos szempontból előnyösen hat a humán egészségre, vértisztító hatású, jótékony hatással van az emésztésre, gátolja a székrekedés kialakulását, húgyhólyag- és prosztatavédő (Medjakovic *et al.* 2016).

A növények vegetatív fejlődése meghatározó a generatív szakasz számára is. A nitrogén (N) a vegetatív növekedés és fejlődés egyik legfontosabb meghatározó tápeleme, fokozza a hozamot, befolyással van a növény alapvető biokémiai, fiziológiai folyamataira. Fő komponense a klorofilloknak és a fehérjéknek, azaz alapvető befolyással bír a fotoszintetikus folyamatokra. *In vivo* meghatározása a klorofilltartalom relatív becslésén keresztül történik, például a SPAD (Soil-Plant Analyzes Development) és a normalizált vegetációs index (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI) értékek felhasználásával (Ványiné 2008).

Jelen munkánk célja az eltérő mennyiségű nitrogénellátás hatásának tanulmányozása a vegetatív fejlődésre eltérő héj nélküli olajtök genotípusokon.

Anyag és módszer

Szabadföldi kisparcellás kísérletet állítottunk be az olajtök vegetatív fejlődésnek tanulmányozására. Jelen publikációban főleg a relatív klorofilltartalmat jellemző értékeket tanulmányoztuk. A négy ismétlésben randomizált parcellákat a Debreceni Egyetem, Nyíregyházi Kutatóintézetében állítottuk be, homoktalajon. Méréseinket 2017 vegetációs periódusában végeztük el. A havi átlaghőmérséklet értékei a tenyészidőszakban a következők voltak: május: 17 °C; június: 21,2 °C; július: 21,3 °C; augusztus: 22,3 °C; szeptember: 16,3 °C. A havi csapadékmennyiség értékei: május: 52,9 mm; június: 67 mm; július: 75 mm; augusztus: 25,3 mm; szeptember: 52,5 mm. A vetés ideje május 24. volt. Az NPK műtrágyából (300 kg/ha) 8:24:24 arányban történt a N:P:K optimális kijuttatása, a vetés előtt. A foszfor (P) és a kálium (K) mennyisége azonos volt, ugyanakkor a nitrogént eltérő kezelésként változtattuk (noN= nincs N kijutta-

tás; N=optimális, 1/2N=az optimális fele, 2N=az optimális kétszerese). A SPAD-502 (Minolta, Japan) és a kézi GreenSeeker Model 505 (Trimble, USA) készülékeket használtunk a relatív klorofilltartalom meghatározására. A SPAD értékek mérésénél mindig a terméshez legközelebbi levelet mértük, levelenként öt mérés átlagát regisztráltuk, parcellánként 3-3 egyednél. Mindkét paraméter esetében a méréseket augusztus első hetében végeztük. A vizsgálataink során használt kézi GreenSeeker készülék segítségével a relatív klorofilltartalmat a növényállományról visszaverődött vörös és infravörös fénysugarak intenzitása alapján arányosított normalizált vegetációs index (NDVI) formájában határoztuk meg négyszeres ismétlésben. Vizsgálatainkhoz két eltérő olajtök genotípust használtunk (Gleisdorfi Classic és GL Rustical). Az eredmények értékeléséhez a Microsoft Excel 2010 and SigmaPlot 12.0 for Windows programokat használtuk.

Eredmények

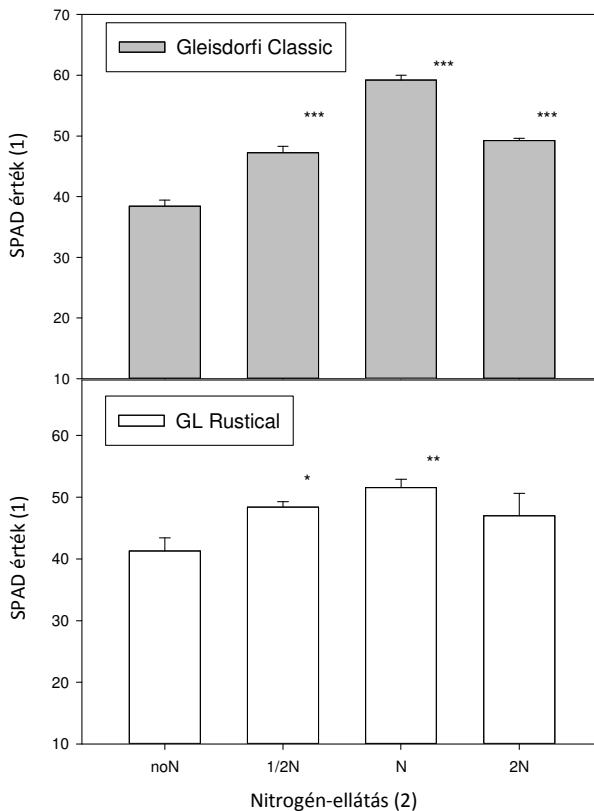
Eredményeink szerint a kevesebb nitrogénellátás nem azonos mértékben csökkentette a relatív klorofilltartalmat, a két vizsgált genotípus esetében (*1. ábra*).

A Gleisdorfi Classic fajta érzékenyebb volt a csökkentett nitrogénellátásra (noN és 1/2N) a relatív klorofilltartalom értékek alapján, mint a GL Rustical. Mindkét vizsgált genotípusnak alacsony volt a SPAD értéke abban az esetben, amikor nem volt kiegészítő nitrogénellátás (ld. noN, *1. ábra*) a szabadföldi kísérletben. A relatív klorofilltartalom $38,4 \pm 1,03$ volt a Gleisdorfi Classic fajtánál és $41,3 \pm 2,2$ a GL Rustical esetében. Az 1/2N kezelés jelentősen növelte a SPAD értéket mindkét genotípus esetében 19% és 15%-kal a Gleisdorfi Classic-nál és a GL Rustical-nál, egyenként. Az optimális nitrogén (N) kezelés tovább növelte a SPAD értéket, különösen a Gleisdorfi Classic fajtánál, ugyanakkor a duplájára emelt nitrogénmennyiség nem okozott további növekedést. A GL Rustical-nál nem volt szignifikáns eltérés a kiegészítő nitrogénellátást nem kapó (noN) és a dupla nitrogénnel kezelt (2N) egyedek SPAD értékei között.

A vizsgált genotípusok NDVI értékeit összehasonlítva megállapítható, hogy a GL Rustical esetében tendenciáját tekintve nagyobb (5-8%) NDVI értékek jellemzőek, míg a relatív klorofilltartalom értékek szignifikáns növekedést mutattak az emelt nitrogénellátásra - kivéve a 2N kezelést - addig ez a megállapítás az NDVI érték változására nem teljesült (*2. ábra*). Az NDVI értékek alap-

ján az 1/2N kezelésnél 4–5%-kal kisebb értékeket mértünk, mint akkor, mikor nem alkalmaztunk kiegészítő nitrogénellátást, ugyanakkor a SPAD értékek alapján az 1/2N kezelés közel 50%-os növekedést eredményezett mindkét vizsgált genotípusnál, továbbá a 2N kezelés sem jelentett szignifikáns különbséget a noN kezeléshez képest az NDVI értékek alapján (2. ábra).

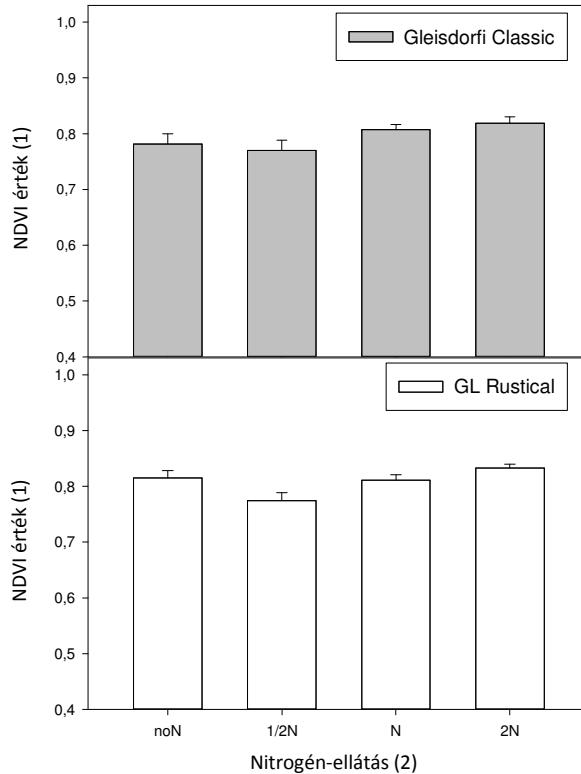
1. ábra. A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása két különböző olajtök genotípusnál (Gleisdorfi Classic, GL Rustical) eltérő mennyiségű nitrogénellátás hatására (noN, 1/2N, N, 2N)



Megjegyzés: n=12, \pm s.e. Szignifikáns eltérés a noN-hez mint kontrollhoz viszonyítva: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Figure 1. Change of the relative chlorophyll content (SPAD reading) in the case of two different oil pumpkin genotypes (Gleisdorf Classic, GL Rustical) as a result of different nitrogen doses (noN, 1/2N, N, 2N). (1) SPAD reading, (2) Nitrogen supply, Note: n=12, \pm s.d. Significant difference compared to the noN as control: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

2. ábra. NDVI értékek változása két különböző olajtök genotípusnál (Gleisdorfi Classic, GL Rustical) eltérő mennyiségű nitrogénellátás hatására (noN, 1/2N, N, 2N)



Megjegyzés: n=4, \pm s.e.

Figure 2. Change of NDVI readings in the case of two different oil pumpkin genotypes (Gleisdorf Classic, GL Rustical) as a result of different nitrogen doses (noN, 1/2N, N, 2N). (1) NDVI reading, (2) Nitrogen supply, Note: n=4. \pm s.d.

Következtetések

A szárazanyag termelés és a biológiai és a gazdasági hozam alapja a hatékony fotoszintézis. A fotoszintézis intenzitása alapvetően függ a fotoszintetikus pigmentek mennyiségi és minőségi jellemzőitől. A fotoszintetikus pigmentek közül a klorofill-a és -b alkotja a fő színanyagokat, kiemelkedően szerepelnek a fényenergia megkötésében és továbbításában a fotoszintetikus rendszerben

(Candan és Tarhan 2003). A fotoszintetikus pigmentek másik csoportja a karotinoidok, melyek védő- és segédpigmentként fontos szerepet kapnak a fotovédelemben és a fotorendszerek stabilizálásában (Simkin *et al.* 2008). A fotoszintetikus pigmentek – főként a klorofillok – *in vivo* meghatározása nagy jelentőséggel bírnak a mezőgazdasági alkalmazott kutatásokban.

A SPAD és az NDVI értékek szorosan korrelálnak a növények klorofilltartalmával, ugyanakkor érzékenységük – ahogyan a jelen publikációban bemutatott eredményeink is mutatták – jelentős mértékben függ a növény nitrogénellátásától. A levelek relatív klorofilltartalmát több tényező is befolyásolja, így a genotípus, a levél vastagsága, a levél víztartalma, a levél életkora (Richardson *et al.* 2002, Chang és Robison 2003). Eredményeink szerint mind a SPAD, mind az NDVI értékek mérése hasznos segítség a héj nélküli olajtök nitrogénellátásának vizsgálatában. Mindkét paraméter mérésének előnye, hogy *in situ* és *in vivo* alkalmazható, gyors, egyszerű, nem roncsoló diagnosztikára alkalmas. Számos más, mezőgazdasági termesztésbe vont növény esetében is alkalmazták (Li *et al.* 2011, Shing *et al.* 2011, Tingting *et al.* 2015). A klorofilltartalom változása és a kapcsolat a klorofill-koncentráció és a SPAD értékek között fontos mutató, ugyanakkor ennél a paraméternél fokozottan figyelembe kell venni, hogy a mért érték változik a növény korával (Wang *et al.* 2009). Ezt a megállapítást figyelembe véve fokozottan odafigyeltünk a SPAD értékek mérésénél az azonos korú levelek mérésére. Eredményeink szerint a két paraméter érzékenységét összehasonlítva a nitrogénellátás tekintetében megállapítható, hogy a SPAD értékek változása kifejezettebb, szignifikáns volt, mint ahogyan azt az NDVI értékeknél tapasztaltuk, mindkét vizsgált genotípus, azaz a Gleisdorfi Classic és a GL Rustical esetében is. Nagy (2010) szintén szoros összefüggést mutatott ki a nitrogéntrágyázás mértéke és a SPAD értékek között. A Gleisdorfi Classic fajta érzékenyebb volt a csökkentett nitrogénellátásra (noN és 1/2N kezelések) a SPAD értékek alapján, mint a GL Rustical. A felére csökkentett nitrogénkezelés közel 20%-kal csökkentette a SPAD értéket a Gleisdorfi Classic fajtánál, míg a GL Rustical hibrid esetében ez a csökkenés csak 15%-os, azaz közel 5%-kal kisebb volt. Az NDVI értékek vizsgálatával a nitrogénkezelések hatására nem mértünk szignifikáns különbségeket. Az NDVI ugyancsak érzékeny a klorofill-abszorpcióra, Inman *et al.* (2007) kapcsolatot mutattak ki az NDVI értékek és a fotoszintetikus hatékonyság között, míg Rambo *et al.* (2010) az NDVI érték és a növény nitrogén tartalma között. Eredményeink szerint az NDVI érték sem a genotípus, sem a kezelések függvé-

nyében nem eredményezett szignifikáns különbségeket. Az NDVI egy olyan mérőszám, amely egy adott terület vegetációs aktivitását fejezi ki, a bemutatott előzetes eredményeink szerint olajtök esetében a viszonylag kis különbségek kimutatására nem alkalmas. Bizonyos mennyiségű nitrogénellátás felett az eredményeink alapján egyik vizsgált paraméter sem növekedett szignifikánsan. A dupla mennyiségben megnövelt nitrogénkezelés nem növelte sem a SPAD, sem az NDVI érték egyik genotípus esetében sem. A genotípusok reakcióit tekintve a GL Rustical hibrid olajtök intenzívebben reagált az eltérő mennyiségű nitrogénkezelésekre, mint a Gleisdorfi Classic fajta. A vizsgálataink során nem volt célunk az évjárat hatásának vizsgálata, ugyanakkor további vizsgálatok szükségesek ezen eredmény alátámasztására.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt, és az „Üzemmérettől független komplex precíziós szaktanácsadási rendszer kialakítása” (GINOP-2.2.1-15-2016-00001) pályázat támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- Candan, N.-Tarhan, L.:* 2003. Relationship among chlorophyll-carotenoid content, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels by Mg-deficiency in the *Mentha pulegium* leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*. 41: 35-40.
- Chang, S. X.-Robison, D. J.:* 2003. Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. *Forest Ecology and Management*. 181. 3: 331-338.
- Curtis, L. C.:* 1948. The use of naked seed in Cucurbita pepo as a source of high quality liquid fat, as a high analysis protein, as a new confection, and as a sandwich spread. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 52: 403-406.
- Inman, D.-Khosla, R.-Reich, R. M.-Westfall, D. G.:* 2007. Normalized difference vegetation index and soil color-based management zones in irrigated maize. *Agron. J.* 100: 60-66.
- Li, J. W.-Yang, J. P.-Li, D. S.-Fei, P. P.-Guo, T. T.-Ge, C. S.-Chen, W. Y.:* 2011. Chlorophyll meter's estimate of weight-based nitrogen concentration in rice leaf is influenced by leaf thickness. *Plant Prod. Sci.* 14: 177-183.

- Medjakovic, S.-Hobiger, K.-Ardjomand-Woelkart, K.-Bucar, F.-Jungbauer, A.*: 2016. Pumpkin seed extract: Cell growth inhibition of hyperplastic and cancer cells, independent of steroid hormone receptors. *Fitoterapia*. 110: 150–156.
- Murkovic, M.-Winkler, J.-Pfannhauser, W.*: 1999. Improvement of the quality of pumpkin seed (*Cucurbita pepo* L.) by use of cluster analysis. *Acta Horticulture*. 492: 41–46.
- Nagy, J.*: 2010. Impact of fertilization and irrigation on the correlation between the soil plant analysis development value and yield of maize. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 41: 1293–1305.
- Rambo, L.-Ma, B. L.-Xiong, Y.-Da Silvia, P. R. F.*: 2010. Leaf and canopy optical characteristics as crop-N-status indicators for field nitrogen management in corn. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 173: 434–443.
- Richardson, A. D.-Duigan, S. P.-Berlyn, G. P.*: 2002. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*. 153: 185–194.
- Riegler, J.*: 2004. Geschichte der Marktgemeinde Gleinstätten. Hausmannstätten. Graz. 29.
- Singh, V.-Singh, Y.-Singh, B.-Thind, H. S.-Kumar, A.-Vashistha, M.*: 2011. Calibrating the leaf colour chart for need based fertilizer nitrogen management in different maize (*Zea mays* L.) genotypes. *Field Crops Res.* 120: 276–282.
- Simkin, A. J.-Moreau, H.-Kuntz, M.-Pagny, G.-Lin, C.-Tanksley, S.-McCarthy, J.*: 2008. An investigation of carotenoids biosynthesis in *Coffea canefora* and *Coffea arabica*. *Journal of Plant Physiology*. 165: 1087–1106.
- Stevenson, D. G.-Eller, F. J.-Wang, L. Jane, J. L.-Wang, T.-Inglett, G. E.*: 2007. Oil and Tocopherol Content and Composition of Pumpkin Seed Oil in 12 Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55. 10: 4005–4013.
- Teppner, H.*: 2004. Notes on *Lagenaria* and *Cucurbita* (*Cucurbitaceae*) – Review and new contribution. *Phyton*. 44: 245–308.
- Tingting, X.-Yuxin, M.-Guohua, M.-Khosla, R.-Dali, W.-Hui, S.-Xinxing, X.*: 2015. In-season estimation of spring maize nitrogen status with GreenSeeker active canopy sensor. 2015 Fourth International Conference on Agro-Geoinformatics. 390–395.
- Ványiné Széles A.*: 2008. Spad-érték és a kukorica (*Zea mays* L.) Termésmennyisége közötti összefüggés elemzése különböző tápanyag- és vízellátottsági szinten. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola. Debrecen.
- Wang, Y.-Hong, W.-Wu, C. H.-Lin, H.-Fan, H.-Chen, C.-Li, J.*: 2009. Variation of SPAD values in uneven-aged leaves of different dominant species in *Castanopsis carlessii* forest in Lingshishan National Forest Park. *Journal of Forestry Research*. 20. 4: 362–366.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Veres Szilvia – Gáspár Soma Gáspár
Debreceni Egyetem
MÉK Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Dr. Zsombik László
Debreceni Egyetem
AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet
Nyíregyháza
Westsik Vilmos út 4-6.
H-4400

A talaj humusztartalmának változása különböző trágyázási rendszerekben, kukorica tartamkísérletben

KISMÁNYOKY TAMÁS

Pannon Egyetem Georgikon Kar

Növénytermesztési és Talajtani Tanszék, Keszthely

Összefoglalás

A talaj szervesanyag-dinamikája megbízhatóan csak szabadföldi tartamkísérletek adatbázisából követhető, mivel a folyamatok a környezet által erősen determináltak és a változások évek, évtizedek és még hosszabb idő elteltével realizálódnak. A címben szereplő témát kéttényezős tartamkísérletekben vizsgáltuk, ahol az egyes tényezők és kezelések valójában három fontos trágyázási rendszert jelenítenek meg, három szakaszos vetésforgóban. A kísérletek a Nemzetközi Talajtani Társaság (ISSS) Tartamkísérleti Munkabizottság (IOSDV/ILTE) együttműködésében kerültek beállításra 1984-ben.

A növekvő N adagok a kontrollhoz képest szignifikánsan növelték a kukorica szemtermését, a maximális szemtermést a 210–280 kg/ha N műtrágya hatóanyag mennyiségénél kaptuk. Az istállótrágya (IT) pozitív hatása 7% volt az N kezelések átlagában, N_0 esetben 20%, a szalma leszántás esetében + zöldtrágya (ST) 3%, illetve 10% terméstöbbletet kaptunk. A jó tápanyag-ellátottság, főként a megfelelő humusz-ellátottság a klímahatásokat (évjáráthatás) jelentősen csökkentette. A szervestrágya nélküli műtrágyakezelésekben a talaj humusztartalma a több mint három évtized során 0,720 g/kg értékkel szignifikánsan csökkent, ugyanakkor az IT+NPK kezelések hatására a talaj humusztartalma a szignifikáns különbséget nem meghaladóan, kismértékben növekedett, az ST+NPK+ZT kombinációnál a talaj induláskori humusztartalma szinten maradt.

A több évtizedes kísérleti munka eredményei alapján megállapítható, hogy a talaj szervesanyag-tartalmának csökkenése és a talajdegradáció megfelelő trágyázási és talaj-

művelési rendszer alkalmazásával még intenzív növénytermesztés mellett is megállítható, a talaj termékenysége és a termőhely produktivitása megőrizhető.

Kulcsszavak: tartamkísérletek, humusz állapot és dinamika, szerves trágyák, kukorica N trágyázás

Change in the soil humus content in different fertilisation systems in a long-term field experiment on maize

T. KISMÁNYOKY

Pannon University, Georgikon Faculty

Department of Crop Production and Land Use, Keszthely

Summary

The dynamic of soil organic matter (SOM) can be studied under arable land circumstances mostly in long-term field experiments (LTE) where the various processes are strongly influenced by the environment and the changes are realised in years and decades. The topic in the title was investigated in a two factorial long-term field experiment in Keszthely (Pannon University Georgikon Faculty, South-West Hungary) with a three-crop rotation: maize, winter wheat, winter barley in the 1984–2013 period. The LTEs are carried out with the cooperation of IOSDV/ILTE experimental series.

The increasing rates of N fertiliser significantly increased the yield of maize on the basis of N_0 treatments, the maximum yield were obtained at the 210–280 kg ha⁻¹ N nutrient level. The positive effect of organic manure (FYM) in the average of N treatments were 7% and in the case of N_0 fertiliser treatments 20% were measured. The residue management (straw+green manure, ST) produced 3% and 10% yield increase, respectively. The proper nutrient supply, mostly the good SOM status of soil decreased the climate effects and the annual changing of maize yield considerably. In the treatments of without organic manures the OM content of soil (10–30 cm) decreased significantly during the three decades, 0.720 g kg⁻¹ at the same time in the treatments of FYM+NPK the humus content of soil increased to a certain extent, but it has not exceeded the significant differences. At the straw+green manure (oil radish) management the SOM

content of soil did not change and remained almost the same level as had been at the starting status in 1984.

Based on the many years of research work it is concluded that the decrease of OM content in the soil and the degradation of soil can be stopped even in intensive crop production, furthermore, the soil fertility and the productivity of agro-ecological region can be preserved in the long run as well.

Key words: long-term field experiments, SOM status and dynamic, FYM, residue, cover crop, maize N response

Изменение содержания гумуса почвы в различных системах удобрений в продолжительном опыте кукурузы

Т. КИШМАНЬОКИ

Университет Паннония, Факультет Георгикон,
Кафедра Растениеводства и Землепользования, Кестхей

Резюме

Динамику органического вещества почвы достоверно можно проследить только на базе данных продолжительных опытов, так как эти процессы сильно детерминированы окружающей средой и изменения реализуются через годы, десятилетия и даже через более длительные периоды времени. Обозначенную в заглавии тему исследовали в двухфакторном продолжительном опыте, где отдельные факторы и обработки (дозы) в действительности обозначали три важные системы удобрений, в трех-периодичном севообороте. Опыты установили в 1984 году в сотрудничестве с Рабочей Комиссией Продолжительных опытов (IOSDV/ILTE) Международного Почвоведческого Общества (ISSS).

Растущие дозы N по сравнению с контролем значительно увеличили урожай зерна кукурузы, максимальный урожай зерна получили при количестве 210–280 kg/ha действующего вещества искусственного удобрения N. Позитивное влияние навоза (IT) было 7% в среднем по дозам N, в случае N0 было 20%, в случае запахивания соломы + зелёное удобрение (ST) 3%, и также получили 10%-ую прибавку урожая. Хорошая обеспеченность питательным веществом почвы, главным образом соот-

ветствующая обеспеченность гумусом, значительно сократила климатические влияния (влияние года выращивания). В обработках искусственными удобрениями без навоза содержание гумуса почвой за более чем тридцатилетний период значительно уменьшилось на величину 0,720 g/kg, в то же время под влиянием доз IT+NPK содержание гумуса почвой не превышая значительную разницу, в малой мере выросло, при комбинации ST+NPK+ZT осталось на уровне начального уровня содержания гумуса почвы.

На основании результатов опытной работы десятилетий можно установить, что уменьшение содержания органического вещества почв и деградацию почвы можно остановить применением соответствующих систем удобрений и почвообработки даже и при интенсивном растениеводстве, плодородность почвы и продуктивность места выращивания можно сохранить.

Ключевые слова: продолжительные опыты, состояние гумуса и его динамика, органические удобрения, удобрение кукурузы N-ом

Bevezetés

Magyarországon a kukorica a vetésszerkezetben jelentős területet foglal el, a kalászosokkal együtt az összes szántóterületből több, mint 60%-kal részesedik. A két növény (búza–kukorica) a vetésszerkezetben váltja egymást, vagy önmaga után kerül. A talajtermékenység és a humuszmérleg tekintetében pozitív elővetemények aránya minimális. Súlyosítja a helyzetet a tradicionális, jól kezelt istállótrágya hiánya, ami a csökkent állatlétszám és a megváltozott állattartási technológiák következménye. Sok esetben a talajok szervesanyag-tartalma csökken, hiányában talajdegradációs folyamatok indulnak el. A talajdegradáció csökkenti a talaj minőségét, részlegesen vagy teljesen akadályozza a talajfunkciókat (Blum 1988). Számos tanulmány a talajok szerves C készletének csökkenéséről számol be (Vleeshouwers és Verhagen 2002, Bellamy et al. 2005). A National Soil Inventory alapján Angliában és Wales-ben 1978–2002 időszakban 0,6% szerves szén veszteségről számol be, ami mintegy 2 kg/évnél felel meg. A talajok szerves anyagainak csökkenése kiváltképpen a Mediterráneumban aggasztó (Jones et al. 2005), ahol a magasabb hőmérséklet és a szárazság a dekompozíciót felgyorsítja. A talajok humusz anyagainak csökkenése elsősorban emberi tevékenység eredménye, pontosabban a helytelen talaj-

használat következménye, amely utat nyit a humusz csökkenéséhez és más degradációs folyamatokhoz (Németh *et al.* 2016). A humusztartalom a talajminőség legfontosabb indikátora, ezért lényeges a C tartalmú anyagok mennyiségének a talajban való növelése. A talajok a felső 1 m rétegben átlagosan 50–150 t/ha C_{org} tárolódik, amely minősége a klímazónáktól függően változik (Lal 2004). A humusztartalom mennyisége befolyásolja a talaj fizikai, kémiai és biológiai talajtulajdonságait, ezek közül legfontosabb a talajaggregátumok kialakulása, stabilizálódása (Chakraborty *et al.* 2014, Dunai és Tóth 2015). A változó ökonómiai és természeti környezetben a fenntartható talajhasználat alapvető feladata az agro-ökológiai feltételekhez alkalmazkodó észszerű földhasználat és a korszerű technológiák alkalmazása, különös tekintettel a szerves anyag 'recycling' megvalósítására. A talaj tárolt szénkészlete erősen befolyásolt a vegetáció és a növénytermesztés által, a betakarításakor eltávolított biomassza tömegétől és a talajműveléstől, elsősorban a szántás gyakoriságától. A felső réteg szervesanyag-tartalma állandó felépülésben és lebomlásban van, de a szervesanyag-készlet viszonylag állandó (Jenny 1941). Több szerző fontos szerepet tulajdonít a szerves és szervetlen trágyázás együttes hatásának a humusztartalom fenntartásában és növelésében (Uhlen 1991, Rühlmann és Ruppel 2005, Körschens *et al.* 2013, 2014). A talajok Corg-tartalma érzékenyen reagál a környezeti változásokra, mint például a globális felmelegedés és a légköri N kiülepedése (Lützov és Kögel-Knabel 2009, Jansen *et al.* 2005). Ebből adódóan a gyakori és megismételt talajvizsgálatok elvégzése kiemelt jelentőségű. Az optimális Corg-tartalom és a küszöb értékek talajtípusonként történő meghatározása, továbbá a humuszmérleg-módszer további fejlesztése nyújt lehetőséget arra, hogy a talajok Corg-tartalmát kontrolláljuk, biztosítsuk a magas termésszintet a környezeti kockázatok csökkentése mellett (Körschens 2002). A talaj Corg-állapotának javulása érdekében a földhasználatnak figyelnie kell a folyamatos szervesanyag-input biztosítására, a talajmozgatást csökkenteni kell, elő kell segíteni a talajaggregátumok képződését, a biodiverzitás megőrzését és a biogeokémiai körfolyamatok zavartalan működését (Lal 2004).

