

Crop
Production



NÖVÉNYTERMELÉS

64. kötet | 1. szám | 2015. március

Alapítás éve: 1952

Főszerkesztő: Nagy János



Az ételhulladék-komposzt hatásának vizsgálata a sárgarépa (*Daucus carota* L.) termésére homoktalajon

Műtrágyahatások vizsgálata 11. éves telepített gyepen

Másodvetésű zöld-trágyanövények biomassa tömegének és tápanyagtartalmának vizsgálata a 2010–2011-es években

www.agrarlapok.hu

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

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

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

Megjelenés egy kötet négy füzetben.

A Növénytermelést a SCOPUS és a Google Scholar indexeli.

Szerkesztőség:

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

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:

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

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

ISSN 0546-8191
Növényterm 64 (2015) 1
Printed in Hungary

Növénytermelés

CROP PRODUCTION

64. kötet, 1. szám, 2015. március

Főszerkesztő/Editor-in-Chief:

JÁNOS NAGY

Szerkesztőbizottság/Editorial Board:

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

FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM

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

A nyomást és kötést a D-Plus Nyomda Kft. végezte

Felelős szerkesztő: Nagy János

Fedélterv: Dávid Ildikó

Fotót készítette: Dr. Csajbók József

Megjelent: 6 (A/5) iv terjedelemben

ISSN 0546-8191

TARTALOM

<i>Balláné Kovács Andrea – Kincses Sándorné – Erdeiné Kremper Rita – Krupincza Dániel Tibor: Az ételhulladék-komposzt hatásának vizsgálata a sárgarépa (<i>Daucus carota</i> L.) termésére homoktalajon</i>	5
<i>Kádár Imre – Ragályi Péter – Szemán László: Műtrágyahatások vizsgálata 11. éves telepített gyepen</i>	21
<i>Mikó Péter – Kovács Gergő Péter – Gyuricza Csaba: Másodvetésű zöldtrágya-növények biomassza tömegének és tápanyagtartalmának vizsgálata a 2010–2011-es években</i>	39
<i>Nemeskéri Eszter – Molnár Krisztina – Dobos Attila Csaba: Különböző tenyészidejű borsófajták (<i>Pisum sativum</i> L.) vízhasznosítása eltérő vízellátás alatt</i>	57
<i>Pepó Péter – Dóka Lajos Fülöp – Szabó András – Karancsi Lajos Gábor – Vad Attila: Néhány agrotechnikai tényező hatása a borsó (<i>Pisum sativum</i> L.) termésére</i>	77

CONTENTS

<i>A. Balláné Kovács – S. Né Kincses – R. Erdeiné Kremper – D. T. Krupincza: The examination of the effects of food waste compost on carrot (<i>Daucus carota</i> L.) production on sandy soil</i>	5
<i>I. Kádár – P. Ragályi – L. Szemán: Examination of fertiliser effects on 11-year-old established all-grassland</i>	21
<i>P. Mikó – G. P. Kovács – Cs. Gyuricza: Examination of the biomass and nutrient content of green manure plants in 2010 and 2011</i>	39
<i>E. Nemeskéri – K. Molnár – A. Cs. Dobos: Water use efficiency of pea varieties (<i>Pisum sativum</i> L.) of different maturity in the case of different water supply</i>	57
<i>P. Pepó – L. F. Dóka – A. Szabó – L. G. Karancsi – A. Vad: The impact of certain agrotechnical factors on the yield of pea (<i>Pisum sativum</i> L.)</i>	77

СОДЕРЖАНИЕ

<i>А. Баллане Ковач – Ш.-Не Кинчеш – Р. Ердеине Кремпер – Д. Т. Крупинца:</i> Исследование влияния компоста пищевых отходов на урожай моркови (<i>Daucus carota</i> L.) на песчаной почве	5
<i>И. Кадар – П. Рагайи – Л. Семан:</i> Исследования влияний искусственных удобрений на 11-летнем посаженном дёрне	21
<i>П. Мико – Г. П. Ковач – Ч. Дьюрица:</i> Исследование массы и содержания пи- тательного вещества биомассы сидеральных растений пожнивного по- сева в 2010–2011-х годах	39
<i>Э. Немешкери – К. Молнар – А. Ч. Добош:</i> Водопользование сортов гороха (<i>Pisum sativum</i> L.) с различными вегетационными периодами при раз- ной обеспеченности водой	57
<i>П. Пено – Л. Ф. Дока – А. Сабо – Л. Г. Каранчи – А. Вад:</i> Влияние некоторых агротехнических факторов на урожай гороха (<i>Pisum sativum</i> L.)	77

Az ételhulladék-komposzt hatásának vizsgálata a sárgarépa (*Daucus carota* L.) termésére homoktalajon

BALLÁNÉ KOVÁCS ANDREA - KINCSES SÁNDORNÉ - ERDEINÉ KREMPER RITA -
KRUPINCZA DÁNIEL TIBOR

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Tenyészedényes kísérletben az ételhulladék-komposzt hatását vizsgáltuk a homoktalajon termesztett sárgarépa termésére, nitrát-tartalmára, foszfor-, káliumfelvételére, valamint talaj könnyen oldható foszfor- és káliumtartalmának változására. A kezelésként három ismétlésben beállított kísérletben a kontroll és az NPK műtrágyakezelés mellett növekvő komposztadagokat alkalmaztunk (10 t/ha, 20 t/ha, 30 t/ha, 50 t/ha, 50 tf% komposzt-50 tf% talaj).

Eredményeink rámutattak, hogy az NPK műtrágyák termést növelő hatása mellett az emelkedő komposztadagok 30 t/ha adagig is jelentősen növelték mind a levélzet, mind a gyökerek tömegét. A 30 t/ha adagú komposzt hatására a sárgarépagyökerek tömege a kontrollhoz képest 85%-kal növekedett. 50 t/ha komposztadagnál a levélzet tömege nagyobb mértékben nőtt, a gyökérfejlődés visszaesett a 30 t/ha adagú kezelésben mérthez képest. A legnagyobb komposztterhelésnél (50% komposzt-50% talaj) a termés a többi kezeléshez képest jelentősen csökkent, a gyökérelágazások száma megnövekedett, és a kisméretű, elágazó gyökerekben, azok leveleiben igazolhatóan emelkedett a nitrát-tartalom. A legnagyobb komposztadag kedvezőtlen hatása nem teljes mértékben tisztázott, de méréseink szerint egyrészt a nagyobb sótartalmával, másrészt a gyökérnövekedésre ható fizikai, mechanikai gátló hatásával magyarázható.

A kísérletben az ételhulladék-komposzt tápanyag-szolgáltató képessége igazolódott. A komposztadagok növekedésével, 30 t/ha komposztadagig mind a levelek, mind a gyökerek által felvett kálium és foszfor mennyisége is arányosan nőtt. Az 50 t/ha komposzt-

dózis és az ennél nagyobb komposztterhelés (50 tf% komposzt) növényfejlődést gátló hatása mellett csökkent a sárgarépa foszfor- és káliumfelvétele, ugyanakkor a komposzt mineralizációja során felszabaduló oldható foszfor és kálium mennyiségének növekedését a talajban az AL-oldható foszfor- és káliumtartalom emelkedése igazolta.

Kulcsszavak: ételhulladék-komposzt, homoktalaj, sárgarépa, nitrát, foszfor, kálium

The examination of the effects of food waste compost on carrot (*Daucus carota* L.) production on sandy soil

A. BALLÁNÉ KOVÁCS – S.-NÉ KINCSES – R. ERDEINÉ KREMPER – D. T. KRUPINCZA
University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and
Environmental Management, Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science,
Debrecen

Summary

A greenhouse pot experiment on sandy soil was conducted to examine the effects of food waste compost on yield, nitrate content, phosphorus and potassium uptake of carrot (*Daucus carota* L.) and AL soluble phosphorus and potassium content of soil. Five levels of food waste compost (10 t ha⁻¹; 20 t ha⁻¹; 30 t ha⁻¹; 50 t ha⁻¹; 50 vv% compost), NPK fertilizers and control were tested as treatments. Each treatment was applied in three replications.

Results indicated that besides the positive yield effect of NPK fertilizer significant response to yield was observed for application of food waste compost up to 30 t ha⁻¹ dose. 30 t ha⁻¹ compost dose increased the carrot weights by 85% compared to control. The 50 t ha⁻¹ of compost dose increased the weight of leaves to a greater extent than the weight of roots compared to those found in case of applying 30 t ha⁻¹. The highest compost dose (50 vv% compost) caused significant yield decrease, also increased the number of root branches, while in the small, branched roots the nitrate content significantly increased. The negative effect of the highest compost dose has not fully elucidated, but according to our results, the root growth could be retarded firstly by the higher salt content of food waste compost and secondly by its mechanical inhibitory effect.

The nutrient supply capability of food waste compost was clearly shown. By increasing compost doses up to 30 t ha⁻¹, the phosphorus and potassium uptake of leaves and roots proportionately increased. In addition to the root growth inhibitory effect of doses of 50 t ha⁻¹ and 50 vv%, the potassium and phosphorus uptake of plants was also reduced due to their application. However, due to the mineralization of compost, the increase of phosphorus and potassium in the soil was verified by the increase of the amount of AL-P₂O₅ and AL-K₂O.

Key words: food waste compost, sandy soil, carrot nitrate, phosphorus, potassium

Исследование влияния компоста пищевых отходов на урожай моркови (*Daucus carota* L.) на песчаной почве

А. БАЛЛАНЕ КОВАЧ – Ш.-НЕ КИНЧЕШ – Р. ЕРДЕИНЕ КРЕМПЕР – Д. Т. КРУПИНЦА
Дебреценский Университет, Факультет Сельского Хозяйства, Науки о Пище и
Экологического Менеджмента, Институт Агрохимии и Почвоведения, Дебрецен

Резюме

В опыте с вегетационными сосудами исследовали влияние компоста пищевых отходов на урожай выращенной на песчаной почве моркови, а также на содержание нитрата, на приём фосфора, калия, и на изменения легкорастворимого в почве содержания фосфора и калия. В каждой дозе в установленном в трёх повторениях опыте вместе с контролем и с дозами искусственных удобрений NPK применяли растущую дозу компоста (10 t/ha, 20 t/ha, 30 t/ha, 50 t/ha, 50 t/ha компост–50 t/ha почва).

Наши результаты показали, что вместе с увеличивающим урожаем влиянием искусственных удобрений NPK, растущие дозы компоста до дозы 30 t/ha также значительно увеличили как листообразование, так и массу корней. Под влиянием дозы компоста 30 t/ha масса корней моркови выросла по сравнению с контролем на 85%. При дозе компоста 50 t/ha листовая масса выросла в большем размере, но развитие корня уменьшилось по сравнению с дозой 30 t/ha. При самой большой нагрузке компостом (50% компост–50% почва) урожай значительно сократился по сравнению с другими дозами, количество разветвлений корней выросло, и в маленьких,

разветвлённых корнях, в их листьях доказуемо выросло содержание нитрата. Неблагоприятное влияние самой большой дозы компоста не выяснено в полной мере, но согласно нашим измерениям, это, с одной стороны, можно объяснить влиянием большего содержания соли, с другой стороны, влиянием на рост корня физического, механического преграждающего воздействия.

В опыте подтвердилась способность обслуживать питательными веществами компоста пищевых отходов. С ростом доз компоста, до дозы компоста 30 t/ha количество калия и фосфора, усвоенного и листьями, и корнями, пропорционально выросло. Вместе с задерживающим влиянием на развитие растения дозы компоста 50 t/ha и больше (50 t/ha компост) уменьшилось усвоение морковью фосфора и калия, в то же время в ходе минерализации компоста подтвердился рост количества освобождённого растворимого фосфора и калия в почве увеличением AL-растворимого содержания фосфора и калия.

Ключевые слова: компост пищевых отходов, песчаная почва, морковь, нитрат, фосфор, калий

Bevezetés

A fenntartható mezőgazdasági termelés fontos célja a talajaink észszerű hasznosítása, termőképességének védelme, fokozása (Loch 1999, Várallyay 2002). A talajtermékenység legfőbb hordozói a szervesanyag- és tápanyagtartalom. A hazai szakirodalomban többen is hangsúlyozzák a talajban lévő szervesanyag minőségének, mennyiségének fontosságát, így a talajba juttatott szervesanyagoknak igen nagy jelentőséget tulajdonítanak (Filep 2008, Kádár et al. 2009, Kismányoky 2009). A talajtermékenység fenntartásának, javításának, a terméshez szükséges tápanyagok pótlásának egyik környezetkímélő módja a különböző eredetű komposztok mezőgazdasági hasznosítása (Bertoldi et al. 1984, Füleký és Benedek 2009). A komposztálás egy biológiai, kémiai, fizikai folyamat, mely során a szervesanyag stabilizálódik, a mineralizáció és humifikáció során stabil, homogén végtermék keletkezik (Sullivan et al. 2002). A komposzt mezőgazdasági hasznosításával csökkenthetjük a keletkező szerves hulladékok mennyiségét, ugyanakkor a szervesanyagok talajba juttatásával a talaj termékenységét növelhetjük. A komposztok kedvezően befolyásolják a talajok fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait egyaránt (Loch 1999, Pascual et al. 2007).

A jó minőségű, érett komposztok hatására javul a talaj szerkezete, nő a tápanyag-szolgáltató képessége, javul hő- és vízgazdálkodása (Maynard 1993).

A komposztkészítés alapanyagait az éttermi, konyhai hulladékok is képezhetik. Egy magyarországi rendelet szerint a konyhai hulladékot nagy mennyiségben kibocsátó intézményeknek törvényben szabályozott kötelességük gondoskodni az állati eredetű hulladéknak minősülő melléktermékeik begyűjtéséről, ártalmatlanításáról (2012/CLXXXV. törvény). Korábban ezeket a hulladékokat sertésekkel etették fel, azonban az 75/2002. FVM rendelet megjelenése óta a hulladékok ilyen módon történő ártalmatlanítása tilos. E mellett a hulladékgazdálkodási törvényben olyan irányelv is megjelent, mely szerint a hulladéklerakókba kerülő, biológiailag bontható szerves hulladékok mennyiségét 2014-re 35%-kal kell csökkenteni (2012/ CLXXXV. törvény).

A jogszabályok elvárásainak eleget téve olyan eljárások megvalósítása szükséges tehát, mellyel a keletkező éttermi, konyhai hulladékokat környezetkímélő és hasznos módon ártalmatlaníthatjuk. Erre jelenthet egyfajta megoldást a komposztálás, amely egy hulladék-újrahasznosító eljárás. Az élelmiszerhulladék-komposzt előnye más típusú komposztokhoz képest, hogy az eredete miatt a kedvező tápanyagtartalma mellett jóval alacsonyabb a nehézfém- és egyéb toxikus anyag tartalma (Yang et al. 1998, Hogland et al. 2003).

A különböző eredetű komposztok talajra, növényekre gyakorolt hatásáról számos publikációban olvashatunk [sertés trágya komposzt: Weon et al. (1999), Wong et al. (1999); szennyvíziszap komposzt: Aggildes és Londra (2000), Petróczki (2004)], ugyanakkor az élelmiszerhulladék komposzt vizsgálatával (Fábián 2009), hatásaival kevés és elsősorban külföldi irodalmi forrást találhatunk (Jae-Jung Lee et al. 2004, Arancon et al. 2004).

A sárgarépa Magyarországon a legnagyobb területen termesztett gyökérzöldségféle, az ernyősvirágzatúak (*Apiaceae*) családjába tartozik. Gyökere főgyökér, karógyökér. Közepes hő- és vízigényű, az árnyékos helyet jól tűró zöldség (Balázs 1994). A mélyrétegű, laza talajtípusokon fejlődik jól (Hájas 1976). A frisspiaci ellátásra termesztett sárgarépa esetén fontos minőségi paraméterek az egyenletes felszín, az elágazás-mentesség, a szép belső szín, valamint a megfelelő beltartalmi paraméterek, mint pl. alacsony nitrát-tartalom (Bogdánné et al. 1997).

A kísérletünk célja az volt, hogy elemezzük az élelmiszerhulladékból előállított komposzt növekvő adagjainak hatását a kis termőképességű homok-

talaj tápanyag-szolgáltató képességének változására, a sárgarépa termésutatóira, tápanyagfelvételére.

Anyag és módszer

A tenyészedény-kísérletet a Debreceni Egyetem MÉK Agrokémiai és Talajtani Intézet tenyészedény-házában állítottuk be 2011. áprilisában Pallag környéki humuszos homoktalajon. A kezeletlen talaj alapvető tulajdonságai a következők voltak: $\text{pH}(\text{CaCl}_2)=6,01$; $\text{Hu}\%=1,3$; $\text{K}_A=26$; $\text{AL-P}_2\text{O}_5=274$ mg/kg; $\text{AL-K}_2\text{O}=286$ mg/kg. Mitscherlich típusú edényekbe 10,5 kg légszáraz talajt mértünk be. A kísérlet kezelési tervét, az ételhulladék-komposzt adagjainak mennyiségét az 1. táblázatban foglaltuk össze. A vizsgált ételhulladék-komposzt nyitott prizmás komposztálás és 10 hónapos érlelést követően homogén, apró morzsás szerkezetű volt. A főbb jellemzőit a 2. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A tenyészedény-kísérlet kezelési terve

Kezelés (1)	Komposztadag (g/10,5 kg talaj) (2)	Komposztadag (t/ha) (3)
Kontroll (4)	0	0
NPK	0	0
Komposzt 1 (5)	35	10
Komposzt 2 (6)	70	20
Komposzt 3 (7)	105	30
Komposzt 4 (8)	175	50
Komposzt 5 (9)	50 tf% komposzt + 50 tf% talaj (10)	

Table 1. Treatment plan of the pot experiment. (1) Treatment, (2) Compost dose (g/10.5 kg soil), (3) Compost dose (t/ha), (4) Control, (5) Compost 1, (6) Compost 2, (7) Compost 3, (8) Compost 4, (9) Compost 5, (10) 50 vol% compost + 50 vol% soil

A műtrágyázott kezelésben a sárgarépa nitrogén, foszfor és káliumszükségletét (0,7 g/10,5 kg talaj; 0,3 g P_2O_5 /10,5 kg talaj; 0,8 g K_2O /10,5 kg talaj) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, NH_4NO_3 és K_2SO_4 oldatok formájában biztosítottuk a tervezett terméshez szükséges tápanyagszükségletből számolva. A kísérletet véletlen blokkelrendezésben, kezelésként három ismétlésben állítottuk be. A tenyész-

edényeket kocsikon helyeztük el és nappal a szabadban, éjjel, eső esetén tető alatt tartottuk.

2. táblázat. A komposzt főbb jellemzői

Hamu (%) (1)	20,31
Száranyag (%) (2)	90,83
C (%)	31,00
N (%)	1,55
C/N	20
P (%)	0,20
K (%)	0,77
pH CaCl ₂	6,01

Table 2. Main characteristics of compost. (1) Ash (%), (2) Dry matter (%)

Edényenként 12 db „Nanti” típusú sárgarépmagot (*Daucus carota* L.) vettünk 2011. április 21-én. A kelést követően minden edényben hat sárgarépat hagytunk további termesztésre. A vízellátást a szabadföldi vízkapacitás 60%-ára állítottuk be. Az edényeket naponta, melegebb napokon naponta kétszer öntöztük ioncserélt vízzel, adott tömegre történő tömegkiegészítés alapján.

A sárgarépat 2011. július 15-én takarítottuk be. Mértük az edényenként termelt gyökér- és levéltömeget, a répatetek hosszát, átmérőjét. A növénymintákat levegőn szikkasztottuk, majd 50 °C-os szárítás és mérlegelés után a további kémiai analízis céljából megdaráltuk.

A növény nitrát-tartalmát a növény száranyagának vizes kivonatából határoztuk meg kromotrópsavas színezéssel, spektrofotometriásan (Wetters és Kenneth 1970). A foszfor- és káliumtartalmat H₂SO₄+H₂O₂-os roncsolást követően ammónium-molibdenát-vanadátos színezéses spektrofotometriás módszerrel (Tahmm et al. 1968), illetve emissziós lángfotometriával mértük. A növény által kivont foszfor- és káliumtartalmat az edényenkénti termés és elem-tartalmak szorzataként számoltuk ki.

A vegetációs időszak végén minden edényből talajmintát vettünk, amit megszárazítottunk, daráltunk, majd a további analízis céljából átszitáltunk (<2mm). A mintákból ammónium-laktát-ecetsav (pH=3,7) (Egner et al. 1960) kivonó-szer segítségével talajkivonatot készítettünk. A kivonatok P koncentrációját

fotometriásan, molibdénkék színezéses módszerrel határoztuk meg, a K-tartalmat emissziós lángfotométerrel mértük.

A kezelések közötti statisztikailag igazolható eltérések kiszámításához az Excel program segítségével varianciaanalízist végeztünk, átlagértékeket és 95%-os valószínűségű szignifikáns differenciát határoztunk meg.

Eredmények

A sárgarépa termésmutatói

A sárgarépa levelek és -gyökerek edényenként termett nedves tömege 54,4–164,1 g/edény intervallumban, valamint 10,6–259,1 g/edény értékek között változott a különböző kezelésekben (1. ábra).

1. ábra. A kezelések hatása a levelek és gyökerek nedves tömegének változására

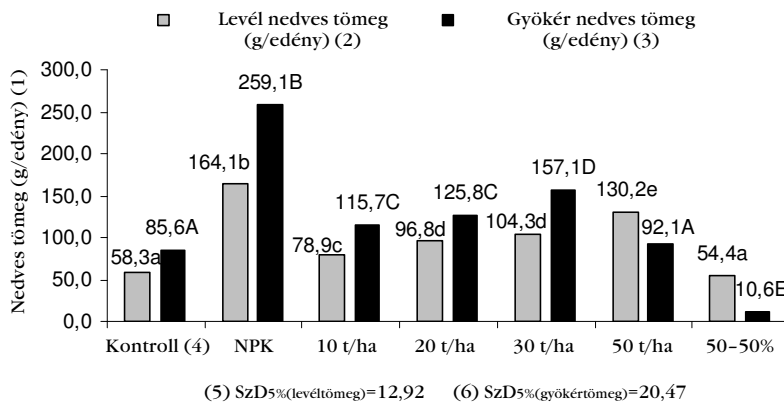


Figure 1. The impact of treatments on the change of the wet mass of leaves and roots. (1) Wet mass (g/pot), (2) Wet leaf mass (g/pot), (3) Wet root mass (g/pot), (4) Control, (5) LSD_{5%} (leaf mass)=12.92, (6) LSD_{5%} (root mass)=20.47

A kontrollhoz viszonyítva a legnagyobb tömegnövekedést mind a levelek, mind a gyökerek esetében a műtrágyázott kezelésben mértük. Azonban az emelkedő komposztadagok is 30 t/ha adagig jelentősen növelték mind a levelek, mind a gyökerek tömegét. A kontrollhoz képest már a legkisebb komposztadag (10 t/ha) statisztikailag igazolható növekedést eredményezett, a 30 t/ha komposzt hatására a sárgarépagyökerek tömege a kontrollhoz képest 85%-kal növekedett.

Az 50 t/ha kezelésben levél, gyökér tömegarány eltolódást tapasztaltunk, vagyis ezen edényekben a levelek tömege nagyobb mértékben nőtt, a gyökérfejlődés kisebbé vált. A legnagyobb komposztterhelés (50% komposzt–50% talaj) már kedvezőtlennek bizonyult, ugyanis ekkor mind a levélzet, mind a gyökerek tömege a többi kezeléshez képest jelentősen, igazolhatóan csökkent.

A sárgarépa hosszának és átmérőjének változásait a kezelések hatására a 2. ábrán mutatjuk be. A leghosszabb és legnagyobb átmérőjű, elágazásmentes sárgarépát a műtrágyával kezelt és a 30 t/ha komposzt adagú edényekben termesztettük. A növekedés mindkét esetben statisztikailag is igazolható volt.

2. ábra. A kezelések hatása a sárgarépagyökerek hosszának és átmérőjének változására

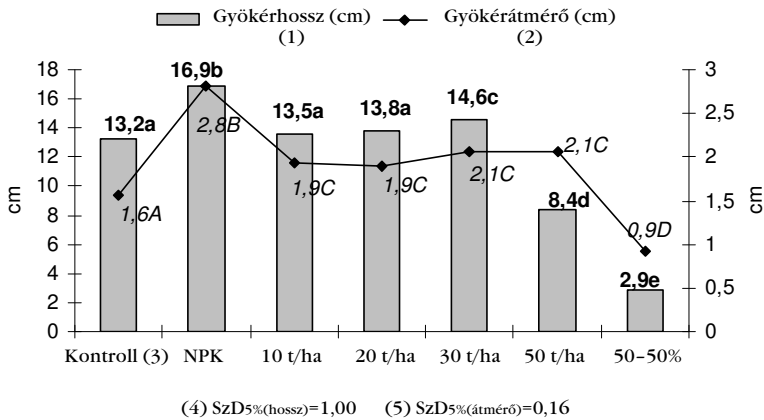


Figure 2. The impact of treatment on the change of length and diameter of carrot roots. (1) Root length (cm), (2) Root diameter (cm), (3) Control, (4) LSD_{5%} (length)=1.00, (5) LSD_{5%} (diameter)=0.16

A kisebb komposztadagoknál (10 t/ha, 20 t/ha) bár nem módosult igazolhatóan a sárgarépa hossza, az átmérőjük szignifikánsan növekedett a kontrollhoz képest. A 30 t/ha kezelésű edényekben termelt sárgarépa hossza és átmérője is nagyobb volt, mint a kontroll edényben termesztetteké.

Az 50 t/ha komposztkezelés hatására a sárgarépa hossza jelentősen csökkent, és az elágazások száma számottevően nőtt. A legnagyobb komposztadagú (50 t%) edényekben mértük a legkisebb méretű sárgarépákat, és az elágazások száma is ezen edényekben volt a legnagyobb.

A sárgarépa nitrát-tartalmának változása a kezelések függvényében

A sárgarépa beltartalmi mutatói közül élelmezés-egészségügyi szempontból nagyon lényeges a nitrát-tartalom (Hord et al. 2009). A sárgarépa Terbe és Patócs (1989) szerint kis, közepes nitrát-felhalmozó zöldségféle.

Méréseink szerint a levelek nitrát-tartalma minden kezelésben kisebb volt, mint a gyökerek megfelelő értékei (3. ábra).

3. ábra. A kezelések hatása a sárgarépa nitrát-tartalmára
(NO₃-N% a szárazanyagban)

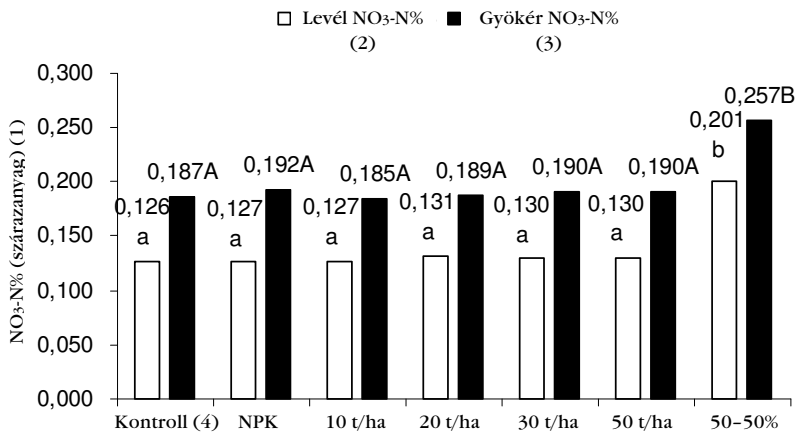


Figure 3. The impact of treatments on the nitrate content of carrot (NO₃-N% in the dry matter). (1) (NO₃-N% (dry matter), (2) Leaf NO₃-N%, (3) Root NO₃-N% (4) Control

A legnagyobb komposzterhelésű kezelés (50 tf% komposzt) értékének kivételével sem a levelek, sem a gyökerek nitrát-tartalma nem különbözött igazolhatóan a kontrollhoz képest az eltérő kezeléseken. Smolen és Sady (2009) szabadföldön végzett kísérletükben szintén nem tapasztaltak igazolható változást a sárgarépa nitrát-tartalmában a különböző nitrogénkezelések hatására. Kísérletünkben a nitrát-tartalom csak a legnagyobb komposztadag esetében (50 tf% komposzt) emelkedett meg a gyökerekben és a levelekben jelentősebben. Magyarországon a friss, feldolgozatlan sárgarépára nincs élelmezés-egészségügyi nitrát-határérték megadva. A leveles zöldségek esetén, a saláta megengedett NO₃- határértéke a termesztési időszaktól függően 2500–4500 mg/kg (nedves tömeg) (Európai Unió szabályzat 2002). A sárgarépagyökerek nitrát-

tartalma csak a legnagyobb adagú komposztkezelésben közelítette meg ezt a határértéket, azaz ebben a kezelésben a NO_3^- értéke nedves tömegre számolva 2276 mg/kg volt.

