

ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



VOLUME 59.

NUMBER 1.

Mosonmagyaróvár
2018



SZÉCHENYI
ISTVÁN
EGYETEM



ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



Mosonmagyaróvár

VOLUME 59.

NUMBER 1.

2018

SZÉCHENYI ISTVÁN UNIVERSITY
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár
Hungary

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Mosonmagyaróvár

Közleményei

Volume 59. Number 1.

Mosonmagyaróvár

2018

Editorial Board/Szerkesztőbizottság

Bali Papp Ágnes Jolán PhD	Pinke Gyula PhD
Hanczné Dr Lakatos Erika PhD	Reisinger Péter CSc
Hegy Judit PhD	Salamon Lajos CSc
Kovács Attila József PhD	Schmidt János MHAS
Kovácsné Gaál Katalin CSc	Schmidt Rezső CSc
Manninger Sándor CSc	Szalka Éva PhD <i>Editor-in-chief</i>
Molnár Zoltán PhD	Varga László PhD
Nagy Frigyes PhD	Varga-Haszonits Zoltán DSc
Neményi Miklós CMHAS	Varga Zoltán PhD
Ördög Vince DSc	

Reviewers of manuscripts/A kéziratok lektorai

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 59. No. 1.:

Balogh Péter, Biacs Péter, Bujna Erika, Csonka Arnold, Futó Zoltán, Gomkötő Nóra, Kacz Károly, Kovács Tamás, Kozák Lajos, Kutasi József, Pepó Péter, Pénzes Éva Cecilia, Takácsné György Katalin, Tóth Zoltán, Varga László, Vörös Lajos, Wendy Stirk

Linguistic checking of manuscripts by/A kéziratok anyanyelvi lektorai

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 59. No. 1.:
Charles Seddon, Penny Colin, Richard von Fuchs

Cover design/Borítóterv: Andorka Zsolt © 2000
Competitor-21 Kiadó Kft., Győr

Address of editorial office/A szerkesztőség címe
H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.



A Zn-lombtrágyázás hatása az őszi búza főbb értékmérő tulajdonságaira

TÓTH ENDRE ANDOR – KALOCSAI RENÁTÓ – DORKA-VONA VIKTÓRIA
– SZAKÁL TAMÁS

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdasági- és Élelmiszertudományi Kar
Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

Cinkben hiányos vályogtalajon két éven keresztül (2015-2016) vizsgáltuk a bokrosodáskor kijutatott bázisos cink-karbonát hatását az őszi búza hozamára és beltartalmi mutatóira. A kísérletet Bogyoszló határában, gyengén savanyú, erősen cink- és káliumhiányos vályogtalajon állítottuk be. A kísérletben *Cellule* fajtájú búzán használtunk bázisos cink-karbonátot, melyet bokrosodáskor juttatunk ki. A kísérleteket négy ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben állítottuk be. Az alkalmazott cink dózisosok a következők voltak: 0,1; 0,3; 0,5; 1, 2 kg/ha. A két éven keresztül végzett kísérletek eredményeként megállapítottuk, hogy a bokrosodáskor végzett cink-kezelések hatására cink-hiányos területen a hozam növelhető. A maximális hozamot 1 kg/ha cink-dózissal kaptuk. A nyersfehérje tartalom a kezelések hatására kismértékben növekedett, a maximális növekedést 1 kg/ha-os dózis kijuttatása esetén kaptuk. A nedves-sikér tartalom a növekvő cink-dózisok hatására növekedett. Már a legkisebb cink-dózis kijuttatása esetén jelentős, közel 15% körüli nedves-sikértartalom növekedést értünk el. A cink-kezelések hatására – a fehérjetartalom növekedésével párhuzamosan - az őszi búza keményítőtartalma egyértelműen csökkent.

Kulcsszavak: őszi búza, cink, lombtrágya, hozam, nyersfehérje, nedves-sikér, keményítőtartalom.

BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A búzát az emberiség évezredek óta ismeri. Jelentősége a nagyfokú ökológiai alkalmazkodóképességében és a táplálkozási értékében rejlik. Az északi félgömb valamennyi országában termesztik. Magyarországon, mint a mérsékelt égöv közép-ső övezetében általában az őszi búza típusok terjedtek el (*Bocz* 1992). Magyarországon a búzát elsősorban belföldi élelmezési céllal termesztjük, azonban jelentős mennyiséget termelünk exportra is. Az emberi táplálkozás mellett az állati takarmányozás is jelentős szereppel bír. Az ipari felhasználás is egyre növekvő szerepet kap (*Antal* 2005). A búza egyike a legősibb termesztett növényeinknek, jelenleg a legnagyobb területen termesztett szántóföldi növényünk. Exportképességünk megőrzése céljából azonban egyre nagyobb gondot jelent a minőség romlása, ami részben az időjárási körülményekre, részben a hiányos tápanyagellátásra vezethető vissza (*Kádár* 1992). Legtöbb szántóföldi növényünk esetében csak akkor várhatunk kielégítő termést, ha annak tápanyagellátásról is gondoskodunk. Nincs ez másként az őszi búza esetében sem, ahol mind a termés nagyságában, mind a termés minőségében meghatározó szerepe van a tápanyagellátásnak (*Antal* 2000). Az őszi búza egyes fenológiai szakaszainak tápanyag igénye eltérő. Tápanyagfelvételének ideje a tenészszeidejénél rövidebb, kalászhányásig gyakorlatilag befejeződik. A fiatalkori növekedés szakaszában, keléstől bokrosodásig legnagyobb a búza érzékenysége a tápanyagok iránt. Tápanyagfelvételének ugrásszerű indulása bokrosodásának közép-ső időszaka (*Kalocsai et al.* 2004). A mikroelemek közül kiemelkedő a búza réz-, mangán- és cinkigénye (*Pais* 1980). A cink nélkülözhetetlen mikroelem, amely aktívan vesz részt a fehérjeanyagcserében és az auxintermelés serkentése révén a növények növekedésszabályozásában (*Kalocsai et al.* 2005). A magas vagy túlzott foszfor-ellátottság cink-hiányt képes indukálni, különösen meszes talajokon (*Fülek* 1999). Cink tartalmú levéltrágyázással *Zong et al.* (2011) india köles szemtermését és beltartalmi tulajdonságait növelték. Hasonló eredményt értek el *Peck et al.* (2008), akik a búza fehérje-összetételét befolyásolták cink levéltrágyázással. Hazánkban *Rózsa et al.* (2011) őszi búzán vizsgálták bázisos cink-karbonát komplex hatását. Kísérleteik bizonyították, hogy a cink mind az őszi búza hozamát, mind a minőségi paramétereit pozitívan befolyásolja. *Schmidt et al.* (2008) burgonyán végzett cink-amin komplex