A talaj szervesanyag-dinamikája megbízhatóan csak szabadföldi tartamkísérletek adatbázisából követhető, mivel a folyamatok a környezet által erősen determináltak és a változások évek, évtizedek, és még több idő elteltével realizálódnak. A címben szereplő témát kéttényezős tartamkísérletben vizsgáltuk, ahol az egyes tényezők és kezelések valójában három fontos trágyázási rendszert jelenítenek meg, háromszakaszos vetésforgóban. A kísérletek a Nemzet-

közi Talajtani Társaság (ISSS) Tartamkísérleti Csoport (IOSDV/ILTE) együttműködésében került beállításra 1984-ben.

Anyag és módszer

A kísérleti hely talaja Ramann-féle barna erdőtalaj, fizikai félesége homokos vályog, semleges kémhatású ($\text{pH}_{\text{KCl}} 7,2$), természetes állapotban felvehető foszforral gyengén, káliummal közepesen ellátott, humusztartalma 1,7%, bolygatatlan talajtérfogat tömege $1,53 \text{ g/cm}^3$. Az évi átlagos csapadék összeg 683 mm (100 éves átlag), az évi középhőmérséklet $10,8 \text{ }^\circ\text{C}$. A kéttényezős kisparcellás szabadföldi kísérlet öt különböző adagú N-műtrágya kezelés és három különböző szerves-trágya-kezelés kombinációjából áll. A kísérlet beállításának éve 1984 volt. A kezelések háromszakaszos vetésforgóban (őszi búza, kukorica, őszi árpa) helyeztük el. Jelen feldolgozásban csak a kukorica növény eredményeit ismertetjük. Kukorica esetében az N-adagok 0–70–140–210–280 kg/ha voltak. A szerves-trágyák – mint fő-tényező – három variációban szerepeltek:

- I. szerves-trágya kiegészítés nélkül csak NPK műtrágyák,
- II. műtrágya mellé adott istállótrágya kiegészítés 35 t/ha adagban a kukorica alá a forgóban,
- III. műtrágyázás mellett az ott termett szalma, kukoricaszár leszántva (10 kg N/t szalma N kiegészítéssel) + a kukorica elővetemény tarlójába vetett olajreték zöldtrágya a szalmával együtt október végén leszántva.

Rövidítések a dolgozatban: NPK (N műtrágya és szerves-trágya nélkül, NPK (műtrágyák szerves-trágya nélkül – az N 2, 3, 4 kezelések átlaga + PK, IT (műtrágya + istállótrágya), ST (műtrágya + szármaradvány leszántás + zöldtrágya (olajreték).

A foszfor és kálium műtrágyák mennyisége minden kezelésben és parcellában $100\text{--}100 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5$, illetve K_2O volt.

Fő tényezők kezelése:

- I. NPK szerves-trágya nélkül (NPK),
- II. NPK + istállótrágya (IT),
- III. NPK + elővetemény szalma + zöldtrágya (ST + ZT)
 - P_2O_5 100 kg/ha
 - K_2O 100 kg/ha
 - N (altényező kezelése $\text{N}_0\text{--}\text{N}_4$) 0–70–140–210–280 kg/ha.

A kísérletben vetésforgó rotációként (minden 3. évben) rendszeresen, de alkalmanként a közbeeső években is, aratáskor talajmintákat vettünk a talaj Corg-tartalmának megállapításához. A talajmintákat parcellánként négy rész-mintából vettük 0–30 cm mélyen. Az 1989–2016 időszakban 15 évben történt mintavétel, összesen 675 talajmintát analizáltunk és értékeltünk. A talaj szervezén-tartalmát (SOC), illetve humusztartalmát Tyurin módszer szerint állapítottuk meg.

A kísérleti elrendezés és konstrukció tulajdonképpen három alapvető farm-rendszert (Farming system) jelenít meg:

- a) intenzív specializált növénytermesztés,
- b) növénytermesztés és állattenyésztés (mixed farming),
- c) csak növénytermesztés, a szár, szalma, gyökérmaradványok, zöldtrágya rendszeres visszaforgatása (recycling).

Az eredmények statisztikai megbízhatóságát kéttényezős variancia-analízissel elemeztük SPSS programcsomag használatával, továbbá néhány összefüggés vizsgálatokat végeztünk.

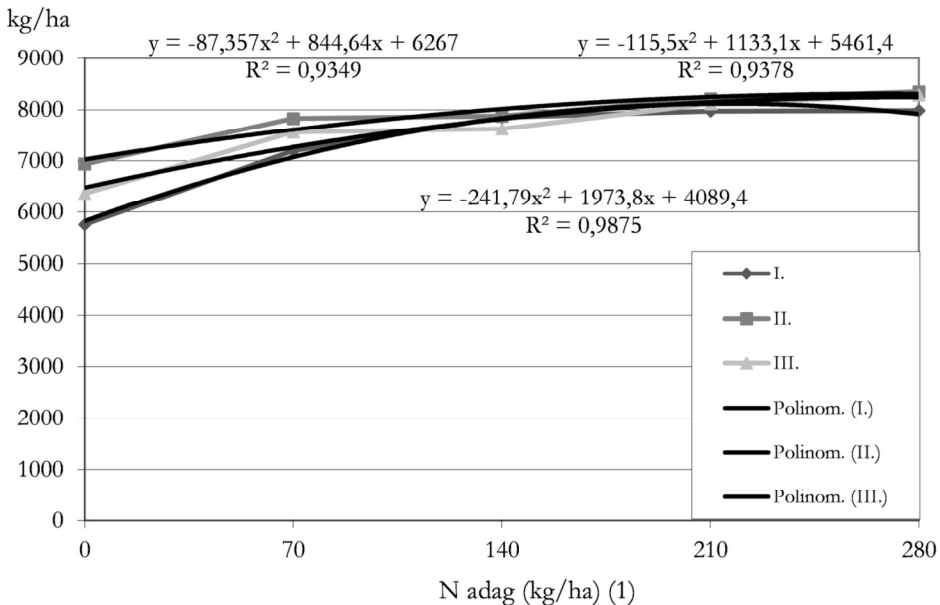
Eredmények

A kéttényezős tartamkísérletekben a növekvő N-adagok szignifikánsan növelték a termést az N_0 kontrollhoz képest. A N-tápanyaghatás másodfokú regressziós függvénnyel írható le, a maximális termést az N_3 – N_4 (220–280 kg/ha) kezeléseknél kaptuk. Az N_3 és az N_4 kezelések között szignifikáns különbségeket nem tapasztaltunk, ezért az adott agroökológiai térségben a gyakorlat számára az adott termésszinten a 200–250 kg/ha N-adag használata javasolt (1. ábra).

Szerves trágyák és a műtrágya együttes alkalmazása esetén a termésgörbe hasonló lefutású, de a kizárólag NPK műtrágya kombinációkhoz képest ez magasabb szinten valósul meg. A N-kezelések átlagában az istállótrágya (IT) pozitív hatása átlagosan 7%, az N_0 esetében 20% terméstöbbletet eredményezett. A szalma leszántás N-kiegészítéssel + zöldtrágya (ST) a többlettermés 3%, illetve N_0 kezelésnél 10% volt. Az IT, ST és ZT termésnövelő hatása az NPK kezelésekhez képest és egymáshoz viszonyítva is szignifikáns. A N-kezelések átlagára vetítve az IT alkalmazása 489 kg/ha terméstöbbletet jelentett a csak NPK kombinációkhoz képest, a szalma leszántás többlete 239 kg/ha. Az istállótrágya és a szalma trágyák (IT-ST-ZT) különbsége 250 kg/ha szemtermés volt az IT

javára. Hasonló tendenciájú és nagyságrendű eredményeket közöl *Körschens et al.* (2013) 20 európai, egységesen beállított tartamkísérlet adataiból; a szerves trágyák nem tápanyag-tartalmukból származó, indirekt termésmenvelő hatását magas termésszinten is 5–7%-ra becsüli (talajfizikai, mikrobiológiai hatás).

1. ábra. A kukorica szemtermése a különböző trágyázási kezelésekben (1984–2016)



	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	Átlag (2)
I.	5757	7194	7849	7973	7983	7351
II.	6937	7828	7575	8213	8347	7840
III.	6366	7558	7622	8119	8226	7590

SzD_{5%} A=114 kg, B=147 kg, A×B=255 kg

Figure 1. Corn yield in the different organic and inorganic fertilization treatments (1984–2016). (1) N kg ha⁻¹

A szabadföldi tartamkísérletek eredményeinek statikus ábrázolása (évek átlaga) és az ebből levont következtetések csak részleges információkat nyújtanak a célkitűzésben megfogalmazott kérdésekről. Az évek változatossága (variáció), az agroklimatikus tényezők hatása a termésre (évhatás) megbízhatóan csak szabadföldi tartamkísérletekből mérhető, ahol az egymást követő évek nem csak statisztikai ismétlést jelentenek, de minden évben újabb és újabb in-

formációkat nyújtanak. Az évjáráthatás ugyanazon a parcellán (táblán, termőhelyen), ugyanolyan termesztési és agrotechnikai feltételek mellett, a termés mennyiségében és minőségében megnyilvánuló, az átlagtól évente eltérő, mérhető különbségek.

A termések évenkénti szórása, tehát az évjáráthatás a kontroll (NPK-0) esetében volt a legnagyobb CV%=37,83, ami 2160 kg szemtermésnek felel meg. Az NPK+ITN4 kezelésben, ahol a legtöbb szerves és szervesetlen trágyaformát juttattunk ki, a változatosság CV% csak 19,08 volt, ami 1050 kg évek közötti szemtermés-ingadozást jelent (2. ábra).

2. ábra. A kukorica szemtermések évenkénti változása az N₀PK kezelésekben

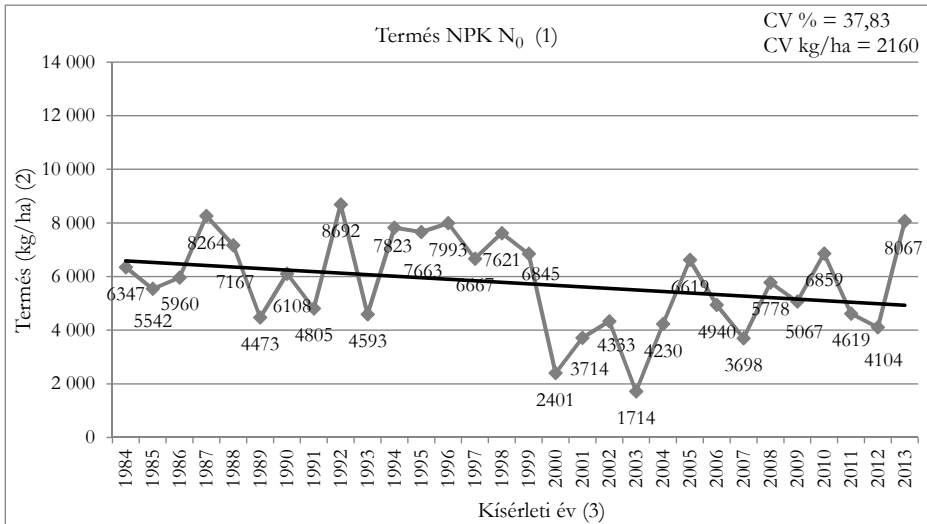


Figure 2. Yearly change of maize yield in the treatment of N₀PK. (1) Yield NPKN₀, (2) Yield t ha⁻¹, (3) Experiment years

Az évek variációja tehát az évjáratok hatására változik, mégpedig úgy, hogy az 1. 2. 3. dekádok sorrendjében (1984–1993, 1994–2003, 2004–2013) a szórás értéke a kezelések átlagában folyamatosan és jelentősen növekszik; CV%=21,96–29,57–34,95 (Kismányoky et al. 2016). Eredményeinkből kitűnik, hogy a jó tápanyag-ellátottság, főként a megfelelő humusz-ellátottság a klímahatásokat jelentősen mérsékelhetik, a termésbiztonság javul.

A 3. ábrán (kontroll) nem csak az évi ingadozás, de az átlagos termésszint trendje is leolvasható, amely alapján elmondható, hogy a N műtrágya és a szerves trágyák használata nélkül a termések folyamatosan csökkennek, ami a tápanyagtöke és a humuszkészlet fogyására utal. A szerves trágyázott (IT) és a magasabb termésszinthez adott nagyadagú N-műtrágya hatására (3. ábra) az átlagos trend növekvő, ami feltételezi a tápanyag-akkumuláció pozitív hatását, és a 30 év során valószínűsíthető genetikai haladást is. A három évtized során a 2000, 2003 és 2012-es években a termések átlagtól való eltérése rendkívül nagy. Ezekben az években a csapadék mennyisége az évi összegnek fele, 2/3-a volt, +1 °C-kal magasabb évi átlag hőmérséklettel, továbbá 2–3 °C-kal az átlagnál magasabb júniusi hőmérséklettel.

3. ábra. A kukorica szemtermésének évenkénti változása az NPK+IT+N₄ kezelésekben

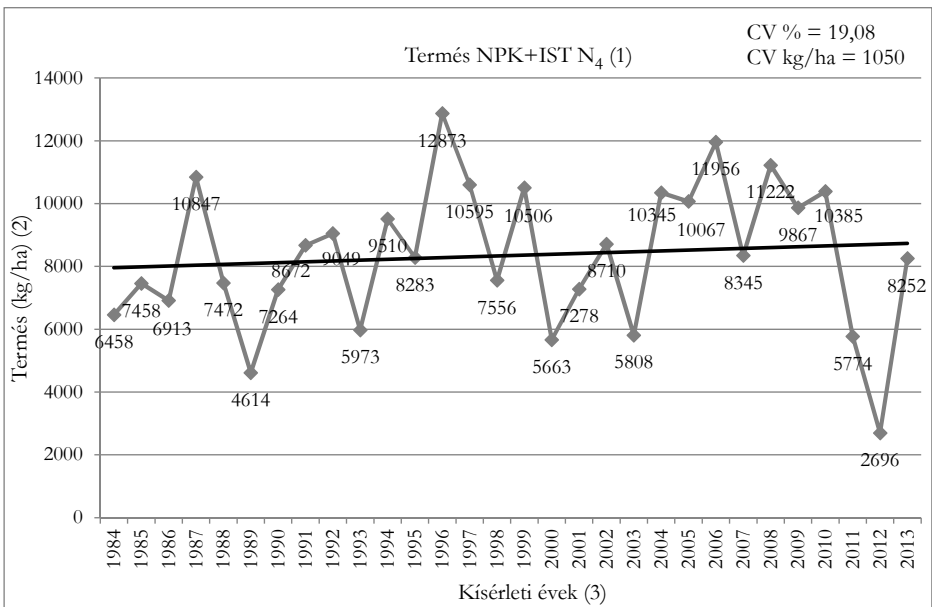


Figure 3. Yearly change of maize yield in the treatments of NPK+IT+N₄. (1)Yield NPK+FYM N₄ (2) Yield t ha⁻¹, (3) Experiment years

A N műtrágya különböző adagjainak (B tényező) alkalmazása önmagában a talaj szervesanyag-tartalmát szignifikánsan nem befolyásolta, ugyanakkor az

IT, ST és ZT rendszeres használata jelentősen és szignifikánsan javította a talaj humuszállapotát a N-kezelések átlagában a következőképpen: NPK 19,29 – NPK IT 21,24 – NPK ST+ZT 20,42 g/kg (1. táblázat, 4. ábra).

1. táblázat. A talaj humusztartalma (g/kg) és a N műtrágya adagok összefüggései (1984–2016)

Szerves trágyák (2)	N kezelések (1)					Átlag (3)
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
I.	19,51	19,28	19,24	19,34	19,07	19,29
II.	20,95	21,20	21,13	21,57	21,43	21,24
III.	20,12	20,76	20,20	20,70	20,30	20,42
Átlag (3)	20,19	20,41	20,16	20,54	20,27	20,32

Megjegyzés: SzD_{5%} N₀-N₄ = n.s., SzD_{5%} I - II - III = 0,306

Table 1. Humus content of soil (g kg⁻¹) with the relation of the N fertilizer rates (1984–2016). (1) N treatments, (2) Farmyard manure, (3) Average, Note: LSD_{5%} N₀-N₄ = n.s., LSD_{5%} I - II - III = 0.306

4. ábra. A talaj humusztartalma és a trágyázási kezelések összefüggései

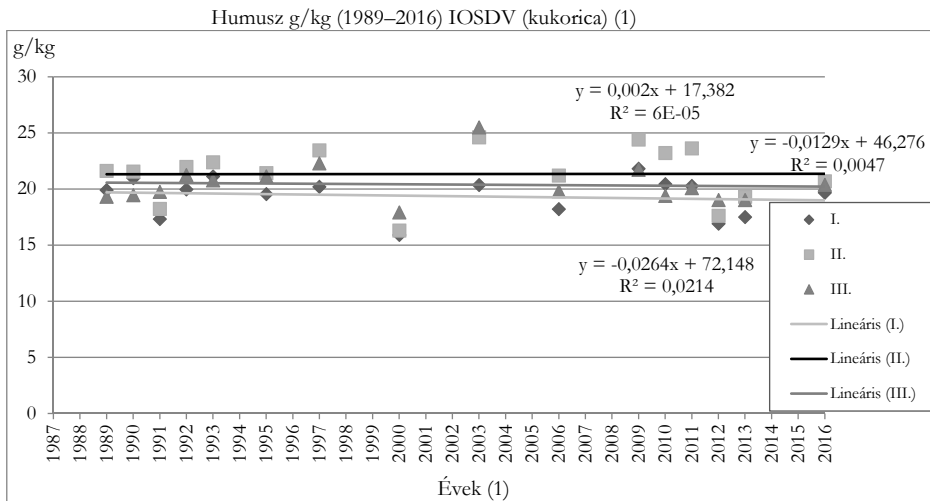


Figure 4. Organic matter content of soil (SOM g kg⁻¹) in different fertilisation systems. (1) SOM g kg⁻¹ (1989–2016) IO SDV (maize), (2) Years

Az NPK kombinációkban a talaj Corg-tartalma hasonló szinten volt, mint az N₀PK kontroll kezelés (1,06–1,008 Corg%), ami azt bizonyítja, hogy a műtrágya-nitrogén a talaj humusztartalmát egyedül, szerves anyag jelenléte nélkül nem növeli, legalább is szignifikáns emelkedést nem eredményez.

A talaj humuszváltozása az évek során évente ingadozik, de hosszútávon megbízható trend számítható. Megfigyelhető, hogy a két erősen aszályos évben (2000 és 2012) a talaj humusztartalma alacsony az átlaghoz viszonyítva.

A több évtizedes adatsorokból megállapítható, hogy az adott ökológiai viszonyok és talajtípus esetén, a talaj szervesanyag-tartalma 15 és 25 g/kg határértékek között változik az agrotechnikai feltételek és az időtartam függvényében, amely határértékek értelmezhetőek úgy, mint a humuszmérleg-számítások alsó és felső határértékei, (tartós humusz-szint és az összes humusz elérhető szintje), amelyek szervestrágyázással és a talajhasználati módok helyes használatával befolyásolhatóak. A kísérletünkben kapott határértékek alsó és felső szintje az erdőtalajokra általában jellemző gyenge és közepes (70–120 t/ha 30 cm-es talajrétegben) humusz ellátottságnak felel meg.

A szervestrágya nélküli (NPK) kezelésekből a talaj humusztartalma a több mint három évtized során 0,720 g/kg értékkel és szignifikánsan csökkent (SzD_{5%}=0,612). Amennyiben ez a tendencia tovább halad, a talaj humusztartalma néhány évtized múlva eléri a minimális alsó határ szintet és a termékek jelentős csökkenése feltételezhető.

Az IT+NPK kezelése hatására a talaj szervesanyag-tartalma kismértékben növekszik, azonban a humuszgyarapítás mértéke a szignifikancia értékén belül van. A szalmatrágya és a zöldtrágya (NPK+ST+ZT) kombináció esetében a talaj induláskori (1984) humusztartalma gyakorlatilag szinten maradt.

Az utolsó vizsgálati év (2016) talajvizsgálati eredményei azt mutatják, hogy a csak műtrágyázott kezelések humusztartalmához képest az istállótrágyázás 2,486 g/kg növekedést jelentett (11,18 t/ha), amely messze meghaladja a szignifikancia értékét (SzD_{5%}=0,306). A szalmatrágya+N és az olajretek zöldtrágya alkalmazása együtt 1,348 g/kg (6,66 t/ha) növekedést jelentett. Elmondható, hogy a kezelt istállótrágya közel kétszer olyan hatékonyságú a szervesanyag gyarapítás tekintetében, mint a szalma és a zöldtrágya együttes alkalmazása. Amennyiben az egész adathalmaz szélső értékeit vizsgáljuk, megállapítható, hogy szervestrágyázással barna erdőtalajon mintegy 0,9% (40 t/ha) humusz növelésére van lehetőség, ami túlzottan nagy mozgásteret nem jelent. A fenti elemzések felhívják a figyelmet arra, hogy a talajok humusztartalmának meg-

őrzése és gyarapítása folyamatos szervesanyag-visszapótlást jelent (recycling), amely eszköze a rendszeres humuszmérleg-kontroll.

Következtetések

A kéttényezős tartamkísérletek a növekvő N-adagok az N_0 kontrollhoz képest szignifikánsan növelték a kukoricatermést. A N-tápanyaghatás másodfokú függvénnyel írható le, a maximális termést az N_3 - N_4 (210-280 kg/ha) műtrágya kezeléseknél kaptuk.

Szervestrágyák alkalmazása esetén a termésgörbe a csak NPK műtrágya kombinációkhoz képest magasabb szinten valósult meg. A N-kezelések átlagában az istállótrágya (IT) pozitív hatása 7%, N_0 esetben 20%, a szalma leszántás + zöldtrágya (ST+ZT) esetében 3%, illetve 10% terméstöbbletet kaptunk.

Az IT, ST és ZT termésnövelő hatása a csak NPK kezelésekhöz képest és egymáshoz viszonyítva is szignifikáns volt az IT javára.

A termések évenkénti variációja (évjáráthatás) az NPK- N_0 esetében volt a legnagyobb (CV=37,83%) az NPK+IT N_4 kezeléseknél pedig a legkisebb (CV=19,08%). A jó tápanyag-ellátottság, főként a megfelelő humuszellátottság a klímahatásokat jelentősen csökkentette.

A N-műtrágya különböző adagjainak alkalmazása a talaj szervesanyag-tartalmát szignifikánsan nem befolyásolta, ugyanakkor az IT, ST és ZT rendszeres használata jelentősen javította a talaj humuszállapotát (NPK 19,29; IT 21,24; ST 20,42 g/kg).

Az összes év és kezelés adatai szerint a talaj humusztartalma (H%) 1,5-2,5% között változott, ami az erdőtalajokra általában jellemző gyenge, illetve közepes (70-120 t/ha) humusz-ellátottságnak felel meg.

A szervestrágya nélküli (NPK) kezeléseknél a talaj humusztartalma a több mint 3 évtized során 0,720 g/kg értékkel, szignifikánsan csökkent ($SzD_{5\%}=0,612$), ugyanakkor az IT+NPK kezelésekre hatására a talaj humusztartalma a szignifikáns különbséget nem meghaladóan, kismértékben növekedett, az ST+NPK kombináció esetében a talaj induláskori humusztartalma nem változott.

A több évtizedes kutatómunka eredményei alapján megállapítható, hogy a talajok degradációja, a talaj szervesanyag-tartalmának csökkenése a megfelelően megválasztott trágyázási rendszer és a talajművelési rendszer alkalmazásával még intenzív növénytermesztés mellett is megállítható, a talaj termékenysége és a termőhely produktivitása megőrizhető.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkát az Európai Unió a Horizon 2020 iSQAPER project (No. 635750) és a SoilCare project (No. 677407) programok keretében támogatja.

Irodalom

- Blum, W. E. H.*: 1988. Problems of soil conservation. Steering committee for the Conservation and Management of the Env. and Natural Habitats (CDPE). 62.
- Bellamy, P.-Peter, H.-Loveland, I.-Breadly, R. I.-Murray, J.-Kirk, I. D.*: 2005. Carbon losses from all soils across England and Wales 1978–2003. *Nature*. 437: 245–248.
- Chakraborty, D.-Watts, W. C.-Pouwlson, D. S.-Mc Donald, A.-Ashton, R. W.-White, R. P.-Wharley, W. R.*: 2014. Triaxial Testing to Determine the Effect of Soiltype on Organic Carbon Content on Soil. *Soil Sci. of American Journal*. 78: 1192–1200.
- Dunai A.-Tóth Z.*: 2015. A szerves és műtrágyázás tartamhatása a talaj aggregátumok stabilitására agyagbemosódásos barna erdőtalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 64. 1: 29–52.
- Jones, A.-Montanarella, L.-Jone, R.*: 2005. Soil Atlas of Europe. 128.
- Jenny, H.*: 1941. Factors of Soil Formation. McGraw-Hill Co. New York–London.
- Jansen, I. A.-Freibauer, A.-Schlamadinger, B.-Ceuemans, R.-Ciais, P.-Dolman, A. J.-Heimann, H.-Nobuurs, G. J.-Smith, P.-Valentini, R.-Schulze, E. D.*: 2005. The carbon budget of terrestrial ecosystems at country scale-European Case Study. *Biogeosciences*. 2: 15–26.
- Kismányoky T.-Dunai A.-Tóth Z.*: 2016. Az évjáratok hatása tartamkísérletekben. XXXVI. Óvári Tudományos Napok. 2016. nov. 10. Abstract. 94.
- Körschens, M.*: 2002. Importance of soil organic matter (SOM) for biomass production and environment. *Arch. Acker - Pflz Boden*. 48: 89–94.
- Körschens, M.-Albert, E.-Armbuster, M.-Barkusky, M.-Baumecker, M.-Behle-Schalk, L.-Bischoff, R.-Cergan, Z.-Ellmer, F.-Herbst, F.-Hoffmann, S.-Kismányoky, T.-Kubat, J.-Kunzova, E.-Lopez -Fando, C.-Merbach, I.-Merbach, W.-Pardo, T.-Rogasik, J.-Rühlmann, J.-Spiegel, H.-Schulz, E.-Tajnssek, A.-Tóth, Z.-Wegener, H.-Zorn, W.*: (2013): Effects of different mineral and organic fertilization on yield, N uptake, C-and N-balance, as well as C content and dynamic in the soil, derived from the results of 21 long term field experiments in the 21th century. *Archives Agron. Soil. Sci.* 59: 1017–1040.