A sárgarépa kálium- és foszforfelvétele a kezelések függvényében

Az ételhulladék-komposzt tápanyag-szolgáltató képességének jellemzésére megvizsgáltuk a növény által edényenként kivont kálium- és foszformennyiségeket a kezelések függvényében.

A sárgarépalevelek káliumfelvétele minden kezelésben nagyobb volt a gyökerek megfelelő értékeinél. A legnagyobb mennyiségű káliumot a műtrágyázott kezelésben vonta ki a növény. A termés is itt volt a legnagyobb és a műtrágyával azonnal hozzáférhető, felvehető káliumot juttattunk a talajba. A komposzt potenciális tápanyag-szolgáltató képessége azonban mennyiségének és mineralizációjának függvényében változhat.

Adatainkból látható (4. ábra), hogy a kisebb komposztdózisoknál, azok növekedésével (10 t/ha, 20 t/ha, 30 t/ha) mind a levelek, mind a gyökerek által kivont kálium mennyisége is arányosan nőtt. Az 50 t/ha kezelésű edényekben a levelek által felvett kálium mennyisége még tovább növekedett, a gyökerek által kivont értékek ugyanakkor a 30 t/ha adaghoz képest csökkentek. Az 50 t/ha komposztadag hatására a levélzet fejlődése nagyobb mértékű volt, így annak káliumfelvétele is fokozottabb volt, a gyökérfejlődést és a gyökerek káliumfelvételét azonban ez az adag igazolhatóan gátolta. A legnagyobb komposzterhelés hatására (50 tf% komposzt) a kivont kálium (mind a levelek, mind a gyökerek által) mennyisége az előző kezelések értékeihez képest még tovább csökkent, és a kontrollhoz képest is jóval kisebbé vált. Ezen edényekben mértük a legkisebb méretű és tömegű sárgarépákat. A kis terméssel csekély mennyiségű káliumot vont ki a növény a talajból.

A sárgarépagyökerek által edényenként kivont foszfor mennyisége csak a műtrágyázott kezelésben előzte meg a levelek megfelelő értékét (5. ábra). Ezen edényekben a gyökértömeg nagyobb mértékű növekedésének következtében nőtt meg a kivont foszfor mennyisége ilyen nagymértékben. A legnagyobb mennyiségű foszfort, a káliumhoz hasonlóan, a műtrágyázott kezelésű edényekben vette fel a növény.

Valamennyi komposztkezelésben a levelek által kivont értékek nagyobbak voltak a gyökerek értékeihez viszonyítva.

4. ábra. A kezelések hatása a sárgarépa kálium-felvételére (g/edény)

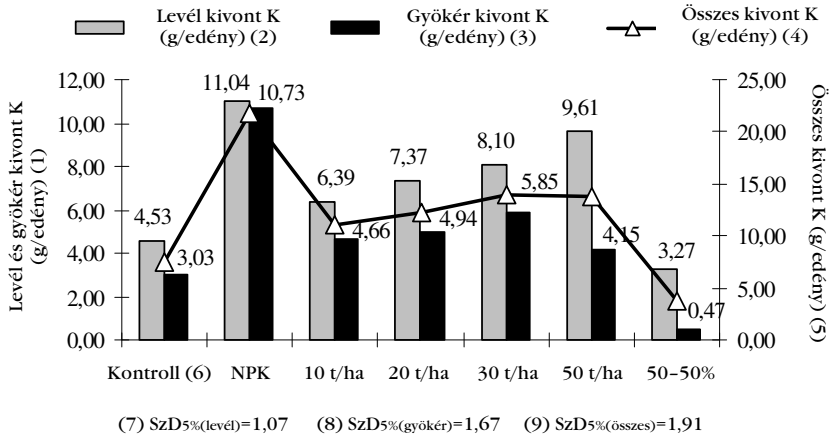


Figure 4. The impact of treatments on the potassium uptake of carrot (g/pot). (1) Extracted K in leaves and roots (g/pot), (2) Extracted K in leaves (g/pot), (3) Extracted K in roots (g/pot), (4) Total extracted K (g/pot), (5) Total extracted K (g/pot), (6) Control, (7) LSD_{5%}(leaf)=1.07, (8) LSD_{5%}(root)=1.67, (9) LSD_{5%}(total)=1.91

5. ábra. A kezelések hatása a sárgarépa foszforfelvételére (g/edény)

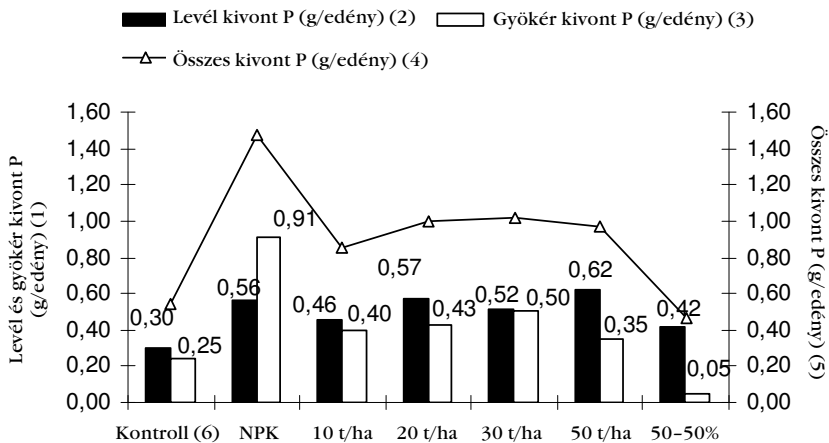


Figure 5. The impact of treatments on the phosphorus uptake of carrots (g/pot). (1) Extracted P in leaves and roots (g/pot), (2) Extracted P in leaves (g/pot), (3) Extracted P in roots (g/pot), (4) Total extracted P (g/pot), (5) Total extracted P (g/pot), (6) Control

Adatainkból látható, hogy a kisebb komposztdózisoknál, azok növekedésével (10 t/ha, 20 t/ha) mind a levelek, mind a gyökerek által kivont foszfor mennyisége is arányosan nőtt. Az 50 t/ha értékű komposztadagnál a bekövetkezett levél/gyökér tömegarány eltolódás a kivont foszforértékeinél is jelentkezett, vagyis ezen edényekben a levelek általi foszforfelvétel jóval nagyobb volt a gyökerek értékéhez képest. A legnagyobb komposztterhelés (50%) kivételével az összes kivont érték rendre nagyobb volt a kontrollédény értékeihez képest. A legnagyobb komposztadag hatására – az akadályozott gyökérfejlődés következtében – a gyökerek által felvett foszfor mennyisége jelentősen visszaesett.

A kezelések hatása a talaj AL oldható kálium- és foszfor-tartalmára

A tenyészidő végén megmértük a talaj AL-oldható foszfor- és káliumtartalmát (3. táblázat). A műtrágyával kezelt edényekben bár nagyobb értékeket várnánk, a nagyobb répatermés miatti nagyobb tápanyagelvétel következtében a kísérlet végére sem az AL-K₂O, sem az AL-P₂O₅ mennyisége nem volt igazolhatóan nagyobb a kontrollhoz képest.

3. táblázat. A kezelések hatása a talaj AL-K₂O és AL-P₂O₅ tartalmára (mg/kg)

	AL-K ₂ O (mg/kg)	AL-P ₂ O ₅ (mg/kg)
Kontroll (1)	226,2a	274,4a
NPK	186,6a	278,4a
10 t/ha	228,1a	258,35a
20 t/ha	241,3a	276,13a
30 t/ha	237,1a	282,57a
50 t/ha	256,3b	329,32ab
50-50%	501,7c	347,18b
SzD _{5%} (2)	29,76	58,05

Table 3. The effect of treatments on the AL-K₂O and AL-P₂O₅ content of the soil (mg/kg). (1) Control, (2) LSD_{5%}

A komposzttal kezelt edényekben a kisebb adagok esetén (10, 20, 30 t/ha) az AL-oldható kálium és foszfor mennyisége kis mértékben fokozódott, azonban igazolható növekedést mindkét tápelemnél csak az 50 t/ha és az 50 t/ha komposztadagú edényekben mértünk (3. táblázat). Az AL-K₂O mennyisége a

legnagyobb komposztterhelésű kezelésben a kontrollhoz képest csaknem megduplázódott, az $Al-P_2O_5$ mennyisége pedig 26,5%-kal lett nagyobb. Ezekben az edényekben nagyon kicsi volt a termés, így a mineralizáció során felszabadult kálium és foszfor a talajban maradt.

Következtetések

A kis termőképességű homoktalajon alkalmazott ételhulladék-komposzt 30 t/ha adagig jelentősen növelte a sárgarépa termésmutatóit. A 30 t/ha adagú komposzt hatására a sárgarépagyökerek tömege a kontrollhoz képest 85%-kal volt nagyobb. Az 50 t/ha kezelésben levél/gyökér tömegarány eltolódást tapasztalunk, vagyis ezen edényekben a levelek tömege nagyobb mértékben nőtt és a gyökérfejlődés kisebb mértékű volt a kontrollban mérthez képest. A legnagyobb komposztterhelés (50% komposzt–50% talaj) már kedvezőtlennek bizonyult, mind a levélzet, mind a gyökerek tömege a többi kezeléshez képest jelentősen, igazolhatóan csökkent, a gyökérelágazások száma megnőtt, a nitrát-tartalom is igazolhatóan nagyobbá vált.

Az ételhulladék-komposzt a mineralizációja során növelte a talaj felvehető foszfor- és káliumkészletét. A 30 t/ha adagig arányosan növekedett a sárgarépa foszfor- és káliumfelvétele. A nagyobb adagok (50 t/ha, 50% komposzt) gyökérfejlődést gátló hatása következtében bár csökkent a növény által felvett tápelemek mennyisége, ezen edényekben a tenyészidő végén mérve azonban igazolhatóan megnövekedett a talajban maradó oldható foszfor és kálium mennyisége.

Irodalom

- 75/2002 (VIII. 16.) FVM rendelet. A klasszikus sertéspestis és az afrikai sertéspestis elleni védekezésről. Magyar Közlöny. 109: 6037–6070.
- 2012/CLXXXV törvény. A hulladékról. Magyar Közlöny. 160: 26904–26946.
- Aggüdes, S. M.–Londra, P. A.: 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technol.* 71: 253–259.
- Arancon, N. Q.–Clive, A. E.–Atiyeh, R.–Metzger, J. D.: 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology.* 93. 2: 139–144.

- Balázs S.*: 1994. Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bertoldi, M. – Vallini, G. – Pera, A.*: 1984. Composting of Agricultural and Other Wastes. Elsevier. Amsterdam. 27–34.
- Bogdán I. né–Vaskuti Zs. – Birkás Gy.*: 1997. Ipari sárgarépa fajták értékelése. Új Kertgazdaság Budapest. 3. 1: 91–98.
- EC (European Commission)*: 2002. Commission Regulation (EC) No 563/2002 of April 2002 amending regulation (EC) No 466/2001 setting maximum levels for certain contaminants in food stuffs. Official J. Eur. Commun. L86: 5-6. 2002.
- Egner, H. – Riehm, H. – Mingo, W. R.*: 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. Kungl. Lantbrukshögsk. Ann. Uppsala. 26: 199–215.
- Fábián Z.*: 2009. Konyhai hulladékok alternatív hasznosítása, Szakdolgozat. Debreceni Egyetem. Debrecen.
- Filep T.*: 2008. Az oldott szervesanyag-tartalom (DOM) és a talajtulajdonságok összefüggése. Agrokémia és Talajtan. 57. 1: 37–46.
- Füleky, Gy. – Benedek, Sz.*: 2009. Composting as recycling of biowaste, A review. [In: Lichtfouse, E. (ed.) Sustainable Agriculture Reviews 3. – Sociology, Organic Farming, Climate Change and Soil Science.] Springer. The Netherlands. 319–346.
- Hájas M.*: 1976. Gyökérszöldségek termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Hogland, W. – Bramryd, T. – Marques, M. – Nimmermark, S.*: 2003. Physical, chemical and biological processes for optimizing decentralized composting. Compost Sci. Util. 11. 4: 330–336.
- Hord, N. G. – Yaoping, T. – Bryan, N. S.*: 2009. Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. Am. J. Clin. Nutr. 90. 1: 1–10.
- Jae-Jung, L. – Ro-Dong, P. – Yong-Woong, K. – Jae-Han, S. – Dond-Hyun, C. – Yo-Sup, R. – Bo-Kyoon, S. – Tae-Hwan, K. – Kil-Yong, K.*: 2004. Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. Bioresource Technology. 93: 21–28.
- Kádár I. – Petróczki F. – Hámosi V. – Morvai B.*: 2009. Kommunális szennyvíziszap, illetve vágóhídi hulladék komposzt hatása a talajra és a növényre szabadföldi kísérletben. Agrokémia és Talajtan. 58. 1: 121–136.
- Kismányoky T.*: 2009. Az őszi búza NPK mű- és szervestrágyázásának vizsgálata tartamkísérletekben, gabona vetésforgóban. Növénytermelés. 58. 2: 59–73.
- Loch J.*: 1999. A tápanyag-gazdálkodás aktuális kérdései Magyarországon. Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. Debrecen. Agrokémiai és Talajtani Szekció. DATE Kiadvány. 11–18.
- Maynard, A. A.*: 1993. Evaluating the suitability of MSW compost as a soil amendment in field-grown tomatoes. Compost Science and Utilization. 1: 34–36.
- Pascual, I. – Antolín, M. C. – García, C. – Polo, A. – Sanchez-Diaz, M.*: 2007. Effect of water deficit on microbial characteristics in soil amended with sewage sludge or inorganic fertilizer under laboratory conditions. Bioresource Technol. 98: 29–37.

- Petróczki, F.*: 2004. Effect of sewage sludge and slaughterhouse waste compost on plant growth. *Acta Agronomica Hungarica*. 52. 3: 253–261.
- Smolen, S.–Sady, W.*: 2009. The effect of various nitrogen fertilization and foliar nutrition regimes on the concentrations of nitrates, ammonium ions, dry matter and N-total in carrot (*Daucus carota* L.) roots. *Sci. Horticulturae*. 119. 3: 219–231.
- Sullivan, D. M.–Bary, A. I.–Thomas, D. R.–Fransen, S. C.–Cogger, C. G.*: 2002. Food Waste Compost Effects on Fertilizer Nitrogen Efficiency, Available Nitrogen and Tall Fescue Yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 154–161.
- Tahmm F.-né–Krámer M.–Sarkadi J.*: 1968. Növények és trágya-anyagok foszfortartalmának meghatározása ammonium-molibdovanadátos módszerrel. *Agrokémia és Talajtan*. 17: 145–156.
- Terbe I.–Patócs I.*: 1989. Zöldségfélék nitráttartalma. *Hűtőipar*. 2: 40–43.
- Várallyay Gy.*: 2002. A talaj multifunkcionalitásának szerepe a jövő fenntartható mezőgazdaságában. *Acta Agronomica. Supplements*. 13–25.
- Weon, H. Y.–Kwon, J.–Suh, J. S.–Choi, W. Y.*: 1999. Soil microbial flora and chemical properties as influenced by the application of pig manure compost. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 32: 76–83.
- Wetters, J. H.–Kenneth, L. U.*: 1970. Direct spectrophotometric simultaneous determination of nitrite in the ultraviolet. *Analytical Chem.* 42: 335–340.
- Wong, J. W. C.–Ma, K. K.–Fang, K. M.–Cheung, C.*: 1999. Utilization of a manure compost for organic farming in Hon Kong. *Bioresource Technol.* 67: 43–46.
- Yang, J. S.–Lee, I. B.–Kim, K. D.–Cho, K. R.–Lee, S. E.*: 1998. Effect of sodium chloride containing-composts on growth Lettuce (*Lactuca sativa* L.) and chemical properties of salt accumulated plastic film house soils. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 31: 277–284.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Balláné dr. Kovács Andrea* – Dr. Kincses Sándorné –
Erdeiné dr. Kremper Rita – Krupincza Dániel Tibor
Debreceni Egyetem MÉK
Agrokémiai és Talajtani Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*kovacs@agr.unideb.hu

Műtrágyahatások vizsgálata 11. éves telepített gyepon

¹KÁDÁR IMRE – ¹RAGÁLYI PÉTER – ²SZEMÁN LÁSZLÓ

¹Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont,
Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

²Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

Összefoglalás

Egy műtrágyázási kísérlet 38. évében, 2011-ben vizsgáltuk az eltérő N, P, K, ellátottsági szintek és kombinációik hatását a réti csenkesz (*Festuca pratensis*) vezérnövényű, nyolckomponensű pillangós nélküli gyepleverék 11. évének termésére, ásványi elem-tartalmára és elemfelvételére. A termőhely talaja a szántott rétegben 3% humuszt, 3–5% CaCO₃-ot és 20–22% agyagot tartalmazott, N és K elemekben eredetileg közepesen, P és Zn elemekkel viszonylag gyengén ellátottnak minősült. A kísérlet 4N × 4P × 4K = 64 kezelést × 2 ismétlést = 128 parcellát foglal magában. A talajvíz 13–15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. A vizsgált 2011. évben a tenyészidő kezdetén a talaj 1 m rétege kb. 170 mm csapadékot tárolt, a tenyészidő alatt lehullott csapadék 70 mm-t tett ki. A gyeppel mintegy 240 mm vízkészlettel rendelkezhetett a június 6-i kaszálás idejéig. Az előregedő gyeppel második kaszáláshoz sarjút nem képezett ebben az aszályos évben. Főbb eredmények:

- A gyeppel botanikai összetételét a N×P kölcsönhatások határozták meg. A nádképpel csenkesz 3–52%, taréjos búzafű 0–40%, a betelepült magyar rozsnok 4–31%, a csomós ebír 1–4% közötti borítást mutatott az N×P ellátottság függvényében. A N-hiányos talajon előretörték a gyomok és a pillangós fajok, míg a füvek visszaszorultak 26%-ot képviselve. A N és az NPK bőséges kínálatával emelkedett a pázsitfű fajok átlagos száma és a borítottságuk. A magyar rozsnok részarányát a javuló K-ellátás is megkétszerezte átlagosan.

- A szénahozam 1,1 t/ha-ról 5 t/ha fölé emelkedett, döntően a N-kínálattal. Ezzel párhuzamosan javult a vízhasznosulás. A N-kontroll talajon 2000 liter vizet használt fel a gyeper 1 kg szénaképzéséhez, a 100 kg/ha/év kezelésben 800 litert, míg a 300 kg/ha/év kezelésben 511 litert.

Kulcsszavak: telepített pillangós nélküli gyeper, NPK műtrágyázás, botanikai összetétel, vízhasznosulás

Examination of fertiliser effects on 11-year-old established all-grassland

¹I. KÁDÁR - ¹P. RAGÁLYI - ²L. SZEMÁN

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

²Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Crop Production, Gödöllő

Summary

The effect of various NPK supply levels and their combination was studied on the yield, mineral element content and element uptake in the 11th year of an eight-component, meadow fescue (*Festuca pratensis*)-dominant, leguminous-free grass mixture in 2011, the 38th year of a fertilisation experiment. The ploughed layer of the production site contained 3% humus, 3–5% CaCO₃ and 20–22% clay. Furthermore, the soil was originally moderately supplied with N and K and relatively weakly supplied with P and Zn. The experiment encompasses 4N × 4P × 4K = 64 treatments × 2 replications = 128 plots. Groundwater level is at 13–15 m and the area is drought-sensitive. In the early phase of the growing season of 2011, the upper 1 m layer of the soil stored approximately 170 mm precipitation and the total amount of rainfall was 70 mm during the growing season. The water stock of the grass was around 240 mm until the reaping at 6th June. The aging grass did not develop a second growth for the second reaping in this drought year. Main results:

- The botanical composition of the grass was determined by the N×P interactions. The following coverage values were determined against the N×P supply: Tall fescue:

3–52%, Agropyron: 0–40%, inhabited smooth brome: 4–31%, cocksfoot: 1–4%. Weeds and papilionaceae became more widespread on the N-deficient soil, while grass species were reduced, representing 26%. The average number and coverage of grass species increased as a result of the abundant N and NPK supply. The cover of smooth brome was doubled due to increasing K doses.

- Hay yield increased from 1.1 t ha⁻¹ to above 5 t ha⁻¹ mainly as a result of N supply. The water use efficiency was parallel to this phenomenon. The grass used 2000 l water for the production of 1 kg hay on the N control plot, while the same value was 800 l in the 100 kg ha⁻¹ year⁻¹ treatment and 511 l in the 300 kg ha⁻¹ year⁻¹.

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

Исследования влияний искусственных удобрений на 11-летнем посаженном дёрне

¹И. КАДАР – ¹П. РАГАЙИ – ²Л. СЕМАН

¹Венгерская Академия Наук, Исследовательский Центр Аграрных Наук,
Исследовательский Институт Почвоведения и Агрехимии, Будапешт

²Университет им. Святого Иштвана, Факультет Сельского хозяйства и Экологии,
Институт Растениеводства, Гёдёллэ

Резюме

На 38 году опыта искусственных удобрений, в 2011-ом году исследовали влияния различного уровня обеспечения N, P, K, и их комбинаций на урожай 11 года восьми-компонентного, без бобовых, с ведущим растением луговая овсяница (*Festuca pratensis*) смешанного дёрна, на содержание им минеральных элементов и на приём элементов. Почва места выращивания содержала в пахотном слое 3% гумуса, 3–5% CaCO₃ и 20–22% глины, по обеспеченности элементами N и K квалифицировалась изначально средней, а в элементах P и Zn относительно слабообеспеченной. Опыт включал в себя 4N × 4P × 4K = 64 дозы × 2 повторения = 128 парцелл. Почвенная вода расположена на глубине 13–15 м, территория чувствительна к засухе. Исследованный в 2011 году в начале вегетационного периода 1- метровый слой почвы

содержал примерно 170 mm осадков, выпавшие за вегетационный период осадки составили 70 mm. Дёрн мог располагать запасом воды всего в 240 mm до времени покоса 6-го июня. Устаевающий дёрн ко второму покосу не создал побеги в этот засушливый год. Главные результаты:

- Ботанический состав дёрна определили взаимовлияния N×P. Тростниковидная овсяница 3–52%, гребенчатый пырей 0–40%, появившийся безостый костёр 4–31%, сборная ежа 1–4% покрова показали в зависимости от обеспеченности N×P. На почве с недостатком N увеличились сорта сорняков и бобовых, а травы уменьшились, представляя 26%. С богатым внесением N и NPK выросло среднее число газоновых трав и их покрытие. Улучшение обеспеченности K-ем удвоит долю безостного костёра.
- Урожай сена увеличился с 1,1 t/ha до 5 t/ha, в основном с внесением N. Параллельно с этим улучшилась и усвоение воды. На N-контрольной почве 2000 л воды использовал дёрн для создания 1 kg сена, при дозе 100 kg/ha/год 800 литров, а при дозе удобрений 300 kg/ha/год 511 литров.

Ключевые слова: посаженный дёрн без бобовых, внесение удобрений NPK, ботанический состав, усвояемость воды

Bevezetés

Korábban részletesen ismertettük a kísérletünk módszerét, körülményeit, illetve a gyeprágyázással összefüggő fontosabb hazai és külföldi forrásokat. Bemutattuk az eltérő tápláltsági szintek és kombinációik hatását a telepített gyeprágyázására, első évének terméseire, N-felvételére és a N-műtrágyák hasznosulására. Szintén áttekintettük a takarmányérték vizsgálat módszertanát, irodalmát, valamint a gyepszéna minőségének változásait a tápláltsági szintek függvényében kísérletünkben. Külön dolgozat taglalta a széna fontosabb makro- és mikroelemeinek akkumulációját, a lehetséges kölcsönhatásokat az egyes elemek felvétele során. A nemzetközi és a hazai irodalom bázisán értékeltük azokat a diagnosztikai optimumokat, melyek a növénytáplálás, illetve a takarmányozás számára iránymutatóak lehetnek (Kádár 2004, Kádár és Győri 2004).

Vizsgáltuk a gyepszéna makro- és mikroelemeinek felvételét a tápláltsági szituáció függvényében és meghatároztuk az 1 tonna széna képződéséhez szükséges átlagos fajlagos elemigényt, mely a tudományosan megalapozott trá-

gyázási szaktanácsadás alapjául szolgálhat. Hasonló átfogó, 20–25 elemre kiterjedő elemforgalmi vizsgálatok a hazai szakirodalomban hiányoztak. A takarmányozástannal foglalkozó tudomány fejlődését is érintve, értékeltük a műtrágyázás hatását a gyepek aminosav tartalmára és hozamára. Bemutattuk, hogy a kiegyensúlyozatlan ásványi táplálás, illetve műtrágyahasználat milyen mérvű egyensúlytalanságot hozhat létre az egyes aminosavpárok között a felépő antagonizmusok nyomán (*Kádár és Győri* 2005).

A kísérlet 2. évének nagytömegű adatát külön értékeltük a termés és elemösszetétel, az ásványi elemforgalom, valamint a minőség és tápanyaghozam tekintetében. A kísérlet 3. évében 2003-ban az aszályos nyár miatt csak egyetlen kaszálásra került sor. Utóbbi közleményünk a hiányos, optimális és túlsúlyos vagy egyoldalú ásványi táplálás hatásait mutatta be a gyepszéna termésére, minőségi jellemzőire, elemösszetételére és elemforgalmára. A 4. éves műtrágyahatások eredményeit is közöltük, áttekintve a termés és az ásványi összetétel valamint az elemforgalom alakulását. Az 5–10. év adatait szintén összefoglaltuk (*Kádár et al.* 2011, *Kádár és Ragályi* 2011).

Ami a botanikai összetételt illeti, drasztikus módosulások történtek az évek és a műtrágyázás függvényében. A kísérlet 9. évére az elvetett 8 komponensből 3 növényfaj volt azonosítható: nádképzű csenkesz, taréjos búzafű és a csomós ebír. A zöld pántlikafű már az 1. évben sem tudott 1% feletti borítást elérni. A kísérlet 3. évében kipusztult a réti komócsin, 5. évben az angolperje, 6. évben a réti és a vörös csenkesz. Közben a gyomborítás 6%-ra emelkedett és 14%-ot ért el a betelepült magyar rozsnok, az összes növényborítás pedig a kezdeti 99%-ról 64%-ra csökkent. A nádképzű csenkesz a 0 és a 100 kg/ha/év N-kezelésben 45–46% borítottságot ért el, az e feletti N-adagnál részaránya 10% alá süllyedt. A taréjos búzafűnél a 200–300 kg/ha/év N-adagnál 26–28% volt a borítás, míg a N-kontroll parcellán e faj nem is jelent meg. A betelepült magyar rozsnok minden tápláltsági szituációban 10% felett volt képviselve, míg a csomós ebír elenyésző 3% borítást jelzett (*Szemán et al.* 2010). Jelen munkánk a 11. kísérleti év eredményeit tárgyalja.