hatóanyagú kísérletei hatására a burgonya hozama, szárazanyag-tartalma és keményítőtartalma szignifikáns emelkedést eredményezett.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A lombkezelési kísérleteket 2015-2016-ban állítottuk be Bogyoszló határában cinkben és káliumban hiányos vályogtalajon. *Cellule* fajtájú őszi búzát vizsgáltunk nagyparcellás körülmények között. A kísérlet helyszínét adó terület talajvizsgálati eredményeit az 1. táblázatban ismertetjük.

1. táblázat Talajösszetétel, Bogyoszló

Table 1. Soil components at Bogyoszló

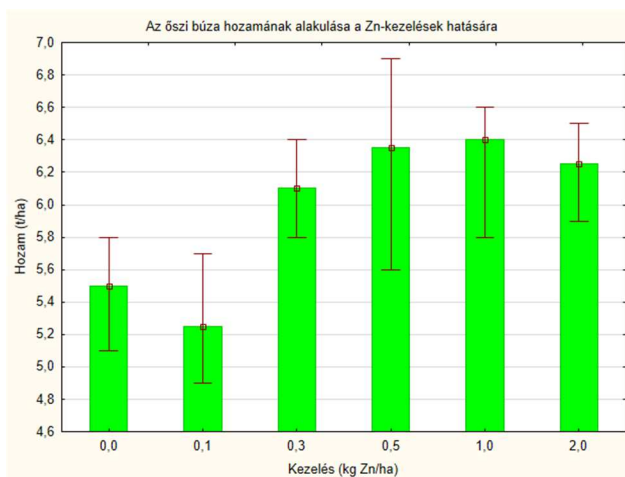
pH (KCl)	Arany-féle kötöttségi szám (KA) (1)	Humusz tartalom (m/m%) (2)	CaCO ₃ (m/m%)	AL- oldható (3) P ₂ O ₅ (mg/kg)	AL- oldható K ₂ O (mg/kg)	EDTA- oldható (4) Zn (mg/kg)
6,28	42	3,04	<0,10	95	43	1,60

(1) KA, (2) humus, (3) AL-extractable..., (4) EDTA-extractable...

A parcellák mérete: 18×55 m volt. A kísérleteket kontroll + 5 dózisban (0,1, 0,3, 0,5, 1, 2 kg/ha), 4 ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben állítottuk be. Mindkét évben bokrosodáskor juttattuk ki a bázisos cink-karbonátot a növény felületére, azonos mennyiségben. Az őszi búza betakarítása Claas Mega 218 típusú kombájnnal történt. A kombájn fedélzeti komputere hektárszámlálót, valamint hozammérőt is magában foglalt. A hozamon túl a betakarított termés beltartalmi értékét is vizsgáltuk. A minták beltartalmi értékmérő tulajdonságainak vizsgálatát (nedves siker-, fehérje- és keményítőtartalom) a Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Környezettudományi Intézet, Kémiai Intézeti Tanszékén végeztük el Perten Inframatic 9200 típusú gabonaanalizátor készülék segítségével. Az alapadatokat összeállítását és rendszerezését Microsoft Office Excel 2016 programmal végeztük. A kapott eredményeket statisztikai módszerekkel, regressziószámítással, valamint Sváb (1981) alapján varianciaanalízis segítségével értékeltük.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A kísérlet során a növekvő cink adagok 1%-os szignifikancia szinten igazolható hozam-növekedést eredményeztek ($F = 6,132$). A vizsgálatok megmutatták, hogy a Zn-kezelések növekvő adagjainak hatására az őszi búza szemtermése (a 0,1 kg/ha Zn-dózisú kezelés kivételével) a kezelések hatására növekedett. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a növekvő Zn adagok hatására a hozam értékei meghaladták a kezeletlen kontroll terméseredményeit. Ez alól kivétel a 0,1 kg/ha Zn kezelés, ahol 250 kg/ha-os termésnövekedést realizáltunk a kontrollhoz képest. Az ennél nagyobb mennyiségű Zn kezelések hatására azonban terméseredmények jelentős növekedését figyeltük meg. Az elvégzett számítások alapján a legkedvezőbb hatást, így a legmagasabb hozamot az 1 kg/ha Zn adag esetében mértük (6,4 t/ha), amely közel 1 tonnával haladta meg a kontroll értékét. Az ennél nagyobb mennyiségű adagok kijuttatása (2 kg/ha Zn) már csökkentették a termésmennyiséget. (1. ábra). A növekvő cink-dózisok hatására bekövetkező hozam változását az $y=5,4118 + 1,7626x - 0,6859x^2$ regressziós egyenlet írta le.