- Körschens, M.-Albert, E.-Baumecker, M.-Ellmer, F.-Gunnert, M.-Hoffmann, S.-Kismányoky, T.-Kubat, J.-Kunzova, E.-Marx, M.-Rogasik, J.-Rinklebe, J.-Rühlmann, J.-Schilli, C.-Schröter, H.-Schrotter, S.-Toth, Z.-Zimmer, J.-Zorn, W.:* 2014. Humus and Climate Change – results of 15 long-term experiments. Archives of Agronomy and Soil Sci. 60. 10–12: 1485–1517.
- Lal, R.:* 2004. Soil carbon sequestration impact on global climate change and food security. Science. 1623–1627.
- Lützov, M.-Kögel-Knabel, J.:* 2009. Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition – what we know? Biology and Fertility Soils. 46: 1–15.
- Németh, T.-Micheli, E.-Pásztor, L.:* 2016. Carbon balance of Hungarian Soils [In: Kimble et al. Agric. Practices and Policies for Carbon Sequestration in Soil.] Lewish Publisher. 449–459.
- Rühlmann, J.-Ruppel, S.:* 2005. Effects of organic amendments on soil carbon content and microbial biomass – results of the long term box plot experiment in Grossbeeren. Archives Acker – Pfl. Boden. 51. 2: 163–170.
- Uhlen, G.:* 1991. Long term effect of fertilizers, manure, straw and crop rotation on total N and total C in soil. Acta Agric. Scand. 41: 119–127.
- Vleeshouwer, L. M.-Verhagen, J.:* 2002. Carbon emission and sequestration by agricultural land use. Global Change Biology. 8. 6: 519–530.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Kismányoky Tamás
Pannon Egyetem Georgikon Kar
Növénytermesztástani és Talajtani Tanszék
Keszthely
Festetics u. 7.
H-8360
kis5556@ella.hu

Magyarország földhasználatának 150 éve (1868–2018)

NAGY JÁNOS

Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Hazánk legnagyobb kincse a termőföld. Magyarországon a nemzeti vagyon 30%-át a termőföld teszi ki. Súlya a nemzetgazdaságban igen jelentős. A Föld szilárd kérgének csupán 11%-a termőföld. Ez az arány az Európai Unión belül 34%, míg Magyarországon 60% körül alakul. Hazánk óriási előnye az Európai Unió legtöbb tagországával szemben, hogy jó minőségű termőföldön gazdálkodhat. Ezt az értéket meg kell őrizni, egyre fontosabb szempont az egészséges élelmiszerek előállítása és ebben meghatározó szerepe van a talajnak.

Az Európai Unió mezőgazdasági területének 2,9%-a Magyarországon található. Az EU mezőgazdasági kibocsátásának és hozzáadott értékének a magyar mezőgazdaság 2%-át teszi, és ettől magasabb 2,5%-os a részesedése a termelési tényezők jövedelméből.

Magyarország mezőgazdasága az uniós csatlakozás óta nagymértékben fejlődött. Hatékonyabbá és versenyképesebbé vált. Megkezdődött a felzárkózás a régebben csatlakozott országokhoz. Ennek következtében nőtt a hazai mezőgazdaság részesedése a termelési és jövedelmi mutatók tekintetében is. Az elkövetkező években tovább nőhet az EU mezőgazdaságában betöltött szerepe tartalékaink, adottságaink jobb kihasználásával.

Világszerte nagy értékű talajokat használunk évente ipari, lakásépítési és úthálózati célokra. Komoly kihívást jelentenek az ipari létesítmények, amelyek még hulladékkal és szennyvizekkel is terhelik a környezetet. A gyárak, házak, hidak és utak gyakran megváltoztathatják a földalatti természetes vízfolyásokat és a talajvízszintet. A szakszerűtlen földhasználat, talajhasználat, illetve agrotechnika (művelés, trágyázás, növényvédelem)

erózióhoz, talajpusztuláshoz vagy talajszennyezéshez vezethet. Egy-egy rossz döntés visszafordíthatatlan folyamatokat indíthat el a pótolhatatlan természeti erőforrásban.

Kulcsszavak: földhasználat, művelési ágak, vetésszerkezet

150 years of land use in Hungary (1868–2018)

J. NAGY

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

Summary

Land is the greatest treasure of Hungary, amounting to 30% of its national wealth. Land has a great significance in the national economy of the country. Only 11% of the solid crust of the Earth is fertile soil. This proportion is 34% in the EU and 60% in Hungary. It is an enormous advantage of Hungary within the European Union that it has outstanding quality lands. This wealth must be preserved, as soil has a significant role in producing healthy foods, which is an increasingly important aspect.

2.9% of the agricultural area of the European Union is in Hungary. Hungarian agriculture provides 2% of the agricultural output and added value of the EU and its share of the income of production factors is 2.5%.

The Hungarian agriculture has greatly developed since the country's EU accession, resulting in a more efficient and more competitive sector. The country started to catch up with older EU Member States. As a result, the share of Hungarian agriculture increased also in terms of production and income indexes. In the upcoming years, the role of Hungary in the agriculture of the European Union may increase even further by better utilising our reserves and competences.

On a global scale, Hungary uses high value soils for industrial, housing and road network purposes each year. Industrial facilities pose a grave challenge as they represent an environmental load due to the produced waste and wastewater. Factories, houses, bridges and roads often alter the natural underground waterways and groundwater level. Unprofessional land use, soil use and agrotechnical practices (tillage, fertilisation,

crop protection), lead to erosion, soil degradation or soil pollution. A single bad decision may kick off irreversible processes in this irreplaceable natural resource.

Key words: land use, cultivation types, sowing structure

150 лет землепользованию Венгрии (1868–2018)

Я. НАДЬ

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

Резюме

Самое большое богатство нашей страны – плодородная земля. В Венгрии плодородная земля составляет 30% национального богатства. Её роль в национальной экономике значительна. Только 11% твердой поверхности нашей планеты является плодородной почвой. Это доля в Европейском Союзе составляет 34%, а в Венгрии около 60%. Огромное преимущество нашей страны перед другими членами Европейского Союза в том, что может вести хозяйство на плодородной почве хорошего качества. Это богатство надо сохранить, все более важное значение имеет производство здоровых продуктов и в этом решающую роль играет почва.

2,9% сельскохозяйственных территорий Европейского Союза приходится на Венгрию. Венгерское сельское хозяйство даёт 2% сельскохозяйственного производства и прибавочной стоимости ЕС, и больше этого – 2,5% – доля в прибыли от производственных факторов.

Сельское хозяйство Венгрии со времени вступления в ЕС в значительной степени развилось. Оно стало более эффективным и конкурентноспособным. Началось приближение к ранее вступившим странам. Вследствии этого выросла доля венгерского сельского хозяйства с точки зрения производственных и прибыльных показателей также. В следующие годы и дальше может увеличиться наша роль в сельском хозяйстве ЕС с лучшим использованием наших запасов, наших условий.

Ежегодно мы используем нашу ценную для всего мира почву для промышленных, жилищных и дорожных целей. Серьёзный вызов означают промышленные со-

оружения, которые ещё и отходами и сточными водами загрязняют окружающую среду. Заводы, дома, мосты и дороги часто могут изменить естественные подземные течения вод и уровень почвенных вод. Непрофессиональное землепользование, использование почвы, и агротехники (обработка, удобрения, защита растений) может привести к эрозии, уничтожению почвы или к загрязнению почвы. Одно плохое решение может запустить необратимые процессы в этом незаменимом естественном ресурсе.

Ключевые слова: землепользование, отрасли обработки, структура посева

Földhasználat- és művelési ág változások

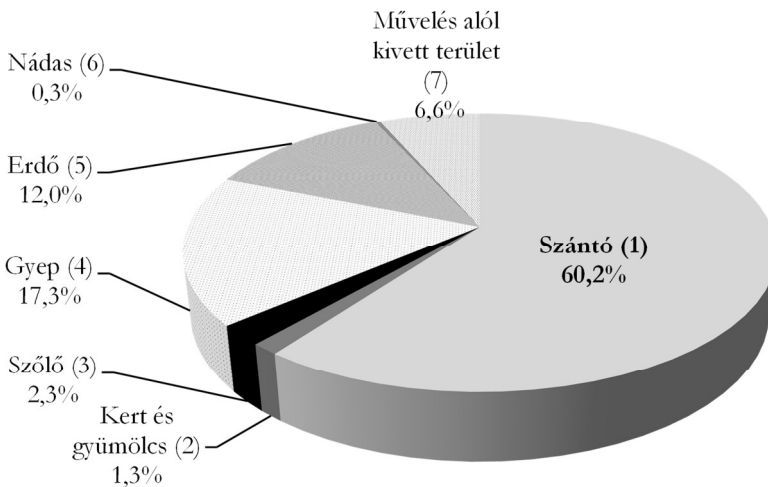
Magyarországon a földhasználat jelenének leglényegesebb jellemzője, hogy az ország kedvező természeti adottságokkal rendelkezik. Magyarországon a 19. században a nagyarányú lecsapolás miatt több mint kétmillió hektárral nőtt a mezőgazdaságilag hasznosított terület. A debreceni gazdasági és agrár-felsőoktatás alapításával (1868) egy időben jelentős változás következett be a művelési ágak arányaiban is. A szántóföld területe több mint egyharmadával nőtt, ami döntően (az állattenyésztés extenzív formáinak visszaszorulásával) a legelő és rét területek feltéréséből adódott. A szántó aránya az 1873. évi 35%-ról 1913-ra közel 46%-ra növekedett. A szántóterületek növekedését az ugaroltatás fokozatos megszűnése is elősegítette. Az 1870-es évek első felében a szántóföld területének közel 22%-a ugar volt, ami a századfordulóra a felére csökkent.

Az I. világháború után az ország területében – így a mezőgazdasági területek nagyságában és a művelési ágak arányaiban is – jelentős változások következtek be. Az elcsatolt területeken más volt a művelési ágak aránya, mint a trianoni ország területén. 1920-ban 60%-ra nőtt a szántóterület aránya, miközben a szőlő is növekedett. Kisebb mértékben csökkent a rét és a legelő aránya, míg a gyümölcsös nem változott. Az erdőterület nagysága és aránya jelentősen csökkent.

A statisztikai nyilvántartások alapján megállapítható, hogy 1931–1950. évek átlagában az ország területének 60,1%-a szántóterület volt, a gyepek aránya ekkor 17,3%, az erdő pedig 12,0% (1. ábra). A fennmaradó 10,6% egyéb célokat szolgált (kert és gyümölcsös, szőlő, valamint művelés alól kivett terület stb.). A területi arányokat a sokrétű kutatási eredmények szerint elsősorban a termelési

szokások határozták meg, mert a mindenkori igényeket kielégítő szokások és hagyományok szerint választották meg a használat módját. A háborút követő évtizedekben ez az arány jelentősen módosult a mezőgazdaság átszervezése nyomán.

1. ábra. Magyarország földhasználatára (1931–1950)



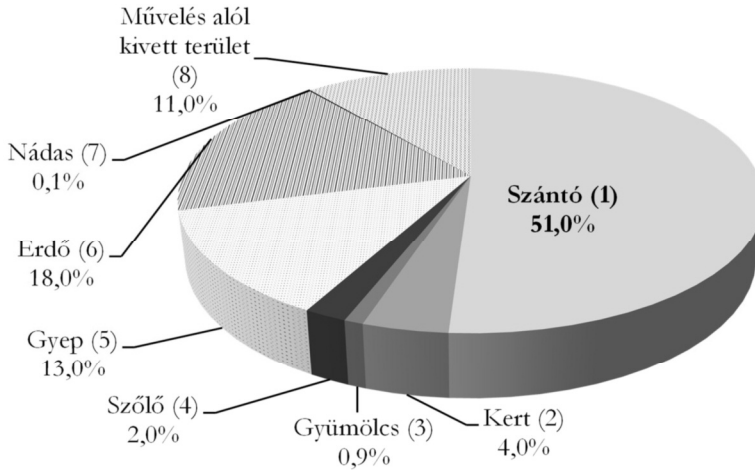
Forrás: KSH adatbázis, saját szerkesztés

Figure 1. Land use in Hungary between 1931–1950. (1) Ploughland, (2) Garden and orchard, (3) Vineyard, (4) Grassland, (5) Forest, (6) Reed, (7) Areas withdrawn from agricultural production, Source: HCSO database, own construction

A rendszerváltás időszakára a szántóterület 51,0%-ra, a gyep 13,0%-ra csökkent. Jelentősen megnövekedett az erdő területi aránya (18,0%), és mintegy kétszeresére nőtt a művelés alól kivett terület aránya (2. ábra). A területhasználat növekedése egyrészt az infrastruktúra fejlesztésével, valamint a települések által elfoglalt terület nagyságával magyarázható.

A következő évtizedben az arányok tovább módosultak, elsősorban a szántóterület csökkenését kell megemlíteni, 2008-ban 49,0%-ra zsugorodott a szántóterületek aránya. Hasonlóképpen lecsökkent a gyepterületek nagysága is (11,0%), viszont tovább növekedett az erdőterületek által elfoglalt terület. A legnagyobb mértékű változás a művelés alól kivett területek arányában volt, amely 16,0%-ra emelkedett, ami továbbra is az infrastrukturális fejlődés kiszélesedésével magyarázható (3. ábra).

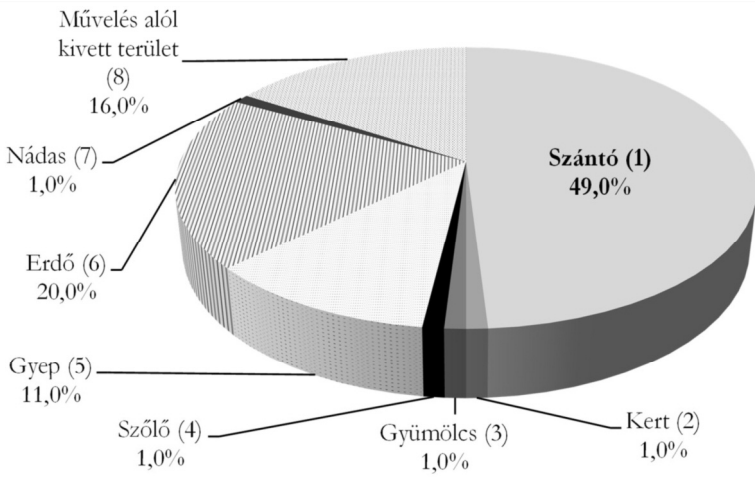
2. ábra. Magyarország földhasználata (1988)



Forrás: KSH adatbázis, saját szerkesztés

Figure 2. Land use in Hungary (1988). (1) Ploughland, (2) Garden, (3) Orchard, (4) Vineyard, (5) Grassland, (6) Forest, (7) Reed, (8) Areas withdrawn from agricultural production, Source: HCSO database, own construction

3. ábra. Magyarország földhasználata (2008)

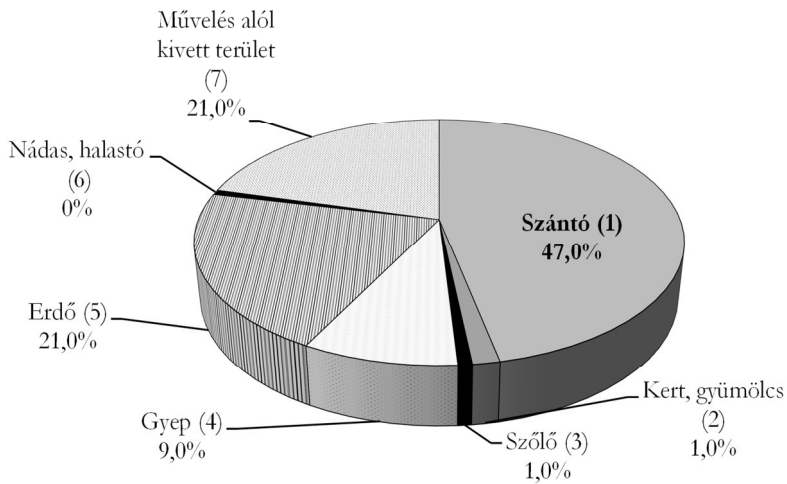


Forrás: KSH adatbázis, saját szerkesztés

Figure 3. Land use in Hungary (2008). (1) Ploughland, (2) Garden, (3) Orchard, (4) Vineyard, (5) Grassland, (6) Forest, (7) Reed, (8) Areas withdrawn from agricultural production, Source: HCSO database, own construction

Az elmúlt közel száz évben a szántó jelentősen csökkent, 47,0%-ra. Az erdő művelési ág területe fokozatosan növekedett, 2017-re meghaladta az 1,9 millió hektárt, 21,0%-ot. A mezőgazdasági művelés alól kivont területek aránya tovább növekedett, a mértéke azonban már kevésbé volt intenzív a rendszerváltás időszakához képest. A kert, a gyümölcsös és a szőlő művelési ág stagnált. A gyepek művelési ág területe csökkent, a csökkenés mértéke 206 ezer hektár (4. ábra).

4. ábra. Magyarország földhasználatát (2017)



Forrás: KSH adatbázis, saját szerkesztés

Figure 4. Land use in Hungary (2017). (1) Ploughland, (2) Garden and orchard, (3) Vineyard, (4) Grassland, (5) Forest, (6) Reed, (7) Areas withdrawn from agricultural production, Source: HCSO database, own construction

Termelés- és szerkezetváltozások

A magyar növénytermelés szerkezetére az 1903-as évek elején, jellegzetes módon a gabonafélék dominanciája volt a jellemző.

Az I. világháború előtt is a búza volt a legnagyobb területen termelt növény. Vetésterületének aránya az összes bevetett területből 39,9% volt. A kukorica követte 21,4%-os vetésterületi aránnyal. A szalastakarmányok vetésterülete mindössze 12%-ot ért el. Az ipari növények aránya nem volt jelentős.

A két világháború között csökkent a gabonafélék területi aránya, de nem változott a szántóföldi növénytermelés egyoldalú szerkezete. Meghatározó szerepük továbbra is a gabonaféléknek volt.

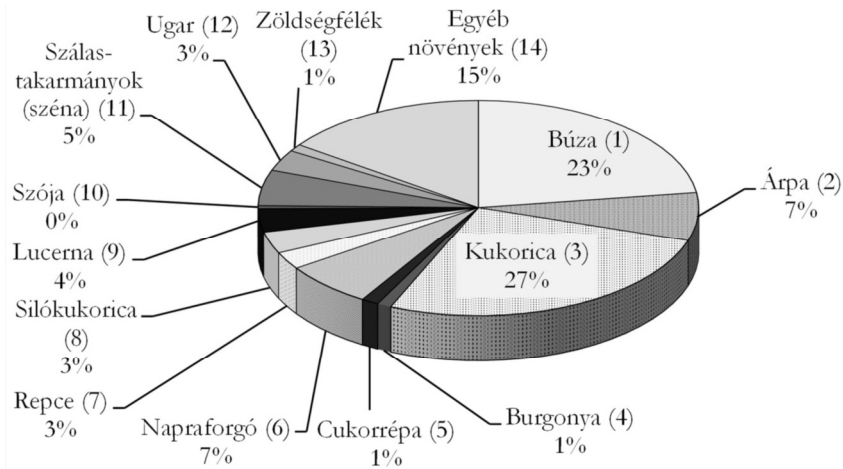
A II. világháború után tovább folytatódott a gabonafélék területi részesezésének csökkenése. Az 1950–1960 között a búza területi aránya jelentősen csökkent (32,3%), míg a kukoricáé nőtt (23%). A takarmánynövények vetésterülete elérte a 16,6%-ot. Az ipari növények területi aránya közel ötszörösére nőtt (6,8%).

A búza 1970-ig az összes bevetett terület 27,4%-át foglalta el. A kukorica (25,6%) és a takarmánynövények (19,6%) területi aránya emelkedett, az ipari növényeké – az előző évtizedhez képest – nem változott. Az 1980-as években kezdett a búza vetésterületi aránya emelkedni (28,8%), a kukoricáé (24,0%) és a takarmánynövényeké (19,2%) azonban csökkent. Ipari növényeket számottevő területen termesztettek (13,3%).

A rendszerváltást követően a búzánál az 1999-es években láthatunk lényeges különbséget (18,7%), amikor a vetésterülete történelmi mélypontra süllyedt. A kukorica esetében 1995-ben volt a vetésterület aránya a legalacsonyabb (22,8%). A két növény vetésaránya az évek során nagymértékben nem változott, 28–30% értéket mutatott. A napraforgó 1999-ben ért el jelentős vetésarányt, 12,6%-ot, majd az ezt követő években csökkent, és 2006-ban területe még az 1999-es évhez képest is nőtt. A rendszerváltást követően Magyarországon a termelési szerkezet rendkívül leegyszerűsödött. 2017-ben a búza és az árpa vetésterülete a 2000. évihez képest 54–55 ezer, míg a kukorica 193 ezer hektárral volt kevesebb. A napraforgó vetésterülete jelentősen nőtt, 2000-ben 299 ezer hektáron termesztették, 2017-ben területe 704 ezerre nőtt. A repce területe 191 ezer hektárral meghaladta a 2000 évi területet. Nőtt a lucerna és a zöldségfélék vetésterülete 1–1%-kal, és 2%-kal volt nagyobb a szója területe 2017-ben, mint 2000-ben (5–6. ábra).

A jövőkép kialakítása során továbbra is figyelemmel kell kísérni az arányok módosulását, várhatóan a szántóterület további csökkenésével lehet számolni. E jelenség természetesen bizonyos határig ellensúlyozható a termésszintek növelésével, a minőség javításával. Nem lehet eltekinteni a vetésszerkezet várható átalakulásától sem, amely részben magával az életminőség átalakulásával jár együtt. A korszerű táplálkozás általánossá válásával módosulhatnak a különböző növények vetésterületi arányai, és ezen át változás állhat be a különböző célú földhasználat arányaiban is.

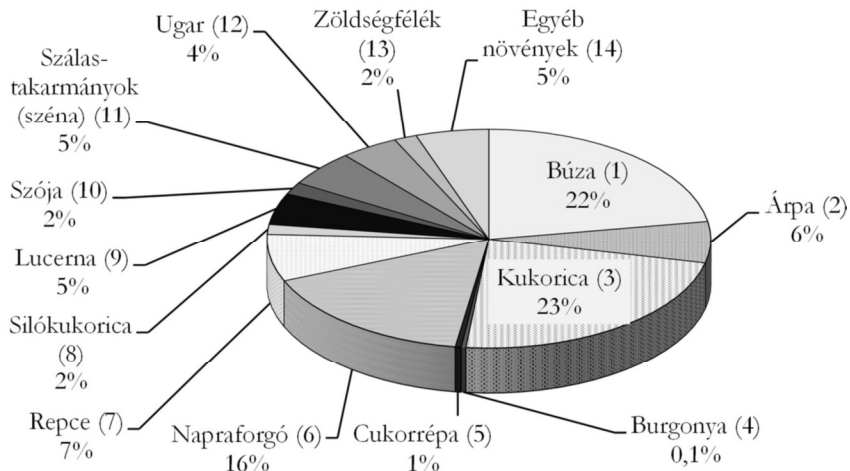
5. ábra. Magyarország vetésszerkezete (2000)



Forrás: KSH adatbázis, saját szerkesztés

Figure 5. The sowing structure in Hungary, 2000. (1) Wheat, (2) Barley, (3) Maize, (4) Potato, (5) Sugarbeet, (6) Sunflower, (7) Rape, (8) Silo maize, (9) Alfalfa, (10) Soybean, (11) Roughage (hay), (12) Fallow, (13) Vegetables, (14) Other crops, Source: HCSO database, own construction

6. ábra. Magyarország vetésszerkezete (2017)



Forrás: KSH adatbázis, saját szerkesztés

Figure 6. The sowing structure in Hungary, 2017. (1) Wheat, (2) Barley, (3) Maize, (4) Potato, (5) Sugarbeet, (6) Sunflower, (7) Rape, (8) Silo maize, (9) Alfalfa, (10) Soybean, (11) Roughage (hay), (12) Fallow, (13) Vegetables, (14) Other crops, Source: HCSO database, own construction

Mezőgazdasági termelés volumene

A mezőgazdaság a magyar gazdaság vezető ágazata volt a 20. század első felében. Az I. világháború előtt (1913-ban) innen származott a nemzeti jövedelem nagyobb hányada (62%-a), és itt talált munkát a kereső népesség körülbelül ugyanilyen arányú része. A mezőgazdasági termelés a 19. század utolsó harmadában gyors fejlődésnek indult. A kiegyezés utáni (1867–1870) évek átlagához képest a termelés 1911–1913-ra mintegy 2,5-szer volt több. A mezőgazdasági fejlődés üteme – elmaradt ugyan az ipar évi 5%-ra becsült növekedésétől – megközelítette az évi 2%-ot. A fejlődés a mezőgazdasági termékek kedvező és stabil belső piaci árainak, a technikai korszerűsítésnek, a föld termőképességének javítása érdekében tett intézkedéseknek, valamint az állatállomány számszerű gyarapodásának és minőségváltozásának is köszönhető volt. Meghonosodott az istállótrágyázás és a századforduló idején terjedt el a műtrágyák használata (1913-ban 21 kg műtrágyát szórtak ki egy hektárra). A növénytermelés és az állattenyésztés közül a dinamikusabban fejlődő főágazat a növénytermelés volt, s a századfordulón a mezőgazdaságban megtermelt nemzeti jövedelem (2,21 milliárd korona) majdnem 60%-át adta.

Az I. világháború a mezőgazdaságban különösen súlyos helyzetet teremtett. A férfi munkaerőnek körülbelül fele hiányzott, a lóállomány katonai mozgósítása az igaerő jelentős részét elvonta, az állatállomány csökkent, a földterület növekvő része műveletlenül maradt. A mezőgazdasági termelés a háború utolsó két esztendejében a korábbiak 50–60%-ára süllyedt, az országban katasztrofális élelmiszerhiány lépett fel. A trianoni békeszerződés utáni terület a réginek, egyharmada volt. Az iparosodottabb területeket ölelte fel, ez a mezőgazdaság nemzetgazdasági szerepét némileg mérsékelte. A háború előtti termelési részesedés (62%) – az új országterületre vonatkoztatva – 58% körülire esett vissza.