Anyag és módszer

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, Intézetünk nagyhorcsöki kísérleti telepén. A termőhely löszön képződött karbonátos csernozjom talaja a szántott rétegben mintegy 3–5% CaCO₃-ot és 3% humuszt tartalmaz. A

pH(KCl) 7,3; az AL-P₂O₅ 60–80 mg/kg, AL-K₂O 140–160 mg/kg, KCl-oldható Mg 150–180 mg/kg. Ami a KCl+EDTA-oldható mikroelemeket illeti a Mn 80–150 mg/kg, a Cu 2–3 mg/kg, a Zn 1–2 mg/kg értékkel jellemezhető. A hazai szaktanácsadásunkban irányadó határértékek alapján ezek az adatok igen jó Mn, kielégítő Mg és Cu, közepes N és K, valamint gyenge P és Zn ellátottságról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen található, a kísérleti terület az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny.

A N-t megosztva, felét ősszel, felét tavasszal alkalmaztuk pétisó formájában 0, 100, 200, 300 kg/ha/év N-adagban. A P és K trágyázás 0, 500, 1000, 1500 kg/ha P₂O₅, illetve K₂O adaggal történik, 5–10 évente ismételve a feltöltést. Legutóbb 1999 őszén végeztünk PK feltöltő trágyázást. A N, P és K műtrágyákat 4–4 szinten adagolva 1973 őszén minden lehetséges kombinációt beállítottunk 4N × 4P = 16 × 4K = 64 kezelés × 2 ismétlés = 128 parcellában. A parcellák mérete 6 × 6 = 36 m², elrendezésük kevert faktoriális. A kísérleti terv, illetve az alkalmazott műtrágyázás lehetővé tette, hogy valamennyi olyan tápláltsági állapotot (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott) és azok változatait létrehozzuk, amelyek a gyakorlatban is előfordulnak, vagy táblaszinten a jövőben előfordulhatnak.

A 38 év alatt 0, 3800, 7600, 11 400 kg/ha N-t használtunk fel. A növények által fel nem vett N 40–60%-át NO₃-N formában tudtuk korábban kimutatni a túltrágyázott talajon. Az időnként végzett mélyfúrásaink szerint a NO₃-N 20–30 cm/év sebességgel szívároghat lefelé, a kísérlet 17. illetve 22. éve után a bemosódás mélysége elérte e termőhelyen a 6 m mélységet (Kádár és Németh 1993, Németh és Kádár 1999). Megemlítjük, hogy 2001-ben az 1 éves gyepek alatt a feltalaj NO₃-N készlete drasztikusan lecsökkent, még a 300 kg/ha/év N kezelésekben is, ami visszavezethető jelentős részben a növénybe épült hatalmas N-mennyiségekre. A két kaszálással felvett N földfeletti mennyisége megközelítette a 400 kg/ha tömeget. Akár hasonló lehetett a gyökerekbe épült N mennyisége is.

A 38 év alatt 0, 1500, 3000, 4500 kg/ha P₂O₅, illetve 2500, 5000, 7500 kg/ha K₂O felhasználásra került sor, mely tükröződik a feltalaj ammóniumlaktát oldható PK-készletén. Egyaránt megtalálható a gyenge, közepes, igen jó és a káros P-ellátottság. Hasonló a helyzet a talaj mobilis K-készletét illetően. A telepítés előtt majd 2005-ben és 2010-ben talajmintákat vettünk a szántott rétegből parcellánként 20–20 pontminta/lefúrás egyesítésével. A mintákban meghatároztuk a NH₄-acetát+EDTA-oldható makro- és mikroelemeket Lakanen és Erviö

(1971), valamint az NH_4 -laktát-oldható P- és K-tartalmat Egnér *et al.* (1960) szerint. A kísérletben alkalmazott kezeléseket és a talaj szántott rétegének AL-oldható elemtartalmát az 1. táblázat tekinti át. A kísérlet növényi sorrendje a 2. táblázatban tanulmányozható.

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

Műtrágyázás és talajvizsgálat (1)	Kezelések, illetve műtrágyázási szintek (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	1	2	3		
	N kg/ha/év (5)	0	100	200		
N kg/ha/38 év (6)	0	3800	7600	11400	-	5700
P ₂ O ₅ kg/ha/38 év (7)	0	1500	3000	4500	-	2250
K ₂ O kg/ha/38 év (8)	0	2500	5000	7500	-	3750
AL-P ₂ O ₅ mg/kg (9)	82	201	374	600	65	314
AL-K ₂ O mg/kg (10)	131	174	240	301	34	212

Table 1. Treatments and their effects on the soluble PK content in the ploughed layer (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Mezőföld region). (1) Fertilisation and soil analysis, (2) Treatments or fertilisation levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) N kg ha⁻¹ years⁻¹, (6) N kg ha⁻¹ 38 years⁻¹, (7) P₂O₅ kg ha⁻¹ 38 years⁻¹, (8) K₂O kg ha⁻¹ 38 years⁻¹, (9) Ammoniumlactate soluble AL-P₂O₅ mg kg⁻¹, (10) AL-K₂O mg kg⁻¹

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

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

roztuk az egyes gyepalkotók telepítés után várható növényállomány arányát. Amint a 3. táblázatban látható, növényarány szerint vezérnövényünk, a réti csenkesz 18%-ot képvisel, a nádképű csenkesz 12%, az angolperje 13%, a taréjos búzafű 6%, a vörös csenkesz 8%, réti komócsin 19%, zöld pántlikafű 15% és a csomós ebír 9% részesedést adott.

2. táblázat. Növényi sorrend a kísérletben 1974 és 2013 között
(karbonátos csernozjom vályogtalaaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)

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

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

Évente általában 2–2 kaszálást végzünk, de a szárazabb években csak egy kaszálásra kerül sor. Az első kaszálást a vezérnövény virágzása előtti, bimbózási stádiumban végeztük. A második kaszálásra értékelhető mennyiségű biomassza fejlődése esetén került sor, törekedve a maximális hozam elérésére. A parcellák szegélyétől 1,4 m-eket jobbról és balról hagyva $3,2 \times 6 = 19,2 \text{ m}^2$ nettó parcellák területét értékeltük az eke általi korábbi talajáthordás hatásának kizárása céljából. Kaszálásonként és parcellánként rendszeresen bonitáltuk a növényállomány fejlettségét, borítottságát, magasságát. A botanikai összetétel alakulását dr. Szemán László (Szent István Egyetem, Gödöllő) végezte. Korábban dr. Vinczeffy Imre (Debreceni Egyetem, Debrecen) szintén felvételezést, illetve dr. Győri Zoltán (Debreceni Egyetem, Debrecen) minőségvizsgálatokat végzett.

3. táblázat. A kísérletben elvetett fűmagkeverék összetétele

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

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

Csapadékellátottság tekintetében a vizsgált 2011. év kimondottan aszályos volt. Az éves csapadék összege 290 mm-t tett ki, a telepen mért 539 mm 51 éves átlagnál 249 mm-rel kevesebb volt. Januárban 10, februárban 4, márciusban 13, áprilisban 26, májusban 16, június elején 1 mm eső esett, tehát az 1. ka-

szálás idejéig, június 6-ig összesen 70 mm csapadékot kapott a terület. Az előző 2010. év viszont rendkívül esős volt. Ennek ellenére az előregedő gyp csak 1 kaszálást adott 2010. június 6-án. Év végéig azonban még 541 mm csapadék hullott.

Amennyiben tehát a 2010. év második felének 541 mm csapadéka a talajba szivárgott és a mélyebb rétegekben megőrződött, a 2011. évi állomány $541 + 70 = 611$ mm vízkészlettel rendelkezhetett. Elvileg. Ismeretes, hogy a gyp termőképességét döntően határozza meg a víz- és tápanyagellátás. Németországi tapasztalatok szerint amennyiben a talajvíz nem hozzáférhető, jó vízgazdálkodású termőhelyen kb. 700 mm, homokon legalább 1000 mm csapadékot igényelhet a nagy termés az aktív tenyészideje során. A talaj vízkészletét a sekélyen gyökerező gyp kötöttebb talajon érdemben 60–90 cm, könnyű homokos talajon 40–50 cm mélységig képes hasznosítani (*Geisler* 1988).

A vizsgált, löszön kialakult vályogtalaj 1 m-es rétegének szabadföldi vízkapacitása (VK_{sz}) 310 mm, holtvíztartalma (HV) 140 mm. A hasznosítható vagy diszponibilis vízkészlet (DV) tehát 160–180 mm körüli *Győri* és *Ihász* (1968), illetve *Rajkai Kálmán* szóbeli közlése szerint. A talaj hasznos vízkészlete és a tenyészidő alatt hullott csapadék közelítően $170 + 70 = 240$ mm-t tehetett ki együtt, melyet a gyp állománya 2011. június 6-ig hasznosíthatott. A második, őszi kaszálásra ez évben sem került sor, érdemi sarjütermés nem képződött.

Eredmények

A botanikai felvételezést május 19-én végeztük. A fűfajok és gyomok átlagos borítottságát parcellánként becsültük meg, a %-os borítási adatokat statisztikailag értékeltük. Botanikai összetételt és a gyomosodást, ill. az előforduló gyomfajok számát döntően a N trágyázás módosította. Eredményeinket a 4. táblázat foglalja össze. A 4. táblázatban látható, hogy a legnagyobb átlagos borítást a nádképző csenkesz adta 22,7%-kal. Kitűnik közepes N-igényével. A 100 kg/ha/év N-adagú kezelésekben kereken 46%-ot képvisel. Egyaránt visszaszorul mind a N-hiányos, mind a N-túlsúlyos talajon. A telepítés idején 2000 szeptemberében növényarány szerint a keverékben 12%-ot képviselt, tehát előretört. A taréjos búzafű N-nel jól ellátott kezelésekben 30% feletti borítást ért el. Rendkívül N-igényes, a N-kontroll talajon előfordulása esetleges. A vetés-kori növényaránya 6% volt, tehát a nádképző csenkeszhez hasonlóan előretört az évek folyamán.

4. táblázat. *N-ellátottság hatása a 11. éves gyep botanikai összetételére 2011. 05. 19-én (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)*

Vizsgált jellemzők (1)	N-trágyázás (N kg/ha/év) (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	100	200	300		
Pázsitfű fajok borítása (%) (5)						
Nádképű csenkesz (10)	18,4	45,9	15,0	11,4	5,5	22,7
Taréjos búzafű (11)	0,4	6,1	34,9	32,5	3,6	18,4
Magyar rozsnok (12)	5,3	9,1	16,8	21,4	3,6	13,2
Csomós ebír (13)	1,1	3,7	2,7	2,8	0,9	2,6
Zöld pántlikafű (14)	0,3	0,0	0,2	0,9	0,6	0,4
Réti perje (15)	0,2	0,1	0,2	0,5	0,5	0,3
Összes pázsitfű (16)	25,7	64,9	69,8	69,5	6,2	57,6
Gyomfajok borítása (%) (6)						
Madárhúr (17)	11,2	1,1	0,4	0,0	3,5	3,2
Pitypang (18)	10,7	1,7	0,0	0,0	4,0	3,1
Pásztortáska (19)	0,0	6,1	1,8	0,7	3,0	2,1
Apró szulák (20)	0,1	0,4	2,2	2,8	1,3	1,4
Egyéb gyom (21)	5,7	4,8	2,8	2,3	2,1	3,9
Összes gyom (22)	27,7	14,1	7,2	5,9	8,3	13,7
Pillangós borítás (%) (7)	8,3	0,0	0,0	0,0	4,1	2,1
Összes borítás (%) (8)	61,7	79,0	77,0	75,4	4,5	73,3
Pázsitfű fajok száma (9)	2,9	3,6	4,2	4,4	0,3	3,8

Table 4. The effect of N supply on the botanical composition of the 11-year-old grass on 19/05/2011 (calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, Mezőföld region). (1) Examined characteristics, (2) N fertilisation (N kg ha⁻¹ year⁻¹), (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Coverage of grass species (%), (6) Coverage of weed species (%), (7) Coverage of leguminous species, (8) Total coverage (%), (9) Number of grass species, (10) Tall fescue, (11) Agropyron, (12) Smooth brome, (13) Cocksfoot, (14) Reed canarygrass, (15) June grass, (16) All grass species, (17) Goose grass, (18) Lion's tooth, (19) Shepherd's purse, (20) Field bindweed, (21) Other weed species, (22) All weed species

Az átlagos borítás alapján 3. leggyakoribb faj a magyar rozsnok. Betelepült faj, a vetéskori magkeverékben nem szerepelt. Rendkívül N-igényes. A 200 és 300 kg/ha/év kezelésekben 30% feletti borítást mutat, míg N nélkül szinte elő sem fordul. A gyomosító madárhúr éppen fordítva. A N-hiányos talajon terjed, a N-bőséget elkerülve. A korábbi években érdemi borítást még nem jelzett. A

csomós ebír és a pásztortáska 2–3% átlagos borítással jelentkezik, a maximális 4–6%-ot a mérsékelt 100 kg/ha/év kezelésekben produkálják. A pásztortáska betelepült gyomfaj. A csomós ebír vetéskori növényaránya 9% volt 2000-ben. Megemlíthető még, hogy az apró szulák gyomfaj borítása 2,8%-ot ér el a bőséges N-ellátottságú talajon. A zöld pántlikafű, mely 15%-ot képviselt vetéskor, már csak nyomokban lelhető fel. A réti perje betelepülő faj 0,3% körüli átlagos borítással (4. táblázat).

A pillangós növényeket túlnyomó többségben a komlós lucerna képviseli, de előfordul a mogyorós lednek, hólyagos csüdfű és a tarka koronafűrt is. A pillangós fajok a N-hiányos területeket foglalják el, itt versenyképesek a gyomfajokkal szemben, borításuk itt meghaladja a 8%-ot. Az összes gyomborítás átlagosan kerekén 14%, ami N-kontroll parcellákon a leginkább kifejezett közel 28%-os. A pázsitfűvek a N-hiányos talajon csupán 25,7%-ot érnek el, azonban a N-bőséggel arányuk közel 70%-ra nő. Az emelkedő N adag egyúttal növeli a pázsitfű fajok számát is. A legmagasabb összes borítás 79%, ami a 100 kg/ha N kezeléshez tartozik (4. táblázat).

Az első és egyetlen kaszálás június 6-án történt. Állománybonitálásunk szerint a N-hiányos talajon a gyepek kicsi, ritka és sárga maradt a P-kínálattól függetlenül. A N-nel jól ellátott parcellákon magas, sűrű és sötétzöld fűtömeg képződött. A gyepek légszárazanyag %-át mind a N, mind a P növelte, amennyiben az NP-kínálat nyomán létrejött nagyobb termésmennyiség feltehetően a talaj vízkészletét jobban kimerítette. A légszáraz szénatömege a kontrollon mért 1,1 t/ha-ról 5,1 t/ha-ra emelkedett az együttes NP-trágyázás nyomán (5. táblázat).

A pázsitfű fajok versengését a P- és a K-trágyázás is befolyásolta. Amint az 6. táblázatban látható, a nádképi csenkesz borítása 3–52% között, a tarajos búzafű 0–40% között, a betelepült magyar rozsnok 4–31% között, míg a csomós ebír kerekén 1–4% között módosult az N×P kölcsönhatások függvényében. A magyar rozsnok előretörését a K-kínálat is javította. A maximális együttes NPK trágyázás hatására a borítás 30% fölé emelkedett.

A N-nel és P-ral kielégítően ellátott talajon a K-hatások is igazolhatók. Egyértelműen növeli a fű átlagos magasságát, valamint a zöld és a légszáraz szénatömeget a K-trágyázás (7. táblázat). Kétségtelen, hogy meghatározó a N-ellátás. Szabó (1977) szerint a trágyázással, főként a N adagolásával ugrásszerűen nőhet a szénatermés és ezzel látványosan javulhat a víz-hasznosulás. Gruber (1960) azt találta, hogy 1 kg szénatömeg képzéséhez a gyepek 520–790 kg vizet használtak fel. Gyarmati (1980) szerint átlagosan 600 liter vizet párologtat

el a gyep, de extrém esetben a víz felhasználása 400–1200 liter/kg szárazanyag tartományban ingadozhat.

5. táblázat. Az N×P ellátás hatása a gyep fejlődésére és termésére 2011. 06. 06-án (mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

AL-P ₂ O ₅ (mg/kg)	N-trágyázás (N kg/ha/év)				SzD _{5%} (2)	Átlag (3)
	(1)					
	0	100	200	300		
Bonitálás (gyengén fejlett=1, igen jól fejlett=5) (4)						
82	1,0	3,6	3,8	4,6		3,4
201	1,6	3,3	4,5	4,9	0,7	3,8
374	1,3	3,9	4,6	4,9		3,7
600	1,2	4,4	4,8	4,9		4,2
Átlag (3)	1,3	3,8	4,4	4,8	0,4	3,8
Légszáraz anyag %-a (5)						
82	36	34	36	36		36
201	37	37	39	40	3	38
374	34	40	41	40		39
600	37	38	41	40		39
Átlag (3)	36	37	40	39	2	38
Légszáraz széna (t/ha) (6)						
82	1,1	2,7	3,5	3,9		2,8
201	1,3	2,6	3,7	4,9	0,8	3,4
374	1,4	3,1	4,6	5,0		3,5
600	1,1	3,4	4,9	5,1		3,6
Átlag (3)	1,2	3,0	4,4	4,7	0,4	3,3
Vízhasznosulási együttható 240 mm csapadékra (7)						
82	2182	889	686	615		857
201	1846	923	649	490		706
374	1714	774	522	480		686
600	2182	706	490	471		667
Átlag (3)	2000	800	545	511		727

Table 5. The effect of N×P supply on the development and yield of grass on 06/06/2011 (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Mezőföld region). (1) N fertilisation (N kg ha⁻¹ year⁻¹), (2) LSD_{5%}, (3) Average, (4) Classification (1 = weakly developed, 5 = very well developed), (5) % of the air-dry material, (6) Air-dry hay (t ha⁻¹), (7) Water conversion rate coefficient for 240 mm precipitation

6. táblázat. Az N×P és az N×K ellátás hatása a gyep botanikai összetételére
2011. 05. 19-én (borítottsági % a K-kezelések átlagában)
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhorcsók, Mezőföld)

	AL-P ₂ O ₅ mg/kg	N-trágyázás (N kg/ha/év)				SzD _{5%} (2)	Átlag (3)
		(1)					
		0	100	200	300		
Nádképű csenkesz (4)	82	23	52	30	31	11	34
	201	13	44	10	7		18
	374	26	38	11	4		20
	600	12	50	10	3		19
	Átlag (8)	18	46	15	11		6
Taréjos búzafű (5)	82	0	3	20	19	8	10
	201	1	5	38	36		20
	374	1	7	39	35		21
	600	0	9	43	40		23
	Átlag (8)	<1	6	35	32		4
Magyar rozsнок (6)	82	6	8	10	11	7	9
	201	4	7	21	20		13
	374	8	12	19	31		17
	600	4	9	17	24		14
	Átlag (8)	5	9	17	21		4
Csomós ebír (7)	82	1,2	4,5	2,9	4,0	1,8	3,2
	201	1,3	4,0	2,5	3,0		2,7
	374	1,3	3,0	3,2	2,6		2,6
	600	0,7	3,2	2,3	1,5		1,9
	Átlag (8)	1,1	3,7	2,7	2,8		0,9
	AL-K ₂ O mg/kg	N-trágyázás (N kg/ha/év)				SzD _{5%} (2)	Átlag (3)
		(1)					
		0	100	200	300		
Magyar rozsнок (6)	130	6	5	10	13	7	8
	170	4	8	13	17		11
	235	8	9	14	24		14
	299	4	14	30	32		20
	Átlag (8)	5	9	17	21		4

Table 6. The effect of N×P and N×K supply on the development and yield of grass on 19/05/2011 (averaged over coverage % and K treatments) (calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, Mezőföld region). (1) N fertilisation (N kg ha⁻¹ year⁻¹), (2) LSD_{5%}, (3) Average, (4) Tall fescue, (5) Agropyron, (6) Smooth brome, (7) Cocksfoot, (8) Average

7. táblázat. Az N×K ellátás hatása a gyep fejlődésére és termésére 2011. 06. 06-án
(mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

AL-K ₂ O mg/kg	N-trágyázás (N kg/ha/év)				SzD _{5%} (2)	Átlag (3)
	(1)					
	0	100	200	300		
Átlagos állománymagasság (cm) (4)						
130	65	72	71	70		70
170	58	77	73	73	8	71
235	58	76	73	80		73
299	56	80	83	85		78
Átlag (8)	59	77	75	77	4	73
Zöld tömeg (t/ha) (5)						
130	2,7	6,3	9,4	11,3		7,4
170	3,4	6,8	11,6	10,8	2,2	8,1
235	3,7	9,4	11,8	12,6		9,4
299	3,8	10,2	12,2	13,3		9,9
Átlag (8)	3,4	8,1	11,2	12,0	1,1	8,7
Légszáraz széna (t/ha) (6)						
130	1,0	2,5	4,0	4,5		3,0
170	1,2	2,4	4,4	4,4	0,8	3,1
235	1,3	3,3	4,6	5,0		3,6
299	1,4	3,6	4,6	5,0		3,7
Átlag (8)	1,2	3,0	4,4	4,7	0,4	3,3
Vízhasznosulási együttható 240 mm csapadékra (7)						
130	2400	960	600	533		800
170	2000	1000	545	545		774
235	1846	727	522	480		667
299	1714	667	522	480		649
Átlag (8)	2000	800	545	511		727

Table 7. The effect of N×K supply on the development and yield of grass on 06/06/2011 (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Mezőföld region). (1) N fertilisation (N kg ha⁻¹ year⁻¹), (2) LSD_{5%}, (3) Average, (4) Average population height (cm), (5) Green mass (t ha⁻¹), (6) Air-dry hay (t ha⁻¹), (7) Water conversion rate for 240 mm precipitation, (8) Average

Lássuk, hogyan alakult kísérletünkben a vízhasznosulási együttható a meghatározó N-ellátottság függvényében. Becsléseink szerint a hasznosítható vízkészlet (talaj+lehullott csapadék a tenyészedő alatt) 240 mm-t tehetett ki. Az 1 mm = 1 m³/liter, azaz 10 000 liter/ha. A 240 mm = 2 400 000 liter/ha, azaz 2400 t/ha. A N-kontrollon kapott 1,1 t/ha szárazanyag esetében tehát mintegy 2000 kg, a 100 kg/ha/év N-adagon kapott 3 t/ha termésnél 800 kg, míg a 4,7 t/ha termésnél a bőséges N-szinten 511 kg vagy liter vizet használt fel a gyeplé 1 kg széna előállításához. A vízhasznosulási koeficiens a N-kínálat nyomán 500–2000 liter/kg légszárazanyag tartományban változott.

Irodalom

- Egnér, H.–Riehm, H.–Domingo, W. R.*: 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. Lantbr. Högsk. Ann. 26: 199–215.
- Geisler, G.*: 1988. Pflanzenbau. 2. Auflage. Paul Parey. Berlin und Hamburg.
- Gruber F.*: 1960. Rét és legelő. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Gyarmathy Gy.*: 1980. A gyeplé növények műtrágyázási irányelvei. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Györi D.–Ihász I.*: 1968. Egyszerű vizsgálatok a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Kádár I.*: 2004. Műtrágyázás hatása a telepített gyeplé termésére és N-felvételére. 1. Gyeplé gazdálkodási Közlemények. 2: 36–45.
- Kádár I.–Györi Z.*: 2004. Műtrágyázás hatása a telepített gyeplé takarmányértékére és tápanyaghozamára. 2. Gyeplé gazdálkodási Közlemények. 2: 46–56
- Kádár I.–Györi Z.*: 2005. Műtrágyázás hatása a telepített gyeplé aminosav tartalmára és hozamára. 5. Gyeplé gazdálkodási Közlemények. 3: 11–20.
- Kádár I.–Németh T.*: 1993. Nitrát bemosódásának vizsgálata műtrágyázási kísérletben. Növénytermelés. 42. 3: 331–338.
- Kádár I.–Ragályi P.*: 2011. Műtrágyahatások vizsgálata 7. éves telepített gyeplé. Növénytermelés. 60. 4: 69–93.
- Kádár I.–Vinczeffy I.–Ragályi P.*: 2011. Műtrágyahatások vizsgálata 6. éves telepített gyeplé. Gyeplé gazdálkodási Közlemények. 1: 19–30.
- Lakanen, E.–Erviö, R.*: 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123: 223–232.
- Németh T.–Kádár I.*: 1999. Nitrát bemosódásának vizsgálata és a N-mérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. 48. 2: 377–386.

Szabó J.: 1977. Gyepgazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

Szemán L.–Kádár I.–Ragályi P.: 2010. Műtrágyázás hatása a telepített pillangós nélküli gyep botanikai összetételére. *Növénytermelés*. 59. 1: 85–105.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

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

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

Másodvetésű zöldtrágyanövények biomassza tömegének és tápanyagtartalmának vizsgálata a 2010–2011-es években

MIKÓ PÉTER – KOVÁCS GERGŐ PÉTER – GYURICZA CSABA
Szent István Egyetem, Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

Összefoglalás

A Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában Gödöllőn kedvezőtlen termőhelyi körülmények között rozsdabarna erdőtalajon 2010–2011 években három másodvetésű zöldtrágyanövény (facélia, mustár, olajretek) fejlődését, illetve beltartalmi paramétereinek alakulását vizsgáltuk két tápanyagdózis (0 kg/ha N; 50 kg/ha N) függvényében.

Az 50 kg/ha nitrogén hatóanyag mindhárom növénynél többszörösére növelte a biomasszát – két év átlagában facéliánál 2,48-szeresére, mustárnál 2,04-szeresére, olajretekénél 2,11-szeresére. A szárazanyag növekedése valamivel elmaradt a zöldtömeg-növekedés mértéke mögött, mert nitrogén kiegészítés hatására a zöldtrágyanövények víztartalma is növekedett. Egy kilogramm nitrogén hatóanyag facéliánál két év átlagában hektáronként 456,6 kg-mal növelte a zöldtömeget és 48,3 kg-mal a száraztömeget. Mustárnál a zöldtömeg-növekedés 383,9 kg, a száraztömeg-növekedés 57,8 kg volt. Olajretekénél a zöldtömeg 383,1 kg-mal a száraztömeg 27,1 kg-mal nőtt. Nitrogén-kiegészítés nélkül azonban adott gyenge adottságú termőhelyen nem minden esetben volt elérhető az elégséges 10 t/ha biomassza.

A hektáronként felvett NPK mennyisége szintén nőtt a nitrogén hatására – 2010–2011 évek átlagában – facéliánál 2,06/2,23/2,05-szeresére, mustárnál 2,22/1,98/1,96-szeresére, olajretekénél pedig 1,81/1,94/1,62-szeresére. Egy kilogramm nitrogén hatóanyag a 2010–2011 évek átlagában facéliánál további 1,6 kg, mustárnál 1,8 kg, olajretekénél 1,3 kg nitrogén felvételét tette lehetővé. A nitrogén hatóanyag jelentősen elősegítette a foszfor és a kálium felvételét is. A nitrogén a P_2O_5 felvehetőségét kg-onként facéliánál 0,7 kg-mal, mustárnál 0,6 kg-mal, olajretekénél 0,8 kg-mal növelte. A plusz nit-

rogén hatóanyag elősegítette a K_2O felvehetőségét, hatóanyag kg-onként facéliánál 2,1 kg-mal, mustárnál 1,6 kg-mal, olajreteknel 1,1 kg-mal.

A kapott eredmények alapján adott termőhelyen másodvetésű zöldtrágyázásnál lehetőség szerint minden esetben, de a kalászosok szalmájának helyben hagyásakor feltétlenül javasolható a nitrogén kijuttatás.

Kulcsszavak: zöldtrágyázás, nitrogén, facélia, mustár, olajretek

Examination of the biomass and nutrient content of green manure plants in 2010 and 2011

P. MIKÓ – G. P. KOVÁCS – CS. GYURICZA

Institute of Crop Production, Szent István University, Gödöllő

Summary

Development and chemical composition of three green manure species (phacelia, mustard, oil radish) produced in a double cropping system were examined at the pilot farm of the Szent István University in Gödöllő on brown forest soil (luvic calcic phaeozem) in 2010–2011. Two nutrient doses ($0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$; $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$) were applied in the experiment.