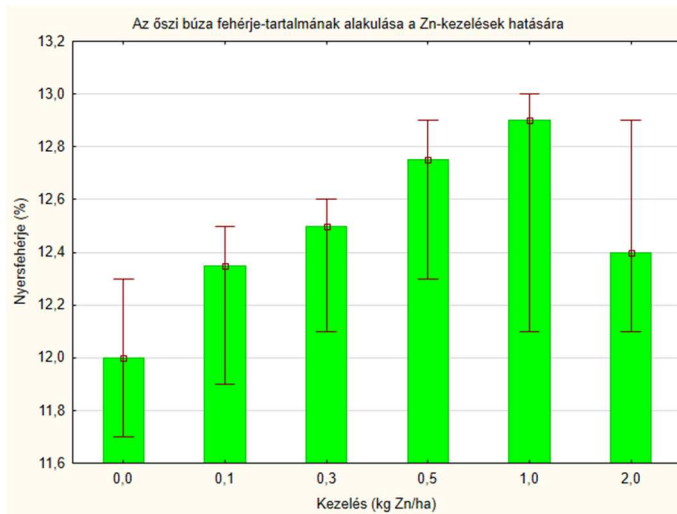


1. ábra Bázisos cink-karbonát hatása a terméshozamra

Figure 1. Effect of zinc-complex on the yield

A statisztikai értékelések alapján 5%-os szignifikancia szinten volt bizonyítható, hogy az alkalmazott bázisos cink-karbonát növekvő adagjai az őszi búza nyersfehérje

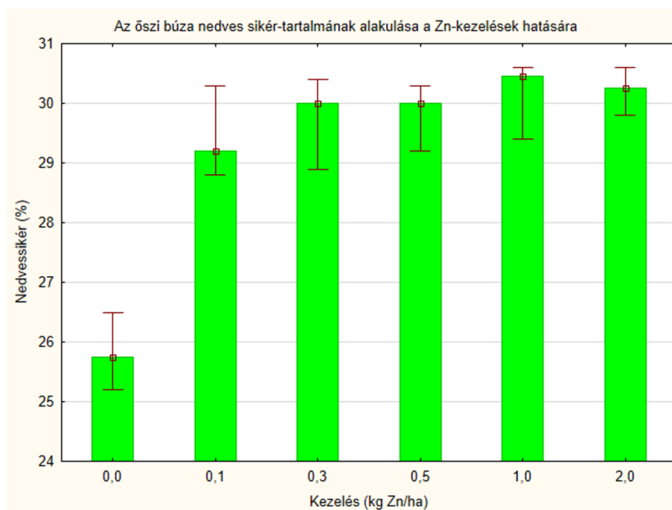
tartalmának emelkedéséhez vezettek ($F = 3,178$). Az ábráról leolvasható, hogy a cink adagolás hatására minden esetben magasabb nyersfehérje tartalmat értünk el, mint a kontroll esetében, azonban 1 kg/ha Zn dózis feletti kijuttatás már az értékek depresszióját okozta. Legkedvezőbb hatást itt is csakúgy, mint a hozam esetében az 1 kg/ha Zn adagok kijuttatása esetén kaptuk (12,9%). Az érték közel 1% javulást jelent a kezeletlen kontroll eredményeihez képest (2. ábra). Az egyes kezelések során mért nyersfehérje tartalmak az $y = 12,091 + 1,26x - 0,5439x^2$ regressziós egyenlet mentén változtak a növekvő Zn dózisok hatására.



2. ábra Bázisos cink-karbonát hatása a nyersfehérje tartalomra
 Figure 2. Effect of zinc-complex on raw protein content

A kísérletből kapott értékekből számított átlagos nedves-sikér tartalmakat a 3. ábra mutatja be. A vizsgálatban alkalmazott Zn-kezelések növekvő adagjai a kontroll értékhez képest nagyobb nedves-sikér tartalmat produkáltak. A növekvő cink adagok hatása a nedves-sikér tartalom növekedésére 0,1%-os szignifikancia szinten volt igazolható ($F = 40,443$). Az eredmények kimutatják, hogy a növekvő Zn-adagok 1 kg/ha dóziséig az őszi búza nedves-sikér tartalmának növekedését eredményezték. Az ennél nagyobb Zn mennyiség kijuttatása esetén már a nedves-sikér tartalom csökkenés figyelhető meg. Míg a kezeletlen kontroll esetében a nedves-sikér tartalom 25,75% volt, addig a legnagyobb értéket az 1 kg/ha-os Zn-dózis kijuttatása esetén értük el (30,5%).