A két világháború között a külterjes és technikailag elmaradott agrártermelés modernizálásához beruházásokra lett volna szükség. Erre azonban az alacsony felhalmozási szint miatt még a konjunktúra viszonylag jobb éveiben is alig jutott fedezet, az 1929–1933-as válság éveiben pedig, szinte egyáltalán nem. A háború okozta károk, a Monarchia felbomlása megváltoztatta a gazdasági viszonyokat. A mezőgazdaság nehéz helyzetbe került. Az addig kialakult termelési és értékesítési kapcsolatok megváltoztak. A háború előtti termelési szintet – azonos országterületre számítva – 1925-re érték el. A két világháború

közötti időszakban 1938-ig a termelés évi átlagos növekedése 1% körül volt. Az 1930-as válság utáni években magasabb, évi 1,9%, a konszolidációt követően évi 0,9%. A mezőgazdasági kibocsátás a II. világháború éveiben évi 6%-kal csökkent. Az 1924 utáni években a belső struktúra változása nélkül, az extenzív termesztés fennmaradásával a termelés növekedett. A világgazdasági válság (1929–1933) súlyosan érintette a magyar agrártermelést. Nem termelési válság volt, ugyanis négy év átlagárai (1924–1927) alapján a termelés volumene csak néhány százalékkal csökkent. A mezőgazdasági termékárak drasztikus csökkenése pénzügyi, bevételi válságot okozott. A mezőgazdasági termelés egyharmadát a gabona és a kukorica adta. A kertészeti termékek termelési értéke kevésbé csökkent. A két főágazat aránya a válság előtti 64–36%-ról 60–40%-ra módosult, ami jellemezte a századfordulót. Az 1930-as évek közepén az agrárárak emelkedni kezdtek, de a korábbi szintet nem érték el. A két világháború között az agrárágazat a gazdaság vezető ága maradt, de az ország termelésében és a foglalkoztatásban betöltött szerepe kisebb volt a korábbinál. Az 1930-as évek végére az ország termeléséből a mezőgazdasági termelés aránya 50% alá süllyedt. Az ország összes vagyonából a mezőgazdasági nemzeti vagyon 41%-ot képviselt. A termőföld értéke tette ki a mezőgazdasági vagyon háromnegyed részét.

A II. világháború idején a mezőgazdaságot érte a legnagyobb kár (53%) a termelőágazatok közül. Az állattenyésztés szenvedte el a legnagyobb veszteséget. Megsemmisültek a nagybirtokok termelőeszközei. A termőföld 30–40%-a maradt vetőmag és vonóerő nélkül. A II. világháború után néhány év alatt a termelés színvonala megközelítette a háború előtti. Ipari termelőeszközök és külföldi segítség nélkül, a termelés 1950-ben csak 11%-kal maradt el az 1938-as évitől.

A tervgazdálkodás kezdetén a mezőgazdasági termelés az ország összes termelésének 40%-a volt, a beruházásból azonban csak 17%-ban részesedett. Az 1950-es évek első felében (erőltetett iparosítás, tagosítás, stb.) a mezőgazdasági termelés alacsonyabb volt, mint a II. világháború előtt. A mezőgazdaság szerepe az ország bruttó termelésében 20–23% közötti arányra süllyedt, ugyanakkor a mezőgazdaság foglalkoztatta a keresők több mint 40%-át.

Az agrártermelés 1957-től kezdett fellendülni, de 1961-ben – miután befejeződött a szövetkezetszervezés – ismét csökkent a mezőgazdasági kibocsátás. Az 1960-as évek közepétől, de különösen az 1970-es években jelentős termelésfejlődés következett be. A mezőgazdaság kibocsátása az 1980-as évek elején közel kétszerese volt a II. világháború előttinek. Majd ennek az évtizednek to-

vábbi éveiben lassult a fejlődés, a termelés üteme a felét sem érte el az egy évtizeddel korábbiak.

Az 1990-es évek társadalmi-gazdasági változásai, a termelői bizonytalanság, a belső piac szűkülése és a külpiaci eladás megváltozott körülményei, a termelés jövedelmezőségének alacsony színvonala az 1960-as évek színvonalára vette vissza a mezőgazdasági termelést. A mezőgazdasági termelés mélypontja 1993–94-ben következett be, az 1989 évhez képest a termelés csaknem 40%-kal esett vissza. A csökkenés a gazdaság többi ágaihoz képest a legnagyobb mértékű volt. A mezőgazdasági termelés 2001–2005-ös időszakban sem érte el a rendszerváltás előtti időszak kibocsátását. 2008-ban az előző háromévi folyamatos csökkenés után a mezőgazdasági termelés volumene jelentősen, 27%-kal növekedett. Az elmúlt öt évben a mezőgazdaság szerepe a gazdasági növekedésben tovább folytatódott és három évben kiemelkedő volt. Az ágazat bruttó hozzáadott értékének volumene 2016-ban 16,8%-kal növekedett, így 0,6 százalékponttal járult hozzá a 2,0%-os gazdasági növekedéshez. Az agrár-export 2016-ban 8037,3 az agrárimport 5159,6 millió eurót tett ki. Az agrártermékek részesedése a nemzetgazdaság exportjából az elmúlt öt évben 8–10%, importból 6%, a külkereskedelmi többlet 29–54% volt. Bővült 2016-ban a növénytermesztés kibocsátása, folyó alapáron 1571 milliárd forintra.

Növénytermesztés

Magyarországon az őszi búza 1909 és 1913 között a legnagyobb területen termesztett növény volt. A termelés több mint egyharmadát a Monarchia iparosodott országaiban vitték. A fogyasztók köre azonban leszűkülte miután felbomlott Ausztria-Magyarország egységes vámterülete, és az utódállomok is nagy mennyiségben kezdtek búzát termelni. A kukorica extenzív termelését az alacsony és ingadozó termésátlagok jellemezték. Az árpa termésmennyisége lényegesen elmaradt a búzától és a kukoricától. A cukorrépa jelentősége felhasználásának volt köszönhető. Az 1988. évi cukoradóról szóló törvény állami kedvezményekkel ösztönözte a termelést. Az I. világháborúig több mint kétszeresére nőtt a termelése a századfordulóhoz képest. A napraforgó termesztésének elterjedése lassan kezdődött. Inkább szegélynövényként termelték. A dohány a nagybirtok növénye volt. Az 1920-as években indult meg termelésének növekedése.

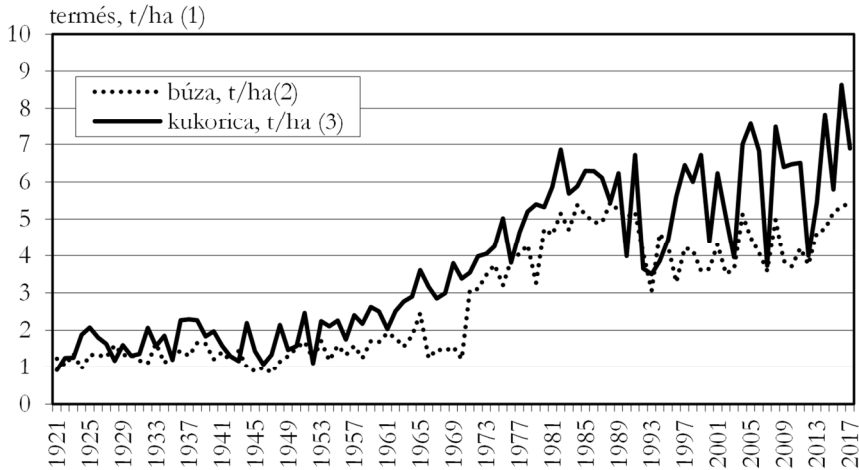
A két világháború között a búza termésátlagai alacsonyak voltak. A parasztgazdaságok és a nagybirtokok termésátlagai között közel 20% különbség is

mutatkozott. A kukorica jelentősége nőtt. Hozama magasabb volt a búzáénál, és mint kapás növény több munkát adott a földnélküli vagy kevés földdel rendelkezőknek. A termelés további növelésére az állattenyésztés fejlődése is hatott. Az árpa hozamai emelkedtek, ami a nemesítésnek volt köszönhető. A tavaszi árpa termesztése visszaszorult. A takarmányszükséglet növekedése járult hozzá a nagyobb hozamú őszi árpa terjedésének. A cukorrépa termelés visszaesett. A nagy cukorexportőrök piacfelosztása miatt Magyarország kiszorult a piacról, így csökkent a vetésterülete. A napraforgó termesztés nagyságára – az állati zsírok hiánya miatt – kötelező előírás volt (1942). A dohány vetésterülete a gazdasági válság miatt csökkent, a dohány árak visszaestek, azonban javult a minőség és nőttek a hozamok. A II. világháború után a búza termése az 1950-es években csökkent. Behozatalra volt szükség. A kukorica termésátlagának növekedése a búzáéhoz hasonlóan az 1950-es években indult meg. Nőtt az árpa és a cukorrépa termelése is. A napraforgónál továbbra is fenntartották a termelés kötelező előírását, amit az 1950-es években oldottak fel, ez azonban a termelés csökkenéséhez vezetett. A dohány hozama erősen ingadozott. Fajtaváltás következett be a termelésben.

Az 1960-as évektől kezdődően a nagyadagú műtrágyázás, a korszerű gépesítés és a növényvédelmi háttérrel végrehajtott intenzív termelés, valamint a magas inputbevétel következtében lehetővé vált a termésátlagok növelése. A rendszerváltás időszakára (1989) a búza termésátlaga 1,68 t/ha-ról 5,25 t/ha-ra, a kukoricáé 2,5 t/ha-ról 6,22 t/ha-ra nőttek (7. ábra). A napraforgóból 1980-as évek végére már háromszor annyi termelt, mint negyven évvel korábban, termésátlaga 0,95 t/ha-ról 1,95 t/ha-ra emelkedett. A cukorrépa termés mennyisége is két és félszeresére nőtt a negyven évvel korábbihoz képest.

Az 1990-es évek elején a növénytermesztés teljesítményére az üzemi struktúra átalakulása nyomta rá a bélyegét. E főágazatban lecsökkentek a hozamok. Jelentős volt a hozamok évek közötti ingadozása, ami az időjárás viszonyosságai mellett az agrotechnikai hiányosságokkal is összefüggött. A búza 3 t/ha-ra, a kukorica termésátlaga 4–5 t/ha-ra esett vissza. A napraforgó termésszintje mintegy 20–50%-kal csökkent az 1980-as évekhez viszonyítva, nagymértékben romlott a termésbiztonság is (a termésingadozás mértéke az 1980-as években 15% volt, amely az 1990-es évekre 55%-ra növekedett). A cukorrépa termelés is visszaesett, és ezzel egyidejűleg a hazai alapanyagra épülő cukorgyártás is redukálódott.

7. ábra. A búza és kukorica termésátlagának alakulása
Magyarországon (1921–2017)



Forrás: KSH adatbázis, saját szerkesztés

Figure 7. Average yield of wheat and maize in Hungary between 1921–2017. (1) Yield ($t\ ha^{-1}$), (2) Wheat ($t\ ha^{-1}$), (3) Maize ($t\ ha^{-1}$), Source: HCSO database, own construction

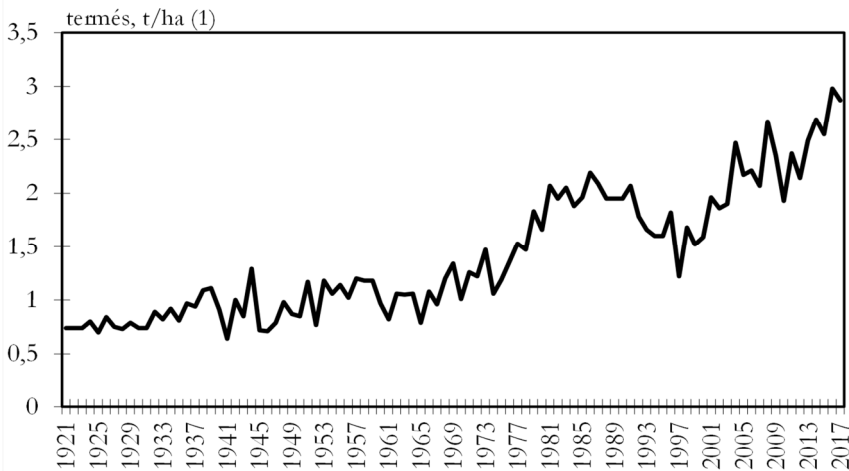
A termelés – nagyrészt az időjárás függvényében – évről-évre erősen változott, 2004-ben a növénytermesztésben újra sikerült elérni a rendszerváltást megelőző termelési csúcst. A kalászos gabonák és a kukorica esetében kiugróan magas hozamok voltak (a búza termésátlaga 2003–2004 között megduplázódott). Hasonló hozamnövekedés következett be a kukoricatermelésben is, a termésmennyiség a 2003. évinél 83,5%-kal volt magasabb. A jelentős terméstöbblet értékesítési problémákat, majd ebből adódóan komoly tárolási gondot okozott. A napraforgóból 480 ezer hektáron (az előző évinél 6,5%-kal kisebb területen) 1,2 millió tonna termett, 4%-kal kevesebb, mint az előző évben (8. ábra).

A terméseredmények 2004–2007 között fokozatosan csökkentek, 2008-ban azonban kimagaslóan jó terméseredmények születtek. Valamennyi gabonaféle termésátlaga növekedett 2007 évhez képest (a kalászosoké több mint egyharmaddal, a kukoricáé pedig kétszeresére), termésmennyiségük meghaladta az eddigi rekordnak számító 2004. évit.

Az elmúlt 10 évet elemezve (2007–2017) megállapítható, hogy a termesztéstechnológia fejlődésnek köszönhetően a búza termésátlaga folyamatosan

emelkedik, és az utóbbi három évben (2015, 2016 és 2017) meghaladta az 5 t/ha-t. A kukorica termésátlaga igen széles skálán mozog hektáronként 4,0 tonnától (2012) 8,63 tonnáig (2016). A napraforgó termésingadozása a többi növényhez viszonyítva kisebb, különösen, ha az utóbbi 6–7 évben. A termésátlagok is jelentősen emelkedtek. Míg 1991-től 2000-ig az átlagtermés 1,68 t/ha addig 2007-től 2017-ig az átlagtermés 2,46 t/ha volt és az utóbbi tíz évben csak egy évben maradt 2 t/ha (2010) alatt.

8. ábra. A napraforgó termésátlagának alakulása Magyarországon (1921–2017)



Forrás: KSH adatbázis, saját szerkesztés

Figure 8. Average yield of sunflower in Hungary between 1921–2017. (1) Yield (t ha⁻¹), Source: HCSO database, own construction

Műtrágyázás

A Föld élelmiszertermelésének több mint 40%-át biztosítják a műtrágyák. Az összes legyártott tápanyagnak 50%-át a gabonák termesztése során alkalmazzák, de gyümölcsök, zöldségek és az olajnövények is jelentős felvevőpiacot jelentenek.

Az 1950-ben a világ műtrágya-felhasználása 14 millió tonna volt. A „Zöld forradalom” az intenzív műtrágyázás időszaka volt, 131 millió tonnára emelkedett a felhasználás, majd az 1990-es évek elején csökkent. Az utóbbi időszakot vizs-

gálva (2007–2012) a világ műtrágya felhasználása évente 2,6%-kal növekedett, amely a növekmény mintegy 19,3 millió tonna. A növekedés 69%-a Ázsiában és 19%-a Amerikában volt.

A nitrogénműtrágya évi kereslet növekedése mintegy 2,6% volt, ami összességében 11 millió tonna. A világ legnagyobb nitrogén importőre Észak-Amerika (7 millió tonna). Nyugat-Európában nem volt növekedés, míg Kelet-Ázsiában volt a világ leggyorsabb növekedése, közel 5% évente. Latin-Amerika és Kelet-Európa és Közép-Ázsia globális felhasználása szerény a relatív hozzájárulásuk – becslések szerint – növekedni fog.

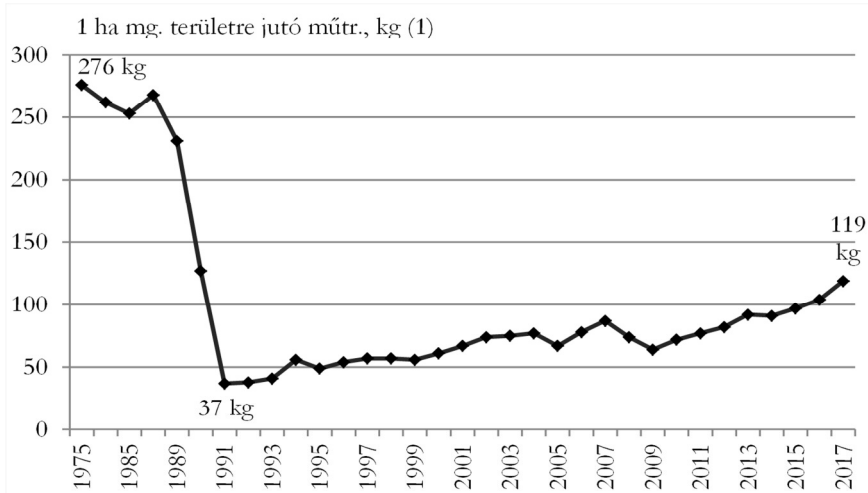
A foszfát műtrágyák éves növekedési rátája körülbelül 2,7%, ami 5,0 millió tonna. Ázsiában 58%-os, Amerikában 21%-os a növekedés. A legnagyobb felhasználók Kelet-Ázsia, Dél-Ázsiában és Észak-Amerika és fontosabb importőrök, Dél-Ázsia, Latin-Amerika és Nyugat-Európa. A felhasználás növekedéséhez a legnagyobb mértékben Dél-Ázsia (30,3%), Kelet-Ázsia (24,9%) és Latin-Amerika (24,0%) járultak hozzá.

A kálium műtrágyák felhasználása 2,7%-kal nőtt, ami 3,5 millió tonnát eredményezett. Legnagyobb mértékű növekedés Kelet-Ázsiában (41,0%) és Dél-Ázsiában (23,7%), valamint Latin-Amerikában (23,2%).

Magyarországon az egy hektár mezőgazdasági területre jutó műtrágya-felhasználás a hetvenes évek közepén volt a legmagasabb, a kilencvenes évek elején ennek kevesebb, mint fele, az ezredfordulón pedig a harmadánál is kevesebb. Azóta újra lassan emelkedik a kiszórt műtrágyamennyiség, 2017-ben 119 kg volt (9. ábra). Ez a mennyisége Európa szinten viszonylag alacsonynak mondható, és a nitrogén műtrágyák használatának túlsúlya tapasztalható. A pénzügyi nehézségek miatt elsősorban a foszfor és a kálium kijuttatását csökkentik a gazdálkodók.

A műtrágyatermelés azon kívül, hogy energiát igényel, energiát is termel. Az ásványi műtrágyák növelik a termést, ezáltal többlet biomassza képződik, amely többlet napenergiát köt meg. Amennyiben ezt a koncentrált energiát részben élelem vagy takarmány előállítására fordítják, kalóriává alakul át, így pozitív irányba befolyásolva a mezőgazdaság energiamérlegét. Bár az energia-kibocsátásban nagy különbségek vannak az egyes növényfajok, illetve a termesztési körülmények között, mégis ásványi műtrágyák egy új és egyre nagyobb fontosságú szereppel bírnak a globális energiaigény biztosításában.

9. ábra. Magyarország műtrágya-felhasználásának alakulása (1975–2017)



Forrás: KSH adatbázis, saját szerkesztés

Figure 9. Fertiliser use in Hungary between 1975–2017. (1) kg of fertiliser per 1 ha agricultural land, Source: HCSO database, own construction

Szervestrágyázás

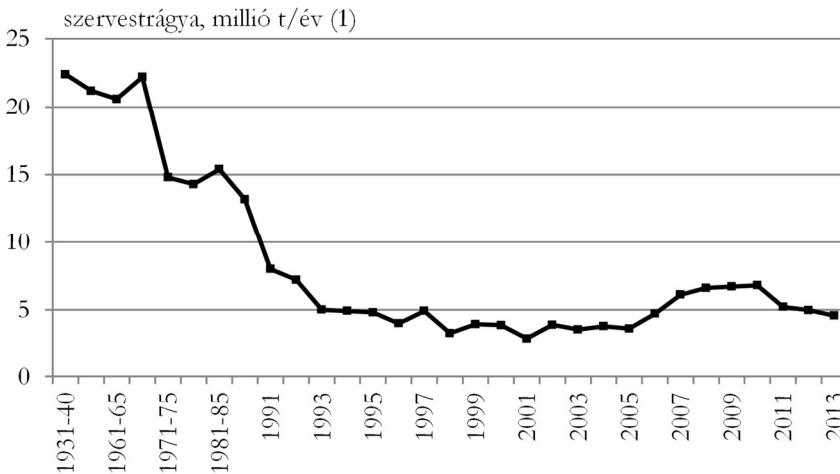
A '60-as éveket megelőzően a szervestrágya-felhasználás jelentős volt, majd a '70-es évektől a növekvő műtrágya-felhasználás miatt csökkent. 1993-ra a felhasznált szervestrágya mennyisége a '80-as évek végéhez képest 70–75%-kal csökkent, 1995–2004 között további csökkenés, majd 2005-től kismértékű növekedés tapasztalható (10. ábra). 2013-ban a mezőgazdasági termelés során felhasznált szerves trágya mennyisége 4,56 millió tonna volt, amit 257 ezer hektár mezőgazdasági területre jutattak ki. A kijuttatott szerves trágya mennyisége 2004 évhez viszonyítva 21%-kal nőtt.

Birtokstruktúra változás

A magyar mezőgazdaság 1945 óta alapvető átalakuláson ment keresztül. Az 1940-es évek közepén végrehajtott földosztás következtében megszűnt a földesúri nagybirtok, és kialakult erre az időszakra jellemző törpe- és kisbirtokok struktúrája. A földreform valamelyest javított a parasztság szociális helyzetén, ugyanis közel 642 ezer család jutott földhöz (átlagosan 2,9 hektár), de

alapjában a mezőgazdaság struktúráját nem változtatta meg. Az 1950-es évek agrárpolitikája – kialakított beszolgáltatási rendszer, korlátozó adminisztratív intézkedések, kényszerszertagosítás – következtében a mezőgazdasági termelés és az abból származó jövedelem rendkívüli mértékben visszaesett. Néhány év alatt közel 250 ezer gazdálkodó hagyta el a földjét. A megmaradt egyéni gazdálkodókat 1959-től alig három év alatt nagyüzemekbe szervezték, ezzel az 1945-ben kialakított üzemi struktúra végleg felszámolásra került. A magyar mezőgazdaság 1972-re kétpólusúvá vált. Mintegy 6100 gazdasági szervezeten belül 1,8 millió egyéni gazdaság (háztáji, kisegítő gazdaság) működött. Megindult a mezőgazdasági termelés fejlesztése (technológia, biológiai alapok, képzés).

10. ábra. Szervestrágya-felhasználás Magyarországon (1931–2013)



Forrás: KSH adatbázis, saját szerkesztés

Figure 10. Organic manure use in Hungary between 1931–2013. (1) Organic manure (million t per year), Source: HCSO database, own construction

A rendszerváltásnak következményeként a mezőgazdaság tulajdonosi és üzemi szerkezete lényegesen átalakult. A mezőgazdaság vállalati körét a rendszerváltás évében (1989) 136 állami tulajdonú gazdaság és 1246 mezőgazdasági termelősövetkezet és 150 egyéb állami vagy szövetségi tulajdonú vállalkozás alkotta. Ezek gazdálkodtak a mezőgazdasági terület 89%-án. Mintegy 60 ezer – ezektől a gazdasági szervezetektől többé-kevésbé független – magángazdálkodó is tevékenykedett. A termelősövetkezetekben a tagok már nem

voltak valódi tulajdonosai a bevitt földterületeknek. 1989-ben a törvényi feltételek megváltoztak. Ismét lehetővé vált a tagok számára, hogy kivegyék földtulajdoni hányadukat a szövetkezetből, és önálló gazdálkodásba kezdhessenek. A lehetőséggel sokan éltek, azonban nem indult meg a szövetkezetek tömeges felbomlása. A gazdasági-társadalmi átalakulás időszakában lezajlott tulajdonváltás következménye volt a földhasználati- és birtokstruktúra gyökeres megváltozása. Közel 5,6 millió hektár termőterület került 2,6 millió magánszemély tulajdonába. A kárpótlási földalap 2,1 millió hektár volt, 1 millió földrészletben, a tulajdont szerzett személyek száma közel 760 ezer fő, egy tulajdonosra 2,8 hektár jutott. A részarány tulajdonra kijelölt 3,5 millió hektár területből 1,8 millió tulajdonos részesült átlagosan 1,9 hektár területtel. A mezőgazdasághoz kevésbé vagy egyáltalán nem kötődő földtulajdonosok száma nőtt, akik nem gazdálkodtak, így a földtulajdon és a földhasználat igen erőteljesen elkülönült.

A kilencvenes években megváltozott a földhasználat vállalati-vállalkozási struktúrája is. A termőföld 55%-át egyéni gazdaságok, 37%-át vállalatok és gazdasági társaságok, 8%-át szövetkezetek használták. A gazdaságok 1,6%-a (mintegy 12 500 gazdaság) művelte a termőterület 75%-át. Közben nagyon magas volt a hosszú távon gazdaságilag nem életképes gazdaságok aránya, ugyanis a gazdaságok 92,8% 10 hektárnál kisebb földterülettel rendelkeztek, ugyanakkor ezek a földterületnek csak 11,6%-át használták. A 10 hektárnál nagyobb méretűek száma nem érte el az ötvenezret (45 477).

5 év alatt (2003–2008) a magánszemélyek tulajdonában lévő termőterületek száma növekedett. 2003-ban a termőterületek 71%-a állt magánszemélyek tulajdonában, ez az arány 73%-ra emelkedett. A nem magánszemélyek tulajdonát képező termőterületek körében kizárólag az állami tulajdonú földek aránya nőtt (17%-ról 22%-ra). A magángazdálkodás térnyerése tapasztalható. Míg a 2003. évben a gazdálkodó szervezetek és a magánszemélyek által használt termőföldek aránya 54–46% volt, 2008-ban ez az arány 51–49%. A magánszemélyek által használt termőföldek átlagos nagysága 6 hektárról 9 hektárra, a gazdálkodószervezetek esetében az átlagos birtokméret 180 hektárról 264 hektárra emelkedett. Hazánkban ezen időszak alatt a birtokok átlagos méretének növekedése koncentrációt mutat, és a kis- és nagybirtok modell érvényesül. A közepes méretű, biztonságos megélhetést nyújtó gazdaságok száma igen szerény. Jellemző, hogy a gazdálkodó szervezetek és a magánszemélyek birtokai számos földrészletből tevődnek össze.

2013 és 2016 évek között csökkent az 5 hektár alatti gazdaságok szám és nőtt az ennél nagyobbaké. Legnagyobb mértékben az egy hektár alatti gazdaságok szám csökkent, számuk egyharmaddal esett vissza. Ezzel szemben 4 %-kal növekedett a 4 hektárnál nagyobb mezőgazdasági területet használó gazdaságok száma. Az 50 és 200 hektár közötti gazdaságok száma emelkedett a legnagyobb mértékben, de a 300 és 1000 hektár közötti gazdaságok növekedése is jelentős. A gazdasági szervezetek birtokmérete 310 hektárról 253 hektárra csökkent, az egyéni gazdaságoké azonban 5,6 hektárról 7,6 hektárra növekedett.

Az egyéni gazdaságok földhasználatban a közepes méretű gazdaságok a meghatározók. Az egyéni gazdaságok által művelt terület több mint felét 20 és 200 hektár közötti, háromnegyedét a 10 és 300 hektár közötti gazdaságok művelik. A gazdasági szervezetek földhasználatát koncentrált, 71,8% az 500 hektár feletti és ebből 41,4% az 1000 hektárnál nagyobb gazdaságok részesedése.