A small amount of 50 kg ha^{-1} nitrogen active ingredient resulted in the increment of biomass of all three crop species. Yield figures were as follows: 248% for phacelia, 304% for mustard, and 211% for oil radish averaged over two years. Dry matter content of green manure crops proved to be less than that of green mass due to the increase of water content as a result of nitrogen application. The green mass of phacelia was increased by 456.6 kg and dry matter was increased by 48.3 kg as a result of one kg of nitrogen active substance averaged over two years. The green mass of mustard was increased by 383.9 kg and dry matter was increased by 57.8 kg. The green mass of oil radish was increased by 383.3 kg and dry matter was increased by 27.1 kg. However, without the application of nitrogen, a sufficient amount of biomass was not always achieved on the control plots.

The amount of NPK of plant tissues was also increased as a result of nitrogen application. 2.06/2.23/2.05 rate in phacelia, 2.22/1.98/1.96 rate in mustard and

1.81/1.94/1.62 rate in oil radish averaged over 2010–2011, respectively. Plant tissue nitrogen content was increased by each extra 1 kilogram of nitrogen active ingredient by 1.6 kg in phacelia, 1.8 kg in mustard and 1.3 kg in oil radish averaged over 2010–2011. Plant tissue potassium and phosphorus contents were also affected by N fertilization. P_2O_5 was increased by 0.7 kg per kg in phacelia, 0.6 kg per kg in mustard and 0.8 kg per kg in oil radish. K_2O contents were as follows: 2.1 kg per kg in phacelia, 1.6 kg per kg in mustard and 1.1 kg per kg in oil radish.

According to our studies, all three plant species proved to be suitable for green manure use in terms of soil protection and organic matter improvement. However, considering biomass per hectare and chemical composition values, mustard and oil radish (family Brassicaceae) proved to be more favourable than phacelia. Based on the results obtained, nitrogen applications are suggested to be done in certain production areas in the case of green manure crops, especially where the straw residues of cereals remain on the stubble.

Key words: green manure, nitrogen, phacelia, mustard, oil radish

Исследование массы и содержания питательного вещества биомассы сидеральных растений пожнивного посева в 2010–2011-х годах

П. МИКО – Г. П. КОВАЧ – Ч. ДЬЮРИЦА

Университет им. Св.Иштвана, Институт Растениеводства, Гёдёллэ

Резюме

В Демонстрационном Центре Растениеводства и Применения Биомассы Университета им. Св. Иштвана в Гёдёллэ в неблагоприятных условиях выращивания на ржавобурой лесной почве в 2010–2011 годах исследовали развитие и формирование параметров внутреннего содержания трёх сидеральных растений пожнивного посева (фацелия, горчица, масличная редька) в зависимости от двух доз питательного вещества (0 kg/ha N; 50 kg/ha N).

Доза 50 kg/ha действующего вещества азота во всех трёх растениях многократно увеличила биомассу – в среднем за два года у фацелии в 2,48 раза, у горчицы в 2,04

раза, у редьки масличной в 2,11 раза. Рост сухого вещества несколько отстал от величины роста зелёной массы, так как под влиянием дополнения азота увеличилось содержание влаги сидеральных растений. Один килограмм действующего вещества азота у фацелии в среднем за два года погектарно увеличил зелёную массу на 456,6 kg и на 48,3 kg сухую массу. У горчицы увеличение зелёной массы было 383,9 kg, а увеличение сухой массы было 57,8 kg. У масличной редьки зелёная масса выросла на 383,1 kg и сухая масса выросла на 27,1 kg. Однако без добавления азота на этом месте выращивания со слабыми данными не в каждом случае можно было получить удовлетворительные 10 t/ha биомассы.

Усвоенное погектарно количество NPK также выросло под влиянием азота – в 2010–2011 годы в среднем у фацелии в 2,06/2,23/2,05 раза, у горчицы в 2,22/1,98/1,96 раза, у редьки масличной в 1,81/1,94/1,62 раза. Один килограмм действующего вещества азота в 2010–2011 годы в среднем у фацелии в дальнейшем сделал возможным усвоение азота 1,6 kg, у горчицы 1,8 kg, у масличной редьки 1,3 kg. Действующее вещество азота значительно способствовало усвоению фосфора и калия. Азот увеличил возможность усвоения P_2O_5 по kg у фацелии на 0,7 kg, у горчицы на 0,6 kg, у масличной редьки на 0,8 kg. Дополнительное действующее вещество азота способствовало усвоению K_2O , в расчёте на kg у фацелии на 2,1 kg, у горчицы на 1,6 kg, у масличной редьки на 1,1 kg.

На основе полученных результатов в данном месте выращивания при сидерации пожнивными растениями по возможности в любом случае, но в случае оставления на месте соломы колосковых, обязательно советуем внесение азота.

Ключевые слова: сидерация, азот, фацелия, горчица, редька масличная

Bevezetés

Zöldtrágya növénynek a még el nem halt, zöld, lédús, cukorban, keményítőben, fehérjében és nitrogénben gazdag növényeket tekintjük, amelyeket trágyázási céllal fejlődésük vegetatív szakaszában a talajba dolgozunk (Kahnt 1981). Kahnt (1981) a zöldtrágyanövénynek utóveteményre gyakorolt hatásának elemzésekor 14 tényezőt határozott meg. A számos tényező miatt a zöldtrágyázás eredményességének értékelése csak az adott termőhelyi paraméterek pontos ismeretében lehetséges.

A *Brassicaceae* családba tartozó mustár és olajretek különösen alkalmas e célok megvalósítására. Szerepük jelentős a talajvédelemben (Grossman 1993, Boydston és Hang 1995, Brown és Morra 1995), a talajkórokozók (Papavizas 1966, Papavizas és Lewis 1971, Ramirez-Villapudua és Munnecke 1988, Muelichen et al. 1990, Croft et al. 1993, Deng et al. 1993, Mayton et al. 1996), a fonálférgék (Mojtahedi et al. 1991, 1993), és a talajban élő káros rovarok (Brown et al. 1991) ellen is.

A talajfertőtlenítő hatást a gyökérváladékok, illetve a bedolgozást követően bomlásuk során felszabaduló vegyületek már kis koncentrációban is kifejtik (Bialy 1990, Lazzeri et al. 1993, Williams et al. 1993). Ennek eredményeképp gátlják a gyommagvak csírázását, a csíranövények kezdeti fejlődését is (Gardner et al. 1990, Bradow 1991, Vaughn és Boydston 1997).

A facéliánál szintén megfigyelhetők ezek a pozitív hatások (Dhima et al. 2009).

A facélia és mustár nehézfémekkel szennyezett talajok rekultivációjára is felhasználható (Kim et al. 2010, Foucault et al. 2013).

A zöldtrágyanövények megkötik a talajban lévő nitrogént, megakadályozva annak kimosódását (Martínez és Guiraud 1990, Jackson et al. 1993). A bedolgozott zöldtrágyanövény által hátrahagyott C:N arány a bedolgozás idejétől, illetve a talaj típusától, nedvességtartalmától és hőmérsékletétől függ (Cadisch és Giller 1997). Ezek a paramétereken is múlik, hogy az utónövényre gyakorolt hatás pozitív (Derpsch et al. 1986, Catt et al. 1992, Thorup-Kristensen 1993, Kara és Penzoglou 2000, Zhang és Fang 2007, Collins et al. 2007), semleges (Richards et al. 1996, Allison et al. 1998ab), vagy negatív (Allison és Armstrong 1992, Clark et al. 1997ab, Vaughan és Evanylo 1998) lesz.

A jó zöldtrágyanövény legfontosabb tulajdonságai közé tartozik a gyors fejlődés, a nagy biomassza és az olcsón beszerezhető vetőmag. Kutatásunk célja az volt, hogy a fenti tulajdonságok mindegyikével rendelkező három zöldtrágyanövényt vizsgáljunk adott kedvezőtlen termőhelyi körülmények között. Választ kerestünk arra is, hogy nitrogén kiegészítés nélkül, a várhatóan jelentkező pentozán hatás ismeretében megvalósítható-e a sikeres zöldtrágyázás, vagy elengedhetetlen a nitrogén kiegészítés. Vizsgáltuk továbbá, hogy a kijuttatott N hatóanyag fajlagosan milyen mértékben növeli a zöld- és száraztömeget, valamint a hektáronként felvett NPK mennyiségét.

Anyag és módszer

A kísérleteket a Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában Gödöllőn (É. Sz. 47° 34' 43"; K. H. 19° 22' 39"; tengerszint feletti magasság: 229 m) állítottuk be a 2009–2010. évi kísérletek folytatásaként (Mikó et al. 2011). A kísérleti terület enyhén északnyugati lejtésű dombosság. A terület heterogén, ezért egyes részein az erózió és a szedimentáció különböző mértékben fordul elő.

Az éves középhőmérséklet 9,4 °C, az éves csapadékmennyiség 590 mm. A másodvetés szempontjából kiemelten fontos augusztus-október hónapokban a 150 mm átlagcsapadék.

2010 igen csapadékos volt, a másodvetés szempontjából lényeges augusztus-október hónapokban 198,6 mm csapadék hullott. 2011. év viszont száraz volt, a másodvetésű zöldtrágyanövények tenyészideje alatt mindössze 52,0 mm csapadékot mértünk, de 2010-ből, illetve 2011 elejéről rendelkezett a talaj tartalék nedvességgel.

A terület a Gödöllői-dombosság kistájon helyezkedik el. A dombvidéket sakk-táblaszerűen összetöredezett és különböző mértékben kiemelkedett dombosági kipreparált karbonátos felszínnek jellemzik. Gödöllő környékén felső-pannóniai homokos-agyagra, illetve folyóvízi üledékekre települt felszint borító lösz, homok és lejtőagyag közt néhol felszínre bukkan a felső-pannóniai édesvízi mészkő és márga. A pleisztocénben a terület kiemelkedett és kialakult egy erősen tagolt, néhol meredek lejtőkkel jellemzett dombvidék, ahol a talajerózió és defláció következtében jelentős áthalmozódások mentek végbe. A kísérleti tábla talaja a magyarországi genetikai talajosztályozás alapján főként homokon kialakult rozsdabarna erdőtalaj (luvic calcic phaeozem). A harmadkori homok és márga alapkőzetén kialakult rozsdabarna erdőtalaj altípus a Ramann-féle barna erdőtalaj talajtípusba tartozik. A degradációs folyamatok következtében közepes termőrétegű, gyengén humuszos változat alakult ki (Füleky 1999, Stefanovits 1999ab, Máté 2005). A terület eróziótól veszélyeztetett, tömörödésre érzékeny.

A kísérleti terület fontosabb talajparamétereit a 1. táblázat tartalmazza. A MÉM NAK rendszer szerint a talaj N ellátottsága gyenge, P₂O₅ ellátottsága igen jó, K₂O ellátottsága jó.

A másodvetésű zöldtrágyázási kísérleteket 2010–2011-ben végeztük. A kísérletek előveteménye őszi búza volt, melynek tarlóján közvetlenül a beta-karítás után tarlólántást végeztünk. A növények vetésére mindegyik évben közvetlenül a tarlóápolás után augusztus 15-én került sor. A kísérletekben a három növényt (facélia, mustár, olajretek), illetve a két tápanyagdózist (0 kg/ha N, 50 kg/ha N) három ismétlésben sávosan állítottuk be. Ammónium-nitrát műtrágyát juttattunk ki, amelynek bedolgozása a tarlóápolás során történt. A zöldtrágyanövények vetése a szakirodalomban meghatározott vetőmagnormák szerint (Antal 2000) valósult meg (2. táblázat).

1. táblázat. A kísérlet fontosabb talajtani adatai

Genetikus talajsintek (1)	pH (H ₂ O) (2)	K _A (3)	Humusz (%) (4)	CaCO ₃ (%) (5)	Σ só (%) (6)	Összes N (mg/kg) (7)	AL-P ₂ O ₅ (mg/kg) (8)	AL-K ₂ O (mg/kg) (9)
A (0–40 cm)	6,76	30	1,32	0,00	0,044	16,8	371,1	184,0
B (40–60 cm)	7,08	40	1,04	0,00	0,052	11,9	33,0	112,0
BC (60–70 cm)	7,66	61	0,88	0,00	0,060	2,0	123,0	127,1
C (70–100 cm)	8,10	60	0,54	5,57	0,075	16,8	107,5	110,8

Table 1. Important pedological data of experiment. (1) Genetic soil level, (2) pH, (3) Arany-type plasticity index, (4) Humus (%), (5) CaCO₃ (%), (6) Total salt (%), (7) Total N (mg kg⁻¹), (8) AL-P₂O₅ (mg kg⁻¹), (9) AL-K₂O (mg kg⁻¹)

2. táblázat. A zöldtrágyanövények vetőmagszükséglete

Növény (1)	Csírászám (db/ha) (2)	Vetőmagszükséglet (kg/ha) (3)
Facélia (4)	5 000 000	10
Mustár (5)	2 000 000	15
Olajretek (6)	2 500 000	25

Forrás: Antal (2000)

Table 2. The sowing seed requirement of green manure plants. (1) Plants, (2) Germinal number (db ha⁻¹), (3) Seed requirement (kg ha⁻¹), (4) Phacelia, (5) Mustard, (6) Oil radish, Source: Antal (2000)

A biomassa méréseket, illetve a beltartalmi vizsgálatokhoz a mintagyűjtést a növényállomány elfagyása előtt november elején végeztük el.

Az NPK meghatározását 1 g finomra őrölt abszolút száraz mintából tömény kénsavas feltárással, és 30%-os hidrogén-peroxidos hevítéses roncsolással végeztük. Roncsolás után a 100 cm³-re hígított mintákból határoztuk meg a N, P és a K tartalmat. A nitrogéntartalom mérésére a Parnass-Wagner vízgőzdesztilláló készüléket használtuk.

A foszfor mérésénél a vanadát-molibdát eljárást alkalmaztuk. A sárga színű oldat extinkciójának méréséhez spektrofotométert (Spekol 221) használtunk.

A kálium meghatározása a foszfor meghatározásnál ismertetett oldatokból és hígítási sor segítségével lángfotométerrel (Jenway PFP 7) történt.

A statisztikai értékelést az Excel program segítségével végeztük. Statisztikai értékelésre egy- és kéttényezős varianciaanalízist használtunk.

Eredmények

Az évjáráthatás a műtrágyában nem részesült parcellákon volt jelentősebb (3. táblázat). A műtrágyában nem részesült facélia 2010-ben 12,8 t/ha zöldtömeget ért el, 2011-ben 20,3 t/ha-t. A N fejtrágyázás hatására a zöldtömeg 2,9; 2,0-szeresére nőtt. A szárazabb 2011. évben ért el nagyobb zöldtömeget. Ennek oka, hogy a 2010. évi sok csapadék hatására levegőtlené váló talaj a növények fejlődését is kedvezőtlenül befolyásolta. Hasonló eredményekre jutott *Blazewick-Wozniak* és *Wach* (2012) is.

Mustárnál N nélkül 2010-ben 7,7 t/ha volt a zöldtömeg, így elmaradt a minimálisan szükséges 10 t/ha értéktől (*Késmárki* és *Petróczki* 2003). Az 50 kg/ha N hatóanyag ennél a növényenél két év átlagában 3,04-szeresére 29,7 t/ha-ra, növelte a biomasszáit. A 2010-es alacsony termésszint oka a levegőtlen talaj és csapadékos évjáratban fellépő pentozán hatás volt.

Olajreteknel műtrágya nélkül 13,6–22,5 t/ha, műtrágyával 31,0–43,4 t/ha volt a zöldtömeg. A N hatóanyag 2,28–1,93-szeresére növelte a zöldtömeget.

Két év átlagában a műtrágyázott facéliánál mértük a legnagyobb biomasszáit. *Stivers-Young* (1998) kísérletei szerint viszont a mustár és olajretek nagyobb biomasszáit hozott létre, mint a facélia.

A hektáronkénti abszolút száraztömegnél a zöldtömegnél leírtakkal ellentétes tendenciákat figyeltünk meg. 2011. év kedvezőbb volt, így ekkor a nagyobb biomassa ellenére kisebb szárazanyagtartalmat mértünk. Nitrogén

műtrágyázás hatására a szárazanyag növekedése két év átlagában facéliánál 45,4%-kal, mustárnál 100,9%-kal, olajreteknel 44,0%-kal elmaradt a zöldtömeg-növekedés mértéke mögött (4. táblázat). Ennek magyarázata, hogy a N kiegészítés hatására a zöldtrágyanövények víztartalma is nőtt. A facélia, bár magassága elmaradt a mustár mellett, a mustárral megegyező, vagy azt meghaladó szárazanyagtömeget hozott létre. Hasonló eredményre jutottak *Asagi* és *Ueno* (2009) is.

3. táblázat. A zöldtrágyanövények zöldtömege (t/ha)
(Gödöllő, 2010–2011)

	Kezelések (1)	2010	2011	Átlag (8)	SzD _{5%} (9)
Facélia (2)	Műtrágya nélkül (5)	12,8	20,3	16,6	
	Műtrágyázott (50 kg N/ha) (6)	37,3	41,5	39,4	7,2
	Termésnövekedés (%) (7)	292	204	248	
	SzD _{5%} (9)	nsz (10)			
Mustár (3)	Műtrágya nélkül (5)	7,7	13,3	10,5	
	Műtrágyázott (50 kg N/ha) (6)	29,4	30,0	29,7	5,1
	Termésnövekedés (%) (7)	383	225	304	
	SzD _{5%} (9)	nsz (10)			
Olajretek (4)	Műtrágya nélkül (5)	13,6	22,5	18,1	
	Műtrágyázott (50 kg N/ha) (6)	31,0	43,4	37,2	10,9
	Termésnövekedés (%) (7)	228	193	211	
	SzD _{5%} (9)	2,4			

Table 3. The green mass of green manure plants (t ha⁻¹) (Gödöllő, 2010–2011). (1) Treatments, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) No fertilization, (6) With 50 kg N ha⁻¹ fertilizer, (7) Change in biomass, (8) Average, (9) LSD_{5%}, (10) Not significant

A hektáronkénti nitrogén tartalom facéliánál a két év átlagában 2,06-szere-sére nőtt a hektáronkénti N tartalom 75,6 kg/ha értékről 156,0 kg/ha értékre. Az 50 kg/ha N műtrágya további 30,4 kg/ha nitrogén felvételét tette lehetővé (5. táblázat). Bár *Asagi* és *Ueno* (2009) azt tapasztalta, hogy a facélia képes a mustárral megegyező nitrogén gyűjtésére, mi arra az eredményre jutottunk, hogy ez nagyban függ az évjárathatástól. A N felvételre azonban mind a facélia, mind a mustár és olajretek alacsony hőmérsékleten is képes volt (*Stivers-Young* 1998).

4. táblázat. A zöldtrágyanövények száraztömege (t/ha)
(Gödöllő, 2010–2011)

	Kezelések (1)	2010	2011	Átlag (8)	SzD _{5%} (9)
Facélia (2)	Műtrágya nélkül (5)	2,9	1,8	2,4	
	Műtrágyázott (50 kg N/ha) (6)	5,8	3,8	4,8	1,8
	Termésnövekedés (%) (7)	200	205	203	
	SzD _{5%} (9)	nsz (10)			
Mustár (3)	Műtrágya nélkül (5)	2,3	1,8	2,0	
	Műtrágyázott (50 kg N/ha) (6)	6,0	3,9	4,9	1,7
	Termésnövekedés (%) (7)	266	202	239	
	SzD _{5%} (9)	0,8			
Olajretek (4)	Műtrágya nélkül (5)	3,1	1,6	2,3	
	Műtrágyázott (50 kg N/ha) (6)	4,3	3,1	3,7	1,4
	Termésnövekedés (%) (7)	140	193	167	
	SzD _{5%} (9)	nsz (10)			

Table 4. The dry mass of green manure plants (t ha⁻¹) (Gödöllő, 2010–2011). (1) Treatments, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) No fertilization, (6) With 50 kg N ha⁻¹ fertilizer, (7) Change in biomass, (8) Average, (9) LSD_{5%}, (10) Not significant

Mustárnál két év átlagában 2,22-szeres volt a felvett hektáronkénti nitrogén-növekedés. Az 50 kg N műtrágya további 39,5 kg nitrogén hatóanyag hasznosulását biztosította. A vizsgált növények közül a mustár tartalmazta a legtöbb nitrogént. Nagy nitrogénhasznosító képességét *Baggs et al.* (2000) is kimutatták. A rövidnappalos körülmények közé vetett mustár vegetatív fejlődésű maradt, jelentős levéltömeget hozott létre. A növény szervei közül pedig a levele képes a legtöbb nitrogén raktározására (*Chaves et al.* 2004).

Olajreteknel két év átlagában 1,81-szeres volt a felvett hatóanyag növekedése, azaz 50 kg N hatóanyag további 14,3 kg nitrogén felvételét tette lehetővé. A mustárhoz hasonlóan itt is nagy levéltömeg jött létre, amely a növény szervei közül a legtöbb nitrogént tartalmazza (*Muller et al.* 1988, *Ragasits et al.* 1992).

A hektáronkénti P₂O₅ tartalmat a 6. táblázat tartalmazza. Facéliánál két év átlagában 2,23-szeresére, mustárnál 1,98-szeresére, olajreteknel 1,94-szeresére nőtt a P₂O₅ tartalom. A N műtrágyázás két év átlagában a facéliánál 33,6 kg, a

mustárnál 27,6 kg, az olajreteknel 41,1 kg plusz P_2O_5 felvételét tette lehetővé. A Liebig féle minimumtörvénnyel magyarázható a hektáronként felvett P_2O_5 növekedése.

5. táblázat. A zöldtrágyanövények N-tartalma (kg/ha)
(Gödöllő, 2010–2011)

Kezelések		2010	2011	Átlag	SzD _{5%}
(1)				(8)	(9)
Facélia (2)	Műtrágya nélkül (5)	103,4	47,8	75,6	
	Műtrágyázott (50 kg N/ha) (6)	214,1	97,9	156,0	95,7
	Tápanyag-tartalom növekedés (%) (7)	207	205	206	
	SzD _{5%} (9)		35,0		
Mustár (3)	Műtrágya nélkül (5)	96,6	47,7	72,1	
	Műtrágyázott (50 kg N/ha) (6)	220,3	103,0	161,6	91,8
	Tápanyag-tartalom növekedés (%) (7)	228	216	222	
	SzD _{5%} (9)		23,4		
Olajretek (4)	Műtrágya nélkül (5)	103,3	77,4	77,4	
	Műtrágyázott (50 kg N/ha) (6)	180,7	141,7	141,7	66,4
	Tápanyag-tartalom növekedés (%) (7)	175	187	181	
	SzD _{5%} (9)		9,2		

Table 5. Effect of different nutrient levels on the uptake of N amount of green manure plants (kg ha⁻¹) (Gödöllő, 2010–2011). (1) Treatments, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) No fertilization, (6) With 50 kg N ha⁻¹ fertilizer, (7) Change in nutrient content, (8) Average, (9) LSD_{5%}

A hektáronkénti K_2O tartalmat a 7. táblázat tartalmazza. Facéliánál két év átlagában 2,05-szeresére, mustárnál 1,96-szeresére, olajreteknel 1,62-szeresére nőtt a K_2O tartalom. A N műtrágyázás két év átlagában a facéliánál 105,8 kg, a mustárnál 79,6 kg, az olajreteknel 53,3 kg plusz K_2O felvételét tette lehetővé.

Az egységnyi (1 kg) nitrogén hatóanyag hatására bekövetkező biomassza növekedés és az évjáráthatás között nem minden esetben volt kimutatható szignifikáns különbség (8. táblázat). Az egységnyi nitrogén biomassza növelő hatása jelentős volt. Egy kg nitrogén hatóanyag facéliánál két év átlagában 456,6 kg-mal növelte a zöldtömeget és 48,3 kg-mal a száraztömeget. Mustárnál a zöldtömeg-növekedés 383,9 kg, a száraztömeg-növekedés 57,8 kg volt. Olajreteknel a zöldtömeg 383,3 kg-mal a száraztömeg 27,1 kg-mal nőtt.

6. táblázat. A zöldtrágyanövények P_2O_5 tartalma (kg/ha)
(Gödöllő, 2010–2011)

Kezelések		2010	2011	Átlag	SzD _{5%}
(1)				(8)	(9)
Facélia (2)	Műtrágya nélkül (5)	26,0	29,0	27,5	
	Műtrágyázott (50 kg/N/ha) (6)	64,8	57,4	61,1	10,1
	Tápanyag-tartalom növekedés (%) (7)	198	198	223	
	SzD _{5%} (9)	nsz (10)			
Mustár (3)	Műtrágya nélkül (5)	30,9	25,5	28,2	
	Műtrágyázott (50 kg/N/ha) (6)	62,7	49,0	55,8	15,5
	Tápanyag-tartalom növekedés (%) (7)	203	192	198	
	SzD _{5%} (9)	nsz (10)			
Olajretek (4)	Műtrágya nélkül (5)	35,1	50,5	42,8	
	Műtrágyázott (50 kg/N/ha) (6)	65,1	102,7	83,9	30,7
	Tápanyag-tartalom növekedés (%) (7)	185	203	194	
	SzD _{5%} (9)	12,8			

Table 6. Effect of different nutrient levels on the uptake of P_2O_5 amount of green manure plants (kg ha⁻¹) (Gödöllő, 2010–2011). (1) Treatments, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) No fertilization, (6) With 50 kg N ha⁻¹ fertilizer, (7) Change in nutrient content, (8) Average, (9) LSD_{5%}, (10) Not significant

Az egységnyi hatóanyag hatására bekövetkező hektáronként felvett NPK-tartalom növekedésre az évjáratnak nem mindig volt statisztikailag igazolható hatása (9. táblázat). A felvett tápanyagok mennyisége a csapadékviszonyoktól függetlenül nőtt. Egy kilogramm nitrogén hatóanyag a 2010–2011. évek átlagában facéliánál további 1,6 kg, mustárnál 1,8 kg, olajreteknel 1,3 kg N felvételét tette lehetővé. Ez különösen annak ismeretében jelentős, hogy a termőhely nitrogén ellátottsága gyenge. A nitrogén a P_2O_5 felvehetőségét is növelte, nitrogén kg-onként facéliánál 0,7 kg-mal, mustárnál 0,6 kg-mal és olajreteknel 0,8 kg-mal. A pótlólagos hatóanyag elősegítette a K_2O felvehetőségét, hatóanyag kilogrammonként facéliánál 2,1 kg-mal, mustárnál 1,6 kg-mal, olajreteknel 1,1 kg-mal.