Forrás

Az adatokat a Központi Statisztikai Hivatal kiadványai (Magyar mezőgazdaság 1851–2017, a Mezőgazdasági statisztikai évkönyvek és a Magyar statisztikai évkönyvek sorozatai) szolgáltatták. A 20. század mezőgazdasági folyamatainak elemzéséhez alapot Tarsoly István (1996–2000) szerkesztésében megjelent „*Magyarország a XX. században*” c. kiadványa szolgáltatta.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberei Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program, a Debreceni Egyetem 4. tématerületi programja keretében, továbbá a GINOP-2.2.1-15-2016-00001 azonosító számú, Üzemmérettől független komplex precíziós szaktanácsadási rendszer kialakítása c. projekt, valamint az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- Ángyán J.–Menyhért Z.: 2004. Alkalmazkodó növénytermesztés, környezet- és tájgazdálkodás. Szaktudás Kiadóház. Budapest. 776.
- Bene E.–Németh Sz.–Kálmán Á.–Keszthelyi Sz.–Ehretné Berczi I.–Balogh V.–Páll Zs.: 2016. A magyar mezőgazdaság és élelmiszeripar számokban. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara. Budapest. 44.
- Birkás M.: 2007. Földművelés és Földhasználat. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 414.
- Birkás M.–Gyuricza Cs. (szerk.): 2004. Talajhasználat–Műveléshatás– Talajnedvesség. Quality-Press Nyomda & Kiadó. Budapest. 177.
- Davidson, D. A.: 1992. The Evaluation of Land Resources. Longman Scientific and Technical. Harlow. Essex. UK. 198.
- Dezső J.–Nagy J.: 1988. Földműveléstani ismeretek I. Debreceni Agrártudományi Egyetem. Debrecen. 192.
- Dezső J.–Nagy J.: 1991. Földműveléstani ismeretek II. Debreceni Agrártudományi Egyetem. Debrecen. 173.
- Dömsödi J.: 2006. Földhasználat. Dialóg Campus Kiadó. Budapest. 448.
- Edwards, C. A.–Lal, R.–Madden, P.–Miller, R. H.–House, G. (eds.): 1990. Sustainable Agricultural Systems. Soil and Water Conservation Society. Ankeny. Iowa. 378–390.
- Géczy G.: 1968. Magyarország mezőgazdasági területe. Akadémiai Kiadó. Budapest. 307.
- Helmig, K.–Wiggering, H. (eds.): 2003. Sustainable Development of Multifunctional Landscapes. Springer. Berlin – Heidelberg. 288.
- Kapronczai I.: 2006. A földtulajdon, földhasználat vizsgálatának tanulságai. Gazdálkodás. 50. 1: 47–65.
- McRae, S. G.–Burnham, C. P.: 1981. Land evaluation. Monographs on soil survey. Clarendon Press. Oxford. 239.
- Nagy J.: 2005. A föld az élet és a termelés alapja – „a föld szeretete a haza szeretete”. [In: Fürj Z.–Jávor A. (szerk.) „... a birtokolt föld... a szabadság maga”.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 31–39.
- Nagy J.: 2005. Földhasználat alakulása Magyarországon. [In: Jávor A. (szerk.) Gyp, állat, vidék, kutatás, tudomány.] Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 12–18.
- Nagy J.: 2005. Mezőgazdaság és életminőség. Debreceni Szemle. 13. 2: 163–183.
- Nagy J.: 2005. Mezőgazdasági földhasználat, szántóföldi növénytermelés és vízgazdálkodás. Agro-21 Füzetek. 41: 38–46.
- Nagy J.: 2005. Magyarország földhasználatának értékelése, 1873–2005. [In: Németh T. (szerk.) A talaj víz- gazdálkodása és a környezet.] MTA TAKI. Budapest. 45–59.

- Nagy J.*: 2006. Magyarország földhasználat változásának értékelése. [In: Jávor A.-Berde Cs. (szerk.) A térségfejlesztés vezetési és szervezési összefüggései.] Debreceni Egyetem AMTC Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar. Debrecen. 66–71.
- Nagy J.*: 2009. Magyarország földhasználatának változása 1868–2008. [In: Nagy J.-Jávor A. (szerk.) Debreceni álláspont az agrárium jelenéről, jövőjéről.] Magyar Mezőgazdaság Kft. Debrecen. 127–146.
- Nagy J.*: 2012. Földhasználat, vízgazdálkodás. Agrártudományi Közlemények. 49: 81–87.
- Nagy J.*: 2014. Mezőgazdasági földhasználat és az élelmiszer-biztonság. Agrártudományi Közlemények. 60: 55–60.
- Németh T. (szerk.)*: 2005. A talaj vízgazdálkodása és a környezet. MTA TAKI. Budapest. 178.
- Nyíri L.*: 1993. Földműveléstan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 438.
- Tanka E.*: 2004. Az üzemszabályozás földbirtok-politikánk kulcsintézménye. A Falu. 19. 1: 19–23
- Tisdale, S. L.-Nelson, W. L.*: 1956. A talaj termékenysége és a trágyázás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 493.
- Várallyay Gy.*: 1951. Talajvédelmi kísérletek és teendők. Agrokémia és Talajtan. 1. 1: 115–130.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Nagy János
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
nagyjanos@agr.unideb.hu

A tavaszi nitrogén alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica termésére és marginális jövedelemelemzése

¹SZÉLES ADRIENN – ¹HORVÁTH ÉVA – ²FERENCNIK SÁNDOR

¹Debreceni Egyetem MÉK

Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

²Agrárgazdaság Kft., Debrecen

Összefoglalás

A nitrogén tápanyag-utánpótlás a kukorica terméshozam növelésének egyik fő tényezője, a megfelelő mennyiségben történő felhasználás és a kedvezőtlen környezeti hatások csökkentése mellett. A kutatás során arra kerestük a választ, hogy a felhasznált nitrogén mennyisége, illetve annak kijuttatási ideje hogyan befolyásolja a kukorica produktivitását és a jövedelmet eltérő környezeti feltételek között.

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén, löszön képződött, mély humuszrétegű alföldi mészlepedékes csernozjom talajon beállított osztott sávos (split-strip-plot) elrendezésű, kétismétléses kispárcellás szántóföldi tartamkísérletben, csapadékos (2016) és átlagosnak tekinthető (2017) évjáratban, természetes csapadékelátottság mellett, az Armagnac (FAO 490) és Renfor (FAO 320) hibridek alkalmazásával végeztük.

A szántóföldi kísérletben a műtrágyázás nélküli (kontroll) kezelés mellett az N-műtrágya-adagok alap- és fejtrágyaként megosztva kerültek kijuttatásra. A tavaszi alaptrágyaként kijuttatott 60 és 120 kg N/ha dózist kétszeri fejtrágyázás követte V6 és V12 fenofázisban, mennyisége +30 és +30 kg N/ha volt.

A 2016 tenyészidőszakában lehullott – a 30 éves átlaghoz viszonyított – nagyobb csapadékmennyiséget, illetve az alap- és fejtrágyázást – a kezelések átlagában – a hosszabb tenyészidejű Armagnac (FAO 490) hibrid jobban hasznosította, mint a rövidebb tenyészidejű Renfor (FAO 320), az Armagnac hibrid 21,7%-kal, míg a Renfor hibrid 10,4%-kal termelt többet csapadékos évben.

A 60 kg N/ha alap+V6 fejlődési szakaszban +30 kg N/ha (V6₉₀) fejtrágyázás kijuttatásával hatékonyabb felvételt és jobb hasznosulást értünk el csapadékos évben (2016) mindkét hibridnél. Átlagosnak tekinthető évjáratban (2017) a fejtrágyázás eredményességében a hibridek között eltérés volt. Az Armagnac (FAO 490) hibrid esetében a fejtrágyázás nem okozott megbízható többletermést, eredményesnek a 120 kg N/ha alapkezelés bizonyult. A Renfor (FAO 320) hibridnél 120 kg N/ha alapdózisra kijuttatott korai fejtrágyázás (V6₁₅₀) volt kedvezőbb.

Az Armagnac (FAO 490) hibrid terméselőnye a Renfor (FAO 320) hibriddel szemben a csapadékban gazdag 2016. évben két kezelés kivételével – A₆₀ és V12₁₈₀ – szignifikánsan megmutatkozott. A legnagyobb terméselőny a V12₁₂₀ (6,750 t/ha, P<0,001) kezelés alkalmazásával volt elérhető. Az átlagos évjáratban (2017) a két hibrid között szignifikáns eltérés három kezelésben (A₁₂₀, V12₁₂₀, V12₁₈₀ kg N/ha) volt kimutatható. A legjelentősebb terméselőnye az Armagnac (FAO 490) hibridnek az A₁₂₀ (2,529 t/ha, P<0,05) kezelésben volt.

A tápanyag-gazdálkodás (N) legkedvezőbb jövedelmét a tavaszi 120 kg N/ha alap és a korai V6 fenofázisban kijuttatott +30 kg N/ha (V6₁₅₀) fejtrágyázási technológia biztosította, a hibridek és az évek átlagában. A Renfor (FAO 320) hibridnél a V6₁₅₀ kezeléssel lehetett a környezeti tényezőktől függetlenül a legnagyobb jövedelmezőséget elérni, míg az Armagnac (FAO 490) hibrid esetében a V12 fenofázisban alkalmazott fejtrágya-kezeléssel, amelyet csapadékos évben (2016) az alacsonyabb V12₁₂₀, átlagos évjáratban (2017) a magasabb V12₁₈₀ kezeléssel lehetett biztosítani.

Összességében a termés hozam és a marginális jövedelemvizsgálati eredmények alapján a tavaszi 120 kg N/ha alap és a korai V6 fenofázisban kijuttatott +30 kg N/ha (V6₁₅₀) fejtrágyázási technológia javasolható. Az eredmények azt is igazolják, hogy az N hatását az évjárat, a genotípus és a technológia többi eleme nagymértékben befolyásolja és a marginális hatékonyságot hibridenként kell meghatározni az évjárat figyelembevételével.

Kulcsszavak: kukorica, alap- és fejtrágyázás, többletjövedelem

Marginal income analysis of spring basal and top dressing and its effect on maize yield

¹A. SZÉLES – ¹É. HORVÁTH – ²S. FERENCSEK

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

²Agrárgazdaság Kft., Debrecen

Summary

Nitrogen replenishment is one of the main factors of increasing maize yield, in addition to applying the adequate quantity and reducing unwanted environmental impacts. During the research, we wanted to know how the amount of applied nitrogen and its time of application affect maize productivity and earnings under different environmental conditions.

We performed our analyses at the Látókép Crop Production Experiment Plant of the University of Debrecen in a small-plot long-term experiment with split-strip-plot design and two replications on calcareous chernozem soil with deep humus layers formed on loess. The experiment was carried out in a wet crop year (2016) and a crop year with average precipitation, under natural precipitation supply. The examined hybrids were Armagnac (FAO 490) and Renfor (FAO 320).

In the long-term field experiment, the N fertiliser doses were applied as basal and top dressing in addition to the non-fertilised control treatment. The 60 and 120 kg N ha⁻¹ doses were applied as spring basal dressing, which were followed by two occasions of top dressing at the V6 and V12 phenophases, applying 30 kg N ha⁻¹ on each occasion.

The amount of precipitation in 2016 was higher than the 30-year average and it was better utilised by Armagnac, the hybrid which has a longer ripening period (FAO 490), while both the basal and the top dressing was also better utilised by this hybrid than Renfor, the hybrid with a shorter ripening period (FAO 320), averaged over the different treatments. The yield of Armagnac was 21.7% higher, while that of Renfor was 10.4% higher in the wet crop year.

In the case of both hybrids, more effective uptake and better conversion ratio were obtained in the 60 kg N ha⁻¹ basal dressing + the V6 development stage by applying +30 kg N ha⁻¹ (V6₉₀) in the wet crop year (2016). In the crop year with average precipitation

(2017), there was a difference between the success of top dressing between the examined hybrids. In the case of the Armagnac (FAO 490) hybrid, no significant yield surplus resulted from top dressing and the 120 kg N ha⁻¹ basal dressing was shown to be successful. The early top dressing (V6₁₅₀) applied on the basal dose of 120 kg N ha⁻¹ was more favourable in the case of the Renfor (FAO 320) hybrid.

The yield advantage of the Armagnac (FAO 490) hybrid compared to the Renfor (FAO 320) hybrid was significant in the wet crop year of 2016, with the exception of two treatments (A₆₀ and V12₁₈₀). The greatest yield advantage was reached with the V12₁₂₀ (6.750 t ha⁻¹ P<0.001) treatment. In the average crop year (2017), significant difference could be shown between the two hybrids in three treatments (A₁₂₀, V12₁₂₀ and V12₁₈₀ kg N ha⁻¹). Armagnac (FAO 490) showed the most significant yield advantage in the A₁₂₀ (2.529 t ha⁻¹ P<0.05) treatment.

The most favourable earning of nutrient management (N) was provided by the spring basal dressing of 120 kg N ha⁻¹ and the +30 kg N ha⁻¹ top dressing applied at the early V6 phenophase (V6₁₅₀), averaged over the different hybrids and crop years. Independently of the prevailing environmental conditions, the Renfor (FAO 320) hybrid showed the highest profitability as a result of the V6₁₅₀ treatment, while the same outcome of Armagnac (FAO 490) was achieved as a result of the top dressing applied at the V12 phenophase, which could be provided with the lower dose of V12₁₂₀ in the wet crop year (2016) and the higher dose of V12₁₈₀ in the average crop year (2017).

Altogether, based on the analysis of yield and marginal income, it can be concluded that the recommended technology consists of a spring basal dressing of 120 kg N ha⁻¹ and a top dressing dose of 30 kg N ha⁻¹ applied at the early V6 phenophase. The obtained findings also verify that the effect of N is greatly affected by crop year, genotype and various technological elements. In addition, efficiency must be determined for each hybrid with the consideration of the given crop year.

Key words: maize, basal and top dressing, extra income

Анализ влияния внесения весеннего азотного основного удобрения и подкормки на урожай кукурузы и маргинальный доход

¹А. СЕЛЕШ – ¹Е. ХОРВАТ – ²Ш. ФЕРЕНЧИК

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

²ООО «Аграрное Хозяйство», Дебрецен

Резюме

Внесение питательного вещества азота является одним из главных факторов увеличения урожая кукурузы при его использовании в соответствующем количестве и при уменьшении неблагоприятных условий окружающей среды. В ходе исследования мы искали ответ на вопрос, как влияет использованное количество азота и срок его внесения на продуктивность кукурузы и доход в различных условиях окружающей среды.

Наши исследования проводили на Растениеводческой Опытной Базе Дебреценского Университета в местечке Латокеп (Látókép), в установленном продолжительном пахотном опыте на образовавшейся на лёссе, глубокого гумусного слоя алфельдской с известковым налётом чернозёмной почве, в разделённом полосном (split-strip-plot) расположении, в двух повторениях, малопарцельном, во влажном (2016) и среднем (2017) годах выращивания, при естественной обеспеченности осадками, с использованием гибридов Armagnac (FAO 490) и Renfor (FAO 320).

В пахотном опыте вместе с обработками без удобрения (контроль) вносились раздельно как основное и подкормка дозы N-искусственного удобрения. За весенним основным удобрением дозами 60 и 120 kg N/ha следовало дважды внесённая подкормка в фенофазах V6 и V12, количество было +30 и +30 kg N/ha.

Выпавшее в вегетационный период 2016 года выращивания – по сравнению со средним 30-летним – большее количество осадков, а также основное удобрение и подкормка – в среднем в дозах – более длинного вегетационного периода гибрид Armagnac (FAO 490) лучше использовал, чем более короткого вегетационного периода Renfor (FAO 320), гибрид Armagnac на 21,7%, а гибрид Renfor на 10,4% дал урожай больше во влажном году.

Внесением 60 kg N/ha основного удобрения в стадии развития +V6 и +30 kg N/ha (V6₉₀) подкормки достигли более эффективного усвоения и лучшего использования во влажном (2016) году у обоих гибридов. В среднем году выращивания (2017) в результативности подкормки была разница между гибридами. В случае гибрида Argmagnac (FAO 490) подкормка не вызвала подтверждаемой прибавки урожая, более результативной оказалась основная доза 120 kg N/ha. У гибрида Renfor (FAO 320) внесенная на основную дозу 120 kg N/ha ранняя подкормка (V6₁₅₀) была более благоприятной.

Преимущество в урожае гибрида Argmagnac (FAO 490) по сравнению с гибридом Renfor (FAO 320) в богатом осадками 2016-ом году за исключением кроме двух доз – A₆₀ и V12₁₈₀ – значительно проявилось. Самое большое преимущество урожая было достигнуто с использованием дозы V12₁₂₀ (6,750 t/ha, P<0,001). В средний год выращивания (2017) значительное различие между двумя гибридами было обнаружено в трёх дозах (A₁₂₀, V12₁₂₀, V12₁₈₀ kg N/ha). Самое большое преимущество урожая было у гибрида Argmagnac (FAO 490) при дозе A₁₂₀ (2,529 t/ha, P<0,05).

Использование питательного вещества (N) обеспечило самый благоприятный доход при технологии внесения весенней дозы 120 kg N/ha основного и в ранней V6 фенофазе внесённой +30 kg N/ha (V6₁₅₀) подкормки, по гибридам и по годам в среднем. У гибрида Renfor (FAO 320) достичь самую большую прибыльность можно было дозой V6₁₅₀ независимо от условий окружающей среды, а в случае гибрида Argmagnac (FAO 490) в фенофазе V12 с применённой дозой подкормки, которая во влажном году (2016) более низкая V12₁₂₀, в среднем году выращивания (2017) более высокой дозой V12₁₈₀ можно было это обеспечить.

В целом на основе результатов исследования урожайности и маргинального дохода можно предложить технологию внесения весеннего основного удобрения в дозе 120 kg N/ha и ранней подкормки, вносимой в фенофазе V6 в дозе +30 kg N/ha (V6₁₅₀). Результаты подтверждают и то, на действие N-а год выращивания, генотип и прочие элементы технологии влияют в большой мере, и маргинальную эффективность по гибридам надо определять учитывая условия года выращивания.

Ключевые слова: кукуруза, основное удобрение и подкормка, дополнительный доход

Bevezetés

Az éghajlatváltozás, beleértve a hőmérséklet és a csapadék mennyiségének és eloszlásának változását, valamint a légköri CO₂ koncentráció emelkedést – amely növelheti a növények termőképességét a szén-dioxid trágyázás révén, ugyanakkor csökkentheti is, attól függően, hogyan alakul a hőmérséklet, a csapadék és tápanyagmennyiség –, nagy kihívás elé állítja a növénytermesztést (Tuba 2005, Wheeler és von Braun 2013, Jolánkai et al. 2016). Különösen a hőmérséklet emelkedése lesz negatív hatással a terméshozamokra (Ottman et al. 2012). A becslések szerint a globális átlaghőmérséklet minden egyes Celsius fok növekedése átlagosan 7,4%-kal csökkenti a kukorica globális hozamát (Lobell 2007). Az élelmiszertermelésnek azonban 2050-re 70%-kal kell növekedni ahhoz, hogy lépést tudjon tartani a világ népességének növekedésével (FAO 2011). Ennek érdekében a környezetvédelem szempontjait szem előtt tartva növelni kell a termelést és a termelés hatékonyságát (Fernández et al. 2009, Nielsen et al. 2013).

A műtrágya-felhasználás fontos szerepet tölt be a kukoricatermesztés hozamának növelésében (Csajbók 2005, Árendás 2006, Sárvári és Pepó 2014, Pepó 2017). Különösen a nitrogén műtrágya kulcsfontosságú elem (Evenson és Gollin 2003, Izsáki 2015), mert a levélterület fejlődése, a levélterület tartóssága révén nagymértékben befolyásolja a biomassza és termés nagyságát (Muchow 1998). A kukoricatermesztés során a nitrogéntrágyázás hatékonyságát a megfelelő formában, a szükséges mennyiségben és kellő időben történő kijuttatással fokozhatjuk (Fageria és Baligar 2005, Fernández et al. 2009, Wortmann et al. 2011). Ezzel lehetséges a kukorica jövedelmezőségének maximalizálása, de mindezt módosítja/módosíthatja a termőhely (Németh 2001) és az aktuális hibrid nitrogénigénye (Rashid et al. 2004, Nagy 2007).

A nitrogénfelvétel a kukorica csírázásakor a legkisebb, intenzívvé 6–7 leveles kortól válik, és a legnagyobb értéket a virágzás időszakában éri el. A szemtelítődés során is jelentős a nitrogénfelvétel és beépülés (Győrffy et al. 1965, Blackmer és Schepers 1996). Az összes felvett nitrogén 60%-a épül be a szemtermésbe (Berzsenyi 2013).

A nitrogén alaptrágyázás optimális időszaka tavaszra tehető (Timmons és Cruse 1990), azonban a vetés előtt nagy adagban kijuttatott N-hatóanyag egy része elillanhat, esetleg kimosódhat. Ennek oka, hogy a növényfejlődés korai időszakában a gyengén fejlett gyökérzet kevésbé tud hozzáférni a talajtarta-

lékokhoz (*Alley et al.* 2009). A megfelelő mennyiségű tavaszi alap- és fejtrágyázás alkalmazása csökkenti a nitrogénvesztést (*Kalocsai et al.* 2004), növeli a nitrogénellátás hatékonyságát, javítja a tápanyagellátás gazdaságosságát, a termés nagyságát, egybe vetve a termelés hatékonyságát (*Tóth* 2002, *Csathó* 2003, *Muthukumar et al.* 2007, *Sitthaphanit et al.* 2010).

A nitrogén felvételét – illetve felvehetőségét – az éghajlati viszonyok nagymértékben befolyásolják (*Bragagnolo et al.* 2013). A felmelegedett talaj biztosítja az intenzívebb tápanyag-oldódást, a nagyobb talajoldat tápanyag-koncentrációt, a gyökéren keresztül történő jobb tápanyagfelvételt.

Az N-gazdálkodás kihívást jelent a kukoricatermesztésben agronómiai, környezeti és gazdasági okokból (*Guo et al.* 2010, *Ma és Biswas* 2016). Mindez szükségessé teszi a tenyészidőszakra érvényes N-trágyázási stratégia kidolgozását (*Singh et al.* 2006). E tanulmány ehhez kíván hozzájárulni.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén, löszön képződött, mély humusgrétegű alföldi mészlepedékes csernozjom talajon beállított osztott sávos (split-strip-plot) elrendezésű, kétismétléses kisparcellás szántóföldi tartamkísérletben végeztük. A főparcellákon a hibridek, az osztóparcellákon az öntözési változatok (öntözött, nem öntözött), az osztó-osztóparcellákon a műtrágyadózisok szerepelnek. Jelen dolgozatban az értékelést két teljesen eltérő évjáratban (2016. és 2017.), természetes csapadékellátottság mellett, az Armagnac (FAO 490) és a Renfor (FAO 320) hibridek alkalmazásával végeztük.

Talajjellemzők

A 2012. évi talajvizsgálati eredmények alapján a talaj átlagos pH_{KCl} értéke 6,6 (gyengén savanyú kémhatású), ami a növények tápanyagfelvétele szempontjából optimális. A talaj felső (20 cm) rétegében az Arany-féle kötöttségi szám 39, a vízben oldható sók (anionok és kationok) összes mennyisége 0,04%, amely kis sótartalmat jelent. A szénsavas mésztartalom a talaj felső 80 cm-ében 0% körül van (mészhiányos), de 100 cm-től 12% (közepesen meszes). A szervesanyag-tartalom a talaj felső 20 cm-es rétegében 2,3%, a 120 cm-es mélységében nem haladja meg az 1,0%-ot. A talaj kálium-ellátottsága jó, P-ellátottsága közepes.

A kísérleti tér jellemzői

A szántóföldi kísérletben a műtrágyázás nélküli (kontroll) kezelés mellett műtrágya-adagok alap- és fejtrágyaként megosztva kerültek kijuttatásra az alábbiak szerint:

- alaptrágyázás: $A_{(0)}$ =műtrágyázás nélküli kontroll, A_{60} =60 kg N/ha, A_{120} =120 kg N/ha,
- fejtrágyázás V6 fenofázisban: $V6_{90}$ = A_{60} +30 kg N/ha, $V6_{150}$ = A_{120} +30 kg N/ha,
- fejtrágyázás V12 fenofázisban: $V12_{120}$ = $V6_{90}$ +30 kg N/ha, $V12_{180}$ = $V6_{150}$ +30 kg N/ha.

A kijuttatott műtrágya minden évjáratban 27%-os MAS (Genezis Pétió) volt. A növényszám 73 ezer növény/ha, az elővetemény mindkét évben kukorica volt. A kukorica vetése 2016. 04. 19-én és 2017. 04. 25-én, betakarítása 2016. 10. 12.-én és 2017. 10. 18-án volt. A betakarított szemtermést 14%-os nedveségtartalomra korrigálva adtuk meg.

Az évjáratok klimatikus jellemzése

Az időjárást a kísérleti területen elhelyezett automata időjárás állomás által mért és rögzített adatok alapján értékeltük. Az értékeket az 1985–2015 időszak átlagaihoz (30 éves átlag) viszonyítottuk.

2016 tenyészidőszaka csapadékban gazdag volt (*1. ábra*). A csapadékösszege (450 mm) 110 mm-rel haladta meg a 30 éves átlagos összeget (340 mm). Az április száraznak bizonyult, kevesebb, mint 15 mm csapadék hullott, ami jóval elmaradt a 45 mm-es sokéves átlagtól. Májusban 69 mm csapadék hullott, ami 17%-kal haladta meg a sokéves átlagot. Az átlagos csapadékmennyiség (69 mm) több mint duplája hullott júniusban (146 mm), sajnos ennek a csapadéknak több mint egyharmada (45 mm) érkezett egyetlen nap alatt. Jelentős csapadéktöbblettel telt a július, az augusztus és a szeptember is. Júliusban 39%-kal, augusztusban 20%-kal, szeptemberben 37%-kal több volt a csapadék, mint az átlag. Augusztusban és szeptemberben a lehullott mennyiség több mint fele egy nap alatt érkezett – augusztus 21-én, illetve szeptember 21-én. A tenyészidőszak középhőmérséklete 16,5 °C volt, amely csupán néhány tizedfokkal (+0,3 °C) tért a sokéves átlagtól. A vetés hónapja jelentősen melegebbnek bizonyult az átlagnál (+1,8 °C), míg a május 0,9 °C-kal hűvösebbnek adódott. A 30 éves átlagnál több mint egy fokkal volt melegebb a június, míg július az átlagnak megfelelően alakult. Augusztusban az átlagos hőmérsékletcsökkenés

mértéke $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt, a szeptember ismét melegebb volt, $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal haladta meg az átlagot.