7. táblázat. A zöldtrágyanövények K_2O tartalma (kg/ha)
(Gödöllő, 2010–2011)

Kezelések		2010	2011	Átlag	SzD _{5%}
(1)				(8)	(9)
Facélia (2)	Mútrágya nélkül (5)	111,3	92,3	101,8	
	Mútrágyázott (50 kg N/ha) (6)	219,4	195,8	207,6	33,8
	Tápanyag-tartalom növekedés (%) (7)	197	212	205	
	SzD _{5%} (9)	nsz (10)			
Mustár (3)	Mútrágya nélkül (5)	98,7	73,1	85,9	
	Mútrágyázott (50 kg N/ha) (6)	169,3	161,7	165,5	28,5
	Tápanyag-tartalom növekedés (%) (7)	172	221	196	
	SzD _{5%} (9)	nsz (10)			
Olajretek (4)	Mútrágya nélkül (5)	111,1	81,0	96,1	
	Mútrágyázott (50 kg N/ha) (6)	132,4	166,4	149,4	38,9
	Tápanyag-tartalom növekedés (%) (7)	119	205	162	
	SzD _{5%} (9)	25,7			

Table 7. Effect of different nutrient levels on the uptake of K_2O amount of green manure plants (kg ha⁻¹) (Gödöllő, 2010–2011). (1) Treatments, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) No fertilization, (6) With 50 kg N ha⁻¹ fertilizer, (7) Change in nutrient content, (8) Average, (9) LSD_{5%}, (10) Not significant

8. táblázat. 1 kg hozzáadott N hatóanyagra vetített biomassza növekedés (kg/ha)

Növények	Biomassza	2010	2011	Átlag	SzD _{5%}
(1)	(5)			(8)	(9)
Facélia (2)	Zöldtömeg (6)	490,3	423,0	456,6	nsz (10)
	Száraztömeg (7)	58,2	38,5	48,3	nsz (10)
Mustár (3)	Zöldtömeg (6)	434,2	333,6	383,9	45,0
	Száraztömeg (7)	74,9	40,7	57,8	8,2
Olajretek (4)	Zöldtömeg (6)	349,0	417,7	383,3	16,8
	Száraztömeg (7)	24,8	29,5	27,1	nsz (10)

Table 8. Specific biomass increasing effect of 1 kg additional N (kg ha⁻¹). (1) Plants, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) Biomass, (6) Green mass, (7) Dry mass, (8) Average, (9) LSD_{5%}, (10) Not significant

9. táblázat. 1 kg hozzáadott N hatóanyagra vetített NPK növekedés (kg/ha)

Növények (1)	NPK	2010	2011	Átlag (5)	SzD _{5%} (6)
Facélia (2)	N	2,2	1,0	1,6	nsz (7)
	P ₂ O ₅	0,8	0,6	0,7	nsz (7)
	K ₂ O	2,2	2,1	2,1	nsz (7)
Mustár (3)	N	2,5	1,1	1,8	0,6
	P ₂ O ₅	0,6	0,5	0,6	nsz (7)
	K ₂ O	1,4	1,8	1,6	0,2
Olajretek (4)	N	1,5	1,0	1,3	0,4
	P ₂ O ₅	0,6	1,0	0,8	0,3
	K ₂ O	0,4	1,7	1,1	0,9

Table 9. Specific NPK content increasing effect of 1 kg additional N (kg ha⁻¹). (1) Plants, (2) Phacelia, (3) Mustard, (4) Oil radish, (5) Average, (6) LSD_{5%}, (7) Not significant

Következtetések

Adott kedvezőtlen termőhelyi körülmények között mindhárom vizsgált növény alkalmas volt zöldtrágyázásra, betöltötte talajvédő és szervesanyag kímélő funkcióját. A hektáronkénti biomassza és a beltartalmi paraméterek, különösen a N felvétel figyelembevételével sem lehetett jelentős különbséget tenni a három növény között a vizsgált években.

50 kg/ha nitrogén hatóanyag a vizsgált években mindegyik növénynél jelentős mértékben elősegítette a biomassza és a beltartalmi paraméterek növekedését, míg ennek hiányában, csapadékosabb évjáratban a pentozán hatástól szenvedő növényállományt kaptunk. Nitrogén műtrágyázás hatására mindhárom növénynél többszörösére nőtt a hektáronkénti nitrogéntartalom. A nitrogén hatóanyag jelentősen elősegítette a foszfor és a kálium felvételét is.

50 kg/ha nitrogén hatóanyag kijuttatásával stabil zöldhozamot, és jelentős felvett NPK mennyiséget adott mindhárom vizsgált növény, nitrogén-kiegészítés nélkül azonban a gyenge adottságú termőhelyen nem minden esetben volt elérhető az elégséges biomassza. A kapott eredmények alapján adott termőhelyen másodvetésű zöldtrágyázásnál lehetőség szerint minden esetben, de a kalászosok szalmájának helyben hagyásakor feltétlenül javasolandó a nitrogén-kijuttatás.

Irodalom

- Allison, M. F.–Armstrong, M. J.–Jaggard, K. W.–Todd, A. D.: 1998a. Integration of nitrate cover crops into sugarbeet (*Beta vulgaris*) rotations. I. Management and effectiveness of nitrate cover crops. *Journal of Agricultural Science*. 130: 53–60.
- Allison, M. F.–Armstrong, M. J.–Jaggard, K. W.–Todd, A. D.: 1998b. Integration of nitrate cover crops into sugarbeet (*Beta vulgaris*) rotations. II. Effect of cover crops on growth, yield and N requirement of sugarbeet. *Journal of Agricultural Science*. 130: 61–67.
- Allison, M. F.–Armstrong, M. J.: 1992. The integration of cover crops into sugar beet (*Beta vulgaris*) rotations. *Aspects of Applied Biology*. 30: 301–308.
- Antal J.: 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Asagi, N.–Ueno, H.: 2009. Nitrogen dynamics in paddy soil applied with various ¹⁵N-labelled green manures. *Plant Soil*. 322: 251–262.
- Baggs, E. M.–Watson, C. A.–Rees, R. M.: 2000. The fate of nitrogen from incorporated cover crop and green manure residues. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 56: 153–163.
- Bilay, Z.–Oleszek, W.–Lewis, J.–Fenwick, G. R.: 1990. Allelopathic potential of glucosinolates (mustard oil glycosides) and their degradation products against wheat. *Plant Soil*. 129: 277–281.
- Blazewick-Wozniak, M.–Wach, D.: 2012. The fertilizer value of summer catch crops preceding vegetables and its variation in the changing weather conditions. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 11. 3: 101–116.
- Boydston, R. A.–Hang, A.: 1995. Rapeseed (*Brassica napus*) green manure crop suppresses weeds in potato (*Solanum tuberosum*). *Weed Technology*. 9: 669–675.
- Brodow, J. M.: 1991. Relationships between chemical structure and inhibitory activity of C6 through C9 volatiles emitted by plant residues. *Journal of Chemistry Ecology*. 17: 2193–2212.
- Brown, P. D.–Morra, M. J.: 1995. Glucosinolate-containing plant tissues as bioherbicides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 43: 3070–3074.
- Brown, P. D.–Morra, M. J.–McCaffrey, J. P.–Auld, D. L.–Williams, L. I.: 1991. Allelochemicals produced during glucosinolate degradation in soil. *Journal of Chemistry Ecology*. 17: 2021–2034.
- Cadisch, G.–Giller, K. E.: 1997. *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*. Wallingford: CAB International. 409.
- Catt, J. A.–Christian, D. G.–Goss, M. J.–Harris, G. C.–Howse, K. R.: 1992. Strategies to reduce nitrate leaching by crop rotation, minimal cultivation and straw incorporation in the Brimstone Farm Experiment, Oxfordshire. *Aspects of Applied Biology*. 30: 255–262.

- Chaves, B.–Neve, S.–Hofman, G.–Boeckx, P.–Cleemput, O.: 2004. Nitrogen mineralization of vegetable root residues and green manures as related to their (bio)chemical composition. *European Journal of Agronomy*. 21. 2: 161–170.
- Clark, A. J.–Decker, A. M.–Meisinger, J. J.–McIntosh, M. S.: 1997a. Kill date of vetch, rye, and a vetch-rye mixture: I. Cover crop and corn nitrogen. *Agronomy Journal*. 89: 427–434.
- Clark, A. J.–Decker, A. M.–Meisinger, J. J.–McIntosh, M. S.: 1997b. Kill date of vetch, rye, and a vetch-rye mixture: II. Soil moisture and corn yield. *Agronomy Journal*. 89: 434–441.
- Collins, H. P.–Delgado, J. A.–Alva, A. K.–Follett, R. F.: 2007. Use of nitrogen-15 isotopic techniques to estimate nitrogen cycling from a mustard cover crop to potatoes. *Agronomy Journal*. 99: 27–35.
- Croft, K. P. C.–Juttner, F.–Slusarenko, A. J.: 1993. Volatile products of the lipoxygenase pathway evolved from *Phaseolus vulgaris* (L.) leaves inoculated with *Pseudomonas syringae* pv *phaseolicola*. *Plant Physiology*. 101: 13–24.
- Deng, W.–Hamilton-Kemp, T. R.–Nielsen, M. T.–Andersen, R. A.–Collins, G. B.–Hildebrand, D. F.: 1993. Effects of six-carbon aldehydes and alcohols on bacterial proliferation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 41: 506–510.
- Derpsch, R.–Sidiras, N.–Roth, C. H.: 1986. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil and Tillage Research*. 8: 253–263.
- Dhima, K. V.–Vasilakoglou, I. B.–Gatsis, T. D.–Panou-Philotheou, E.–Eleftherohorinos, I. G.: 2009. Effects of aromatic plants incorporated as green manure on weed and maize development. *Field Crops Research*. 110: 235–241.
- Foucault, Y.–Lévéque, T.–Xiong T.–Schreck, E.–Austruy, A.–Shahid, M.–Dumat, C.: 2013. Reen manure plants for remediation of soils polluted by metals and metalloids: Ecotoxicity and human bioavailability assessment. *Chemosphere*. 93. 7: 1430–1435.
- Füleky Gy.: 1999. Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Gardner, H. W.–Dornbos, D. L.–Desjardins, A. E.: 1990. Hexanal, trans 2-hexenal, and trans-2-noncnal inhibit soybean, *Glycine max*, seed germination. *J Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 38: 1316–1320.
- Grossman, J.: 1993. Brassica alternatives to herbicides and soil fumigants. *Integrated Pest Management Practicum*. 15: 1–10.
- Jackson, L. E.–Wyland, L. J.–Stivers, L. J.: 1993. Winter cover crops to minimise nitrate losses in intensive lettuce production. *Journal of Agricultural Science*. 121: 55–62.
- Kahnt, G.: 1981. Gründüngung. DLG-Verlag. Frankfurt.
- Kara, E.–Penezoglu, M.: 2000. The effect of green manuring on soil organic content and soil biological activity. *Anadolu*. 10. 1: 73–86.
- Késmárki I.–Petróczyki F.: 2003. Komposztálás-zöldtrágyázás. *Agro Napló*. 7. 7: 11–13.

- Kim, K. R.–Owens, G.–Kwon, S. I.: 2010. Influence of Indian mustard (*Brassica juncea*) on rhizosphere soil solution chemistry in long-term contaminated soils: a rhizobox study. *Journal of Environmental Science*. 22: 98–105.
- Lazzeri, L.–Tacconi, R.–Palmieri, S.: 1993. In vitro activity of some glucosinolates and their reaction products toward a population of the nematode *Heterodera schachtii*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 41: 825–829.
- Martínez, J.–Guiraud, G.: 1990. A lysimeter study of the effects of a ryegrass catch crop during a winter wheat/maize rotation, on nitrate leaching and on the following crop. *Journal of Soil Science*. 41: 5–16.
- Máté A.: 2005. Növénytermesztési Tanüzem. Tanulmány. Gödöllő.
- Mayton, H. S.–Oliver, C.–Vaughn, S. F.–Loria, R.: 1996. Correlation of fungicidal activity of Brassica species with allyl isothiocyanate production in macerated leaf tissue. *Phytopathology*. 86: 267–271.
- Mikó P.–Kovács G.–Nagy L.–Gyuricza Cs.: 2011. Másodvetésű zöldtrágyanövények biomassza tömegének és tápanyagtartalmának vizsgálata kedvezőtlen adottságú termőhelyeken. *Növénytermelés*. 60. 2: 97–113.
- Mojtahedi, H.–Santo, G. S.–Hang, A.–Wilson, J. H.: 1991. Suppression of root-knot nematode populations with selected rapeseed cultivars as green manure. *Journal of Nematology*. 23: 170–174.
- Mojtahedi, H.–Santo, G. S.–Wilson, J. H.–Hang A.: 1993. Managing *Melodogyne chitwoodi* on potato with rapeseed as green manure. *Plant Disease*. 77: 42–46.
- Muelichen, A. M.–Rand, R. E.–Parke, J. L.: 1990. Evaluation of crucifer green manures for controlling *Aphanomyces* root rot of peas. *Plant Disease*. 74: 651–654.
- Muller, J. C.–Denys, D.–Morlet, G.–Mariotta, A.: 1988. Influence of catch crops on mineral nitrogen leaching and its subsequent plant use, p. 85–98. [In: Jenkinson, D. S.–Smith, K. A. (eds.) *Nitrogen efficiency in agricultural soils*. vol. 2.] Elsevier Applied Science. New York.
- Papavizas, G. C.–Lewis, J. A.: 1971. Effect of amendments and fungicides on *Aphanomyces* root rot of peas. *Phytopathology*. 61: 215–220.
- Papavizas, G. C.: 1966. Suppression of *Aphanomyces* root rot of peas by cruciferous soil amendments. *Phytopathology*. 56: 1071–1075.
- Ramírez-Villapudua, J.–Muncke, D. E.: 1988. Effect of solar heating and soil amendments of cruciferous residues on *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* and other organisms. *Phytopathology*. 78: 289–295.
- Ragasits, J.–Smulkalski, M.–Obenhaul, S.: 1992. Cover crops on sand land in Germany: Husbandry and fate of nitrogen. *Aspects of Applied Biology*. 30: 309–316.
- Richards, I. R.–Wallace, P. A.–Turner, I. D. S.: 1996. A comparison of six cover crop types in terms of nitrogen uptake and effect on response to nitrogen by a subsequent spring barley crop. *Journal of Agricultural Science*. 127: 441–449.
- Stefanovits P.: 1999a. Főtípusok, típusok és altípusok. [In: Stefanovits et al. *Talajtan*.] Mezőgazda Kiadó. Budapest.

- Stefanovits P.*: 1999b. A tájak talajviszonyai. [In: Stefanovits et al. Talajtan.] Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Stivers-Young, L.*: 1998. Growth, Nitrogen Accumulation, and Weed Suppression by Fall Cover Crops Following Early Harvest of Vegetables. *Hortscience*. 33. 1: 60–63.
- Thorup-Kristensen, K.*: 1993. The effect of nitrogen catch crops on the nitrogen nutrition of a succeeding crop 1. Effects through mineralisation and pre-emptive competition. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B, Soil and Plant Science*. 43: 74–81.
- Vaughan, J. D.–Evanylo, G. K.*: 1998. Corn response to cover crop species, spring desiccation time, and residue management. *Agronomy Journal*. 90: 536–544.
- Vaughn, S. F.–Boydston, R. A.*: 1997. Volatile allelochemicals released by Crucifer green manures. *Journal of Chemical Ecology*. 23. 9: 2107–2116.
- Williams, L.–Morra, M. J.–Brown, P. D.–McCaffrey, J. P.*: 1993. Toxicity of allyl. isothiocyanate-amended soil to *Limonius californicus* (Mann.) (Coleoptera: Elateridae) wireworms. *Journal of Chemical Ecology*. 19: 1033–1046.
- Zhang, M. K.–Fang, L. P.*: 2007. Effect of tillage, fertilizer and green manure cropping on soil quality a tan abandoned brick making site. *Soil and Tillage Research*. 93: 87–93.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Mikó Péter* – Dr. Kovács Gergő Péter – Dr. Gyuricza Csaba
Szent István Egyetem MKK
Növénytermesztési Intézet
Gödöllő
Páter Károly u. 1.
H-2100
**miko.peter@mkk.szie.hu*

Különböző tenyészidejű borsófajták (*Pisum sativum* L.) vízhasznosítása eltérő vízellátás alatt

¹NEMESKÉRI ESZTER – ²MOLNÁR KRISZTINA – ²DOBOS ATTILA CSABA

¹Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Kutatóintézetek és Tangazdaság, Debrecen

²Magyar Tudományos Akadémia – Debreceni Egyetem, Földművelési és Területfejlesztési Kutatócsoport, Debrecen

Összefoglalás

A növénytermesztést, ezen belül a kertészeti termesztést is érintő szélsőséges időjárási jelenségek, mint pl. szokatlanul forró, száraz nyarak, helyenként jelentkező viharok és özvönvízszzerű esők az elmúlt években egyre gyakrabban előfordulnak. Az időjárási szélsőségekre kevésbé érzékeny növényfajták és a megfelelő termesztéstechnológia kiválasztásával csökkenthető az extrém időjárási viszonyok terméshasznosítást veszélyeztető és gazdasági károkat növelő hatása.

Hat különböző tenyészidejű és levéltípusú borsófajta stressz tűrőképességét és vízhasznosítását vizsgáltuk öntözött, vízhiányos és öntözés nélküli körülmények alatt. Aszályos évben a növények magassága és biomassa termelése, az alkalmazott öntözés ellenére is alacsonyabb volt, mint csapadékosabb évben. A korai tenyészidejű fajta kevésbé volt érzékeny a vízhiányra, mint a kései tenyészidejű fajták. Jelentős különbség volt a sztómarezisztencia értékben, vízhasznosításban és a terméskomponensekben a középérésű fajták között. A középérésű csoportban hüvelyérés alatt, 2,0–3,0 s/cm sztómarezisztencia mellett nagy magtermés érhető el, azonban ezt meghaladva a növényenkénti magtermés jelentősen csökkent. Az „*afila*” félig levélnélküli, kései tenyészidejű fajta viselte el legkevésbé az aszályos termesztési körülményeket. Az eredmények lehetőséget adnak vízhiányt jobban elviselő genotípusok kiválasztására.

Kulcsszavak: zöldborsó, vízhasznosítás, sztómarezisztencia

Water use efficiency of pea varieties (*Pisum sativum* L.) of different maturity in the case of different water supply

¹E. NEMESKÉRI – ²K. MOLNÁR – ²A. CS. DOBOS

¹University of Debrecen, Centre of Agricultural Sciences, Research Institutes and Study Farm, Debrecen

²Hungarian Academy of Sciences – University of Debrecen, Research Group of Tillage and Regional Development, Debrecen

Summary

Extreme weather phenomena affecting crop production, more specifically horticultural production, such as unusually hot and dry summers and occasional storms and flood-like rains became increasingly frequent during the recent years. The impact of extreme weather conditions endangering yield safety and increasing economic damages can be mitigated by selecting the crop species less sensitive to weather extremities and the proper production technology.

The stress tolerance and water use efficiency of six pea varieties of different maturity and leaf type were examined in irrigated, water deficient and non-irrigated conditions. In drought years, the height and biomass production of crops were lower than in wet years, despite the applied irrigation. The early ripening variety was less sensitive to water deficit than the late ripening varieties. There was a significant difference in the stomatal resistance values, water use efficiency and yield components between mid-ripening varieties. During pod ripening, high seed yield can be obtained if the stomatal resistance is between 2.0–3.0 s cm⁻¹ in the mid-ripening group. However, seed yield per crop significantly decreased beyond this level. The half leafless, late-ripening "*afila*" variety was the least tolerant to drought production conditions. The obtained results provide an opportunity to select genotypes which are more tolerant to water deficit.

Key words: green pea, water use efficiency, stomatal resistance

Водопользование сортов гороха (*Pisum sativum* L.) с различными вегетационными периодами при разной обеспеченности водой

¹Э. НЕМЕШКЕРИ – ²К. МОЛНАР – ²А. Ч. ДОБОШ

¹Дебреценский Университет, Центр Аграрных и Экономических Наук, Исследовательские Институты и Учебное Хозяйство, Дебрецен

²Академия Наук Венгрии – Дебреценский Университет, Исследовательская группа Земледелия и Развития Территорий, Дебрецен

Резюме

Затрагивающие растениеводство, в том числе и садоводство, крайние погодные явления, такие как, например, непривычно жаркие, сухие лета, появившиеся местами ураганы и похожие на тропические ливни дожди всё чаще встречаются за последние годы. Выбором менее чувствительных к крайностям погоды сортов растений и соответствующей технологией выращивания можно уменьшить угрожающее безопасности урожая и увеличивающее экономический ущерб влияние экстремальных погодных условий.

Исследовали стойкость к стрессам и водоиспользование шести разных вегетационных периодов и типов листьев сортов гороха в условиях орошения, недостатка воды и без орошения. В засушливый год высота растений и урожай биомассы, несмотря на применение орошения, были ниже, чем в более влажный год. Сорт с более ранним вегетационным периодом был менее чувствительным к дефициту воды, чем сорта с поздним вегетационным периодом. Значительная разница была в показателях резистенции устьиц, усвоении воды и в компонентах урожая среди сортов среднего времени созревания. В группе среднего созревания за время вызревания стручка, вместе с резистентностью устьиц 2,0–3,0 s/cm можно получить большой урожай гороха, но превысив, это урожай горошин по растениям значительно уменьшается. Наполовину безлистная „*afila*” сорта позднего вегетационного периода более легко перенесла засушливые условия выращивания. Результаты дают возможность выбрать генотипы, лучше выдерживающие недостаток воды.

Ключевые слова: зелёный горох, использование воды, резистентность устьиц

Bevezetés

A klímaváltozásnak tulajdonítható, rendszeresen előforduló, magas hőmérséklettel kísért aszályos időszakok károsan befolyásolják a termesztett növényeink növekedését és termőképességét. Szántóföldön az aszály és a magas hőmérsékleti stressz gyakran együtt jár, de a túlzott csapadék mennyisége is káros a növénykultúrákra. A növények reprodukív fázisa, mint a gametogenezis és termékenyülés a legérzékenyebb a magas hőmérsékletre, mivel már egy rövid hőstressz is jelentősen növeli a virágbimbók és nyílt virágok lehullását (*Guilioni et al.* 1997, *Young et al.* 2004, *Foolad* 2005). A hüvelyes növények ebben a fejlődési szakaszban a legérzékenyebbek a vízhiányra és a hozzá társuló magas hőmérsékletre. A zöldborsó közepes vízigényű növény, de rendkívül érzékeny a csapadék vegetációs perióduson belüli eloszlására, ezért főként a virágzás és a szemtelítődés időszakában van szüksége vízpótlásra (*Hodossi et al.* 2004).

Néhány napos vízbőség a vízhiány stresszhez hasonló tüneteket okoz: csökken a transzspiráció, és a sztómazárás eredményeként csökken a nettó fotoszintézis (*Takell és McDavid* 1995). Túlzott vízellátásban a sztómák záródását, ami a levelek dehidrációjának tulajdonítható, az okozza, hogy a gyökér permeabilitása lecsökken, ennek következtében a vízfelvétel gátolt (*Amico et al.* 2001). A talaj vízhiány gátolja a gyökérgümők fejlődését és működését a hüvelyes növényekben. Súlyos szárazságban a gyökér gümők nitrogénkötő kapacitása csökken (*Smith et al.* 1988) és ennek következtében már enyhe vízstressz is csökkenti a levélfelületet és a levél tömegét (*Nemeskéri et al.* 2010, *Nemeskéri* 2001). A terméskomponensek közül legérzékenyebben, a növényenkénti hüvelyszám reagál a vízbőségre (*Ahmed et al.* 2002).

A hüvelyes növények fejlődésük kezdeti szakaszában alacsony vízigényűek, de a virágzás és hüvelyfejlődés alatt, mivel ekkor a legnagyobb az evapotranszspiráció, a legérzékenyebbek a vízstresszre (*Nemeskéri* 2001). A vízhasznosítás hatékonyság (WUE) meghatározó egy növényfaj produktívitasában és összefügg a sztómák működésével, a sztómasűrűséggel, korlátozott vízviszonyok alatt (*Hardy et al.* 1995). Szárazságstressz hatására a növény vízfelvétele korlátozódik, ennek következtében vízhiányos állapot alakul ki. A növény a vízleadás korlátozásával reagál, gázcseré nyílásait zárja. A hosszú ideig tartó sztómazárás részleges vagy teljes transzspiráció megszűnését eredményezi, ezért a növények képtelenek víz és tápanyag felvételre a talajból. A sztómák záródásának következtében csökken a CO₂-áramlás a növényekbe, aminek hatására a fo-

toszintézis és anyagcsere mérséklődik (Heszky 2007). Ez végső soron termés-csökkenést okoz. A mutáns *af* borsó genotípusok előállításával a lombfelületet csökkentették; ezek az ún. „*afila*” típusok a levélkék helyett kacsokat képeznek és feltételezték, hogy ezzel javul a növénynek vízhasznosítása, és jobb a szárazságtűrése (Harvey 1980). Ezeknél a típusoknál a talajvíz-hiány a vegetatív növekedést leállította, és a vízveszteség következtében felgyorsult a levelek (pálhalevelek) öregedése (Baigorri et al. 1999).

A konzerv- és hűtőipari feldolgozásra a zöldborsót általában öntözéssel, de az étkezési száraz borsó fajtákat öntözés nélkül, természetes csapadékeloszlás mellett termesztik. Kevés kísérlet történt a zöldborsó fajták szárazságtűrésének és vízhasznosításának, illetve az ezeket befolyásoló tényezők vizsgálatára. A tanulmány célja különböző tenyészidejű zöldborsófajta vízhasznosító képességében lévő különbségek és a termést befolyásoló élettani tényezők közötti kapcsolat feltárása eltérő vízellátás alatt.

Anyag és módszer

A 2010–2012. években, eltérő tenyészidejű 5 normál levelű zöldborsó és egy félig levél nélküli *afila* levéltípusú száraz borsófajta vízhasznosításának vizsgálata szántóföldi kispárcellás kísérletben történt, a Debreceni Egyetem MÉK Kertészettudományi Intézetének kísérleti területén. A normál levelű fajták közül az Avola fajta korai érésű volt, a Milor, Polar, Debreceni apró fajták a közép-érésű csoportba tartoztak. A kései tenyészidejű csoportban a normál levelű Twin fajta és a félig levél nélküli *afila* levéltípusú Profi fajta került vizsgálatra. A fajták vetése kéttényezős kísérletben történt, ahol a főtenyező a vízellátás, a melléktenyező a fajta volt. A 3 m hosszú, 10 soros elemi parcellák sorok közötti távolsága 12,5 cm volt. Mindegyik fajta véletlen blokk elrendezésben, öntözési kezelésként 3 ismétlésben, 220 kg/ha vetőmagdózisnak megfelelő magmennyiséggel került vetésre. A vízellátási tényezők a következők voltak: az öntözött parcellák (Ö), ahol évektől függően 14, illetve 21 mm öntözővíz került kijuttatásra, a vízhiányos parcellák (Ö/2) képviselték a mérsékelt vízhiányt, ahol az öntözött parcellákra kijuttatott vízmennyiség fele került, és a száraz, öntözés nélküli parcellák (D), amelyek természetes csapadékeloszlásban részesültek. Az öntözés két alkalommal, a virágzás és hüvelyfejlődés alatt történt.

Négy időpontban, virágzás előtt 14 nappal (VE1), 7 nappal (VE2), virágzás alatt (V) és virágzás után 7 nappal, hüvelyérés idején (H) minden parcellában

a kijelölt 10–10 növényen a 6., 8., 10. noduszon lévő leveleken a sztómarezisztencia mérésére AP4 (Delta-T Devices, Anglia) porométer eszközzel került sor. A porométer a sztómarezisztenciát s/cm mértékegységben mérte, ami a sztómákon áthaladó vízgőz-diffúzió mértékét fejezi ki. A méréseket mind a négy alkalommal 10 és 15 óra között végeztük. A mérésekkel egyidejűleg minden fajta kijelölt egyedéről 3 levélmintát gyűjtöttünk be, hogy meghatározzuk a levelek sztóma sűrűségét. A levél-főér mentén két oldalról, körömlakk segítségével epidermisz nyúzatot készítettünk, majd fénymikroszkóppal (40×10 nagyításban) meghatároztuk a területegységre (mm²) eső sztómák számát. Amikor a zöldborsó magvak minősége elérte a 135–145 zsengeségi fokot, a kijelölt növénymintákat – amelyeken a méréseket végeztük – külön begyűjtöttük. Az így begyűjtött növénymintákon meghatároztuk a terméskomponenseket: a növényenkénti hüvely- és magszámot, a növényenkénti hüvelyek és magvak súlyát. A többi növényt betakarítás után részekre osztottuk, a hüvelyek és zöld hajtás tömege képezte a zöld biomassza mennyiségét. A fajták vízhasznosító képességét a vízhasznosítási együttható (WUE) mértékével, magtermésre vonatkoztatva fejeztük ki:

$$WUE_t = \frac{\text{összes víz (csapadékés+öntözés)} (l \text{ m}^{-2})}{\text{zöldmag termés} (kg \text{ m}^{-2})}$$

Statisztikai elemzések

Az adatok statisztikai kiértékelése SPSS statisztikai programmal, egytényezős ANOVA analízissel történt. A kezeléshatások és fajták közötti különbségek összehasonlítása Duncan-tesztel, a különböző fejlődési szakaszokban mért sztómarezisztencia és zöldmag-termés közötti kapcsolat feltárása regresszióanalízissel történt.

Eredmények

A 2010. év a borsó fejlődése alatt csapadékos, a 2011 súlyos, a 2012 év enyhén aszályos volt (*1. táblázat*). A fajták tenyészidejétől függően, a fejlődési szakaszokban eltérő mennyiségű csapadék állt a növények rendelkezésére, ami jelentősen befolyásolta a fejlődésüket.

1. táblázat. Meteorológiai adatok alakulása a borsófajták fejlődési szakaszaiban (2010–2012)

Fajta (1)	Év (2)	Kelés-virágzás (3)			Virágzás alatt (4)			Hüvelyérés alatt (betakarításig) (5)		
		HU* (°C) (6)	Csap. (mm) (7)	RH** (%) (8)	HU* (°C) (6)	Csap. (mm) (7)	RH** (%) (8)	HU* (°C) (6)	Csap. (mm) (7)	RH** (%) (8)
Korai érésű (9)										
Avola	2010	324,8	96,0	73,0	174,3	61,0	83,4	215,4	45,0	81,5
	2011	314,4	40,0	57,9	195,8	6,0	64,7	184,2	0,4	65,0
	2012	319,0	30,4	67,2	204,2	38,2	68,1	206,4	42,0	70,6
Középerésű (10)										
Milor	2010	440,4	155,2	76,7	234,3	46,8	80,7	159,0	6,8	74,4
	2011	397,3	40,0	59,0	64,4	1,0	60,4	256,3	16,6	66,3
	2012	379,0	49,0	67,2	83,3	17,8	71,4	298,2	69,4	70,8
Polar	2010	484,0	155,2	76,3	190,7	46,8	83,5	172,5	6,8	74,6
	2011	397,3	40,0	59,0	64,4	1,0	60,4	256,3	16,6	66,3
	2012	379,0	49,0	67,2	83,3	17,8	71,4	298,2	69,4	70,8
Debreceni apró	2010	484,0	155,2	76,3	190,7	46,8	83,5	172,5	6,8	74,6
	2011	479,7	41,0	59,2	66,0	5,0	67,8	230,3	12,4	65,4
	2012	476,2	66,8	67,4	47,0	1,8	69,2	266,1	73,3	72,6
Kései érésű (11)										
Twin	2010	499,2	155,2	76,3	175,5	45,0	83,5	269,2	55,8	78,2
	2011	479,7	41,0	59,2	66,0	5,0	67,8	262,3	12,4	64,5
	2012	489,2	66,8	67,2	34,0	1,8	69,2	347,9	75,4	72,1
Profí***	2010	499,2	155,2	76,3	175,5	45,0	83,5	281,9	55,8	78,5
	2011	479,7	41,0	59,2	66,0	5,0	67,8	262,3	12,4	64,5
	2012	476,2	66,8	67,4	47,0	1,8	69,2	347,9	75,4	72,1

Megjegyzés: *HU - hőösszeg, **RH - relatív páratartalom, ****afila* levéltípusú száraz borsó

Table 1. Meteorological data in the various development phases of pea varieties (2010–2012). (1) Varieties, (2) Years, (3) Emergence-flowering, (4) During flowering, (5) During pod ripening (until harvesting), (6) Heat Unit (°C), (7) Precipitation (mm), (8) Relative Humidity (%), (9) Early ripening, (10) Mid-ripening, (11) Late ripening, Source: *HU - Heat Unit, **RH - Relative Humidity, ****afila* leaf type dry pea

2010-ben a borsó fejlődésének kezdeti szakaszában (keléstől virágzásig) a jelentős mennyiségű csapadék a talaj levegőtlenességét, a gyökérrhizóbiumok fejletlenségét okozták, amire legérzékenyebben a korai tenyészidejű fajta reagált. Csapadékos (2010) évben a virágzás és hüvelyérés alatt 80%, illetve 75% relatív páratartalom (RH%) kedvezett a termésképződésnek, ezzel szemben aszályos évben (2011) virágzás alatt a 60–66 RH%, a csapadékhány és a magas hőmérséklet gátolta a borsó termékenyülését.

A vízhiányos periódusok alatt a növények növekedése lelassult. Az egyes fejlődési szakaszban a levél sztóma sűrűsége, működése – ami összefügg a magas hőmérséklettel és relatív páratartalommal – jelentősen megváltozott. Csapadékos (2010) évben virágzás előtt (VE2) a hüvelyérésig (H) tartó időszak alatt a sztómarezisztencia minden fenofázisban alacsony, míg az aszályos években – különösen virágzás alatt – lényegesen nagyobb. Virágzás alatt a legnagyobb sztómarezisztencia és legkisebb sztómasűrűség az igen aszályos 2011. évben fordult elő (2. táblázat).

2. táblázat. A levél vízforgalmát szabályozó sztóma működés a borsó fejlődési szakaszaiban (2010–2012)

Tulajdonság (1)	Év (2)	VE1 (virágzás előtt 14 nappal) (3)	VE2 (virágzás előtt 7 nappal) (4)	V (virágzás alatt) (5)	H [hüvelyfejlődés alatt (virágzás után 7 nappal)] (6)
Sztóma- rezisztencia (s/cm)(7)	2010	2,748 c	1,143 f	1,152 f	1,347 ef
	2011	2,085 d	1,201 f	5,234 a	4,607 b
	2012	1,098 f	0,620 g	2,575 c	1,590 e
Sztóma- sűrűség (db/mm ²)(8)	2010			201,70 d	220,49 c
	2011		203,53 d	176,85 f	262,20 a
	2012		181,76 f	189,18 e	249,87 b

Megjegyzés: Az évek és fenológiai szakaszok között a szignifikáns különbséget – a sorokban és oszlopokban – az eltérő betűk P<0,05 szinten jelzik Duncan-teszt szerint.

Table 2. Stomatal functions controlling the water cycle of the leaf in the different development stages of pea (2010–2012). (1) Characteristics, (2) Years, (3) 14 days before flowering, (4) 7 days before flowering, (5) during flowering, (6) during pod development (7 days after flowering), (7) Stomatal resistance (s cm⁻¹), (8) Stomatal density (stomata per mm²). Source: The significant difference between years and phenological phases is shown by different letters at the P<0.05 level in the given rows and columns in accordance with Duncan's test.

A fajták klímaérzékenysége a növények magasságában, a biomassa- és a magtermés mennyiségi különbségében nyilvánult meg. Az aszályos években a virágzás alatt – még öntözés ellenére is – a növénymagasság minden fajtánál jelentősen (30–40%) csökkent, a későn érő fajtáknál a zöldmag-termés lényegesen kisebb volt, mint a csapadékos 2010. évben (3. táblázat).

3. táblázat. Évjárat hatása a borsófajták növekedésére, biomassa termelésre

Tulajdonság (1)	Érés (2)	Fajta (3)	2010	2011	2012
Növény- magasság (cm) (4)	A	Avola	68,88 d	49,65 g	52,37 fg
	B1	Milor	73,03 c	53,86 f	59,78 e
	B2	Polar	68,33 d	52,90 f	54,87 f
	B2	Debreceni apró	77,70 b	41,37 h	62,00 e
	C1	Twin	78,40 b	43,79 h	48,16 g
	C1	Profi	91,57 a	48,20 g	61,57 e
Hüvely- termés (t/ha) (5)	A	Avola	11,99 b	7,36 c	13,99 a
	B1	Milor	13,18 ab	8,50 c	13,32 a
	B2	Polar	13,48 a	5,16 d	13,27 ab
	B2	Debreceni apró	13,11 ab	9,82 c	12,21 ab
	C1	Twin	14,01 a	8,47 c	12,17 b
	C1	Profi	12,45 ab	4,89 d	11,39 b
Zöldmag- termés (t/ha) (6)	A	Avola	5,06 b	3,81 c	5,90 a
	B1	Milor	5,24 b	4,20 c	5,28 b
	B2	Polar	6,20 a	2,37 d	5,69 a
	B2	Debreceni apró	5,15 b	4,90 bc	3,10 d
	C1	Twin	6,42 a	4,77 c	4,85 b
	C1	Profi	5,78 a	2,46 d	4,92 b
Biomassa (t/ha) (7)	A	Avola	20,24 e	13,64 f	32,27 c
	B1	Milor	31,47 cd	20,60 e	37,10 b
	B2	Polar	27,56 d	12,92 f	34,82 c
	B2	Debreceni apró	35,54 c	19,80 e	47,74 a
	C1	Twin	39,72 b	17,01 ef	30,61 d
	C1	Profi	40,67 b	13,51 f	36,97 b

A 3. táblázat folytatása a következő oldalon ...

A 3. táblázat folytatása ...

Tulajdonság (1)	Érés (2)	Fajta (3)	2010	2011	2012
WUE _t (liter/kg/m ²) (8)	A	Avola	494,04	126,43	207,61
	B1	Milor	500,27	142,44	278,13
	B2	Polar	429,03	247,10	266,29
	B2	Debreceni apró	515,95	127,80	518,66
	C1	Twin	451,61	134,10	326,52
	C1	Profi	518,87	264,95	318,98
Sztóma- rezisztencia (s/cm) (9)	A	Avola	1,593 c	2,922 b	1,639 c
	B1	Milor	1,237 c	3,486 a	1,435 c
	B2	Polar	1,528 c	2,893 b	1,541 c
	B2	Debreceni apró	1,224 c	2,845 b	1,367 c
	C1	Twin	1,170 c	3,652 a	1,384 c
	C1	Profi	1,215 c	3,464 a	1,369 c

Megjegyzés: A1= korai, B1= középkorai, B2= középkései, C1=kései tenyészidejű. A sorokban és oszlopokban a különböző betűk szignifikáns különbséget jelölik P<0,05 szinten Duncan-teszt szerint.

Table 3. The impact of crop year on the growth and biomass production of pea varieties. (1) Characteristics, (2) Ripening, (3) Varieties, (4) Plant height (cm), (5) Pod yield (t ha⁻¹), (6) Green seed yield (t ha⁻¹), (7) Biomass (t ha⁻¹), (8) WUE_t (l kg⁻¹ m²), (9) Stomatal resistance (s cm⁻¹), Source: ripening: A1= early, B1= mid-early, B2= mid-late, C1=late-ripening. The significant difference is shown by different letters at the P<0.05 level in the given rows and columns in accordance with Duncan's test.

Súlyos szárazságban a fajtáknak általában alacsony a vízfogyasztása (WUE_t), és a védekezést a magas sztómarezisztencia jelzi. Ez utóbbi, elsősorban a későn érő *afila* levél-típusú fajtánál, alacsony termőképességet eredményezett.

A továbbiakban azt vizsgáltuk, hogy aszályos években az eltérő vízellátás milyen mértékben befolyásolja a terméskomponenseket. Az elégtelen vízellátás miatt - a fajták tenyészidejétől függően - különböző mértékben csökkent a növényenkénti hüvely- és magsúly. Jól ismert, hogy a korai fajták kevesebb hüvelyt és magtermést produkálnak, mint a középérésű fajták. A korai tenyészidejű Avola fajtánál a magvak érése egyenletes volt, ennek következtében az ezer-zöldmag tömegét kevésbé befolyásolta a növény vízellátása (4. táblázat). Mindkét aszályos évben a középérésű Milor fajta növényegyedein kisebb súlyú hüvely, bennük kevesebb, kisebb súlyú mag képződött mérsékelt vízhiányban

(Ö/2) és öntözés nélkül (D) az öntözött növényekhez képest. Hasonló reakciót mutattak a kései tenyészidejű fajták (Twin és Profi), jelentősen kevesebb, kisebb súlyú hüvelyeket és magvakat képeztek mérsékelt vízhiányban és öntözés nélkül, mint jó vízellátásban (4. táblázat). Súlyos szárazságban, az apró magvú Debreceni apró fajta termékenyülési zavara kevesebb hüvely- és magképzésben nyilvánult meg. Ettől eltérően, az enyhén száraz 2012. évben a virágzás alatti öntözés a középkesei tenyészidejű Debreceni apró fajta elhúzódo virágzását eredményezte. Ennek következtében sok hüvely képződött, de a hüvely és magfejlődése egyenetlen volt.

4. táblázat. *Vízellátás hatása a zöldborsó fajták terméskomponenseire súlyosan (2011) és enyhén aszályos (2012) években*

Tulajdonság (1)	Érés (2)	Fajta (3)	2011			2012		
			Ö**	Ö/2***	D****	Ö**	Ö/2***	D****
Hüvelyszám növény (db) (4)	A	Avola	3,2 d	3,2 d	2,8 d	3,9 de	3,3 e	2,3 e
	B1	Milor	6,6 b	5,4 bc	4,5 c	6,8 b	5,7 c	5,7 c*
	B2	Polar	7,9 ab	8,5 a	7,3 ab	7,4 b	13,4 a*	8,7 b
	B2	Debreceni apró	8,4 a	5,2 c	6,5 bc	12,3 a*	8,2 b*	13,1 a*
	C1	Twin	4,9 cd	6,7 c	3,0 d	6,1 bc*	5,0 d*	4,4 d*
	C1	Profi	8,1 ab	4,2 c	4,8 c	4,4 d*	6,0 bc*	5,2 c
Magszám növény (db) (5)	A	Avola	17,5 d	18,4 d	14,9 d	20,4 d	17,8 de	12,4 e
	B1	Milor	37,8 ab	27,0 c	24,3 c	39,8 b	30,1 c	29,7 c*
	B2	Polar	40,5 ab	44,9 ab	38,9 ab	31,1 c*	54,7 a*	35,9 b
	B2	Debreceni apró	46,4 a	24,2 c	34,9 b	44,2 b	37,3 b*	63,1 a*
	C1	Twin	31,8 bc	25,8 cd	19,4 cd	32,3 bc	24,1 d	24,8 d*
	C1	Profi	39,9 ab	16,6 d	18,2 d	16,7 de*	24,1 d*	21,0 d
Hüvelysúly növény (g) (6)	A	Avola	15,3 b	15,3 b	12,8 bc	18,7 c*	16,0 c	11,4 d
	B1	Milor	24,2 a	16,0 b	16,5 b	27,6 a	19,0 c	21,3bc*
	B2	Polar	16,2 b	17,7 b	15,0 b	17,9 c	29,1 a*	17,2 c
	B2	Debreceni apró	14,2 bc	8,2 c	10,5 c	16,5 c	11,4 d*	22,1 b*
	C1	Twin	17,4 b	13,5 bc	10,2 c	20,9 c	12,9 d	12,9 d*
	C1	Profi	19,5 ab	8,6 cd	7,8 d	8,5 d*	13,4 d*	11,9 d*

A 4. táblázat folytatása a következő oldalon ...

A 4. táblázat folytatása ...

Tulajdonság (1)	Érés (2)	Fajta (3)	2011			2012		
			Ö**	Ö/2***	D****	Ö**	Ö/2***	D****
Magsúly növény (g) (7)	A	Avola	7,6 b	8,2 b	6,7 b	8,7 a	6,4 b*	4,6 c*
	B1	Milor	11,5 a	7,6 b	9,1 b	11,8 a	6,7 b	8,9 b
	B2	Polar	7,4 b	8,3 b	6,8 b	7,4 ab	10,3 a*	8,9 a*
	B2	Debreceni apró	6,6 b	4,3 c	5,4 bc	3,2 c*	3,0 c*	6,7 b*
	C1	Twinn	8,7 ab	8,2 b	6,3 b	9,0 a	4,4 c*	5,5 c
	C1	Profi	9,3 ab	4,5 c	4,1 c	3,6 c*	5,6 c	5,9 c*
1000- zöldmag súly (g) (8)	A	Avola	435,3	445,7	447,7	428,6	358,9	368,5
	B1	Milor	304,0	282,9	376,2	295,5	221,8	300,7
	B2	Polar	182,7	184,9	174,8	237,9	188,3	247,9
	B2	Debreceni apró	142,2	177,8	154,7	72,4	81,0	106,2
	C1	Twinn	273,3	319,4	326,3	278,0	182,4	223,3
	C1	Profi	233,1	271,1	225,3	215,6	226,7	281,0

Megjegyzés: érés: A1= korai, B1= középkorai, B2= középkései, C1=kései tenyészidejű. Éven belül a sorokban és oszlopokban a különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek $P < 0,05$ szinten Duncan-teszt szerint. *Szignifikáns különbség az évek és kezelések között. **Öntözött parcellák, ahol évektől függően 14 illetve 21 mm öntözővíz került kijuttatásra. ***Vízhiányos parcellák, ahol az öntözött parcellákra kijuttatott vízmennyiség fele került kijuttatásra. ****Száras, öntözés nélküli parcellák, amelyek természetes csapadékeloszlásban részesültek.

Table 4. The impact of water supply on the yield components of pea varieties in severe (2011) and mild (2012) drought. (1) Characteristics, (2) Ripening, (3) Varieties, (4) Pod number per plant, (5) Seed number per plant, (6) Pod weight per plant (g), (7) Seed weight per plant (g), (8) Thousand green seed weight (g). Source: ripening: A1= early, B1= mid-early, B2= mid-late, C1=late-ripening. The significant difference within a year is shown by different letters at the $P < 0.05$ level in the given rows and columns in accordance with Duncan's test. *Significant difference between years and treatments. **Irrigated plots where 14 and 21 mm irrigation water is supplied, depending on the given year. ***Water deficit plots where half of the irrigation water applied on irrigated plots is applied. ****Dry, non-irrigated plots with natural rainfall distribution.

A termésre vonatkoztatott vízhasznosítási együttható (WUE_p) azt mutatja, hogy az egységnyi területre (m^2) eső vízmennyiségből mennyit fordít a növény a termésképzésre. Aszályos évben öntözés nélkül, a termés és zöld-biomassza mennyisége csökken. A nagy WUE_t érték jelzi, hogy rendelkezésre álló vízmennyiség nagy része nem a termésképzésben hasznosul. Aszályos években öntözés nélkül, a középerésű fajták biomassza-termelésben és vízhasznosító képességben (WUE_p) jelentősen különböztek. Súlyos aszályos évben (2011) öntözés nélkül a Polar fajta – magas sztómarezisztencia és nagy sztómasűrűség

mellett – igen alacsony biomassa- és magtermést produkált, ekkor a vízhasznosítási együttható (WUE_p) értéke magas volt (5. táblázat). Enyhén aszályos, 2012. évben azonban a levelek alacsony sztómarezisztenciája következtében nagyobb magtermés és biomassa-termés realizálódott öntözés nélkül, mint az öntözött növényekben a 2011. évihez képest. Az alacsony WUE_t érték ebben az esetben a Polar fajta jobb vízhasznosítását jelzi (5. táblázat). A kései éréscsoportba tartozó normál levelű Twin és *afila* levéltípusú Profi fajták levelein a nagy sztómasűrűség és magas sztómarezisztencia volt a fő védekezési mód a súlyos szárazság ellen; azonban a levélkés Twin fajta lényegesen több zöldmagtermést produkált vízhiányban, mint hasonló körülmények között az *afila* típusú Profi. Az eredmények szerint az *afila* levéltípusú, kései tenyészidejű Profi fajta viseli el legkevésbé az aszályos, vízhiányos körülményeket.

Öntözés nélkül termesztett zöldborsó fajták fejlődési szakaszonként változó sztómaműködést mutattak, ami befolyásolta a hüvely- és magtermést. Szoros szignifikáns összefüggés mutatható ki az öntözés nélkül termesztett borsó virágzás alatti sztómarezisztencia és zöldmag-termése között súlyos aszályos évben ($r=0,7616$) és enyhe aszályos évben ($r=0,6868$) egyaránt. Az összefüggés szerint enyhén aszályos évben, száraz körülmények alatt – ha a virágzás alatt a sztómarezisztencia eléri vagy meghaladja a 3,0 s/cm értéket –, a zöldmagtermés csökken (4,2 t/ha). Súlyos aszályos évben, hasonló körülmények között az intenzív védekezés következtében a sztómarezisztencia értéke elérheti a 6,0 s/cm értéket, amikor a termés csökkenés igen jelentős (2,2 t/ha).

Szárazságban a sztómák működésének nagyobb hatása volt a növényenkénti hüvely- és magsúly alakulására a zöldborsóhüvely érése alatt, mint virágzás alatt. A két aszályos év eredményét összegezve a különböző éréscsoportokban igen szoros szignifikáns összefüggés ($r=0,8121$, $r=0,8422$) van a sztómarezisztencia és növényenkénti hüvelysúly között hüvelyérés alatt, öntözés nélküli termesztésben. A hüvelyérés időszakában a 4 s/cm értéket meghaladó sztómarezisztenciánál a növényenkénti hüvelysúly jelentősen csökken a középerésű és kései tenyészidejű csoportban egyaránt.

A sztómaműködés a tenyészidőtől függően befolyásolta a növényenkénti magsúly alakulását. Az aszályos években a hüvelyérés alatti sztómarezisztencia és növényenkénti magsúly között a korai és középerésű csoportban szoros szignifikáns összefüggés ($r=0,9693$, $r=0,6522$) van öntözés nélküli termesztésben, míg a későn érő csoportban ez nem mutatható ki.

5. táblázat. Különböző tenyészidejű borsófajták vízforgalmi mutatója és biomasza termelése eltérő vízellátás alatt aszályos (2011) és enyhén aszályos (2012) években

Fajta (1)	Kezelés (2)	2011				2012					
		Sztóma- rezišten- cia* (s/cm) (3)	Sztóma- szám* (db/mm ²) (4)	Zöldmag- termés (t/ha) (5)	Biomassa (t/ha) (6)	WUE (l/kg/m ²) (7)	Sztóma- rezišten- cia* (s/cm) (3)	Sztóma- szám* (db/mm ²) (4)	Zöldmag- termés (t/ha) (5)	Biomassa (t/ha) (6)	WUE (l/kg/m ²) (7)
Korai érésű (8)											
Avola	Ö**	2,575 c	180,61 d	4,11 c	16,40 c	119,21	1,413 b	164,23 d	5,50 b	33,10 d	242,09
	Ö/2***	3,538 a	164,52 d	4,12 c	13,90 d	115,35	1,595 ab	158,94 d	5,78 b	33,40 d	209,81
	D****	2,653 c	175,98 d	3,19 d	10,63 e	144,74	1,907 a	164,52 d	6,47 a	30,29 d	170,94
Középerésű (9)											
Milor	Ö**	3,068 ab	214,90 bc	5,76 a	30,27 a	106,19	1,201 b	222,22 b	5,31 b	35,67 c	296,64
	Ö/2***	3,930 a	216,73 bc	3,55 c	18,31 c	160,59	1,399 b	202,96 c	5,12 b	39,55 b	286,66
	D****	3,462 ab	212,20 c	3,29 c	13,21 d	160,54	1,704 a	199,49 c	5,42 b	36,07 cb	251,11
Polar	Ö**	3,224 ab	245,92 b	3,02 d	18,63 c	202,59	1,334 b	243,22 a	5,86 b	38,58 b	268,54
	Ö/2***	2,246 c	247,75 b	2,26 e	11,87 d	251,59	1,503 ab	251,21 a	4,47 c	33,48 d	327,97
	D****	3,209 ab	282,81 a	1,84 e	8,26 e	287,11	1,786 a	241,39 a	6,73 a	32,39 d	202,35
Debreceni apró	Ö**	2,824 b	232,82 b	5,05 b	23,59 b	132,12	1,019 b	215,09 c	2,40 e	50,13 a	688,92
	Ö/2***	2,709 bc	213,55 bc	4,65 b	17,68 c	134,62	1,150 b	213,26 c	3,47 d	53,50 a	446,12
	D****	3,004 b	199,87 c	5,01 b	18,14 c	116,66	1,931 a	201,51 c	3,42 d	39,58 b	420,93

Az 5. táblázat folytatása a következő oldalon ...

Az 5. táblázat folytatása ...

Fajta (1)	Kezelés (2)	2011					2012				
		Sztóma- rezisztencia* (s/cm) (3)	Sztóma- szám* (db/mm ²) (4)	Zöldmag- termés (t/ha) (5)	Biomassza (t/ha) (6)	WUE (l/kg/m ²) (7)	Sztóma- rezisztencia* (s/cm) (3)	Sztóma- szám* (db/mm ²) (4)	Zöldmag- termés (t/ha) (5)	Biomassza (t/ha) (6)	WUE (l/kg/m ²) (7)
Twin	Ö**	2,999 b	219,81 c	5,64 a	23,86 b	118,26	1,125 b	237,53 ab	5,43 b	30,72 d	304,55
	Ö/2***	4,015 a	246,88 b	4,99 b	16,11 c	125,27	1,313 b	229,63 b	3,84 d	30,85 d	403,10
	D****	3,940 a	238,40 b	3,68 c	11,07 e	158,78	1,716 a	230,60 b	5,30 b	30,26 d	271,90
	Ö**	2,771 b	212,68 c	2,98 d	17,29 c	224,04	1,269 b	216,44 c	5,90 b	41,60 b	280,28
Profi	Ö/2***	3,841 a	234,16 b	2,67 d	13,98 d	234,39	1,342 ab	212,97 c	4,71 c	36,91 c	328,25
	D****	3,781 a	230,60 b	1,74 e	9,26 e	336,41	1,497 a	223,66 b	4,13 c	32,39 d	348,42

Megjegyzés: *a virágzás előtti (VE1) és hűveléjődés (H) időszak alatt. **Öntözött parcellák, ahol évekről függően 14, illetve 21 mm öntözővíz került kijuttatásra. ***Vízhiányos parcellák, ahol az öntözött parcellákra kijuttatott vízmennyiség fele került kijuttatásra. ****Száras, öntözés nélküli parcellák, amelyek természetesen csapadékeloszlásban részesültek. Az oszlopokban a különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek P<0,05 szinten Duncan-teszt szerint.

Table 5. Water cycle index and biomass production of pea varieties of various maturity in the case of different water supply in drought (2011) and mild drought (2012). (1) Varieties, (2) Treatments, (3) Stomatal resistance* (s cm⁻¹), (4) Stoma number (stoma per mm²), (5) Green seed yield (t ha⁻¹), (6) Biomass (t ha⁻¹), (7) WUE (l kg⁻¹ m⁻²), (8) Early ripening, (9) Mid-ripening, (10) Late ripening. Note: *before flowering (VE1) and during pod development (H). **Irrigated plots where 14 and 21 mm irrigation water is supplied, depending on the given year. ***Water deficit plots where half of the irrigation water applied on irrigated plots is applied. ****Dry, non-irrigated plots with natural rainfall distribution. The significant difference is shown by different letters at the P<0.05 level in the given columns in accordance with Duncan's test.

Ilyen termesztési feltételekkel – az összefüggés szerint – a korai csoportban a maximális növényenkénti magtermés (7 g/növény) 4,0 s/cm sztómarezisztenciánál érhető el. A középérésű csoportban nagy magtermés 2,0–3,0 s/cm sztómarezisztencia mellett érhető el, azonban ezt meghaladva a növényenkénti magtermés jelentősen csökken. Ezek az eredmények lehetőséget adnak vízhiányt jobban elviselő genotípusok kiválasztására.

Következtetések

A tavasszal vetett zöldborsó, a növekedése kezdetén a talaj nedvességtartalmát jól hasznosítja, azonban a később bekövetkező időszakos szárazság a növények fejlődését gátolja, és terméseszköket okoz.

Csapadékos időjárás alatt a növények jól fejlettek, 70–90 cm magasságra is megnőnek, jelentős a biomassza-termelés (3. táblázat). Ilyen körülmények alatt a levelek gázcsere-nyílásain kiegyensúlyozott a víz- és CO₂-forgalom, a leveleken a sztómarezisztencia értékek alacsonyak. Aszályos időjárásban (2011) a sztómarezisztencia magas, és összefügg a növényállomány és biomassza-termelés csökkenésével. Ha a sztómarezisztencia értéke nő, a sztómák záródnak és csökken a transzspiráció. A zárt sztómákon nincs CO₂-kicserélődés, ami a fotoszintézis csökkenését vonja maga után. Ennek következtében a növények növekedése lelassul, végső soron pedig csökken a termés mennyisége. Száraz évben – még az öntözött növényeknél is – nagyobb sztómarezisztencia értékeket mértünk, mint enyhén aszályos vagy csapadékos évben.