1. ábra. A kísérleti tér csapadék és léghőmérséklet változása a tenyészidőszakban (Debrecen, 2016 és 2017)

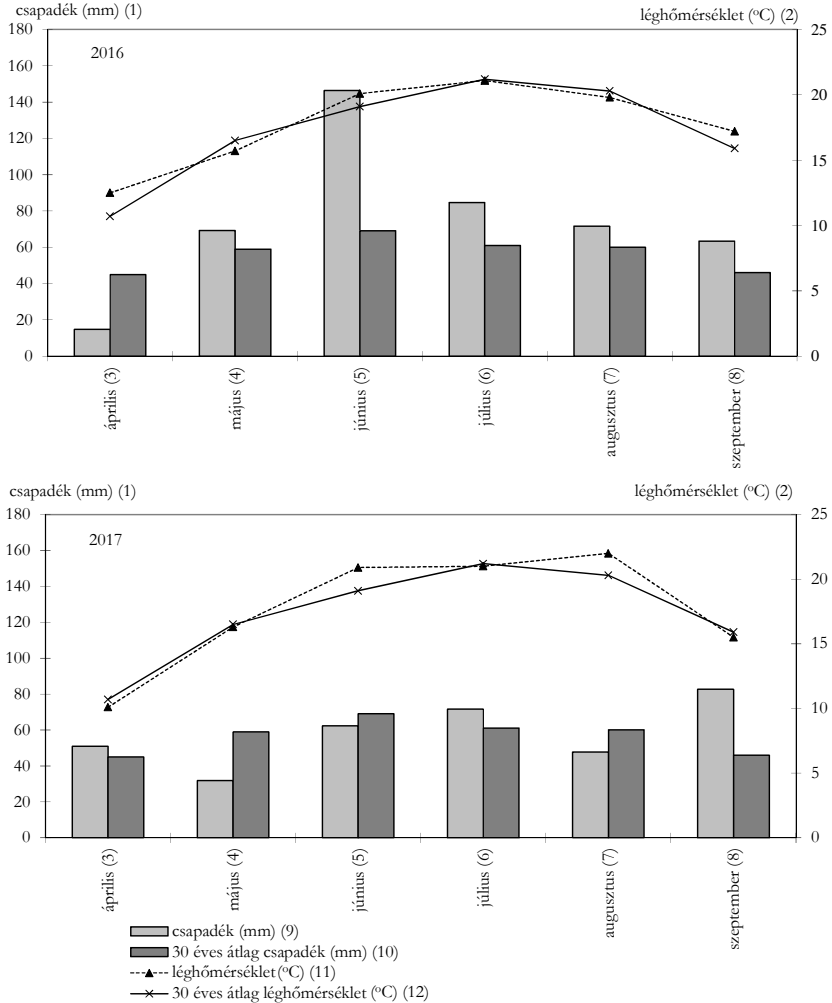


Figure 1. Precipitation and air temperature changes of the experimental space in the growing period (Debrecen, 2016 and 2017). (1) Precipitation (mm), (2) Air temperature ($^{\circ}\text{C}$), (3) April, (4) May, (5) June, (6) July, (7) August, (8) September, (9) precipitation (mm), (10) 30-year average precipitation (mm), (11) Air temperature ($^{\circ}\text{C}$), (12) 30-year average air temperature ($^{\circ}\text{C}$)

A 2017. év tenyészidőszakának első hónapjában 18%-kal több csapadék hullott, mint az átlag, azonban májusban 85%-os és júniusban 11% csökkenés volt az átlaghoz viszonyítva (*1. ábra*). Júliusban 11 mm-rel több, míg augusztusban 13 mm-rel kevesebb csapadék hullott az átlaghoz viszonyítva. Az átlagosnál jelentősen szárazabbnak bizonyult az augusztus (26%), míg szeptemberben a sokévi csapadékmennyiség közel duplája (79,8%) hullott. Augusztus hónapban lehullott csapadékmennyiség 63,4%-a, szeptemberben pedig 39,9%-a egy napon volt. A tenyészidőszak 349 mm csapadékkal zárult. A hőmérséklet április, május, július és szeptember hónapokban pár tized fokkal maradt el az átlagtól, azonban június és az augusztus 1,7–1,8 °C-kal volt melegebb az átlagértéknél. A tenyészidőszak csapadékmennyisége és átlaghőmérséklete végeredményben az átlagnak megfelelően alakult.

Ökonómiai adatok

A kukorica felvásárlási ára 2016-ban 40 400 Ft/t volt, míg 2017-ben 43 500 Ft/t. A műtrágya (MAS) beszerzési ára 2016-ban 74 600 Ft, 2017-ben jelentősen kisebb, 66 200 Ft volt tonnánként. A szántóföldi kultivátorozás menetszámában különbözött a V6 és V12 fenofázisban, ezt figyelembe véve költsége 2016-ban 3650 Ft/ha, 2017-ben 3720 Ft/ha volt. A jövedelmet a termelési érték (hozam×egységár) műtrágyázással és gépi munka költségével csökkentett összege jelentette. A műtrágyázás marginális jövedelem-meghatározása a kiutatott műtrágya mennyiség és jövedelem alapján történt.

Statisztikai értékelés

A függő változó (termés) és a termesztési tényező (műtrágya) közötti kapcsolatot általános lineáris modellel (GLM) értékeltük. A termés és a középértékeinek összehasonlítását Duncan-tesztrel végeztük. A kiértékelést az SPSS for Windows 21.0 statisztikai programcsomaggal végeztük.

Eredmények

Az alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére

A csapadékos 2016. évben mindkét hibrid kiváló hozamot ért el. Az Armagnac (FAO 490) kukorica hibrid műtrágyázás nélküli termése 11,652 t/ha volt. A kontrollhoz viszonyítva a legalacsonyabb 60 kg N/ha alapkezelés (A_{60}) 16,2%-kal növelte ($P < 0,05$) a termést. Az A_{60} és A_{120} alapkezelések közötti 0,970 t/ha

növekedés statisztikailag nem volt jelentős. Az alapkezelésként kijuttatott 60 kg N/ha-t a V6 fenofázisban további 30 kg N/ha-ral növelve 4,042 t/ha-os termésnövekedést eredményezett ($P < 0,05$). A V6₉₀ kezeléshez viszonyítva a V12₁₂₀ kezelés hatása 1,030 t/ha volt, az eltérés nem szignifikáns. Nagymértékű volt a növekedés V6₁₅₀ kezelés (3,787 t/ha, $P < 0,05$) hatására a 120 kg N/ha alaptrágya kezeléshez (A₁₂₀) képest, azonban a V12 fenofázisban kijuttatott további 30 kg N/ha 2,313 t/ha csökkenést okozott. A maximális termést a V12₁₂₀ kezelés biztosította (18,611 t/ha), de a Duncan-teszt alapján a V6₉₀ kezelés 17,581 t/ha-os eredménye bizonyult a legjobbnak.

A Renfor (FAO 320) kukorica hibrid műtrágyázás nélküli (kontroll) termése (10,469 t/ha) a hibrid jó tápanyag-hasznosító képességét mutatja, de ennek ellenére 11,3%-kal alatta maradt ($P < 0,05$) az Armagnac (FAO 490) hibrid műtrágyázás nélküli termésének. A Renfor (FAO 320) hibridnél a kontroll kezeléshez viszonyítva a 60 kg N/ha alaptrágyázás (A₆₀) 1,489 t/ha-ral növelte a termést, azonban ez a növekedés szignifikánsan nem igazolt. Az A₆₀ és az A₁₂₀ alapkezelések közötti különbség 543 kg/ha, a nagyobb alapdózis nem eredményezett szignifikáns növekedést. Jelentős eltérést az A₆₀ kg N/ha alapkezelés után a V6 fenofázisban kijuttatott 30 kg N/ha fejtrágya (V6₉₀) eredményezte, a növekedés 2,552 t/ha ($P < 0,05$) volt. A V12 fenofázisban a további 30 kg N/ha azonban 2,649 t/ha csökkenést hozott. Jelentős eltérés mutatkozott az A₁₂₀ kezelés és a V6₁₅₀ kezelés termése között is, vagyis a 120 kg N/ha alap+30 kg N/ha fejtrágya 2,598 t/ha-os növekedést biztosított ($P < 0,05$). A 12 leveles állapotban (V12₁₈₀) +30 kg N/ha-ral tovább növelve a műtrágyadózist a V6₁₅₀ kezeléshez viszonyítva nőtt a termés, de a növekedés mértéke nem volt jelentős. A legnagyobb termés és a statisztikailag igazolt legnagyobb termés ebben az esetben sem esett egybe. A V12₁₈₀ kezelés (15,225 t/ha) biztosította a legnagyobb termést, azonban szignifikánsan nem különbözött a V6₉₀ kezelés hatására kialakult termés nagyságától (1. táblázat).

Az átlagos évjáratnak tekinthető 2017. évben az Armagnac (FAO 490) kukorica hibridnél a 60 kg N/ha alaptrágya-kezelés alkalmazásakor mért termés 19,4%-os növekedést mutatott a műtrágyázás nélküli kezeléshez viszonyítva ($P < 0,05$). A 60 és a 120 kg N/ha alapkezelések közötti terméskülönbség jelentős (2,932, $P < 0,05$). A 60 kg N/ha alap-műtrágyadózisra V6 növekedési szakaszban alkalmazott +30 kg N/ha dózisra (V6₉₀) az Armagnac (FAO 490) hibrid jól reagált, 2,073 t/ha-ral nőtt a termés ($P < 0,05$), majd további +30 kg N/ha kijuttatása a V12 fenofázisban újabb termésnövekedést hozott (1,635 t/ha,

$P < 0,05$). Az A_{120} alapkezeléshez viszonyítva sem a V_6 sem a V_{12} fenofázisban alkalmazott fejtrágyázás szignifikáns különbséget nem eredményezett. A legnagyobb termésmnövekedést a V_{12}_{180} kezelés biztosította, azonban statisztikailag eredményesnek az A_{120} kezelés bizonyult.

1. táblázat. A N alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (t/ha) (Debrecen, 2016)

Hibridek (1)	Kezelések jele (2)						
	Műtr. nélkül (3)	A_{60}	A_{120}	V_{690}	V_{6150}	V_{12120}	V_{12180}
Armagnac (FAO 490)	11,652a *	13,538b ns	14,509bc ***	17,581de ***	18,296e ***	18,611e ***	15,982cd ns
Renfor (FAO 320)	10,469a	11,598ab	12,501b	14,510c	15,099c	11,861ab	15,225c

Megjegyzés: a különböző betűvel jelzett termékek $P \leq 0,05$ valószínűségi szinteken szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, *** $P=0,001\%$, * $P=0,05\%$, ns=nem szignifikáns jelölés a hibridek közötti eltérés a kétmintás t-teszt alapján.

Table 1. Effect of the N basal and top dressing on the yield of maize hybrids (t ha⁻¹) (Debrecen, 2016). (1) Hybrids, (2) Treatments, (3) Non-fertilised, Note: based on the Duncan's test, yields indicated with different letters show significant differences from each other at the probability level of $P \leq 0,05$, *** $P=0,001\%$, * $P=0,05\%$, ns=the difference between hybrids is not significant, based on the paired t-test.

A Renfor (FAO 320) hibrid műtrágyázás nélküli termését (8,174 t/ha) a legkisebb 60 kg N/ha kezelés 34,8%-kal növelte ($P < 0,05$). Az A_{60} és az A_{120} kezelés között nem alakult ki megbízható eltérés. A 60 kg N/ha alap dózis növelése kétszeri fejtrágyázással hozott eredményes növekedést. A 120 kg N/ha alapkezelést +30 kg N/ha-ral növelve a V_6 fenofázisban hatékonyan bizonyult, a termésmnövekedés mértéke 2,621 t/ha ($P < 0,05$) volt. A második fejtrágyázás (V_{12}_{180}) azonban már nem növelte a termést (2. táblázat).

2016. évben a 60 kg N/ha alapkezelés (A_{60}) és a V_{12}_{180} kezeléseknél nem volt kimutatható szignifikáns eltérés az Armagnac (FAO 490) és Renfor (FAO 320) hibridek között. Az Armagnac (FAO 490) hibrid a terméseredmények tekintetében a többi alkalmazott kezelésben 0,1%-os szignifikancia szinten felülmúlta a Renfor (FAO 320) hibridet. A legkisebb különbség (11,3%, $P < 0,05$) a műtrágyázás nélküli kezelésben, míg a legnagyobb (56,9%, $P < 0,001$) a V_{12}_{120}

kezelésben volt. 2017. évben kisebb különbséget lehetett kimutatni a hibridek között. Az Armagnac (FAO 490) hibrid terméselőnye a 120 kg N/ha alapkezelésben (22,7%, $P < 0,05$), a V12₁₂₀ (15,9%, $P < 0,001$) és a V12₁₈₀ (9,3%, $P < 0,01$) kezelésekben mutatkozott meg (1–2. táblázat).

2. táblázat. A N alap- és fejtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (t/ha) (Debrecen, 2017)

Hibridek (1)	Kezelések jele (2)						
	Műtr. nélkül (3)	A ₆₀	A ₁₂₀	V ₆₉₀	V ₆₁₅₀	V ₁₂₁₂₀	V ₁₂₁₈₀
Armagnac (FAO 490)	8,988a ns	10,730b ns	13,662cd *	12,803c ns	14,389d ns	14,438d ***	14,922d **
Renfor (FAO 320)	8,174a	11,017b	11,133b	11,479bc	13,754d	12,454c	13,648d

Megjegyzés: a különböző betűvel jelzett termések $P \leq 0,05$ valószínűségi szinteken szignifikánsan különböznek egymástól a Duncan teszt alapján, *** $P = 0,001\%$, * $P = 0,05\%$, ns=nem szignifikáns jelölés a hibridek közötti eltérés a kétmintás t-teszt alapján.

Table 2. Effect of the N basal and top dressing on the yield of maize hybrids (t ha⁻¹) (Debrecen, 2017). (1) Hybrids, (2) Treatments, (3) Non-fertilised, Note: based on the Duncan's test, yields indicated with different letters show significant differences from each other at the probability level of $P \leq 0.05$, *** $P = 0.001\%$, * $P = 0.05\%$, ns=the difference between hybrids is not significant, based on the paired t-test.

Az éghajlati tényezők hatása a kukorica hibridek termésére

A csapadékban gazdag és a sokévi átlagnak megfelelő középhőmérsékletű 2016. év, valamint az átlagnak megfelelő hőmérsékletű 2017. év a tenyészidőszakban eltérő feltételeket teremtett a hosszabb tenyészidejű Armagnac (FAO 490) és a rövidebb tenyészidejű Renfor (FAO 320) hibridek termesztésének.

A természetes tápanyag-hasznosító képesség az Armagnac (FAO 490) hibridnél a csapadékos 2016. évben 22,9%-kal ($P < 0,001$), a Renfor (FAO 320) hibridnél 28,1%-kal ($P < 0,001$) volt jobb, mint az átlagos évjáratnak tekinthető 2017. évben. A műtrágyakezelések átlagában 2016-ban volt nagyobb mindkét hibrid termése. Az Armagnac (FAO 490) hibrid esetében jelentősebb volt az évek közötti eltérés (2,891 t/ha), ez a mutató a Renfor (FAO 320) hibrid esetében 1,424 t/ha volt.

Az évjárat módosító hatása az Armagnac (FAO 490) hibridnél a 120 kg N/ha alapkezelés és a V12₁₈₀ kezelés alkalmazásakor szignifikánsan nem volt kimutatható. Jelentős volt a 2016. év időjárásának kedvező hatása a többi kezelésben – a különbség minden esetben 0,1%-os szinten igazolt –, különösen a V6₉₀ kezelésben, ahol 37,3%-kal nagyobb termés volt betakarítható. A Renfor (FAO 320) hibridnél az A₆₀ és a V12₁₂₀ kezeléseknél nem volt szignifikáns differencia az évjáratok között. A csapadékos 2016. év tenyészidőszakának köszönhetően a V6₉₀ kezelés alkalmazása hozta a legnagyobb terméstöbbletet (3,032 t/ha, P<0,001), 2017. évhez viszonyítva.

A nitrogénellátás jövedelemelemzése

2017-ben a műtrágyaárak csökkenésének köszönhetően alacsonyabb ráfordítási szinten volt megvalósítható a tápanyag-visszapótlás, mint 2016-ban. Valamennyi vizsgált esetben, valamennyi ráfordítási szinten a műtrágyázás a műtrágyázás nélküli kontroll parcellához képest többlettermést, illetve többletjövedelmet eredményezett. A legnagyobb többletjövedelmet a hosszabb tenyészidejű Armagnac (FAO 490) hibrid estében csapadékos évben (2016) a 60 alap +30 +30 kg N/ha (V12₁₂₀) fejtrágya hatóanyag-kombináció biztosította, míg 2017-ben a kontrollhoz mért legnagyobb jövedelem a maximális hatóanyagszinten (120 alap +30 +30 kg N/ha) volt (3. táblázat). Ezen kezeléseknél közötti 33,912 Ft/ha többletjövedelem különbség 2016-ban realizálódott.

A Renfor (FAO 300) hibridnél a legmagasabb jövedelem elérését csapadékos (141 958 Ft/ha) és átlagos évjáratban (202 232 Ft/ha) egyaránt, a 120 alap +30 kg N/ha (V6₁₅₀) kezelés biztosította, a két év 60 274 Ft/ha-os többletjövedelem különbsége számottevő (4. táblázat).

A marginális jövedelem – a vizsgált években mindkét hibrid esetében – a legnagyobb tápanyagellátási szinten volt a legalacsonyabb, azaz ezen a szinten a pótlólagosan kijuttatott műtrágya hatóanyagra eső egységnyi jövedelemnövekedés volt a legkisebb.

Összegzés

A fő tényezők (évjárat, N-műtrágyázás, a kijuttatás ideje, genotípus) hatása a termésre – többtényezős variancia-analízis (ANNOVA) alapján – 0,1%-os szinten igazolt. Az MQ (közepes négyzetes eltérés) értéke alapján jelentősebb termést módosító hatása az évjáratnak volt, majd követte ezt a genotípus, illetve a műtrágyázás. A termés alakulására a legkisebb hatást a kijuttatás ideje mutat-

ta. A kölcsönhatások, az év*genotípus ($P < 0,001$), az év*műtrágyázás ($P < 0,001$), illetve a genotípus*műtrágyázás ($P < 0,05$) is megbízhatóságot mutattak.

3. táblázat. Az alap- és fejtrágyázás N-szintjének marginális jövedelemelemzése
Armagnac (FAO 490) kukorica hibrid
(Debrecen, 2016–2017)

2016				
	Műtrágya (kg) (1)	Összköltség (Ft/ha) (2)	Jövedelem (Ft/ha) (3)	Marginális jövedelem (Ft/ha) (4)
Nem műtr. (5)	0	0	-	-
A ₆₀	222	16 578	59 374	2 385
A ₁₂₀	444	33 156	81 984	1 243
V ₆₉₀	333	28 517	211 055	2 045
V ₆₁₅₀	556	45 094	223 404	1 249
V ₁₂₁₂₀	444	40 456	240 728	1 601
V ₁₂₁₈₀	667	57 033	117 899	883
2017				
	Műtrágya (kg) (1)	Összköltség (Ft/ha) (2)	Jövedelem (Ft/ha) (3)	Marginális jövedelem (Ft/ha) (4)
Nem műtr. (5)	0	0	-	-
A ₆₀	222	14 711	61 414	2 034
A ₁₂₀	444	29 422	174 158	1 271
V ₆₉₀	333	25 787	140 383	1 593
V ₆₁₅₀	556	40 498	194 402	1 053
V ₁₂₁₂₀	444	36 862	200 213	1 329
V ₁₂₁₈₀	667	51 573	206 817	896

Table 3. Marginal income analysis of the N level of basal and top dressing - Armagnac (FAO 490) maize hybrid (Debrecen, 2016–2017). (1) Fertiliser (kg), (2) Total cost (HUF ha⁻¹), (3) Income (HUF ha⁻¹), (4) Marginal income (HUF ha⁻¹), (5) Non-fertilised

4. táblázat. Az alap- és fejtrágyázás N-szintjének marginális jövedelemelemzése
Renfor (FAO 320) kukorica hibrid
(Debrecen, 2016–2017)

2016				
	Műtrágya (kg) (1)	Összköltség (Ft/ha) (2)	Jövedelem (Ft/ha) (3)	Marginális jövedelem (Ft/ha) (4)
Nem műtr. (5)	0	0	-	-
A ₆₀	222	16 578	43 618	2 098
A ₁₂₀	444	33 156	49 260	1 062
V ₆₉₀	333	28 517	135 103	1 673
V ₆₁₅₀	556	45 094	141 958	1 016
V ₁₂₁₂₀	444	40 456	16 104	987
V ₁₂₁₈₀	667	57 033	135 271	837
2017				
	Műtrágya (kg) (1)	Összköltség (Ft/ha) (2)	Jövedelem (Ft/ha) (3)	Marginális jövedelem (Ft/ha) (4)
Nem műtr. (5)	0	0	-	-
A ₆₀	222	14 711	108 829	2 089
A ₁₂₀	444	29 422	99 338	1 023
V ₆₉₀	333	25 787	117 763	1 419
V ₆₁₅₀	556	40 498	202 232	1 004
V ₁₂₁₂₀	444	36 862	149 318	1 136
V ₁₂₁₈₀	667	51 573	186 372	813

Table 3. Marginal income analysis of the N level of basal and top dressing – Renfor (FAO 320) maize hybrid (Debrecen, 2016–2017). (1) Fertiliser (kg), (2) Total cost (HUF ha⁻¹), (3) Income (HUF ha⁻¹), (4) Marginal income (HUF ha⁻¹), (5) Non-fertilised

A csapadékos 2016. évben az Armagnac (FAO 490) hibrid esetében a 60 kg N/ha alapkezelés mellett V6 és V12 fenofázisban kijuttatott fejtrágyának jelentős volt a hatása, és felülmúlta a 120 kg N/ha alapkezelés termését. A 120 kg N/ha alapkezelést V6 fenofázisban +30 kg N/ha-ral növelve nőtt a termés, azon-

ban a második +30 kg N/ha már csökkenést okozott. A Renfor (FAO 320) hibrid esetében a 60 és a 120 kg N/ha alapkezeléseket +30 kg N/ha-ral növelve a V6 fenofázisban, szignifikáns terméstöbblet alakult ki, azonban 12 leveles állapotban kijuttatott további fejtrágyázás, vagyis a V12₁₂₀ (P<0,05) és a V12₁₈₀ kezelés (statisztikailag nem igazolt) csökkenést eredményezett.

Átlagos évjáratnak tekinthető (2017) évben az Armagnac (FAO 490) kukorica hibridnél a 60 kg N/ha alapkezelés mellett 6, illetve 12 leveles fázisban kijuttatott +30 +30 kg N/ha fejtrágya szignifikánsan növelte a termést. A 120 kg N/ha alapkezelés kétszeri fejtrágyázással növelve sem volt hatékony. A Renfor (FAO 320) hibridnél a 60 kg N/ha alapkezelésre a V6 és a V12 fenofázisban kijuttatott további N-műtrágya a termésnövelésre nem bizonyult kedvező hatásúnak. Jelentős növekedést az alaptrágyaként kijuttatott 120 kg N/ha-ra az első 30 kg N/ha (V6) fejtrágyázás (P<0,05) hozott.

Az Armagnac (FAO 490) hibridnél az évjárat módosító hatása az A₁₂₀ és a V12₁₈₀ kezelés kivételével bizonyított. A csapadékos év (2016) termésnövelő hatása 26,2–37,3% (A₆₀–V6₉₀) között változott. A Renfor (FAO 320) hibridnél a klimatikus tényezők nem befolyásolták a termés alakulását az A₆₀ és a V12₁₂₀ kezelés alkalmazása esetén. A 2016. évi nagyobb csapadékhozam 9,8–28,1% (V6₁₅₀-kontroll) között volt termésmódosító tényező.

A kontroll parcellához képest valamennyi műtrágyázott parcellára kijuttatott többlet-tápanyag jövedelemnövekedést eredményezett. Az eredmények igazolták a csökkenő hozadék elvét, amely szerint a felhasznált erőforrások növelése esetén egy meghatározott értékig növekszik az egy kilogramm kijuttatott műtrágyával realizálható jövedelem, majd csökkenő tendenciát mutat, vagyis a műtrágya-ráfordítás pótlólagos egysége egyre kisebb jövedelemnövekedést okozott.

Összességében a tavaszi alap- és a korai V6 fenofázisban kijuttatott fejtrágyázási technológia – az évjárat és a hibridek átlagában – biztosította a maximális termést a legkedvezőbb műtrágya-felhasználási költség mellett.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberei Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Debreceni Egyetem 4. tématerületi programja keretében. Támogatta továbbá a GINOP-2.2.1-15-2016-00001 azonosító számú, Üzemmérettől független kom-

plex precíziós szaktanácsadási rendszer kialakítása c. , valamint az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- Alley, M. M.–Martz, Jr.–Marvin, E.–Davis Paul, H.–Hammons, J. L.*: 2009. Nitrogen and Phosphorous Fertilization of Corn, Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech and Virginia State University. <http://pubs.ext.vt.edu/424/424-027/424-027.html>
- Árendás T.*: 2006. Növénytáplálás új szemlélettel. *Agrofórum*. 17. 12: 8–10.
- Berzsenyi Z.*: 2013. Növénytermesztés. Agroiinform Kiadó. Budapest.
- Blackmer, T. M.–Schepers, J. S.*: 1996. Aerial Photography to Detect Nitrogen Stress in Corn. *J. Plant Physiol.* 148: 440–444.
- Bragagnolo, J.–Amado, T. J. C.–Nicoloso, R. S.–Jasper, J.–Kunz, J.–Teixeira, T. G.*: 2013. Optical crop sensor for variable-rate nitrogen fertilization in corn: I. Plant nutrition and dry matter production. *R. Bras. Ci. Solo.* 37: 1288–1298.
- Csajbók J.*: 2005. A tápanyagellátás és az asszimiláció közötti összefüggések kukoricánál. [In: Jávora A. (szerk.) *Gyep, állat, vidék, kutatás, tudomány.*] Debreceni Egyetem AGTC. Debrecen. 110–115.
- Csathó P.*: 2003. Kukorica N-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960–2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Agrokémia és Talajtan.* 52: 169–184.
- Evenson, R. E.–Gollin, D.*: 2003. Assessing the impact of the green revolution, 1960 to 2000. *Science.* 300: 758–762.
- Fageria, N. K.–Baligar, V. C.*: 2005. Enhancing Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. *Advances in Agronomy.* 88: 97–185.
- FAO*: 2011. www.theguardian.com/environment/2011/nov/28/un-farmers-produce-food-population
- Fernández, F. G.–Nafziger, E. D.–Ebelhar, S. A.–Hoefl, R. G.*: 2009. Managing nitrogen in. *Illinois agronomy handbook*. Univ. Illinois Coop. Ext. Serv. Urbana-Champaign. 113–132.
- Guo, J.–Liu, X.–Zhang, Y.–Shen, J.–Han, W.–Zhang, W.–Zhang, F.*: 2010. Significant acidification in major Chinese croplands. *Science.* 327: 1008–1010.
- Győrffy B.–I. S.–Bölöni I.*: 1965. Kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Izsáki Z.*: 2015. A szarvasi műtrágyázási tartamkísérletek eredményei I. 1990–2010. Kukorica, cukorrépa, zab, olajlen és silócirok tápanyagellátása. Agroiinform Kiadó és Nyomda Kft. Budapest.