Alvino és *Leone* (1993) vizsgálatai szerint az *af* genotípusú borsó víz stressz alatt gyorsabb CO₂ kicserélődési arányt és alacsonyabb sztómarezisztenciát mutatott, mint a normál levelkés genotípus. Ettől eltérő eredményt kaptunk a kései éréscsoportba tartozó hagyományos, levelkés *Twin* és a félig level nélküli *afila* (*af*) genotípusú *Profi* fajta növényei között. Ezek jelentősen nagyobb sztómaellenállást, és nagyobb sztómasűrűséget mutattak súlyos vízstressz alatt (2011), mint az öntözött növények. Ennek következtében a stresszelt növényeknél jelentősen csökkent a biomassza-termelés, és nőtt a WUE_t érték az öntözött növényekhez képest. A félig level nélküli borsók vízfogyasztás-hatékonyaságára (WUE) vonatkozó eredmények ellentmondóak. Egyes szerzők szerint az *afila* típusoknak jobb a vízfogyasztás hatékonysága (WUE), mint a tradicionális, normál levelű fajtáké (*Silim et al.* 1992, *Martin et al.* 1994), míg

mások szerint a levélkés fajták mutatnak jobb WUE értéket, mint az *afila* fajták (Armstrong *et al.* 1994).

Kísérletünkben aszályos években öntözés nélkül az *afila* levéltípusú borsónak nagyobb volt a termésre vonatkoztatott WUE értéke, mint a hagyományos, levélkés típusnak, ami megegyezett Baigorri *et al.* (1999) eredményeivel. Megállapították, hogy azonos talajszárazság szinten a két típus reproduktív válasza összefügg a WUE_t -ben lévő különbséggel (Baigorri *et al.* 1999).

A borsólevél felső oldalát borító viaszréteg hozzájárul a vízvesztés megelőzéséhez. Kimutatták, hogy vízstressz alatt viasz halmozódik fel a borsólevelekben, ami egyben növeli az UV-B fény visszaverődését, mérsékli a transzspirációt – a sztómasűrűség függvényében –, ezáltal csökken a levélfelület hőmérséklete, ami végül a harvest-index növekedéséhez vezet (Grant *et al.* 1995, Sánchez *et al.* 2001). Vízhány alatt a növények termésképzésre fordított vízfelhasználását a levélfelületen lévő sztómák száma és működése befolyásolja, azonban ezek a fejlődési szakaszokban különböznek.

Az összefüggés-vizsgálatok szerint szárazságban a sztómaműködésnek nagyobb hatása van a növényenkénti hüvelysúly alakulására a zöldborsóhüvely érése alatt, mint virágzás alatt. A hüvelyérés időszakában a 4,0 s/cm értéket meghaladó sztómarezisztenciánál a növényenkénti hüvelysúly jelentősen csökken a középérésű és kései tenyészidejű csoportban. A víz és tápanyag áthelyeződése a hüvelyből a magba, úgy tűnik, kedvezőbb a középérésű fajtáknál, ami összefügg a fajták belső vízforgalmával. Súlyos aszályos évben a középérésű Milor, Polar és a kései érésű Twin és Profi fajtáknál jelentősen nagy a sztómarezisztencia érték (5,0–6,0 s/cm) virágzás és hüvelyérés alatt egyaránt, jelezve a fajták intenzív védekezését szárazság ellen. A kései tenyészidejű borsófajták azonban jobban ki vannak téve a magfejlődés alatti időszakos szárazságnak és magas hőmérsékleti stressznek, így az aktív sztómaműködés ellenére is csökkenhet a zöldmag-termés nagysága. Ebben az esetben a magas WUE_t érték azt jelzi, hogy a növények a rendelkezésre álló vizet nem a termésképzésre fordítják.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy száraz időjárás alatt a növények magassága, biomassza termelése – az alkalmazott öntözés ellenére is – alacsonyabb, mint csapadékos, magas relatív páratartalmú években. Levél-típustól függetlenül, a kései tenyészidejű borsófajták érzékenyebben reagálnak a vízhiányra a virágzás és hüvelyfejlődés alatt; a tartós sztómazárás (nagy

sztómarezisztencia) következtében kevesebb vizet használnak fel a termés-képzésre, mint a középérésű fajták. A középérésű fajták között jelentős különbség mutatható ki szárazság elleni védekezésben és vízhasznosításban; ami a sztómarezisztencia érték, a WUE_t és a terméskomponensek között lévő különbségben nyilvánul meg. A középérésű csoportban nagy magtermés 2,0–3,0 s/cm sztómarezisztencia mellett érhető el, azonban ezt meghaladva a növényenkénti magtermés jelentősen csökkent. Az eredmények lehetőséget adnak vízhiányt jobban elviselő genotípusok kiválasztására.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a Nemzeti Technológiai Program (NKTH 00 210/2008), a Baross Gábor program (OMFB-01005/2009), a MTA-DE Földművelési és Területfejlesztési Kutatócsoport és a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024 jelű pályázat támogatta.

Irodalom

- Ahmed, S.–Nawata, E.–Sakuratani, T.*: 2002. Effects of waterlogging at vegetative and reproductive growth stages on photosynthesis, leaf water potential and yield in mungbean. *Plant Prod. Sci.* 5. 2: 117–123.
- Alvino, A.–Leone, A.*: 1993. Response to low soil water potential in pea genotypes (*Pisum sativum* L.) with different leaf morphology. *Sci. Hortic.* 53. 1–2: 21–34.
- Amico, J. D.–Torrecillas, A.–Rodríguez, P.–Morales, D.–Sánchez-Blanco, M. J.*: 2001. Differences in the effects of flooding the soil early and late in the photoperiod on the water relations of pot-grown tomato plants. *Plant Sci.* 160: 481–487.
- Armstrong, E. L.–Pate, J. S.–Tennant, D.*: 1994. The field pea crop in South Western Australia. Patterns of water use and root growth in genotypes of contrasting morphology and growth habit. *Aust. J. Plant Physiol.* 21: 517–532.
- Baigorri, H.–Antolín, M. C.–Sánchez-Díaz, M.*: 1999. Reproductive response of two morphologically different pea cultivars to drought. *Eur. J. Agron.* 10: 119–128.
- Foolad, M. R.*: 2005. Breeding for abiotic stress tolerances in tomato. [In: Ashraf, M.–Harris, P. J. C. (eds.) *Abiotic stresses: Plant resistance through breeding and molecular approaches.*] The Haworth Press Inc. New York. USA. 613–684.
- Grant, R. H.–Jenks, M. A.–Rich, P. J.–Peters, P. J.–Ashworth, E. N.*: 1995. Scattering of ultraviolet and photosynthetically active radiation by sorghum bicolor: influence of epicuticular wax. *Agric. For. Meteorol.* 75: 263–281.

- Guillioni, L. – Wery, J. – Tardieu, F.*: 1997. Heat stress-induced abortion of buds and flowers in pea: is sensitivity linked to organ age or to relations between reproductive organs? *Ann. Bot.* 80: 159–168.
- Hardy, J. P. – Anderson, V. J. – Gardner, J. S.*: 1995. Stomatal characteristics, conductance ratios, and drought-induced leaf modifications of semiarid grassland species. *Am. J. Bot.* 82: 1–7.
- Harvey, D. M.*: 1980. Seed production in leafless and conventional phenotypes of *Pisum sativum* L. in relation to water availability within a controlled environment. *Ann. Bot.* 45: 673–680.
- Heszky L.*: 2007. Szárazság és növény kapcsolata. *Agrofórum.* 11: 36–41.
- Hodossi S. – Kovács A. – Terbe I.*: 2004. Zöldségtermesztés szabadföldön. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Martin, I. – Tenorio, J. L. – Ayerbe, L.*: 1994. Yield, growth, and water use of conventional and semi-leafless peas in semi-arid. *Crop Sci.* 34: 1576–1583.
- Nemeskéri, E.*: 2001. Water deficiency resistance study on soya and bean cultivars. *Acta Agron. Hung.* 49. 1: 83–93.
- Nemeskéri, E. – Sárdi, E. – Remenyik, J. – Kószegi, B. – Nagy, P.*: 2010. Study of defensive mechanisms against drought of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *Acta Physiol. Plant.* 32: 1125–1134.
- Sánchez, F. J. – Manzanares, M. – Andrés, E. F. – Tenorio, J. L. – Ayerbe, L.*: 2001. Residual transpiration rate, epicuticular wax load and leaf colour of pea plants in drought conditions. *Eur. J. Agron.* 15: 57–70.
- Silim, S. N. – Hebblethwaite, P. D. – Jones, C.*: 1992. Irrigation and water use in leafless peas (*Pisum sativum*). *J. Agric. Sci.* 119: 211–222.
- Smith, D. L. – Dijak, M. – Hume, D. J.*: 1988. The effect of water deficit on N₂ (C₂H₂) fixation by white bean and soybean. *Can. J. Plant Sci. (Ottawa)*, 68. 4: 957–967.
- Takell, A. – McDavid, R. R.*: 1995. The response of pigeonpea cultivars to short durations of waterlogging. *Afr. Crop. Sci. J.* 3. 1: 51–58.
- Young, L. W. – Wilen, R. W. – Bonham-Smith, P. C.*: 2004. High temperature stress of *Brassica napus* during flowering reduces micro- and megagametophyte fertility, induces fruit abortion, and disrupts seed production. *J. Exp. Bot.* 55: 485–495.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Nemeskéri Eszter
Debreceni Egyetem ATK
Kutatóintézetek és Tangazdaság
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*nemeskerieszter@gmail.com

Molnár Krisztina – Dr. Dobos Attila Csaba
Debreceni Egyetem ATK
Agrometeorológiai és Agroökológiai
Monitoring Központ
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032

Néhány agrotechnikai tényező hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) termésére

¹PEPÓ PÉTER - ¹DÓKA LAJOS FÜLÖP - ¹SZABÓ ANDRÁS -

²KARANCSI LAJOS GÁBOR - ²VAD ATTILA

Debreceni Egyetem

¹Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Növénytudományi Intézet, Debrecen

²Agrártudományi Központ, Debreceni Tangazdaság és Tájkutató Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Polifaktoriális tartamkísérletben csernozjom talajon vizsgáltuk az évjárat és bizonyos agrotechnikai elemek (vetésidő, trágyázás, öntözés) hatását és kölcsönhatását a borsó termésére. A vizsgálatokat 2011, 2012 és 2014 években végeztük. Kutatásaink azt bizonyították, hogy azok a kedvező évjáratok a borsó termesztése szempontjából, amelyekben a tenyészidő előtti hónapok (október-február) csapadéka 200 mm, a május-június csapadéka pedig 60–80 mm/hó között változik. Vizsgálati eredményeink szerint a legfontosabb agrotechnikai elem a vetésidő. A korai (március közepi) vetésidőben a borsó maximális termése 4400–5200 kg/ha, késői vetésidőben (április közepi) pedig 3000–4000 kg/ha között változott évjáratától függően. A borsó vízhasznosítása (WUE) a 2011. évben 14,5–25,0 kg/mm, a 2012. évben 19,6–20,5 kg/mm, a 2014. évben pedig 13,3–28,2 kg/mm volt. A kései vetésidő és a hiányos tápanyagellátás rontotta a borsó WUE értékeit. A borsó öntözési terméstöbblete 160–1300 kg/ha között változott vetésidőtől és trágyakezeléstől függően (2011). Szoros kölcsönhatást mutattunk ki a víz- és tápanyagellátás, valamint a borsó termése között.

A trágyázás termésmenvelő hatása relatíve mérsékelt volt a borsó esetében (700–1500 kg/ha terméstöbblet) és a terméstöbbletet az évjárat nem befolyásolta. Az évjárat jelentősen módosította viszont a borsó optimális N+PK adagját (2011-ben $N_{140}+PK$, 2012-ben $N_{105}+PK$, 2014-ben $N_{70}+PK$), valamint a trágyázás hatékonyságát (1 kg NPK-ra

jutó termés 9–12 kg, 17–19 kg és 17–24 kg között változott a 2011., 2012. és 2014. években az $N_{opt}+PK$ kezelésekben).

Kutatásaink azt bizonyították, hogy a legfontosabb agrotechnikai elem, a vetésidő termésre gyakorolt negatív hatását (késői vetésidő) megfelelő tápanyag- és vízellátással részben kompenzálni lehetett. Optimalizált agrotechnikával csernozjom talajon 4,0–5,0 t/ha borsó termékek biztonságosan realizálhatók az évjáratok jelentős részében.

Kulcsszavak: borsó, termés, évjárat, vetésidő, trágyázás, öntözés

The impact of certain agrotechnical factors on the yield of pea (*Pisum sativum* L.)

¹P. PEPÓ – ¹L. F. DÓKA – ¹A. SZABÓ – ²L. G. KARANCSI – ²A. VAD

University of Debrecen

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

²Centre for Agricultural Sciences, Debrecen Study Farm and Regional
Research Institute, Debrecen

Summary

The impact and interaction of crop year and certain agrotechnical elements (sowing date, fertilisation, irrigation) on pea yield was observed on chernozem soil in a multifactorial long-term experiment. Examinations were carried out in 2011, 2012 and 2014. The performed research showed that in the favourable crop years of pea production, the amount of precipitation during the months before the growing season (October-February) is 200 mm, while rainfall between May and June is between 60–80 mm per month. Based on the obtained examination results, the main agrotechnical element is sowing date. The maximum yield of pea was 4400–5200 kg ha⁻¹ in the early showing season (mid-March), while it was 3000–4000 kg ha⁻¹ in the late showing season (mid-April), depending on the given crop year. The water use efficiency (WUE) of pea was between 14.5–25.0 kg mm⁻¹ in 2011, 19.6–20.5 kg mm⁻¹ in 2012 and 13.3–28.2 kg mm⁻¹ in 2014. The late sowing date and incomplete nutrient supply decreased the WUE of pea. The yield surplus of pea caused by irrigation was between 160–1300 kg ha⁻¹,

depending on the sowing date and fertiliser treatment (2011). A close interaction was shown between the water and nutrient supply and yield of pea production.

The yield increasing impact of fertilisation was relatively moderate in the case of pea (700–1500 kg ha⁻¹ yield surplus) and yield surplus was not affected by the given crop year. Crop year significantly affected the optimum N+PK dose of pea (N₁₄₀+PK in 2011, N₁₀₅+PK in 2012, N₇₀+PK in 2014) and the efficiency of fertilisation (yield for 1 kg NPK: 9–12 kg, 17–19 kg and 17–24 kg in 2011, 2012 and 2014, respectively in the N_{opt}+PK treatments).

The performed research showed that the negative effect of sowing date, the main agrotechnical element, on yield (late sowing date) could be partially compensated with proper nutrient and water supply. With optimised agrotechnics on chernozem soil, pea yields of 4.0–5.0 t ha⁻¹ could be safely obtained in the majority of crop years.

Key words: pea, yield, crop year, sowing date, fertilisation, irrigation

Влияние некоторых агротехнических факторов на урожай гороха (*Pisum sativum* L.)

¹П. ПЕПО – ¹Л. Ф. ДОКА – ¹А. САБО – ²Л. Г. КАРАНЧИ – ²А. ВАД

¹Институт Ботаники Факультета Сельского Хозяйства, Науки о Пище и Экологического Менеджмента Дебреценского Университета, Дебрецен

²Институт Краеведения и Дебреценское Учебное хозяйство Центра Аграрных Наук Дебреценского Университета, Дебрецен

Резюме

В полифакторном продолжительном опыте на чернозёмной почве исследовали влияния и взаимовлияния года выращивания и определённых агротехнических элементов (срок посева, удобрения, орошение) на урожай гороха. Исследования проводили в 2011, 2012 и 2014 годах. Наши исследования доказали, что благоприятными являются с точки зрения выращивания гороха те годы выращивания, в которых в предшествующие вегетационному периоду месяцы (октябрь-февраль) осадки 200 мм, а осадки в мае-июне изменяются в рамках 60–80 мм/месяц. Согласно результатам наших исследований срок посева - самый важный агротехнический элемент. В ран-

нем сроке посева (середина марта) максимальный урожай гороха 4400–5200 kg/ha, а в поздний срок посева (середина апреля) урожай изменялся в рамках 3000–4000 kg/ha в зависимости от года выращивания. Использование воды горохом (WUE) в 2011 году было 14,5–25,0 kg/mm, в 2012 году 19,6–20,5 kg/mm, а в 2014 году было 13,3–28,2 kg/mm. Поздний срок посева и недостаточное обеспечение питательными веществами ухудшили показатели WUE гороха. Прибавка урожая гороха при орошении изменялась в пределах 160–1300 kg/ha в зависимости от срока посева и доз удобрений (2011). Тесную взаимосвязь показали между обеспечением водой, питательными веществами и урожаем в выращивании гороха.

Влияние удобрений на рост урожая было относительно умеренным в случае гороха (прибавка урожая 700–1500 kg/ha) и год выращивания не влиял на прибавку урожая. Но год выращивания значительно изменил оптимальную дозу N+PK гороха (в 2011 году $N_{140}+PK$, в 2012 году $N_{105}+PK$, в 2014 году $N_{70}+PK$), и эффективность внесения удобрений (на 1 kg NPK дало урожай 9–12 kg, 17–19 kg и 17–24 kg в 2011, 2012 и в 2014 годах в дозах $N_{opt}+PK$).

Наши исследования доказали, что негативное влияние наиболее важного агротехнического элемента – срока посева – на урожай (поздний срок посева) можно частично компенсировать соответствующим обеспечением питательными веществами и водой. Оптимальной агротехникой на чернозёмной почве можно надёжно реализовать урожаи гороха в 4,0–5,0 t/ha в большинстве годов выращивания.

Ключевые слова: горох, урожай, год выращивания, срок посева, внесение удобрений, орошение

Bevezetés

Az 1970–1980-as években a hüvelyes növények (elsősorban a borsó és a szója) fontos szerepet játszottak a hazai növénytermesztésben. A vetésterületi arányuk meghaladta az 5%-ot, amely hozzájárult a racionális vetésváltás megvalósításához. A korábbi évtizedekben a borsót 120–160 ezer ha területen termesztették hazánkban, mely vetésterület napjainkra 40 ezer ha-ra csökkent, amely magába foglalja a száraz borsó (20 ezer ha) és a zöldborsó (20 ezer ha) vetésterületét is. Az országos termésátlagok is alig változtak az elmúlt időszakban (~2,5 t/ha körüli termések). Miközben a borsó és a többi hüvelyes növény vetésterülete drasztikusan lecsökkent hazánkban, ugyanakkor évente jelentős mennyiségű növényi fehérjét importálunk a jóval kisebb állatlétszám takarmá-

nyozásához. A borsó vetésterületének csökkenését az ökológiai és agrotechnikai tényezőkkel szembeni nagyfokú érzékenysége okozza. A faj a gyenge adaptációs képességű szántóföldi növények közé tartozik, amelyet egyrészt az elmúlt évtizedekben tapasztalt nagyon mérsékelt termésmenyekevedése, valamint az igen jelentős termésmenyeadozása bizonyít.

A borsó az időjárásai tényezőkkel, a vízellátottsággal, hőmérsékleti és fotoperiodikus feltételekkel szemben kifejezetten érzékeny növény. Számos kutatási eredmény bizonyítja azt, hogy a tenyészidőszakban bekövetkező hő- és vízstressz jelentős mértékben csökkenti a borsó termésmenyeiségét (*Thomson és Lee* 1980, *Richards* 1995, *Foulkes et al.* 2009, *Fleury et al.* 2010, *Sadras és Lawson* 2013).

A vegetációs periódus időjárásának kedvezőtlen hatásait megfelelő agrotechnikával részben mérsékelni lehet. Különösen fontos a vetésidő helyes megválasztása. A borsót a kitavasodástól függően, a lehetőség szerinti legkorábbi időpontban szükséges elvetni (*Sárvári* 1991), amely így biztosítja a vegetatív és generatív fejlődéshez a megfelelő hőmérsékletet és megvilágítási feltételeket (*Vocanson et al.* 2006). *Papp* (1996) vizsgálatai szerint viszont az évjárat jellege határozta meg azt, hogy a borsó korai vagy késői vetésidőben adta a legnagyobb termést. A vetésidő befolyásolta a borsó terméskomponenseit, valamint a reprodukív fenofázis hosszát, amelynek hatására a termésmenyeiség szignifikánsan csökkent, vagy növekedett (*Fletcher et al.* 1966, *Murray et al.* 1984, *Alsadon és Khalil* 1994, *Knott és Belcher* 1998).

A borsó gyökerein található *Rhizobium* baktériumok a növény nitrogénigényének jelentős részét képesek biztosítani, ennek következtében a borsó nitrogén trágyareakciója mérsékelt. Ugyanakkor a hazai és külföldi kutatási eredmények azt bizonyították, hogy a borsónak a tenyészidőszak első felében szüksége van nitrogéntrágyával biztosított, könnyen felvehető ásványi N-formákra, valamint relatíve jelentős a tenyészidőszak alatt felvett foszfor és kálium menyeisége is. *Iványiné* (1973) vizsgálataiban a 2 t/ha mag és 3 t/ha szalma termésmnél a felvett N 115 kg/ha, a P₂O₅ 31 kg/ha, a K₂O 40 kg/ha volt. A hazai szaktanácsadásban a borsó fajlagos tápanyagigényének (1 tonna termésmre) N=50 kg, P₂O₅=17 kg, K₂O=35 kg, CaO=32 kg, MgO=7 kg értékeket jelöltek meg (*Buzás et al.* 1979, *Antal* 1987, *Kádár* 2005). *Bocz* (1996) szerint a borsó az istállótrágyát nem igényli, de a nagy termésmek eléréséhez megfelelő menyeiségű műtrágyát szükséges alkalmazni. Szántóföldi kísérletei szerint a borsó az 50–60 kg/ha-nál nagyobb adagú nitrogént már nem hasznosította. Öntözés

esetén a nitrogén adagot 70–90 kg/ha-ra lehetett növelni. *Cselőtei* (1978) kísérletei alapján a nitrogénből a 85–95 kg/ha adagot találta optimálisnak.

A borsó relatíve fejletlen és a talajba sekélyen lehatoló gyökérzete miatt igényli a folyamatos vízellátást, amely részben a talajban tárolt diszponibilis vízkészletből származik. A borsó öntözése – különösen a száraz borsóé – ennek ellenére kevésbé elterjedt. A borsó öntözését a vastag humuszos rétegű csernozjom talajban végezhetjük idényen kívül (*Bocz* 1996), illetve hagyományos öntözési rendben, a borsó virágzásakor (*Ruzsányi* 1996).

A borsó termésmennyiségét és termésstabilitását tehát számos ökológiai és agrotechnikai tényező befolyásolja. Az elmúlt években nagyon kevés hazai kutatás foglalkozott a borsóval. Tartamkísérleteinkben azt vizsgáltuk, hogy az évjárat, valamint az agrotechnikai faktorok (vetésidő, trágyázás, öntözés) külön-külön és kölcsönhatásukban hogyan befolyásolják a borsó termésmennyiségét.

Anyag és módszer

A polifaktoriális tartamkísérlet 1983-ban lett beállítva a Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézet Látóképi Kísérleti Telepén. A tartamkísérlet talaja mészlepedékes csernozjom, amely kedvező víz- és tápanyag-gazdálkodási tulajdonságokkal rendelkezik. A talaj vályog fizikai szerkezetű ($K_A=42-44$), kémhatása közel semleges ($pH_{KCl}=6,5-6,7$). A kísérlet beállításakor vett talajminták vizsgálata alapján a talaj humusztartalma közepes (2,6–2,8%), az AL-oldható P_2O_5 tartalma (130 mg/kg) „közepes”, az AL-oldható K_2O tartalma (240 mg/kg) pedig „jó” a *MÉM NAK* (1979) kategória rendszere szerint. A tartamkísérlet tápanyag-ellátottsági értékei a kísérlet beállításától eltelt mintegy 30 év alatt jelentősen megváltoztak. A kísérleti terület csernozjom talaja kiváló vízgazdálkodási tulajdonságokkal jellemezhető. A növények, így a borsó vízellátása szempontjából mértékadó 0–200 cm talajrétegben a talajban tárolt vízmennyiség (VK_{min}) 680 mm, amelynek mintegy 50%-a a diszponibilis víz (DV).

A Látóképi Kísérleti Telep Debrecentől mintegy 15 km-re a 33. számú közlekedési útvonal mellett a Hajdúsági Lőszháton található. Földrajzi koordinátái: északi szélesség 47°33' keleti hosszúság 21°27'.

A polifaktoriális tartamkísérletben különböző agrotechnikai tényezők interaktív hatásait vizsgáljuk. A borsó tartamkísérletben ezek a tényezők a következők.

- Tápanyagellátás

A kísérletben alkalmazott hatóanyag mennyiségek (kg/ha):

Kezelés	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0
2	35	30	25
3	70	60	50
4	105	90	75
5	140	120	100

A foszfor és kálium 100%-át, valamint a nitrogén 50%-át őszelel juttatjuk ki. A nitrogén további 50%-ának kijuttatása tavasszal, a vetés előtt történik.

- Vízellátás

- nem öntözött kezelés

- öntözött kezelés

Az öntözést a tenyészidőbeli vízellátottsági hiány alapján állapítjuk meg. A vizsgált években (2011, 2012, 2014 évek) a következő vízellátottsági kezeléseket szerepeltek:

Kezelés	2011	2012	2014
Nem öntözött	∅	∅	∅
Öntözött	06. 04. - 50 mm	∅	∅

A vizsgálati évek közül csak 2011-ben került sor öntözésre június elején (50 mm víznormával).

- Vetésidő

Az adott év időjárási feltételeihez igazítva végeztük el a vetést 3 időpontban, melyek az alábbiak voltak:

Vetésidő	2011	2012	2014
Korai	03. 25.	03. 16.	03. 13.
Átlagos	04. 04.	03. 28.	03. 24.
Késői	04. 20.	04. 10.	04. 03.

A vetésidők kialakításánál figyelembe vettük a borsó ökofiziológiai igényét és a megfelelő intervallum különbségeket (kb. 10-10 nap eltérés a vetésidők között).

A borsó termesztéstechnológiájának többi eleme (talajművelés, növényvédelem, betakarítás) egységes volt a vizsgált években. A kísérletben az elővetemény mindig szemes kukorica volt. A tartamkísérletben a Santana borsófajtát alkalmaztuk.

A tartamkísérlet kétszeresen osztott parcellás elrendezésű volt. A bruttó parcellaterület 46 m² volt.

A tartamkísérleti eredmények közül a 2011., 2012. és 2014. éveket értékeljük közleményünkben. A 2013. évi eredmények értékelésétől el kellett tekintenünk, mivel 2013 márciusának extrém időjárása (136 mm havi csapadék, télies időjárás március második felében) nem tette lehetővé a vetésidő-kezelések beállítását (a korai vetést is csak április közepén tudtuk elvégezni).

A vizsgálati évek meteorológiai elemeinek (csapadék, hőmérséklet) értékeit, valamint a 30 éves átlagokat az 1. és 2. táblázat tartalmazza. A táblázatokban szerepeltetjük a tenyészidőszak előtti hónapok (október-február) csapadékösszegét, valamint a tavaszi és nyári hónapokban lehullott csapadék mennyiségét. A csapadék szempontjából effektív, hasznosuló csapadéknak a március-júniusi hónapokban lehullott víz mennyiségét (a júliust is feltüntetjük, de ezzel nem számoltunk), a hőmérséklet szempontjából azonban a március-július hónapok havi átlaghőmérsékletét vettük figyelembe.

1. táblázat. A vizsgálati évek csapadékmennyisége (mm)
(Debrecen)

Év (1)	Tenyészidőszak előtti hónapok						Tenyész- időszak (márc.-jún.) csapadék- összege (9)
	(okt.-febr.) csapadék- összege (3)	Márc. (4)	Ápr. (5)	Máj. (6)	Jún. (7)	Júl. (8)	
2011	215,9	35,1	15,6	52,3	22,0	175,0	125,0
2012	135,0	1,4	20,7	71,9	91,7	65,3	185,7
2014	155,6	11,3	39,6	69,4	7,9	128,0	128,2
30 éves átlag (2)	186,7	33,5	42,4	58,8	79,5	65,7	214,2

Table 1. Amount of precipitation during the years of examination (mm) (Debrecen). (1) Years, (2) 30-year-average, (3) Precipitation sum of the months before the growing season (October-February), (4) March, (5) April, (6) May, (7) June, (8) July, (9) Precipitation sum of the growing season (March-June)

2. táblázat. A vizsgálati évek átlaghőmérséklete (°C)
(Debrecen)

Év (1)	Márc. (3)	Ápr. (4)	Máj. (5)	Jún. (6)	Júl. (7)	Tenyészeitőszak (márc.-júl.)
						átlaghőmérséklete (8)
2011	5,0	12,2	16,4	20,5	20,4	14,90
2012	6,3	11,7	16,4	20,9	23,3	15,72
2014	8,9	12,3	15,4	19,0	21,2	15,36
30 éves átlag (2)	5,0	10,7	15,8	18,7	20,3	14,10

Table 2. Mean temperature of the examined years (°C) (Debrecen). (1) Years, (2) 30-year average, (3) March, (4) April, (5) May, (6) June, (7) July, (8) Mean temperature of the growing season (March–July)

Eredmények

A száraz borsó relatíve rövid tenyészidőszaka alatt az ökológiai (elsősorban időjárás) és agrotechnikai (vetésidő, trágyázás, öntözés stb.) tényezők direkt és felnagyított formában jelentkeznek a termésmennyiségben még a kedvező tulajdonságokkal jellemezhető csernozjom talajon is. A három vizsgálati év (2011, 2012, 2014) időjárás feltételei (1–2. táblázat) eltértek egymástól, melynek hatása a borsó terméseredményeiben is jelentkezett. A vizsgálati években kapott borsó terméseredményeket a 3., 4. és 5. táblázat tartalmazza. Az egyes vizsgálati években a borsó terméseredménye széles intervallumban mozgott kezeléstől függően. A 2011. tenyészévben a borsó termése 1807–5250 kg/ha, 2012. évben 3642–5176 kg/ha, a 2014. vegetációs periódusban pedig 1519–4370 kg/ha között változott. A termésmaximumok a 2011. (5250 kg/ha) és 2012. évben (5176 kg/ha) alig különböztek egymástól, míg a 2014. évben a termésmaximum (4370 kg/ha) mintegy 800–900 kg/ha-ral volt kevesebb. Ennek oka részben a vegetációs periódus, részben az azt megelőző hónapok eltérő csapadék és hőmérsékleti feltételeivel volt összefüggésben. A 2011. vegetációs periódust megelőzően a jelentős mennyiségű csapadék (215,9 mm) a csernozjom talaj vízkészletét feltöltötte, amely kompenzálni tudta a – borsó virágzása, magfejlődése szempontjából kritikus – június hónap száraz időjárását (22,0 mm csapadék júniusban). Ebben az évben június elején (06. 04.) 50 mm öntözővíz kijuttatása is történt.

3. táblázat. A vetésidő, tápanyag- és vízellátás hatása a borsó termésére (kg/ha) (Debrecen, 2011)

Műtrágya- kezelés (1)	Vízellátás (2)	Vetésidő (3)		
		Korai (4)	Átlagos (5)	Késői (6)
∅	Nem öntözött (7)	3127	2796	1807
	Öntözött (8)	3285	3180	2160
N ₃₅ +PK	Nem öntözött (7)	3404	3219	2462
	Öntözött (8)	3872	3613	2958
N ₇₀ +PK	Nem öntözött (7)	4149	3420	2992
	Öntözött (8)	4840	4575	3842
N ₁₀₅ +PK	Nem öntözött (7)	4203	3556	3125
	Öntözött (8)	5064	4770	3910
N ₁₄₀ +PK	Nem öntözött (7)	4382	3720	3272
	Öntözött (8)	5250	5030	4118
SzD _{5%} (9)			576	

Table 3. The impact of sowing date, nutrient and water supply on pea yield (kg ha⁻¹) (Debrecen, 2011). (1) Fertiliser treatment, (2) Water supply, (3) Sowing date, (4) Early, (5) Average, (6) Late, (7) Non-irrigated, (8) Irrigated, (9) LSD_{5%}

A 2012. évben a tenyészidőszak előtt lehullott csapadék mennyisége (135,0 mm) a legkisebb volt a három vizsgált évben (valamint mintegy 50 mm-rel elmaradt a 30 éves átlagtól is), de kedvező volt mind a május, mind a június hónap csapadéka (71,9 mm, illetve 91,7 mm). A 2011. évben a nem öntözött kezelésben a maximális terméseredmények 4,2–4,3 t/ha, az öntözött kezelésben pedig 5,1–5,3 t/ha között változtak. Hasonlóan kedvező eredményeket kaptunk a 2012. tenyészévből is, azaz a termésmaximumok 5,1–5,2 t/ha közötti terméseket mutattak. A 2014. évben ezzel szemben a tenyészidőt megelőző hónapok csapadéka (155,6 mm) és a kritikus június hónapban lehullott csapadék mennyisége (7,9 mm) is elmaradt nem csak az optimálistól, hanem a 30 éves átlagtól (186,7 mm, illetve 79,5 mm) is, amely csökkentette a borsó termés mennyiségét. A 2014. évben a termésmaximumok 4,2–4,4 t/ha között változtak kezeléstől függően.

4. táblázat. A vetésidő, tápanyag- és vízellátás hatása a borsó termésére (kg/ha)
(Debrecen, 2012)

Műtrágya- kezelés (1)	Vízellátás (2)	Vetésidő (3)		
		Korai (4)	Átlagos (5)	Késői (6)
∅	Nem öntözött (7)	3810	3690	3642
	Öntözött (8)*	3885	3476	3517
N ₃₅ +PK	Nem öntözött (7)	4182	4486	4126
	Öntözött (8)*	4007	4076	4006
N ₇₀ +PK	Nem öntözött (7)	4519	4672	4217
	Öntözött (8)*	4619	4318	4386
N ₁₀₅ +PK	Nem öntözött (7)	4836	5176	4612
	Öntözött (8)*	4718	5079	4576
N ₁₄₀ +PK	Nem öntözött (7)	4768	4976	4519
	Öntözött (8)*	4590	4867	4378
SzD _{5%} (9)		476		

Table 4. The impact of sowing date, nutrient and water supply on pea yield (kg ha⁻¹) (Debrecen, 2012). (1) Fertiliser treatment, (2) Water supply, (3) Sowing date, (4) Early, (5) Average, (6) Late, (7) Non-irrigated, (8) Irrigated, (9) LSD_{5%}, *There was no irrigation in 2012.

A borsó termésmennyiségét a hőmérséklet és a megvilágítás is befolyásolja. Adataink (1–2. táblázat) azt bizonyították, hogy a szélsőséges időjárás és az ezzel összefüggő felmelegedés mindhárom vizsgált évjárat tenyészideje alatt megfigyelhető volt. A 30 éves átlag alapján a borsó tenyészidejének (március-július) átlaghőmérséklete 14,10 °C, ugyanakkor a vizsgálati években ezt az értéket az átlaghőmérséklet lényegesen meghaladta. A vegetációs periódus hőmérsékleti átlaga 2011. évben 14,90 °C, 2012-ben 15,72 °C és 2014-ben 15,36 °C volt. Ezen túlmenően a borsó termésmennyiségét jelentősen befolyásolja a fotoperiodikus feltételekkel szembeni szenzibilitása is. A borsó közismerten rövid-hosszú nappalos megvilágítási igényű szántóföldi növény, azaz a vegetatív növekedésének a rövidnappalos, míg a generatív fejlődésének a hosszúnappalos megvilágítás kedvez. A fotoperiodikus igény kielégítését a vetésidővel jelentősen tudjuk befolyásolni. Vizsgálati eredményeink azt bizonyították, hogy a legnagyobb termést eltérő tápanyag-ellátottsági szinteken a korai vetésidőben kaptuk (6. táblázat).

5. táblázat. A vetésidő, tápanyag- és vízellátás hatása a borsó termésére (kg/ha) (Debrecen, 2014)

Műtrágya- kezelés (1)	Vízellátás (2)	Vetésidő (3)		
		Korai (4)	Átlagos (5)	Késői (6)
∅	Nem öntözött (7)	3612	3182	1707
	Öntözött (8)*	3419	2962	1519
N ₃₅ +PK	Nem öntözött (7)	3847	3476	2469
	Öntözött (8)*	3972	3550	2363
N ₇₀ +PK	Nem öntözött (7)	4369	3840	2972
	Öntözött (8)*	4370	4086	2796
N ₁₀₅ +PK	Nem öntözött (7)	3907	3507	2708
	Öntözött (8)*	4191	3919	2317
N ₁₄₀ +PK	Nem öntözött (7)	3812	3596	2812
	Öntözött (8)*	4018	3876	2409
SzD _{5%} (9)			390	

Table 5. The impact of sowing date, nutrient and water supply on pea yield (kg ha⁻¹) (Debrecen, 2014). (1) Fertiliser treatment, (2) Water supply, (3) Sowing date, (4) Early, (5) Average, (6) Late, (7) Non-irrigated, (8) Irrigated, (9) LSD_{5%}, *There was no irrigation in 2014.

A korai és átlagos vetésidő között relatíve mérsékelték voltak a különbségek, annál jelentősebben csökkent a borsó terméseredménye késői vetésben. Ez alól a 2012. év kivételt jelentett. Ebben az évben a legnagyobb termést (5176 kg/ha) az átlagos vetésidőben kaptuk, de a korai (4836 kg/ha) és a késői vetésidőben (4612 kg/ha) is csak mérsékelt volt kisebb a termés. Ennek okát a 2012. év májusának és júniusának optimális vízellátásában jelölhetjük meg (71,9 mm, illetve 91,7 mm csapadék hullott).

A borsó rövid tenyészideje és vízellátással szembeni érzékenysége miatt különösen fontos a növény vízhasznosításának a javítása. Vizsgálataink lehetőségét nyújtottak arra, hogy meghatározzuk a tenyészidő (március-június) 1 mm csapadékára jutó termésmennyiségét eltérő agrotechnikai kezelésekben (7. táblázat). Eredményeink azt bizonyították, hogy a megfelelő NPK ellátás jelentősen javította a borsó vízhasznosítását. 2011. évben a kontroll kezelésben a vízhasznosítási mutató (Water Using Efficiency = WUE) 14,5–25,0 kg/mm, 2012-ben 19,6–20,5 kg/mm, 2014-ben pedig 13,3–28,2 kg/mm

volt. A $N_{opt}+PK$ műtrágyakezelésekben a WUE értékek jóval kedvezőbbek voltak (2011. év 26,2–35,1 kg/mm, 2012. év 24,8–27,9 kg/mm, 2014. év 23,2–34,1 kg/mm). A vízhasznosítást ugyanakkor a vetésidő is befolyásolta. A vetésidő későbbre tolódásával romlott a borsó vízhasznosítása az eltérő tápanyag-ellátottsági feltételek mellett.

6. táblázat. *Vetésidő hatása a borsó termésére eltérő tápanyag-ellátottsági szinteken (Debrecen, nem öntözött kezelések)*

Év (1)	Műtrágya- kezelés (2)	Vetésidő (3)					
		Korai (4)		Átlagos (5)		Késői (6)	
		(kg/ha)	(%)	(kg/ha)	(%)	(kg/ha)	(%)
2011	∅	3127	100	2796	89	1807	58
	$N_{opt}+PK$	4382	100	3720	85	3272	75
2012	∅	3810	100	3690	97	3642	96
	$N_{opt}+PK$	4836	100	5176	107	4612	95
2014	∅	3612	100	3182	88	1707	47
	$N_{opt}+PK$	4369	100	3840	88	2972	68

Table 6. The impact of sowing date on pea yield on different nutrient supply levels (Debrecen, non-irrigated treatments). (1) Years, (2) Fertiliser treatments, (3) Sowing date, (4) Early, (5) Average, (6) Late

A vizsgálati évek közül 2011. évben öntöztük a borsót (2011. 06. 04-én 50 mm). Az öntözés terméstöbblete 158–1310 kg/ha között változott vetésidőtől, műtrágyakezeléstől függően (8. táblázat). Az öntözés terméstöbbletét alapvetően a tápanyagellátás mértéke határozta meg, azaz szoros kölcsönhatást lehetett megállapítani a víz- és tápanyagellátás között a borsótermesztésben. Hiányos tápanyagellátás esetén (kontroll kezelés) az öntözés terméstöbblete 158–384 kg/ha, míg optimális tápanyagellátás esetén 868–1310 kg/ha között változott vetésidőtől függően.

A borsó tápanyagellátása, nitrogéntrágyázása szempontjából alapvetően fontos a *Rhizobium* baktériumok által megkötött nitrogén figyelembe venni. Ennek következtében a borsó nem tartozik a jó trágyareakciójú növények közé, és a nitrogén trágyaigénye is relatíve szerény mértékű.

7. táblázat. A borsó vízhasznosítása (WUE*) eltérő vetésidőkben és tápanyag-ellátottsági szinteken (Debrecen, nem öntözött)

Vetésidő (1)	Műtrágyakezelés (2)	2011	2012	2014
Korai (3)	∅	25,0	20,5	28,2
	N _{opt} +PK	35,1	26,0	34,1
Átlagos (4)	∅	22,4	19,9	24,8
	N _{opt} +PK	29,8	27,9	30,0
Késői (5)	∅	14,5	19,6	13,3
	N _{opt} +PK	26,2	24,8	23,2

Megjegyzés: *WUE=1 mm tenyészidőszakban (március-június) lehullott csapadékra jutó termés kilogramm

Table 7. Water use efficiency (WUE*) of pea at different sowing dates and on different nutrient supply levels (Debrecen, non-irrigated). (1) Sowing dates, (2) Fertiliser treatments, (3) Early, (4) Average, (5) Late. Note: *WUE=kg yield for 1 mm precipitation in the growing season (March-June)

8. táblázat. Az öntözés terméstöbblete (kg/ha) különböző vetésidőkben és műtrágyakezelésekben borsónál (Debrecen, 2011)

Műtrágyakezelés (1)	Vetésidő (2)		
	Korai (3)	Átlagos (4)	Késői (5)
∅	158	384	353
N ₃₅ +PK	468	394	496
N ₇₀ +PK	691	1155	850
N ₁₀₅ +PK	861	1214	785
N ₁₄₀ +PK	868	1310	846

Table 8. Yield surplus (kg ha⁻¹) of irrigation in the case of different sowing dates and fertiliser treatments in pea (Debrecen, 2011). (1) Fertiliser treatments, (2) Sowing date, (3) Early, (4) Average, (5) Late

Kutatási eredményeink ezeket a szakmai tényeket részben megerősítették, részben azonban új adatokkal egészítették ki. A vizsgálati években a borsó kontrollhoz viszonyított terméstöbblete a maximális termést adó N_{opt}+PK kezelésben 658–1486 kg/ha között változott évjáráttól és vetésidőtől függően (9. táb-

lázat). Az egyes években a borsó trágyázási terméstöbblete relatíve nem mutatott nagyobb különbségeket, illetve a változások nem voltak konzekvensek. 2011. évben 924–1465 kg/ha, 2012. évben 970–1486 kg/ha és 2014. évben pedig 658–1265 kg/ha között változott a műtrágyázás terméstöbblete. Az évjárat azonban jelentősen befolyásolta az $N_{opt}+PK$ adagot. Ez azt jelentette, hogy 2011-ben $N=140$ kg/ha+PK, 2012-ben $N=105$ kg/ha+PK, 2014-ben pedig $N=70$ kg/ha+PK műtrágyakezelésben kaptuk a maximális termést a nem öntözött feltételek között. Megvizsgáltuk a kijuttatott műtrágyák érvényesülésének a hatékonyságát is. Ezt az $N_{opt}+PK$ kezelésben az 1 kg NPK műtrágya-hatóanyagra jutó terméssel fejeztük ki (*10. táblázat*). A műtrágya hasznosulási értékek 9,09–24,27 kg/1 kg NPK között változtak a vizsgálati években. A műtrágya-hasznosulást a legnagyobb mértékben az évjárat befolyásolta. A 2011. tenyészévben 9,09–12,17 kg, a 2012. évben 17,08–19,17 kg, a 2014. évben pedig 16,51–24,27 kg közötti értékeket kaptunk 1 kg NPK műtrágya alkalmazása esetén. Hatással volt a műtrágya-hasznosulására a vetésidő is. A legrosszabb tápanyag-hasznosulást a késői vetésidőben kaptuk mindhárom vizsgálati évben.

9. táblázat. A műtrágyázás terméstöbblete (kg/ha) borsónál különböző évjáratokban és vetésidőkben (Debrecen, nem öntözött)

Vetésidő (1)	Műtrágyakezelés (2)	2011	2012	2014
Korai (3)	∅	3127	3810	3612
	$N_{opt}+PK$	4382 (N_{140})	4836 (N_{105})	4369 (N_{70})
	Differencia (6)	1255	1026	757
Átlagos (4)	∅	2796	3690	3182
	$N_{opt}+PK$	3720 (N_{140})	5176 (N_{105})	3840 (N_{70})
	Differencia (6)	924	1486	658
Késői (5)	∅	1807	3642	1707
	$N_{opt}+PK$	3272 (N_{140})	4612 (N_{105})	2972 (N_{140})
	Differencia (6)	1465	970	1265

Table 9. Yield surplus (kg ha⁻¹) of fertilisation in the case of different crop years and sowing dates in pea (Debrecen, non-irrigated). (1) Sowing date, (2) Fertiliser treatments, (3) Early, (4) Average, (5) Late, (6) Difference

10. táblázat. *A borsó fajlagos terméstöbblete* a maximális termést adó műtrágyakezelésben (Debrecen, nem öntözött)*

Műtrágyakezelés (1)	Vetésidő (2)		
	Korai (3)	Átlagos (4)	Késői (5)
2011	12,17	10,33	9,09
2012	17,91	19,17	17,08
2014	24,27	21,33	16,51

Megjegyzés: *fajlagos terméstöbblet = 1 kg NPK műtrágyára jutó borsótermés kilogramm

Table 10. Specific yield surplus* of pea in the fertiliser treatment providing the maximum yield (Debrecen, non-irrigated). (1) Fertiliser treatments, (2) Sowing date, (3) Early, (4) Average, (5) Late, Note: *specific yield surplus = kg pea yield for 1 kg NPK fertiliser

A 2011. évi vizsgálatok lehetőséget nyújtottak arra, hogy mindhárom agrotechnikai elem interaktív hatását tanulmányozzuk (11. táblázat). Kísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy a későbbi vetésidő kedvezőtlen növényfiziológiai hatásait részben a megfelelő tápanyagellátással és vízellátással mérsékelni lehetett.

11. táblázat. *Vetésidő×öntözés×tápanyag kölcsönhatása a borsó termésére (Debrecen, 2011)*

Vízellátás (1)	Műtrágya- kezelés (2)	Vetésidő (3)					
		Korai (4)		Átlagos (5)		Késői (6)	
		(kg/ha)	(%)	(kg/ha)	(%)	(kg/ha)	(%)
Nem öntözött (7)	∅	3127	100	2796	89	1807	58
	N _{opt} +PK	4382	100	3720	84	3272	74
Öntözött (8)	∅	3285	100	3180	96	2160	65
	N _{opt} +PK	5250	100	5030	96	4118	78

Table 11. Sowing date×irrigation×nutrient interaction for pea yield (Debrecen, 2011). (1) Water supply, (2) Fertiliser treatments, (3) Sowing date, (4) Early, (5) Average, (6) Late, (7) Non-irrigated, (8) Irrigated

Nem öntözött feltételek mellett a korai vetésidőhöz viszonyított termés-csökkenés a kontroll kezelésben 11%, illetve 42% volt az átlagos és késői vetés-

időkből, míg a kedvező tápanyagellátással 16%, illetve 26% termésnövekedést kaptunk. Hasonló megállapításokat tehetünk öntözött feltételek mellett is, csak a vetésidő negatív hatása mérsékeltebb (kontroll kezelésben 4%, illetve 35%, $N_{opt}+PK$ kezelésben 4%, illetve 22% termésnövekedés a korai vetésidőhöz képest az átlagos és kései vetésidőkből), valamint lényegesen magasabb (+1,0 t/ha) termésszinten következett be a borsó termésének csökkenése.

Következtetések

Polifaktoriális tartamkísérleteink eredményei azt bizonyították, hogy a borsó kifejezetten érzékeny szántóföldi növényünk mind az ökológiai (évjárat), mind az agrotechnikai elemekre (vetésidő, trágyázás, vízellátás). Kedvező talajadottságok (mészlepedékes csernozjom), optimalizált agrotechnikai feltételek esetén azonban kedvező terméseredmények (4,0–5,0 t/ha) realizálhatók. Ugyanakkor vannak olyan extrém évjáratok, amelyekben a borsó termesztése igen jelentős kockázattal jár (ilyen volt a 2013. év, amelyben a március télies időjárású és extrém csapadékú volt). A 2011., 2012. és 2014. évi kutatási eredményeink azt bizonyították, hogy – időjárás szempontból – az évjárat tekintetében kedvezőnek, amelyben a májusi és júniusi csapadék a 60–80 mm/hónap értéket eléri. Fontos a tenyészidő előtti hónapokban (október-február) lehullott csapadék mennyisége is, amely a talaj vízkészletét gyarapítja. Időjárás szempontból kedvezőtlen volt, hogy az elmúlt években a borsó tenyészidejének átlaghőmérséklete meghaladta a 30 éves átlagértéket (14,10 °C átlaggal szemben 2011-ben 14,90 °C, 2012-ben 15,72 °C, 2014-ben 15,36 °C).

Kutatási eredményeink azt bizonyították, hogy a borsó termésmennyisége szempontjából legfontosabb agrotechnikai elem a vetésidő helyes megválasztása. A borsó vízellátása, hőmérsékleti és fotoperiodikus igénye miatt a korai vetésidőben kaptuk a legnagyobb termést. Az átlagos vetésidőben kisebb mértékű, a késői vetésidőben pedig jelentős volt a termésnövekedés. A borsó vízhasznosítását (WUE) befolyásolta a vetésidő és a tápanyagellátás. A borsó WUE értékei 2011. évben 14,5–25,0 kg/mm, 2012. évben 19,6–20,5 kg/mm, 2014. évben pedig 13,3–28,2 kg/mm között változtak. A későbbi vetésidő és a hiányos tápanyagellátás rontotta a WUE értékeket.

A vizsgálati évek közül 2011. évben öntöztük a borsót. Az öntözés terméshozata 160–1300 kg/ha között változott, annak mértékét alapvetően a tápanyagellátás, kisebb mértékben a vetésidő befolyásolta. Vizsgálati eredményeink

alapján szoros kölcsönhatást állapítottunk meg a borsó tápanyag- és vízellátása, valamint a termése között.

A borsó *Rhizobium* baktériumainak N-szolgáltatása miatt a trágyázás termés-növelő hatása relatíve mérsékeltebb volt más szántóföldi növényfajokkal összehasonlítva. A trágyázás hatására kapott terméstöbbletet az évjárat kevésbé befolyásolta. Kísérleteinkben a borsó trágyázás hatására kapott terméstöbblete 2011-ben 900–1500 kg/ha, 2012-ben 1000–1500 kg/ha, 2014-ben pedig 700–1300 kg/ha között változott. Az évjárat annál jelentősebben módosította az optimális N+PK adagot. 2011-ben az N=140 kg/ha+PK, 2012-ben az N=105 kg/ha+PK és 2014-ben pedig az N=70 kg/ha+PK kezelés bizonyult optimálisnak. Az évjárat a műtrágya-hasznosulási értékeket (1 kg NPK hatóanyagra jutó termés kg) is befolyásolta. Vetésidőtől függően a műtrágya-hasznosulási értékek 9–12 kg/1 kg NPK, 17–19 kg/1 kg NPK és 17–24 kg/1 kg NPK intervallumban változtak 2011., 2012. és 2014. években az $N_{opt}+PK$ műtrágyakezelésben.

A vizsgálatok lehetőséget nyújtottak az agrotechnikai elemek (vetésidő×trágyázás×öntözés) közötti kölcsönhatások meghatározására (2011). Megállapítottuk, hogy a borsó termését legnagyobb mértékben befolyásoló vetésidő negatív hatását (megkésett vetésidő) az optimális tápanyag- és vízellátással jelentősen mérsékelni lehetett.

Irodalom

- Alsadon, A. A.–Khalil, S. O.*: 1994. Yield and yield components analysis of pea cultivars in response to planting date. *Alex. J. Agric. Res.* 39: 471–489.
- Antal J.*: 1987. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bocz E.*: 1996. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 448–474.
- Buzás I.–Fekete A.–Buzás I.-né–Csengeri P.-né–Kovács Á.-né (szerk.)*: 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest. 68.
- Cselőtei L.*: 1978. Új irányok és feladatok a növények vízellátásában. *Agrártudományi Közlemények.* 37: 45–67.
- Fletcher, H. F.–Orrarod, D. P.–Maurer, A. R.–Stanfield, B.*: 1966. Response of peas to environment. I. Planting date and location. *Can. J. Plant Sci.* 46: 77–85.
- Fleury, D.–Jefferies, S.–Kuchel, H.–Langridge, P.*: 2010. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat *J. Exp. Bot.* 61: 3211–3222.

- Foulkes, M. J.–Reynolds, M. P.–Sylvester-Bradley, R.*: 2009. Genetic improvement of grain crops: yield potential. [In: Sadras, V. O.–Calderini, D. F. (eds.) *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy*.] Academic Press. San Diego. 355–385.
- Iványi S.-né*: 1973. Étkezési szárazborsó. Vetőmagtermeltető és Értékesítő Vállalat. Budapest.
- Kádár I.*: 2005. Műtrágyázás hatása a borsó (*Pisum sativum* L.) elemfelvételére. *Agrokémia és Talajtan*. 54. 3–4: 359–374.
- Knott, C. M.–Belcher, S. J.*: 1998. Optimum sowing dates and plant populations for winter peas (*Pisum sativum*). *J. Agric. Sci.*, 131: 449–454.
- Kurnik E.*: 1970. Étkezési és abraktakarmány-hüvelyesek termesztése. Akadémiai Kiadó. Budapest. 29–138.
- Murray, G. A.–Swensen, J. B.–Auld, D. L.*: 1984. Influence of seed size and planting date on the performance of Austrian winter field peas. *Agron. J.* 76: 595–598.
- Papp J.*: 1996. A vetésidő szerepe a borsó (*Pisum Sativum* L. convar glucospermum) fenológiai fázisainak és a termés mennyiségének alakulására. *Acta Agronomica Ovariensis*. 38. 1–2: 79–90.
- Richards, R. A.*: 1995. Improving crop production on salt-affected soils: by breeding or management? *Exp. Agric.* 31: 395–408.
- Ruzsányi L.*: 1996. Vízigény, vízellátás, vízhasznosítás. [In: Bocz E. (szerk.) *Szántóföldi növénytermesztés*.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 145–160.
- Sadras, V. O.–Lawson, C.*: 2013. Nitrogen and water-use efficiency of Australian wheat varieties released between 1958 and 2007. *Eur. J. Agron.* 46: 34–41.
- Sárvári M.*: 1991. Borsó. Növénytermesztési füzetek 4. – Borsó, szója, és egyéb maghüvelyes növények. 7–46.
- Thomson, N. J.–Lee, J. A.*: 1980. Insect resistance in cotton: a review and prospectus for Australia *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 46: 75–86.
- Vocanson, A.–Roger-Estrade, J.–Boizard, H.–Jeuffray, M. H.*: 2006. Effects of soil structure on pea (*Pisum sativum* L.) root development according to sowing data and cultivar. *Plant Soil*. 281: 121–135.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

*Dr. Pepó Péter – Dr. Dóka Lajos Fülöp –
Dr. Szabó András
Debreceni Egyetem MÉK
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032
*pepopeter@agr.unideb.hu

Karancsi Lajos Gábor – Dr. Vad Attila
Debreceni Egyetem ATK
Debreceni Tangazdaság és
Tájkutató Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032



NAGY JÁNOS főszerkesztő

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

növénytermesztés | növénynevelés | növénygenetika | növényélettan | agrobotanika