- Jolánkai, M.–Tarnawa, Á.–Horváth, Cs.–Nyárai, H F.–Kassai, M K.*: 2016. Impact of climatic factors on yield quantity and quality of grain crops. *Időjárás/Quarterly Journal of The Hungarian Meteorological Service*. 120. 1: 73–84.
- Kalocsai R.–Schmidt R.–Szakál P.*: 2004. Lehetőségek a trágyázás hatékonyságának növelésére környezetbarát módon a szántóföldi kultúráknál. *Agro Napló VIII. évfolyam*.
- Lobell, D. B.*: 2007. Changes in diurnal temperature range and national cereal yields. *Agric For Meteorol.* 145: 229–238.
- Ma, B. L.–Biswas, D. K.*: 2016. Field-level comparison of nitrogen rates and application methods on maize yield, grain quality and nitrogen use efficiency in a humid environment. *J. Plant Nutr.* 39: 727–741.
- Muchow, R. C.*: 1998. Nitrogen utilization efficiency in maize and grain sorghum. *Field Crops Res.* 56: 209–216.
- Muthukumar, V. B.–Velayudham, K.–Thavaprakash, N.*: 2007. Plant growth regulators and split application of nitrogen improves the quality parameters and green cob yield of baby corn (*Zea mays* L.). *J. Agron.* 6. 1: 208–211.
- Nagy J.*: 2007. *Kukoricatermesztés*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Németh T.*: 2001. A tápanyag-gazdálkodás szerepe a szántóföldi növénytermesztésben. [In: Kovács F. et al. (szerk.) *Lehetőségek az agrártermelés környezetbarát fejlesztésében.*] Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya. Budapest. 106–132.
- Nielsen, R. B.*: 2013. Root Development in Young Corn in Purdue University Department of Agronomy. <http://www.kingcorn.org/news/timeless/Roots.html>
- Ottman, M. J.–Kimball, B. A.–White, J. W.–Wall, G. W.*: 2012. Wheat growth response to increased temperature from varied planting dates and supplemental infrared heating. *Agron J.* 104: 7–16.
- Pepó, P.*: 2017. Role of agrotechnical elements in sustainable wheat and maize production. *Columella J. Agric. Environ.* 4: 59–64.
- Rashid, M. T.–Voroney, P.–Parkin, G.*: 2004. Predicting nitrogen fertilizer requirements for corn by chlorophyll meter under different N availability conditions. *Can. J. Soil Sci.* 149–159.
- Sárvári M.–Pepó P.*: 2014. Effect of production factors on maize yield and yield stability. *Cereal Res. Commun.* 42. 4: 710–720.
- Singh, I.–Srivastava, I. A.–Chandna, P.–Gupta, R.*: 2006. Crop sensors for efficient nitrogen management in sugarcane: Potential and constraints. *Sugar Technol.* 8: 299–302.
- Siththaphanit, S.–Limptuntana, V.–Toomsan, B.–Panchaban, S. W.–Bell, R.*: 2010. Growth and yield responses in maize to split and delayed fertilizer applications on sandy soils under high rainfall regimes. *Kasetsart J. Natural Science.* 44: 991–1003.
- Tuba Z.*: 2005. Az emelkedő légköri CO₂-koncentráció hatása a növényközösségek összetételére, szerkezetére és produktivitására. *Bot. Közlem.* 92. 1–2: 189–206.

- Timmons, D. R.–Cruse, R. M.*: 1990. Effect of fertilization method and tillage on nitrogen - 15 recovery by corn. *Agron. J.* 82. 4: 777–784.
- Tóth Z.*: 2002. A fejtrágyázás jelentősége. *Agro Napló.* 6. 3: 55–56.
- Wheeler, T.–von Braun, J.*: 2013. Climate change impacts on global food security. *Science.* 341: 508–513.
- Wortmann, C. S.–Tarkalson, D. D.–Shapiro, C. A.–Dobermann, A. R.–Ferguson, R. B.–Hergert, G. W.–Walters, D.*: 2011. Nitrogen use efficiency of irrigated corn for three cropping system in Nebraska. *Agron. J.* 103: 76–84.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Széles Adrienn – Horváth Éva
Debreceni Egyetem MÉK
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Dr. Ferencsik Sándor
Agrárgazdaság Kft.
Debrecen
35-ös útfél 0212/6. hrsz.
H-4002

Arzénterhelés hatásvizsgálata a napraforgó fejlődésének korai stádiumában

¹VÁRALLYAY SZILVIA - ²VERES SZILVIA - ¹BÓDI ÉVA -

¹SOÓS ÁRON - ¹KOVÁCS BÉLA

Debreceni Egyetem MÉK

¹Élelmiszertudományi Intézet, Debrecen

²Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A talaj, valamint a felszín alatti vízkészlet arzénszennyezettsége globális környezeti problémát jelent.

Kutatómunkánk célja volt annak meghatározása, hogy hogyan hat a tápközeg növekvő arzéntartalma az összklorofill- és karotinoidok mennyiségére, a napraforgó növény As-felvételére, valamint a gyökérnövekedés intenzitására, a növény fejlődésének kezdeti stádiumában. Ehhez kétféle kísérlettípust állítottunk be: tápoldatos és rizoboxos kísérletet. Rizoboxos kísérletben öt különböző koncentrációjú As-kezelést alkalmaztunk: 1, 3, 10, 30 és 90 mg/kg, továbbá kontroll kezelés is beállításra került. Tápoldatos kísérletben a kezelések a következők voltak: 0, 1 és 3 mg/dm³.

A kezelések hatására lecsökkent mind az összklorofill, mind a karotinoid mennyisége, a karotinoid-tartalomban szignifikáns csökkenés azonban csak a 3 mg/dm³-es dózisonál volt megfigyelhető. Az eredmények alapján megállapítható továbbá, hogy az As-kezelések hatására megemelkedett a napraforgó növény As-tartalma, valamint, hogy a gyökérben mért arzén értéke minden esetben meghaladta a hajtását. A gyökérnövekedés, valamint a szárazanyag-produktum tekintetében az As toxikus hatása elsősorban a tápoldatos kísérletben mutatkozott meg, mely véleményünk szerint annak köszönhető, hogy a talaj - puffer kapacitásának köszönhetően - bizonyos mértékig képes mérsékelni a toxikus elemek káros hatásait. A tápoldatos kísérlet esetén a gyökér hossza, valamint a hajtás és gyökér száraztömege valamennyi alkalmazott dózisonál le-

csökkent. Rizoboxos kísérletben számottevő változást nem tapasztaltunk a szárazanyag-termék értékekben, ugyanakkor a gyökér növekedése fokozódott a 3 mg/kg-os kezelés hatására. A gyökérnövekedésre gyakorolt hatásuk alapján a további kezelések között az alábbi sorrend állítható fel: kontroll ~1 mg/kg ~10 mg/kg > 30 mg/kg ~90 mg/kg.

Kulcsszavak: napraforgó, arzén, gyökérnövekedés, tápoldat, rizobox

Arsenic treatments and their effect on sunflower in the early phase of plant development

¹SZ. VÁRALLYAY - ²SZ. VERES - ¹É. BÓDI - ¹Á. SOÓS - ¹B. KOVÁCS

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

¹Institute of Food Sciences, Debrecen

²Institute of Crop Sciences, Debrecen

Summary

Contamination of agricultural soils and groundwaters by arsenic is a global environmental problem.

The objective of our study was to investigate the effect of As treatments on the chlorophyll and carotenoids and the root growth and As uptake of sunflower in the early phase of the plant development. During our work, two different types of experiment were carried out: hydroponic experiment and rhizobox experiment. In the rhizobox experiment, five different concentrations of As were used: 1, 3, 10, 30 and 90 mg kg⁻¹ and there were no arsenic treatment in the case of control plants. The following treatments were used in the nutrient solution experiments: 0, 1 and 3 mg dm⁻³.

As a result of the performed treatments, the amount of total chlorophyll and carotenoids were reduced, nevertheless, the carotenoid content was significantly reduced just in the case if the plant was treated with 3 mg dm⁻³ As.

According to the obtained results, it is obvious that the As content of sunflower was increased under As stress. The As content was much higher in the case of root than in the shoot. In the case of the root growth and dry mass the As toxicity were

more obvious when the plant grown on nutrient solution, due to the fact that the buffer capacity of the soil is able to moderate the harmful effect of the toxic elements. In the case of the nutrient solution experiment the dry mass of shoot and root, and the root length were decreased in the case of the all treatments. The dry mass of the sunflower did not vary significantly in the rhizobox experiment; nevertheless, the root growth was increased in the case of the 3 mg kg⁻¹ As treatment. Based on the data, the other treatments influence the root growth according to the following order: control ~1 mg kg⁻¹ ~10 mg kg⁻¹ >30 mg kg⁻¹ ~90 mg kg⁻¹.

Key words: sunflower, arsenic, root growth, nutrient solution, rhizobox

Исследование влияния нагрузки мышьяка в ранней стадии развития подсолнечника

¹С. ВАРАЙЯИ – ²С. ВЕРЕШ – ¹Е. БОДИ – ¹А. ШООШ – ¹Б. КОВАЧ

Дебреценский Университет, Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента (МÉК)

¹Институт Пищевой Науки, Дебрецен

²Институт Ботаники, Дебрецен

Резюме

Загрязнение мышьяком почвы и подземного водного запаса означает глобальную экологическую проблему.

Целью нашей исследовательской работы было установить как влияет растущее содержание мышьяка питательной среды на количество всего хлорофилла и каротиноидов, на приём растением подсолнечника As, а также на интенсивность роста корня в начальной стадии развития растения. Для этого установили два типа опытов: опыт в питательном растворе и ризобоксовый. В ризобоксовом опыте использовали пять различной концентрации As-дозы: 1, 3, 10, 30 и 90 mg/kg, а также и контрольная доза была установлена. В опыте с питательным раствором дозы были следующие: 0, 1 и 3 mg/dm³.

Под влиянием этих обработок уменьшилось количество как всего хлорофилла, так и количество каротиноидов, однако значительное сокращение в содержании ка-

ротиноидов было заметно только у доз 3 mg/dm³. На основании результатов можно установить также, что под влиянием As-обработок повысилось содержание As растением подсолнечника, и также, что измеренная в корне величина мышьяка во всех случаях превысила это показатель в побегах. Касательно роста корня, а также продукта сухого вещества токсичное влияние As прежде всего проявилось в опыте с питательным раствором, что по нашему мнению возможно благодаря тому, что почва как буфер в определённой мере способна уменьшить вредные влияния токсических элементов. В случае опыта с питательным раствором длина корня, а также сухая масса побега и корня во всех применённых дозах сократилась. В ризобоксовом опыте не обнаружили значительных изменений в показателях продукции сухого вещества, в тоже время ускорился рост корня под влиянием дозы в 3 mg/kg. На основе влияния, оказанного на рост корня, обработки следующими дозами можно в такой очередности установить: контроль ~1 mg/kg ~10 mg/kg >30 mg/kg ~90 mg/kg.

Ключевые слова: подсолнечник, мышьяк, рост корня, питательный раствор, ризобокс

Bevezetés

Az arzén a természetben előforduló toxikus elemek egyike, mely megtalálható többek között a levegőben, talajban, vizekben, valamint az élő szervezetekben.

A talaj és a felszín alatti vízkészlet arzénszennyezettsége a világ valamennyi részére kiterjedő globális problémát jelent (*Mandal és Suzuki 2002*), mely jelen van Argentína, Ausztria, az Amerikai Egyesület Államok és Banglades mellett Chile, Kína, India, Új-Zéland, Tajvan, Thaiföld, valamint Magyarország egyes részein is (*Mukherjee és Bhattacharya 2001, Mandal és Suzuki 2002, Smedley és Kinniburgh 2002*). Hazánk területén legfőképp az Alföld térsége érintett, ahol az arzén a felszín alatti vizek egyik legfontosabb problémáját jelenti (*Rowland et al. 2011*).

A talaj, valamint a felszín alatti vízkészlet arzénszennyezettségének forrásai egyrészt természetes, másrészt antropogén eredetűek lehetnek (*Mandal és Suzuki 2002*). Az arzén a geológiai folyamatokon felül, főleg ipari tevékenység hatására kerülhet a talajba, illetve a talajvízbe. A különböző bányászati tevékenységek, az arzéntartalmú növényvédő-, illetve rovarölő szerek használata is hozzájárul(t) a lokális jellegű szennyeződések kialakulásához (*Takács 1992*,

Gonzaga et al. 2006). A környezetünkben található arzénszennyezés jelentős része (legalább 60%-a) természetes eredetű, és csak kisebb részben köszönhető emberi tevékenységnek (*Chilvers és Peterson* 1987).

A különböző arzénformák toxicitása eltérő, a szerveseknek toxikusabbak, mint a szervesek. A szerves arzén vegyületek tekintetében pedig az As(III) bizonyítottan toxikusabb, mint az As(V) (*Ullrich-Eberius et al.* 1989). Az As(V) felvétele jellemzően a foszfátéval megegyező úton történik, az As(III) felvételét pedig a szilícium transzportjában szerepet játszó csatornákkal hozták összefüggésbe (*Zhao et al.* 2009).

A növényi szervezetbe bejutva az arzén számos metabolikus folyamatot képes gátolni (*Zhao et al.* 2009), mely súlyos fejlődési rendellenességek kialakulásához vezethet (*Smith et al.* 2010). Növényeknél az arzéntoxicitás tünete lehet a magvak csírázókéességének (*Castillo-Michel et al.* 2007), valamint a termés méretének csökkenése (*Kabata-Pendias* 2010), gátoltá válhat továbbá a fotoszintézis (*Stoeva et al.* 2005). A termőközeg As-tartalma hatással lehet a növényi biomaszára (*Carbonell-Barrachina et al.* 1997) is.

Az arzén könnyen beépül a növényi szervezetbe (*Finnegan és Chen* 2012). Az arzénnal szennyezett vízzel történő öntözés, valamint az ilyen jellegű szennyezéssel bíró talajon történő növénytermesztés által az arzén bekerülhet a táplálékláncba is, amely egy potenciális élelmiszerbiztonsági probléma kialakulásának a kockázatát is magában hordozhatja (*Randa et al.* 2018).

Magas koncentrációja a termőközegben nemcsak a termés minőségét rontja, kedvezőtlen környezeti feltételek mellett csökken a termés mennyisége is (*Rahman et al.* 2007).

Hazánkban a talaj As-tartalma 1 és 40 mg/kg között változik (*Pais* 1980), ez az érték azonban a világ egyes részein elérheti a 626 mg/kg-ot (*Mandal és Suzuki* 2002). A felszín alatti vizek As-koncentrációja a világ bizonyos területein meghaladhatja a 3810 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ -t. Magyarországon a mélyebben fekvő rétegvizek As-koncentrációja 1 és 174 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ közötti (*Welch et al.* 2000, *Mandal és Suzuki* 2002).

Kísérletünk során egyrészt arra kerestük a választ, hogy hogyan változik a napraforgó száranyag-terméke, a gyökérnövekedés intenzitása, valamint a fotoszintetikus pigmentek mennyisége a növekvő koncentrációjú As-kezelések hatására. Másrészt kísérleteinkkel laboratóriumi körülmények között kívántuk igazolni, hogy a tápközeg As-tartalma, valamint a napraforgó által felvett As mennyisége között szoros összefüggés áll fenn.

A fent leírtak vizsgálatához tápoldatos, valamint rizoboxos kísérletet állítottunk be. Választásunk azért esett a napraforgóra, mert e növénynek mind gazdasági, mind a humán ételmezésbeli szerepe jelentős (Pepó 2011).

Anyag és módszer

A növények nevelésére a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Növénytudományi Intézet, Növényteni és Növényélettani Csoport Klímaszobájában került sor, ahol a kísérlet során a környezeti feltételek szabályozottak voltak: a fényintenzitás $300 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, a megvilágítás/sötét periódus 16 óra/8 óra, a hőmérséklet periodicitása $25/20 \text{ }^\circ\text{C}$ (nappal/éjjel), a relatív páratartalom (RH) 65–75%.

Tápoldatos kísérlet

Az arzént nátrium-arzenit (NaAsO_2) formájában alkalmaztuk, mely során a szükséges koncentrációkat arzénra vonatkoztatva számoltuk ki. A kísérlet során alkalmazott kezelések a következők voltak: 0, 1, és $3 \text{ mg}/\text{dm}^3$.

A kísérlet kezdetén a napraforgó magvakat csapvízzel mostuk a csávázószer eltávolításának érdekében, majd a magvak felületének fertőtlenítését $6 \text{ m}/\text{m}\%$ -os H_2O_2 oldatban 20 percen át tartó áztatás segítségével végeztük. Ezt követően a napraforgó magvakat desztillált vízzel többször átöblítettük, majd $22 \text{ }^\circ\text{C}$ -on, nedves szűrőpapír közé helyezve csíráztattuk, oly módon, hogy a csíranövények polaritása természetes legyen.

A 2,5–3,0 cm koleoptillal rendelkező napraforgó növényeket hidropónikus körülmények között, $1,7 \text{ dm}^3$ űrtartalmú edényekben neveltük (Lévai és Kovács 2001). Egy-egy edénybe négy növényt helyeztünk, a csíranövények rögzítését az edényekben sterilizált szivacs segítségével végeztük. Az ismétlések száma kezelési szintenként három volt.

A csíranövények nevelésére a következő összetételű tápoldatot alkalmaztuk: $2,0 \text{ mM Ca}(\text{NO}_3)_2$, $0,7 \text{ mM K}_2\text{SO}_4$, $0,5 \text{ mM MgSO}_4$, $0,1 \text{ mM KH}_2\text{PO}_4$, $0,1 \text{ mM KCl}$, $0,001 \text{ mM MnSO}_4$, $0,001 \text{ mM ZnSO}_4$, $0,0002 \text{ mM CuSO}_4$, $0,00001 \text{ mM } (\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$, $0,01 \text{ mM H}_3\text{BO}_3$. A növények a vasat $0,1 \text{ mM Fe-EDTA}$ formájában kapták (Cakmak és Marschner 1990).

Az edényeket a klímaszobában véletlen blokk elrendezésben helyeztük el. A tápoldatok levegőztetése folyamatosan biztosított volt, azok cseréjét hetente két alkalommal végeztük.

A kísérlet során a napraforgó csíranövényeket 21 napig neveltük. A kísérlet befejeztével a növények gyökereit 0,1 M HCl oldattal mostuk, majd desztillált víz segítségével öblítettük (Bódi *et al.* 2015).

Rizoboxos kísérlet

A kísérlet kivitelezéséhez a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepről származó mészlepedékes csernozjom talajt használtuk fel, melynek jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A kísérletben alkalmazott mészlepedékes csernozjom talaj jellemzői

Mélység (1)	0-0,3 m
pH (KCl)	5,71
pH (H ₂ O)	6,58
Arany-féle kötöttség (K _A) (2)	43
CaCO ₃	0,202%
Humusz (3)	3,54%
AL-oldható P ₂ O ₅ (4)	199 mg/kg
AL-oldható K ₂ O (5)	451 mg/kg
KCl-oldható NO ₃ -N+NO ₂ -N (6)	8,04 mg/kg
AL-oldható Na (7)	332 mg/kg
KCl-oldható Mg (8)	176 mg/kg
KCl-oldható SO ₄ ²⁻ -S (9)	6,04 mg/kg
KCl-EDTA-oldható Cu (10)	5,79 mg/kg
KCl-EDTA-oldható Zn (11)	7,9 mg/kg
KCl-EDTA-oldható Mn (12)	262 mg/kg
Vízoldható összes só (13)	0,015%

Forrás: Nagy *et al.* (2010)

Table 1. Soil properties in the rhizobox experiment. (1) Depth, (2) Plasticity index according to Arany, (3) Humus, (4) AL-soluble P₂O₅, (5) AL-soluble K₂O, (6) KCl-soluble NO₃-N+NO₂-N, (7) AL-soluble Na, (8) KCl-soluble Mg, (9) KCl-soluble SO₄²⁻-S, (10) KCl-EDTA-soluble Cu, (11) KCl-EDTA-soluble Zn, (12) KCl-EDTA-soluble Mn, (13) Total water-soluble salt content, Source: Nagy *et al.* (2010)

A talajt a kísérlet kivitelezéséhez tömegállandóságig szárítottuk, majd talajdaráló segítségével daráltuk. Ezt követően a szántóföldi vízkapacitás 60%-ának megfelelő ioncserélt vízzel, illetve a kezeléseknél megfelelő koncentrációjú nátrium-arzenit (NaAsO₂) oldattal nedvesítettük, mely során a szükséges kon-

centrációt arzénra nézve, illetve a talajra vonatkoztatva számoltuk ki. A kísérletben 1, 3, 10, 30 és 90 mg/kg, továbbá kontroll kezelést alkalmaztunk. A talaj bekeverése során kiemelt figyelmet fordítottunk a homogenításra, így kézzel történő folyamatos keverés mellett, az arzéntartalmú oldatokat spray szórófejjel ellátott adagoló segítségével juttattuk a talajra. A kezeletlen kontroll talaj összes As-tartalma $2,07 \pm 0,04$ mg/kg volt.

A kísérlet kezdetén a magvak csíráztatását a hidropónikus körülmények között végzett kísérlet esetén ismertettekkel megegyező módon végeztük. A 2,5–3,0 cm koleoptillal rendelkező csíranövényeket $23,5 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ dimenziójú úgynevezett rizoboxokban neveltük. A rizobox egy műanyagból készült, téglalap alakú, egyik oldalán átlátszó növénynevelő doboz, mely lehetővé teszi a rizoszféra tanulmányozását. Az egyes rizoboxokba ioncserélt vízzel benedvesített szűrőpapírt helyeztünk, ezáltal biztosítva a növények számára az egyenletes vízfelvételt, majd a megfelelően előkészített talajt a rizoboxokba tettük. Ezt követően egy-egy rizoboxba 3–3 db csíranövényt helyeztünk. Az ismétlések száma minden kezelési szintnél öt volt.

A csíranövények talajba történő helyezését követően a rizoboxok átlátszó oldalát fekete fóliával borítottuk be. A növényeket geotrópusan stimuláltuk – azaz 45° -os szögben megdőntve helyeztük el egy speciális boxtartó keretben –, melynek következtében a gyökerek a nevelőbox fala mentén növekedtek, lehetővé téve ezáltal a gyökerek növekedésének nyomon követését.

A gyökérnövekedést, valamint az egyes rizoboxok tömegét naponta mértük, és a transpiráció, valamint az evaporáció következtében leadott víz mennyiségét tömegkiegészítés alapján pótoltuk. A kísérlet lezárására, valamint a növényi mintavételre akkor került sor, amikor valamely kezelési szintnél a növények gyökere elérte a box alját, mely az ültetést követő 5. napon következett be. A kísérlet befejezésekor a növények gyökereit 0,1 M-os HCl oldattal, valamint ioncserélt vízzel mostuk (Bódi et al. 2015).

A klorofill-a, b és karotnoid-tartalom meghatározása

A tápoldatos kísérlet esetében lehetőségünk volt a klorofill-a, -b és karotnoid mennyiségének meghatározására, melyhez a Moran és Porath (1980) által kidolgozott módszert alkalmaztuk. A tesztnövények második leveléből 0,5 g friss levélmintát vettünk, amelyet 5 ml n,n-dimetil-formamidban oldottunk 72 órán keresztül, 4°C -on. Ezt követően a mintaoldatok abszorbanciáját (A) 664, 647 és 480 nm-en mértük spektrofotométer (Metertek SP-830 UV/VIS) segítségével.

vel. A fotoszintetikus pigmentek mennyiségét friss tömegre vonatkoztatva számoltuk ki az alábbi képletek segítségével:

$$\begin{aligned}\text{Összklorofill} &= (11,65 \times A_{664} - 2,69 \times A_{647}) + (20,81 \times A_{647} - 4,53 \times A_{664}) \\ \text{Karotinoidok} &= (1000 \times A_{480} - 1,28 \times \text{klorofill-a} - 56,7 \times \text{klorofill-b})\end{aligned}$$

ahol: A_{480} – a spektrofotométerrel 480 nm-en mért érték, A_{647} – az spektrofotométerrel 647 nm-en mért érték, A_{664} – az spektrofotométerrel 664 nm-en mért érték.

A gyökér fejlődésének vizsgálata

A tápoldatos kísérlet esetében a gyökér hosszának meghatározására a kísérlet bontásakor, azaz a csíranövények tápoldatra helyezését követő 21. napon került sor.

A rizoboxos kísérlet lehetővé tette számunkra a gyökérnövekedés naponkénti nyomon követését. A gyökér fejlődését a kísérlet felszámolásáig, azaz öt napig kísértük figyelemmel.

Szárazanyag-tartalom meghatározás

A szárazanyag-tartalom meghatározásához mind a tápoldatos, mind a rizoboxos kísérletből származó növényi mintákat hajtás, valamint gyökér részre választottuk szét majd szárítószekrényben (Memmert UF 75) 65 °C-on tömegállandóságig szárítottuk. Szobahőmérsékletre történő visszahűlésüket követően analitikai mérleg (Ohaus) segítségével meghatároztuk azok száraztömegét.

Elemanalitikai vizsgálatok

A tápoldatos és rizoboxos kísérlet növényi mintáit dörzsmozsár segítségével homogenizáltuk, majd a Kovács *et al.* (1996) által kidolgozott HNO_3 - H_2O_2 -os nedvesroncsolásos minta-előkészítési módszert alkalmaztunk. Amennyiben nem állt rendelkezésre elegendő mintamennyiség, a megfelelően előkészített mintából a lehető legnagyobb mennyiséget mértünk be hőálló kémcsövekbe, és ezzel arányosan a HNO_3 és a H_2O_2 -mennyiségét is csökkentettük. A minták feltárása során roncsolási vakpróbákat is készítettünk.

Az As-koncentráció meghatározásokhoz Thermo Scientific X-Series 2 Quadrupole típusú induktív csatolású plazma tömegspektrométert (ICP-MS) alkalmaztunk.

Statistikai módszer

Az eredmények statisztikai elemzéséhez az SPSS 22.0 statisztikai programot alkalmaztuk. A paraméterek és az egyes tényezők közötti összefüggés statisztikai vizsgálatához egytényezős varianciaanalízist és Duncan-féle tesztet használtunk. 5%-os P-érték alatt tekintettük az eltéréseket szignifikánsnak.

Eredmények

Tápoldatos kísérlet eredményei

A tápoldatos kísérlet eredményei rámutattak arra, hogy a kezelések hatására lecsökkent az összklorofill mennyisége. A karotinoid-tartalom ugyancsak csökkenő tendenciát mutatott, a kontrollhoz képest szignifikánsan alacsonyabb értéket a 3 mg/dm³-es kezelési szintnél tapasztaltunk (2. táblázat).

2. táblázat. As-kezelés hatása napraforgó összklorofill-, valamint karotinoid-tartalmára

Vizsgált paraméterek (1)	As-kezelés (mg/dm ³) (4)		
	0	1	3
Összklorofill (mg/g) (2)	27,03±0,76 ^a	24,61±0,92 ^b	22,99±1,10 ^b
Karotinoid (mg/g) (3)	6,87±0,60 ^a	6,20±0,56 ^{ab}	5,36±0,15 ^b

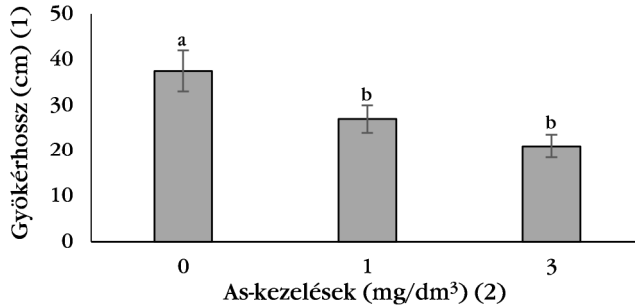
Table 2. Effect of arsenic on the chlorophyll and carotenoid content of sunflower. (1) Examined parameters, (2) Total chlorophyll (mg g⁻¹), (3) Carotenoid (mg g⁻¹), (4) As-treatment (mg dm⁻³)

Merakchiyska és *Yordanov* (1983), valamint *Miteva* és *Merakchiyska* (2002) szerint a fémek okozta stressz hatására visszaesik a növények fotoszintetikus aktivitása, véleményük alapján mindez annak köszönhető, hogy az ilyen jellegű stresszfolyamatoknál csökken a fotoszintetikus pigmentek mennyisége, melyet a 2. táblázatban bemutatott adatok is bizonyítanak.

A tápoldaton nevelt napraforgó gyökér növekedésében bekövetkező változásokat a növekvő koncentrációjú arzénkezelések függvényében az 1. ábra szemlélteti.

A kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy a kontrollhoz képest az alkalmazott As-kezelések hatására szignifikánsan lecsökkent a gyökér hosszúsága.

1. ábra. As-kezelések hatása napraforgó csíranövény gyökerének hosszára



Megjegyzés: az azonos betűvel jelölt kezelések hatása között nincs szignifikáns különbség ($P \leq 0,05$).

Figure 1. Effect of arsenic-treatments on the root growth of sunflower. (1) Length of root (cm), (2) As-treatments (mg dm³), Note: the same letter, means that there were not significantly different between the effect of the treatments ($P \leq 0,05$).

Részben hasonló megállapításra jutottak *Stoeva et al.* 2003-ban, illetve 2005-ben készített tanulmányaikban. Azt tapasztalták ugyanis, hogy a növekvő koncentrációjú As-kezelések hatására gátoltta vált a hidropónikus körülmények között nevelt kukorica (*Zea mays* L.), valamint bab (*Phaseolus vulgaris* L.) gyökérnövekedése.

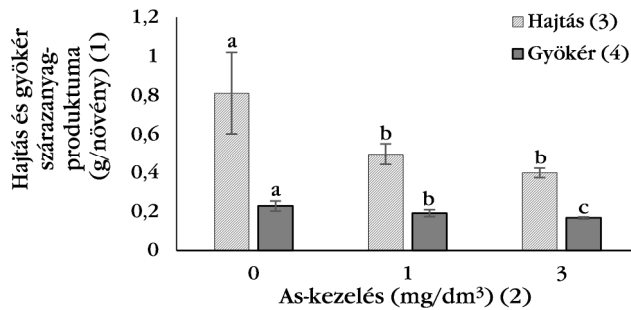
Az alkalmazott As-kezelések jelentős hatást gyakoroltak a kísérleti növény szárazanyag felhalmozására is. A kontrollhoz képest szignifikáns csökkenést figyeltünk meg mind a hajtás, mind a gyökér szárazanyag-termékében (2. ábra). A legalacsonyabb átlagértékeket mindkét növényi szervnél a 3 mg/dm³-es dózis esetében jegyeztük fel. A szárazanyag-tartalomban bekövetkező csökkenés összefüggésbe hozható a fotoszintetikus pigmentek mennyiségének csökkenésével (2. táblázat), hiszen a biomassza gyarapodásának alapja a fotoszintézis.

Munkánk során meghatároztuk a tápoldatból felvett As mennyiségét is a gyökér, a hajtás, illetve a teljes növény esetén (3. táblázat).

A tápoldathoz adott As-dózisok a kontrollhoz képest mind a hajtás által kivont, mind a gyökér által felvett As mennyiségét szignifikánsan megnövelték. Az 1 és 3 mg/dm³ koncentrációjú dózisok hatása között szignifikáns eltérést a hajtás esetében azonban nem tudtunk kimutatni. A teljes kukorica csíranövény által kivont As mennyisége a kezelések koncentrációjának növekedésével ugyancsak fokozatosan emelkedett. A teljes növény által felvett As mennyiség-

gének növényi részek közötti megoszlását figyelembe véve kijelenthető, hogy az As mennyiségének jelentős része a gyökérben akkumulálódott, mely meg-
egyeznek a *Marin et al.* (1992), a *Wells és Gilmore* (1997), valamint a *Kumar et al.* (2015) által feljegyzettekkel.

2. ábra. As-kezelések hatása napraforgó növény szárazanyag-termékedényára



Megjegyzés: az azonos növényi rész esetén azonos betűvel jelölt kezelések hatása között nincs szignifikáns különbség ($P \leq 0,05$).

Figure 2. Effect of As treatments on the dry weight of sunflower seedlings. (1) As treatments (mg dm^{-3}), (2) Dry weight of sunflower (g plant^{-1}), (3) Shoot, (4) Root, Note: the same letter, separately in the case of root and shoot, means that there were not significantly different between the effect of the treatments ($P \leq 0.05$).

3. táblázat. Táploldaton nevelt napraforgó csíranövény által felvett As mennyisége (μg) a növekvő koncentrációjú kezelések függvényében

As-kezelés (mg/dm^3) (1)	Napraforgó növény által felvett As mennyisége (μg) (2)		
	Hajtás (3)	Gyökér (4)	Teljes növény (5)
0	<k.h. ^a	<k.h. ^a	<k.h.
1	38,6±0,1 ^b (23*)	128±0 ^b (77*)	167
3	38,8±0,1 ^b (16*)	208±0 ^c (84*)	247

Megjegyzés: az azonos növényi rész esetén azonos betűvel jelölt kezelések között nincs szignifikáns különbség ($P \leq 0,05$). *A zárójelben feltüntetett érték az adott növényi rész és a teljes növény által felvett As mennyiségének az arányát fejezi ki %-ban.

Table 3. As amount (μg) uptake by sunflower which were grown on nutrient solution, depend on the As treatment. (1) As treatments (mg dm^{-3}), (2) As amount uptake by sunflower (μg), (3) Shoot, (4) Root, (5) Whole plant, Note: means followed by the same letter within columns, separately in the case of shoot and root, were not significantly different ($P \leq 0.05$). *The value put in brackets shows percentage of the As amount of the specific plant part and of the whole plant.

Az arzén felhalmozódása a gyökérben a toxikus hatás egyik lényeges kiváltó oka lehet, hiszen ezáltal sérülhetnek azok a gyökérben lejátszódó folyamatok, melyek a növény egészségének fiziológiáját alapvetően meghatározzák. Az As-kezelés által előidézett stresszfolyamatok esetén, a növény védekezési mechanizmusának részeként értelmezhető az, hogy az arzén döntően a gyökérben akkumulálódott. A fitokelatinok (toxikus fémionok kizárásában, elkülönítésében, valamint megkötésében részt vevő polipeptidek) (Rácz 2013) szintézise elsőként a gyökérben kezdődik meg (Raab et al. 2004, Dhanker et al. 2006, Zhao et al. 2009), hiszen ez az a növényi rész ahol az arzén a növényi felvétel során először megjelenik, illetve ahol – a kísérleti eredmények alapján – döntően akkumulálódik. A fitokelatinok termelése energiaigényes folyamat, a gyökér növekedésének rovására történik az ilyen jellegű fémkötő polipeptidek szintézisének energia felhasználása (Meuwly és Rauser 1992). A növekvő koncentrációjú As-kezelések hatására a kísérletünk során tesztnövényként alkalmazott napraforgó gyökerének hosszában bekövetkező csökkenés (1. ábra) összefüggésbe hozható a fitokelatinok által kiváltott gyökérnövekedés gátló hatással.

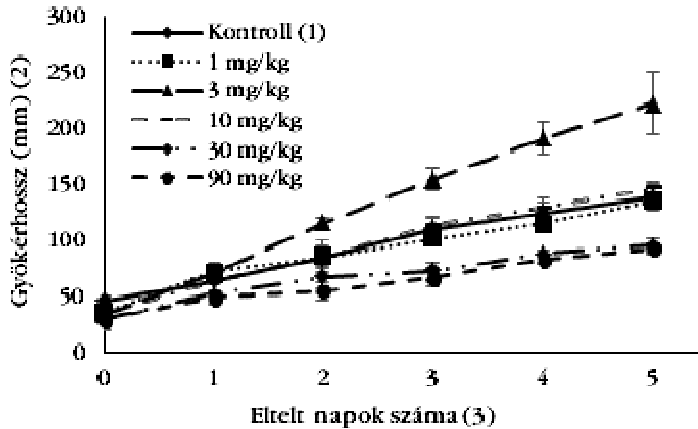
Rizoboxos kísérlet

A rizoboxos kísérletnél lehetőségünk volt a gyökér fejlődését a kísérlet felszámolásáig, azaz öt napig figyelemmel kísérni. A napraforgó csíranövények napenkénti gyökérnövekedését a kezelési koncentrációk függvényében a 3. ábra szemlélteti.

A rizoboxos kísérletek bontására jellemzően akkor kerül sor, amikor a kontroll növény gyökere eléri a rizobox alját. A napraforgó tesztnövényvel végzett kísérlet esetén azonban azt tapasztaltuk, hogy a 3 mg/kg-os kezelés hatására a növények gyökere nagyobb ütemben nőtt, mint a kontroll kezelésű növényeké. Ebből adódóan a kísérlet felszámolása akkor következett be, amikor a 3 mg/kg-os kezelési szintnél a növények gyökere elérte a box alját.

A kezelések hatását tovább elemezve megfigyeltük, hogy az 1 és 10 mg/kg-os dózisok számottevő hatást nem gyakoroltak a gyökér növekedésére, ugyanakkor a 30–90 mg/kg-os kezelések esetén a gyökér növekedése már erőteljesen gátolt volt. Hasonló eredményre jutottak Li et al. (2007) őszi búzával (*Triticum aestivum* L.) végzett csíráztatási kísérletük során. Azt tapasztalták ugyanis, hogy az alacsony koncentrációjú As-kezelések (0,5 és 1 mg/kg) serkentették a kísérleti növény gyökérnövekedését, azonban a magasabb koncentrációk (5–20 mg/kg) már jelentősen gátolták a gyökér fejlődését.

3. ábra. Növekvő koncentrációjú As-kezelések hatása a rizoboxban nevelt napraforgó gyökernövekedésére



Megjegyzés: kontroll (4): a,a,b,c,cd,d; 1 mg/kg: a,b,c,d,e,f; 3 mg/kg: a,b,c,d,e,f; 10 mg/kg: a,b,c,d,e,f; 30 mg/kg: a,b,c,c,d,d; 90 mg/kg: a,b,bc,c,d,d; 0. nap (5): A,B,B,B,B,B; 1. nap (6): AB,B,B,AB,AC,C; 2. nap (7): AB,B,C,AB,AD,D; 3. nap (8): A,A,B,A,C,C; 4. nap (9): A,A,B,A,C,C; 5. nap (10): A,A,B,A,C,C. Az eltérő kisbetűk a szignifikáns ($P<0,05$) különbségeket jelzik egy kezeléson belül, a vizsgálat egyes napjai között. Az eltérő nagybetűk a szignifikáns ($P<0,05$) különbségeket jelzik kezelések között vizsgálat egyes napjain belül.

Figure 3. Effect of As treatments on the root growth of sunflower. (1) Control, (2) Root length (mm), (3) Number of the days, Note: Control (4) (4): a,a,b,c,cd,d; 1 mg kg⁻¹: a,b,c,d,e,f; 3 mg kg⁻¹: a,b,c,d,e,f; 10 mg kg⁻¹: a,b,c,d,e,f; 30 mg kg⁻¹: a,b,c,c,d,d; 90 mg kg⁻¹: a,b,bc,c,d,d; 0. nap (5): A,B,B,B,B,B; 1. day (6): AB,B,B,AB,AC,C; 2. day (7): AB,B,C,AB,AD,D; 3. day (8): A,A,B,A,C,C; 4. day (9): A,A,B,A,C,C; 5. day (10): A,A,B,A,C,C. Different small letters mean the significant differences ($p<0.05$) between the days in the case of the same treatments. Capitals mean significant differences ($p<0.05$) between the effect of the arsenic treatments in the case of the same day.

A 4–5. táblázatban bemutatott eredmények alapján megállapítható továbbá, hogy az alkalmazott kezelések a rizoboxban nevelt napraforgó növények szárazanyag-termékumára nem gyakoroltak szignifikáns hatást, ugyanakkor a hajtás, illetve a gyökér, valamint a teljes növény által felvett As mennyiségét jelentősen befolyásolták.

A hajtás által kivont As mennyiségét valamennyi dózis, míg a gyökér által felvett As mennyiségét a 10, 30 és 90 mg/kg kezelések szignifikánsan növelték. A teljes növény által kivont As mennyisége a növekvő koncentrációjú kezelések hatására folyamatosan nőtt, a legnagyobb dózisonál megközelítőleg két nagyságrenddel nagyobb értéket tapasztaltunk, mint a kontroll növény esetén.

4. táblázat. *As-kezelések hatása napraforgó növény szárazanyag-produktumára*

As-kezelés (mg/kg)	Napraforgó növények szárazanyag-produktuma	
	(g/növény)	
	(1)	(2)
	Hajtás (3)	Gyökér (4)
0	0,0386±0,0046 ^a	0,0116±0,0014 ^a
1	0,0390±0,0134 ^a	0,0107±0,0036 ^a
3	0,0380±0,0010 ^a	0,0109±0,0018 ^a
10	0,0389±0,0070 ^a	0,0121±0,0017 ^a
30	0,0413±0,0138 ^a	0,0130±0,0045 ^a
90	0,0385±0,0134 ^a	0,0092±0,0031 ^a

Megjegyzés: az azonos növényi rész esetén azonos betűvel jelölt kezelések hatása között nincs szignifikáns különbség (P≤0,05).

Table 4. Effect of arsenic-treatments on the dry mass of sunflower seedlings. (1) As-treatments (mg kg⁻¹), (2) Dry mass of sunflower (mg dm⁻³), (3) Shoot, (4) Root, Note: the same letter, separately in the case of shoot and root, means that there were not significantly different between the effect of the treatments (P≤0.05).

5. táblázat. *Rizoboxban nevelt napraforgó csíranövény által felvett As mennyisége (µg) a növekvő koncentrációjú kezelések függvényében*

As-kezelés (mg/kg)	Napraforgó növények által felvett As mennyisége (µg)			
	(2)			
	(1)	Hajtás (3)	Gyökér (4)	Teljes növény (5)
0	0,00938±0,00006 ^a (22*)	0,0329±0,0001 ^a (78*)		0,0423
1	0,0140±0,0004 ^b (22*)	0,0500±0,0001 ^a (78*)		0,0640
3	0,0203±0,0002 ^b (20*)	0,0794±0,0007 ^a (80*)		0,0997
10	0,0289±0,0005 ^b (8*)	0,322±0,007 ^b (92*)		0,351
30	0,0888±0,0022 ^b (11*)	0,693±0,004 ^b (89*)		0,781
90	0,424±0,023 ^c (11*)	3,57±0,11 ^c (89*)		3,99

Megjegyzés: az azonos növényi rész esetén azonos betűvel jelölt kezelések között nincs szignifikáns különbség (P≤0,05). *A zárójelben feltüntetett érték az adott növényi rész és a teljes növény által felvett As mennyiségének az arányát fejezi ki %-ban.

Table 5. As amount (µg) uptake by sunflower seedling which were grown in rhizobox, depend on the As treatment. (1) As treatments (mg kg⁻¹), (2) As amount uptake by sunflower (µg), (3) Shoot, (4) Root, (5) Whole plant, Note: means followed by the same letter within columns, separately in the case of shoot and root, were not significantly different (P≤0.05). *The value put in brackets shows percentage of the As amount of the specific plant part and of the whole plant.

Részben hasonló eredményekre jutott *Kádár* (2012), aki az MTA ATK TAKI nagyhorcsöki kísérleti telepén, mészlepedékes csernozjom talajon állított be mikroelem terheléses kísérletet. Kísérlete során azt tapasztalta, hogy a 0, 30, 90 és 270 mg/kg-os As-kezelések hatására fokozódott a tesztnövényként alkalmazott napraforgó levelének As-koncentrációja.

A napraforgó csíranövények egyes részei által akkumulált As mennyiségét figyelembe véve megerősíthető továbbá az a megállapítás, mely szerint az arzén nehezen mozog a növényen belül, nagyobb rész a gyökérben van jelen, és csak kismértékben transzlokálódik a talajfelszín feletti szervek irányába.

Következtetések

A tápoldatos kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy a kezelések hatására csökkent az összklorofill, valamint a karotinoidok mennyisége, melynek következménye véleményünk szerint a szárazanyag-produktum csökkenése, hiszen a biomassza növekedésének alapja a fotoszintézis.

Mind a tápoldatos, mind a hidropónikus kísérlet eredményei rámutattak továbbá arra, hogy a kezelések hatására tendenciálisan nőtt mindkét növényi szerv As-tartalma. A teljes növény által felvett As mennyisége ugyancsak növekvő tendenciát mutatott mindkét kísérlet típus esetében.

A rizoboxos és tápoldatos kísérletekben mért As koncentrációkat összevetve arra a megállapításra jutottunk, hogy a tápoldatos kísérlet esetén a kukorica csíranövény jóval nagyobb mennyiségben vett fel arzént, mint a rizoboxos kísérletben. Ez elsősorban annak köszönhető, hogy amíg a tápoldatos kísérlet esetén a kijuttatott arzén teljes mennyisége elérhető volt a növények számára, addig a rizoboxos kísérletnél a talajba juttatott arzén mennyiségének csak kisebb része hozzáférhető a növények számára (*Szegedi et al.* 2013). Az arzénnek a talajban számos megkötődési lehetősége van (pl. vas-, alumínium-, valamint mangán-oxidok és hidroxidok felületén) melynek következtében csökken a növények számára hozzáférhető As mennyisége.

A kísérleti eredményeink igazolják továbbá, hogy az arzén nehezen mozog a növényi szervezeten belül, nagyobb részt a gyökérben akkumulálódik, és csak kisebb mennyiségben kerül át a hajtásba.

A gyökérben nagyobb mennyiségben akkumulálódott arzén – a növény detoxifikációs mechanizmusának részeként – a fitokelatinok szintézisét indukálja. A fitokelatinok szintézisének energia-felhasználása a gyökér növekedésé-

nek rovására történik. A fitokelatinok által kiváltott gyökérnövekedés-gátló hatás a tápoldatos kísérlet esetén valamennyi kezelési szinten (1 és 3 mg/dm³) megnyilvánult, a rizoboxos kísérletnél azonban csak a legmagasabb kezelési koncentrációk (30–90 mg/kg) akadályozták a gyökér fejlődését. Az arzén toxikus hatása a száraztömeg eredményekben elsősorban ugyancsak a tápoldatos kísérletnél nyilvánult meg. Mindez véleményünk szerint szintén annak köszönhető, hogy a talaj puffer kapacitása egy határig mérsékelheti a toxikus elemek káros hatásait.

Egyes kutatók (*Li et al.* 2007) megállapítása alapján az alacsony koncentrációjú As-kezelések fokozhatják a gyökér növekedését, mely megállapítást rizoboxos kísérletben a 3 mg/kg-os kezelési szintnél bizonyítani is tudtuk.

Köszönetnyilvánítás



Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

Irodalom

- Bódi É. – Veres Sz. – Andrási D. – Farzaneh G. – Várallyay Sz. – Kovács B.*: 2015. Molibdén-nel kezelt kukorica és napraforgó csíranövények vizsgálata rizoboxos kísérletben. Agrártudományi Közlemények. 64: 11–14.
- Cakmak, I. – Marschner, H.*: 1990. Decrease in nitrate uptake and increase in proton release in zinc deficient cotton, sunflower and buckwheat plants. Plant and Soil. 129: 261–268.
- Carbonell-Barrachina, A. A. – Burló, F. – Burgos-Hernández, A. – López, E. – Mataix, J.*: 1997. The influence of arsenite concentration on arsenic accumulation in tomato and bean plants. Scientia Horticulturae. 71: 167–176.
- Castillo-Michel, H. – Parsons, J. G. – Peralta-Videa, J. R. – Martínez-Martínez, A. – Dokken, K. M. – Gardea-Torresdey, J. L.*: 2007. Use of X-ray absorption spectroscopy and biochemical techniques to characterize arsenic uptake and reduction in pea (*Pisum sativum*) plants. Plant Physiology and Biochemistry. 45: 457–463.
- Chilvers, D. C. – Peterson, P. J.*: 1987. Global Cycling of Arsenic. [In: Hutchinson, T. C. – Meema, K. M. (eds.) Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment.] Scope. Chichester. 279–301.

- Dhankher, O. P.–Rosen, B. P.–McKinney, E. C.–Meagher, R. B.*: 2006. Hyperaccumulation of arsenic in the shoots of *Arabidopsis* silenced for arsenate reductase (ACR2). *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 103: 5413–5418.
- Finnegan, P. M.–Chen, W.*: 2012. Arsenic toxicity: the effects on plant metabolism. *Frontiers in Physiology*. 182: 1–18.
- Gonzaga, M. I. S.–Santos, J. A. G.–Ma, L. Q.*: 2006. Arsenic phytoextraction and hyperaccumulation by fern species. *Scientia Agricola*. 63: 90–101.
- Kabata-Pendias, A.*: 2010. *Trace Elements in Soils and Plants* (4th edition). CRC Press. Florida. USA.
- Kádár I.*: 2012. A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet. Budapest.
- Kovács, B.–Győri, Z.–Prokisch, J.–Loch, J.–Dániel, P.*: 1996. A study of plant sample preparation and inductively coupled plasma emission spectrometry parameters. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 27: 1177–1198.
- Kumar, D.–Singh, V. P.–Tripathi, D. K.–Prasad, S. M.–Chauhan, D. K.*: 2015. Effect of arsenic on growth, arsenic uptake, distribution of nutrient elements and thiols in seedlings of *Wrightia arborea* (Dennst.) Mabb. *International Journal of Phytoremediation*. 23: 128–134.
- Lévai, L.–Kovács, B.*: 2001. The influence of IAA and TIBA on iron concentration of maize seedlings. [In: Horst, W. J. (ed.) *Plant Nutrition – Food, Security and Sustainability of Agro- Ecosystem.*] Kluwer Academia Publishers. Netherlands. 154–155.
- Li, C. X.–Feng, S. L.–Shao, Y.–Jiang, L. N.–Lu, X. Y.–Hou, X. L.*: 2007. Effects of arsenic on seed germination and physiological activities of wheat seedlings. *Journal of Environmental Sciences*. 19: 725–732.
- Mandal, K. B.–Suzuki, T. K.*: 2002. Arsenic around the world: a review. *Talanta*. 58: 201–235.
- Marin, A. R.–Masscheleyn, P. H.–Patrik, J.*: 1992. The influence of chemical form and concentration of arsenic on rice growth and tissue arsenic concentration. *Plant and Soil*. 139: 177–183.
- Merakchiyska, M.–Jordanov, I.*: 1983. Influence of some heavy metals on the growth, content of plastid pigments, and the photosynthetic activity in bean plants. *Scientific Conference on Botany. BASC. Sofia*. 848–851.
- Mewaly, P.–Rauser, W. E.*: 1992. Alteration of thiol pools in roots and shoots of maize seedlings exposed to cadmium. *Plant Physiology*. 99: 8–15.
- Miteva, E.–Merakchiyska, M.*: 2002. Response of chloroplasts and photosynthetic mechanism of bean plants to excess arsenic in soil. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 8: 151–156.
- Moran, R.–Porath, D.*: 1980. Chlorophyll determination in intact tissues using N,N-dimethylformamide. *Plant Physiology*. 65: 487–497.

- Mukherjee, A. B.–Bhattacharya, P.*: 2001. Arsenic in the groundwater in the Bengal Delta Plain: slow poisoning in Bangladesh. *Environmental Research*. 9: 189–220.
- Nagy K.–Lévai L.–Kovács B.*: 2010. A szelénellátás hatása a kukorica és napraforgó növényekre. *Növénytermelés*. 59. 1: 61–84.
- Pais I.*: 1980. A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Pepó P.*: 2011. A napraforgó jelentősége a világban és hazánkban. *Agrofórum*. 11: 30–31.
- Raab, A.–Feldmann, J.–Meharg, A. A.*: 2004. The nature of arsenic-phytochelatin complexes in *Holcus lanatus* and *Pteris cretica*. *Plant Physiology*. 134: 1113–1122.
- Rácz I.*: 2013. A fehérje-anyagcsere speciális növényi folyamatai. [In: Fodor F. (szerk.) *Növényi anyagcsere élettana*.] Eötvös Loránd Tudományegyetem. Budapest. 263–294.
- Rahman, M. A.–Hasegawa, H.–Rahman, M. M.–Islam, N. M.–Miah, M. A.–Tasmen, A.*: 2007. Effect of arsenic on photosynthesis, growth and yield of five widely cultivated rice (*Oryza sativa* L.) varieties in Bangladesh. *Chemosphere*. 67: 1072–1079.
- Randa, A. A.–Nausheen, W. S.–Diane, B.*: 2018. Realistic risk assessment of arsenic in rice. *Food Chemistry*. 257: 230–236.
- Rowland, H. A. L.–Omeregíe, E. O.–Millot, R.–Jimenez, C.–Mertens, J.–Baciu, C.–Hug, S. J.–Berg, M.*: 2011. Geochemistry and arsenic behaviour in groundwater resources of the Pannonian Basin (Hungary and Romania). *Applied Geochemistry*. 26: 1–17.
- Smedley, P. L.–Kinniburgh, D. G.*: 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*. 17: 517–568.
- Smith, S. E.–Christophersen, H. M.–Pope, S.–Smith, F. A.*: 2010. Arsenic uptake and toxicity in plants: integrating mycorrhizal influences. *Plant and Soil*. 327: 1–21.
- Stoeva, N.–Berova, M.–Zlatev, Z.*: 2003. Physiological response of maize to arsenic contamination. *Biological Plantarum*. 47: 449–452.
- Stoeva, N.–Berova, M.–Zlatev, Z.*: 2005. Effect of arsenic on some physiological parameters in bean plants. *Biologia Plantarum*. 49: 293–296.
- Szegedi L.–Bélteki I.–Fodorné Fehér E.*: 2013. A talaj és növények arzén tartalmának összefüggés vizsgálata nehézfém terheléses tartamkísérletben. *Acta Carolicus Roberticus*. 3: 135–144.
- Takács S.*: 1992. Környezet, ember, mikroelemek. Triorg Kft. Budapest.
- Ullrich-Eberius, C. I.–Sanz, A.–Novacky, A. J.*: 1989. Evaluation of arsenate- and vanadate-associated changes of electrical membrane potential and phosphate transport in *Lemna gibba* G1. *Journal of Experimental Botany*. 40: 119–128.
- Welch, A. H.–Westjohn, D. B.–Helsel, D. R.–Wanty, R. B.*: 2000. Arsenic in ground water of the United States – occurrence and geochemistry. *Ground Water*. 38: 589–604.

- Wells, B. R.-Gilmor, J. T.:* 1977. Sterility in rice cultivars as influenced by MSMA rate and water management. *Agronomy Journal*. 69: 451-454.
- Zhao, F. J.-Ma, J. F.-Meharg, A. A.-McGrath, S. P.:* 2009. Arsenic uptake and metabolism in plants. *New Phytologist*. 181: 777-794.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Várallyay Szilvia – Dr. Bódi Éva – Soós Áron – Dr. Kovács Béla
Debreceni Egyetem MÉK
Élelmiszertudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
* varallyay.szilvia@agr.unideb.hu

Dr. Veres Szilvia
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032



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

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika