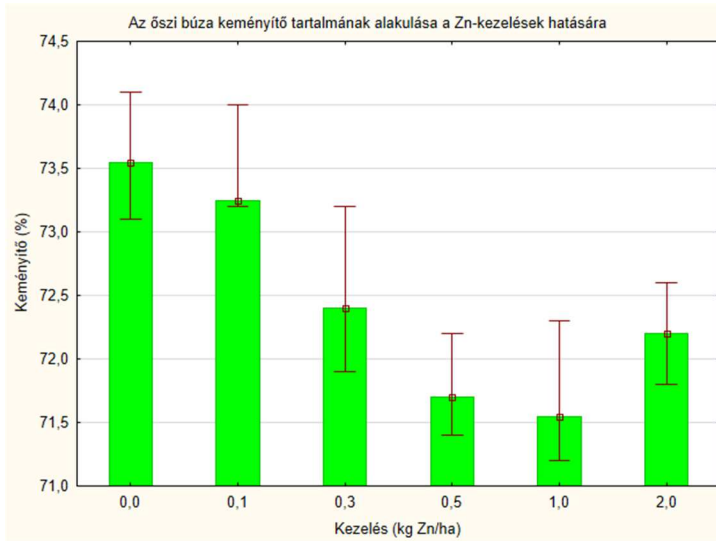
Ennél nagyobb (2kg/ha) Zn-dózis kijuttatásakor a nedves-sikér tartalom enyhe csökkenése vehető észre (30,25%), mely azonban még így is nagyobb, mint a kezeletlen kontroll esetében. A Zn-kezelés hatása az őszi búza nedves-sikér tartalmára rajzolt másodfokú görbe egyenlete az $y = 27,4815 + 5,6983x - 2,2032x^2$.



3. ábra Bázisos cink-karbonát hatása a nedvessikér tartalomra

Figure 3. Effect of zinc-complex on wet gluten

A keményítő tartalom alakulását a különböző Zn-dózisok hatására a 4. ábra szemlélteti. Az alkalmazott bázisos cink-karbonát növekvő adagjai 0,1%-os szignifikancia szinten igazolható keményítő tartalom csökkenéshez vezettek ($F = 13,158$). A cink adagolás hatására minden esetben gyengébb keményítő tartalmat értünk el, mint a kontroll esetében, azonban 1 kg/ha Zn dózis feletti kijuttatásnál már elkezdett növekedni a keményítő tartalom. A legalacsonyabb keményítő tartalmat 1 kg/ha Zn-adag kijuttatásakor értük el (71,6%). Érdekes módon az ezen érték feletti Zn-dózisok már pozitív hatással voltak a keményítő tartalomra, mely a fehérje csökkenéssel van fordított arányban.



4. ábra Bázisos cink-karbonát hatása a keményítő tartalomra

Figure 4 effect of zinc-complex on the starch content

Effects of zinc on the yield and some of the main nutritional value components of wheat

TÓTH ENDRE ANDOR – KALOCSAI RENÁTÓ – DORKA-VONA VIKTÓRIA –
SZAKÁL TAMÁS

University of Széchenyi István
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár

SUMMARY

We carried out experiments with basic zinc-carbonate on wheat through foliar treatments at tillering. The trials focusing on the effects of zinc supply were carried out over 2 years (2015-2016) near the village of Bogyoszló in north-west Hungary, using basic zinc-carbonate on the same wheat variety (Cellule). The trials were set in a random block design, with the following doses: 0,1; 0,3; 0,5; 1; 2 kg/ha. Trials proved

that zinc had not only yield increasing effect, but it also had a positive influence on the main nutritional value components. A treatment of 1 kg/ha produced the highest yield. The maximum increase in raw protein content was produced by 1 kg/ha dose as well. Wet gluten content increased as a result of zinc treatment. Even the smallest dose provided a significant increase (~15%) on wet gluten content. Higher zinc doses decreased the starch content, parallel with the rise in protein content.

Keywords: wheat, zinc, foliar fertilizer, yield, raw protein, wet gluten, starch content

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen“ projekt támogatta.

IRODALOM

- Antal, J.* (2000): Növénytermesztés zsebkönyve, Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Antal, J.* (2005): Növénytermesztéstan 1. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Bocz, E.* (1992): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Fülek, Gy.* (1999): Tápanyaggazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Kalocsai, R. – Schmidt, R. – Szakál P.* (2004): A fejtrágyázás hatása az őszi búza minőségére. Agro Napló VIII. évf. 2004/3. pp. 14-18.
- Kalocsai, R. – Schmidt, R.- Szakál, P. – Giczi Zs.* (2005): A mikroelemek hatása az őszi búza minőségére. Agro Napló IX. évf. 2005/10. 35-38.p
- Kádár, I.* (1992): A növény táplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI, Budapest.
- Pais, I.* (1980): A mikrotápanyag szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Peck, A. – McDonald, G. – Graham, R.* (2008): Zinc nutrition influences the protein composition of flour in bread wheat (*Triticum aestivum L.*). Journal of Cereal Science. 47. pp. 266-274.
- Rózsa, E. – Pecze, Zs. – Nagy, L. – Szakál, P.* (2011): Az esszenciális mikroelemek jelentősége. Acta Agronomica Óváriensis. 53. (1.) pp. 125-129.

Schmidt, R. – Szakál, P. – Bede, D. – Barkóczy, M. – Matus, L. (2008): A Zn-komplex vegyület jelentősége a burgonyatermesztésben. *Acta Agronomica Óváriensis*. 50. (1.) pp. 43-48.

Sváb, J. (1981): *Biometriai módszerek a kutatásban*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Zong, X. – Wang, H. – Song, Z. – Liu, D. – Zhang, A. (2011): Foliar Zn-fertilization impacts on yield and quality in pearl millet (*Pennisetum glaucum*). *Frontiers of Agriculture in China*. 5. pp. 552-555.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

TÓTH Endre Andor – DORKA-VONA Viktória – KALOCSAI Renátó – SZAKÁL Tamás

Széchenyi István Egyetem

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

Víz - és Környezettudományi Tanszék.

9200 Mosonmagyaróvár Lucsony u. 15-17.



Szemfizikai és kémiai jellemzők változása tritikálé szülő-utód párosokban

LANGÓ BERNADETT^{1,2} – ÁCS ERIKA¹ – TÖMÖSKÖZI SÁNDOR² – BÓNA LAJOS¹

¹Gabonakutató Nonprofit Kft., Szeged

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Budapest

ÖSSZEFOGLALÁS

Fiatal gabonanövényünk a tritikálé sikere a 19. század óta töretlen, ma már több mint 4 millió hektáron termesztik. Elsősorban, mint takarmánynövény jelentős, azonban a humán élelmezésben is fontos szerepe lehet. A nemesítés alapvető célja az agronómiai jellemzők javítása és kiváló termőtulajdonságokkal rendelkező fajták létrehozása. Ezért, kísérleteinkben szülő-utód párosokban vizsgáltuk a gazdasági szempontból fontos fenotípusos tulajdonságok genetikai változékonyságát, évjáratú stabilitását, valamint az egyes tulajdonságok örökölhetőségének vizsgálatára regresszió analízist is végeztünk. 155 hexaploid tritikálé genotípust vizsgálva négy paraméter (ezerszemtömeg, szemátmérő, esésszám, nedves siker) esetén erős genotípusos változatosságot figyeltünk meg, míg a négy további jellemző (hektolitertömeg, szemkeménység, nyersrost, nyersfehérje) megnyilvánulásában a változatosság gyenge volt. Az évjárat több jellemző esetén bizonyult szignifikánsnak, a szem fizikai tulajdonságait az évjárat jobban befolyásolta, míg a kémiai, illetve beltartalmi jellemzőket kevésbé. Azon genotípusok, melyek több jellemzőben stabilnak mutatkoztak az évjáratúval szemben jó szelekciós és keresztezési alapokat jelenthetnek a környezeti hatásokkal szembeni ellenállóság növelésére. A korreláció és regresszió számítások eredményeiből adódik, hogy az esésszám és a szemkeménység, valamint a szemátmérő és ezerszemtömeg örökölhetősége a tritikáléban hasonló, megkönnyítve a szelekciót e tulajdonságokra.

Kulcsszavak: tritikálé, szemfizikai és kémiai paraméterek, szülő-utód regresszió, variabilitás, stabilitás

BEVEZETÉS

A gabonafélék az emberiség egyik legalapvetőbb táplálékforrásai. Földünk lakossága folyamatosan gyarapszik, ezzel párhuzamosan a megművelt területek aránya csökken. Fontos tehát, hogy növénytermesztésünkben produktív fajokat, fajtákat termeljünk, illetve növeljük a biodiverzitást, ezzel is hozzájárulva a fenntartható termelés feltételeinek javításához. A gabonafélék palettáján egy különleges és értékes színfolt a tritikálé (*X Triticosecale* Wittmack) (Pena 2004; McGoverin et al. 2011).

A tritikálé, az első, ember által a búza (*Triticum* sp.) és a rozs (*Secale cereale*) keresztezése révén létrehozott mesterséges (nemesített) gabonanövény, amely köztermesztésbe került. Míg a szülő nemzetségek gyakorlatilag az emberrel egyidősek, addig a tritikálé alig másfél évszázados múltra tekint vissza. Az 1800-as években fogalmazódott meg az igény, hogy a búza terméspotenciálját társítsák a rozs ellenálló képességével. Az első steril F1 hibridek az angol Wilson és az amerikai Carman botanikusok nevéhez fűződnek (Bona et al. 2013). Hazánk a kutatásokban Kiss Árpád (1916-2001) kecskeméti munkásságának köszönhetően a világ élvonalába került, ő állította elő a világ első fajtáit, a stabil és termékeny Triticale No.57-et és No.64-et, melyek 1968-ban nyertek minősítést. Az első termesztésre alkalmas tritikálé fajták előállítását követően a sikeres nemesítési programok eredményeképp a világ sok országában versenyképpé vált, ma már a tritikálét több mint 4 millió hektáron termesztik. (Bona és Kiss 2002, FAOSTAT 2017). Az utóbbi évtizedekben a magyar nemesítés ismét fellendült, jelenleg 19 fajta szerepel a magyar Szántóföldi Növények Nemzeti fajtajegyzékében, ezek közül 14 magyar nemesítésű (NÉBIH 2018).

A tritikálé költségtakarékos növény: kisebb ráfordítással (műtrágya dózis, csávázószer, növényvédőszer), gazdaságosabban termesztendő, emellett agronómiai tulajdonságai (a búzától örökölt magas terméspotenciál, illetve a roszból származó ellenálló képesség) lehetővé teszik, hogy gyengébb talajminőségű területeken (pl. homoktalajokon), szélsőséges időjárási körülmények mellett is magas terméshozamot adjon.

A tritikálé rendkívül sokoldalúan felhasználható növény, Európában jellemzően takarmányozásra használják. Szemtermése a sertés, marha és baromfi (pulyka, liba, kacsa, broiler) takarmányozás értékes összetevője, de a zöld növényből is értékes szálas takarmány, szilázs készülhet (*Bona et al.* 2013). Ma már olyan fajták is hozzáférhetők, melyeket beltartalmi értékeik (élelmi rost tartalom, fehérje tartalom, ásványi anyag tartalom) és sütőipari tulajdonságaik is alkalmassá teszik humán célú felhasználásra (*Dennett et al.* 2013; *Langó et al.* 2017).

Jelen tanulmányban nagy mintaszortimenten vizsgáltuk a gazdasági szempontból fontos fenotípusos tulajdonságok genetikai változékonyságát, valamint évjáráti stabilitását. Emellett, mivel szülő-utód párosokról van szó, az egyes tulajdonságok örökölhetőségének vizsgálatára regresszió analízist is végeztünk.

ANYAG ÉS MÓDSZER

MINTÁK

Vizsgálatunkban 155 hexaploid tritikálé genotípust termesztettünk háromismétléses kísérletben, a Gabonakutató Nonprofit Kft. tenyészkertjében Kiszomboron (é.sz. N 46°11' 24.7", k.h. E 20° 24' 4.1") a 2015/16 és 2016/17 évjáratokban. A felhasznált nemesítési növényanyag identikus szülő és utód párokból állt, a 2016 évben termett, szelektált vonalakat vittük egy generációval tovább a 2016/17. évi kísérletbe. A kísérletek során mindkét évben repce előveteményt követően 5 m²-es parcellákon került földbe a vetőmag. A vetés mindkét évben október közepén, a betakarítás pedig július első hetében történt. A tenyészidőszak alatti csapadékokat havi bontásban az *1. táblázatban* közöljük.

MINTAELŐKÉSZÍTÉS

A kísérleti parcellák terméséből átlagmintát vettünk, a mintákat szobahőmérsékleten, zárható műanyag zacskókban tároltuk. Az esésszám kísérlethez kb. 60 g mintát Perten LM 3100 típusú kalapácsos malmon daráltunk.

I. táblázat Kiszombor termőhely havi csapadékadatai a két évjárat során

Table 1 Monthly precipitation data of Kiszombor in the two crop year

	Csapadékmennyiség (mm)		
	(1)		
	2015	2016	2017
Január (2)	-	58,1	13,2
Február (3)	-	83,9	19,2
Március (4)	-	23,1	16,2
Április (5)	-	12,1	35,1
Május (6)	-	38,5	37,4
Június (7)	-	91,5	30,2
Július (8)	-	102,3	45,5
Augusztus (9)	-	-	-
Szeptember (10)	-	-	-
Október (11)	87,2	87,4	-
November (12)	25,0	40,9	-
December (13)	10,0	1,7	-

(1) Precipitation (mm) (2) January (3) February (4) March (5) April (6) May (7) June (8) July (9) August (10) September (11) October (12) November (13) December

MÉRÉSI MÓDSZEREK

A minőségvizsgálat az alábbi jellemzőkre terjedt ki: PERTEN SKCS 3100 készülékkel AACC 55-31.01. szerint vizsgáltuk a szemkeménység, szemátmérő és ezerszemtömeg értéket (AACC 1995), a szem nyersrost, nyersfehérje és nedves siker tartalmát MININFRA – GT NIR készülékkel határoztuk meg. Az esésszám mérése az MSZ EN ISO 3093:2009 szerint történt. A hektolitertűsúly meghatározását MSZ EN ISO 7971-3:2009 szerint végeztük.

STATISZTIKA

Az eredmények statisztikai kiértékeléséhez a genotípus és az évjárat hatásának vizsgálatára kéttényezős varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztunk. A variancia homogenitását Hartley-, Cochran-, and Bartlett teszttel ellenőriztük. A paraméterek közötti összefüggéseket korrelációs analízis segítségével vizsgáltuk. Az egyes tulajdonságok örökölhetőségére a regressziós egyenes meredekségéből következtettünk Lush (1940) szerint. A számításokat $p < 0,05$ és $0,01$ szignifikancia szinteken végeztük el, STATISTICA 12 (StatSoft, USA) program segítségével.

EREDMÉNYEK

A SZEM FIZIKAI ÉS KÉMIAI JELLEMZŐI

A vizsgált paraméterek átlag, minimum és maximum értékeit a 2. táblázat tartalmazza, míg az értékek eloszlását az 1. ábra szemlélteti. A szem fizikai jellemzőit tekintve a hektolitertömeg 71 és 77 kg/hl között változott, az értékek fele az átlag 73 illetve 75 kg/hl értékek körül ingadozott a két évjáratban, genotípusos hatást nem mutattunk ki, de a második évben szignifikánsan alacsonyabb értékeket mértünk. Az ezerszemtömeg 30-57 g között változott a tritikáléra jellemzően (Rakha et al. 2011), szintén 2017-ben mértünk alacsonyabb értékeket, ezen jellemző esetén a genetikai változatosság és az évjárat hatása is szignifikáns volt. A szemátmérő minimum és maximum értékei között ~20 % eltérés volt, 2,54-3,04 mm a 155 tritikálé genotípusban, mind a genotípus, mint az évjárat hatása szignifikánsnak bizonyult. A szemkeménység minimum és maximum értékei viszonylag széles tartományban változtak, 25 és 56 közötti értékeket mutattak, a genotípusos változatosság azonban nem volt szignifikáns, mivel az értékek jelentős része az átlag körül volt. Szinte az összes vonalra a puha illetve az átmeneti szemstruktúra volt jellemző, hasonlóan más eredményekhez (Ács et al. 2016; Wrigley és Bushuk 2017). A többi szemfizikai paraméter csökkenő tendenciájával ellentétben, a szemkeménység esetében szignifikáns növekedést mértünk a második évjáratban. A szemfizikai jellemzőkben mért évjáratváltozás háttérében a fokozott keményítő telítődés állhat, mely nagyobb és nehezebb szemeket eredményez, és ezzel párhuzamosan a kevesebb mennyiségű fehérje, a genetikai tényezők mellett, kisebb szemkeménységet eredményez (Radics 1994; Békés 2001).

2. táblázat A vizsgált paraméterek átlaga, minimum és maximum értékei a kéttényezős ANOVA F értékeivel (n=155 genotípus, két évjárat)

Table 2 Mean, maximum and minimum values of the analyzed parameters and F values of the two factor ANOVA (n=155 genotypes, two crop year)

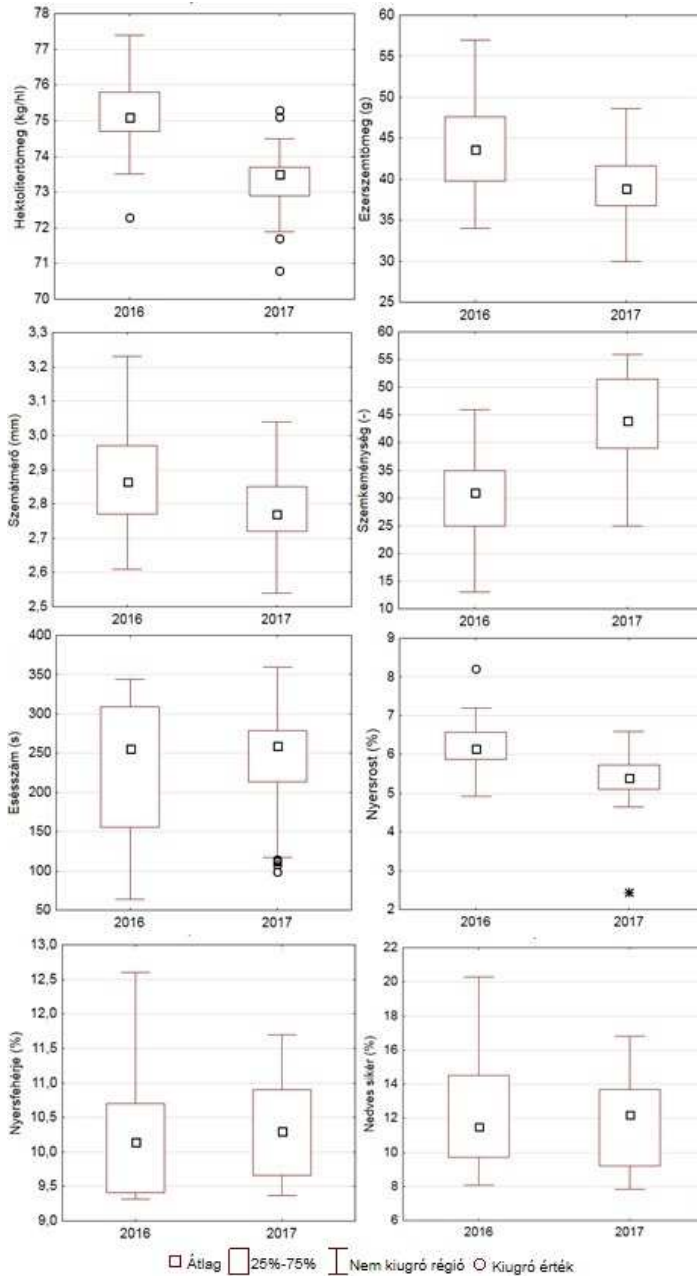
	Év (9)	Átlag (10)	Minimum (11)	Maximum (12)	F _{genotípus} (13)	F _{évjárat} (14)
Hektolitertömeg (kg/hl) (1)	2016	75	72	77	0,610 ^{NS}	22,90 ^{**}
	2017	73	71	75		
Ezerszemtömeg (g) (2)	2016	44	34	57	1,870 ^{**}	93,46 ^{**}
	2017	39	30	49		
Szemátmérő (mm) (3)	2016	2,88	2,61	3,23	2,400 ^{**}	53,20 ^{**}
	2017	2,78	2,54	3,04		
Szemkeménység (-) (4)	2016	30	13	46	0,706 ^{NS}	289,6 ^{**}
	2017	44	25	56		
Esésszám (s) (5)	2016	231	64	344	3,949 ^{**}	2,022 ^{NS}
	2017	243	99	360		
Nyersrost (%) (6)	2016	7,11	4,93	8,22	1,048 ^{NS}	8,510 ^{**}
	2017	5,38	2,44	6,60		
Nyersfehérje (%) (7)	2016	10,3	9,3	12,6	1,573 ^{NS}	0,007 ^{NS}
	2017	10,3	9,4	11,7		
Nedves sikér (%) (8)	2016	12,3	8,1	20,3	1,916 ^{**}	0,116 ^{NS}
	2017	11,9	7,9	16,8		

(NS = nem szignifikáns; **, * - szignifikáns $p < 0,01$ és $0,05$ esetén)

(NS = not significant; *, ** - significant, when $p < 0,01$ and $0,05$)

(1) Test weight (kg/hl) (2) Thousand kernel weight (g) (3) Kernel diameter (mm) (4) Kernel hardness (-) (5) Falling number (s) (6) Crude fiber (%) (7) Crude protein (%) (8) Wet gluten (%) (9) Crop year (10) Average (11) Minimum (12) Maximum (13) F_{genotype} (14) F_{crop year}

Az esésszám értékek széles tartományban, 64 s és 360 s között változtak. 14 genotípus volt, mely mindkét évjáratban 220 s alatti értékeket mutatott, a többi genotípus esésszáma magasabb, optimális tartományba esett, mely a tritikáléra korábban általánosan jellemző alacsony értékekhez viszonyítva pozitív változás (Dennett et al. 2013). Az értékek enyhe emelkedést mutattak 2017-ben, ám a különbség nem volt szignifikáns. Ennek oka a mindkét évre jellemző száraz, meleg betakarításkori időjárás lehet.



1. ábra A vizsgált paraméterek értékeinek eloszlása (n=155 genotípus, két évjárat)
 Figure 1 Distribution of the values of the examined parameters (n=155 genotype, two crop year)

A kémiai jellemzők tekintetében a nyersrost értékek genotípusos eltérése statisztikailag nem volt jelentős egyik évben sem, a minimum és maximum érték 2,44 illetve 8,22 % volt a vizsgált genotípusokban, kissé magasabb értékeket mutatva korábbi eredményeknél (Pena 2004). Ugyanakkor az évjárat szignifikánsan befolyásolta a nyersrost mennyiségének alakulását, az utód nemzedékben alacsonyabb értékeket mértünk. A nyersfehérje mennyisége 9,3-12,6 % volt, míg a nedves síkér 7,9-20,3 % között változott, a genotípusok jelentős része 9 és 15 % közötti értékeket mutatott. Ezek a jellemzők az évjáratval szemben stabilitást mutattak, ám a nyersfehérje genotípusos variabilitása nem volt szignifikáns és alacsonyabb értékeket mértünk más irodalmakhoz viszonyítva (McGoverin et al. 2011; Rakha et al. 2011). A síkértartalmakban mérhető eltérés, a genotípusos variabilitás a rozs szülőből származó gének különböző mértékű kifejeződéséből adódik (Wrigley és Bushuk 2017). A fehérje- és síkér értékek általában a környezettől jelentősen függenek (Langó et al. 2017), esetünkben az azonos termőhely, agrotechnika és hasonló időjárási körülmények ezen összetételi jellemzőknek az évjáratval szembeni stabilitását eredményezték.

A vizsgált 155 genotípusból 128 legalább egy vizsgált paraméterben stabilnak mutatkozott az évjáratokban. Ezek közül 52 genotípus volt stabil két jellemzőben, míg 30 három jellemzőben. Négy vagy több paraméter esetén 21 genotípus mutatott stabilitást.

ÖSSZEFÜGGÉS VIZSGÁLAT AZ EGYES PARAMÉTEREK KÖZÖTT

A fizikai paraméterek közül a szemkeménység mindkét évjáratban közepes összefüggést mutatott a Hagberg-esésszám (0,49; $p < 0,01$), a nyersfehérje (0,63; $p < 0,05$) és nedves síkér (0,58; $p < 0,01$) értékekkel (3. táblázat). A hektolitertömeg csak az utód évjáratban korrelált a nyersfehérje (-0,71; $p < 0,05$) és a síkér (-0,60; $p < 0,05$) eredményekkel. A nyersfehérje erős pozitív korrelációt mutatott a síkértartalommal (0,95; $p < 0,05$). A szemátmérő pedig az ezerszemtömeggel (0,94; $p < 0,05$), továbbá ezen jellemzők a szülő évjáratban az esésszámmal (-0,58 és -0,64; $p < 0,01$) is korreláltak.

3. táblázat Korrelációs mátrix a vizsgált paraméterek között évjáratokra bontva

Table 3 Correlation between the analyzed parameters in the two crop year

2016								
	HLS	NYF	NYR	NS	HES	SZK	SZÁ	ESZT
HLS	1,00							
NYF	-0,38	1,00						
NYR	0,01	-0,50	1,00					
NS	-0,36	0,92**	-0,43	1,00				
HES	-0,10	0,37	0,13	0,48*	1,00			
SZK	-0,27	0,84**	-0,55	0,86*	0,51*	1,00		
SZÁ	0,14	0,03	-0,17	-0,30	-0,58*	0,11	1,00	
ESZT	0,07	0,14	-0,26	-0,07	-0,64*	0,10	0,94**	1,00
2017								
	HLS	NYF	NYR	NS	HES	SZK	SZÁ	ESZT
HLS	1,00							
NYF	-0,71**	1,00						
NYR	0,13	0,02	1,00					
NS	-0,60**	0,95**	0,13	1,00				
HES	-0,15	0,24	0,05	0,23	1,00			
SZK	-0,33	0,63**	0,03	0,58*	0,49*	1,00		
SZÁ	0,06	-0,19	0,23	-0,42	-0,09	0,14	1,00	
ESZT	-0,07	-0,15	0,25	-0,38	0,02	0,14	0,89**	1,00

HLS=hektolitertömeg; NYF=nyersfehérje; NYR=nyersrost; NS=nedves sikkó; HES=Hagberg-esésszám; SZK=szemkeménység; SZÁ=szemátmérő; ESZT=ezerszemtömeg

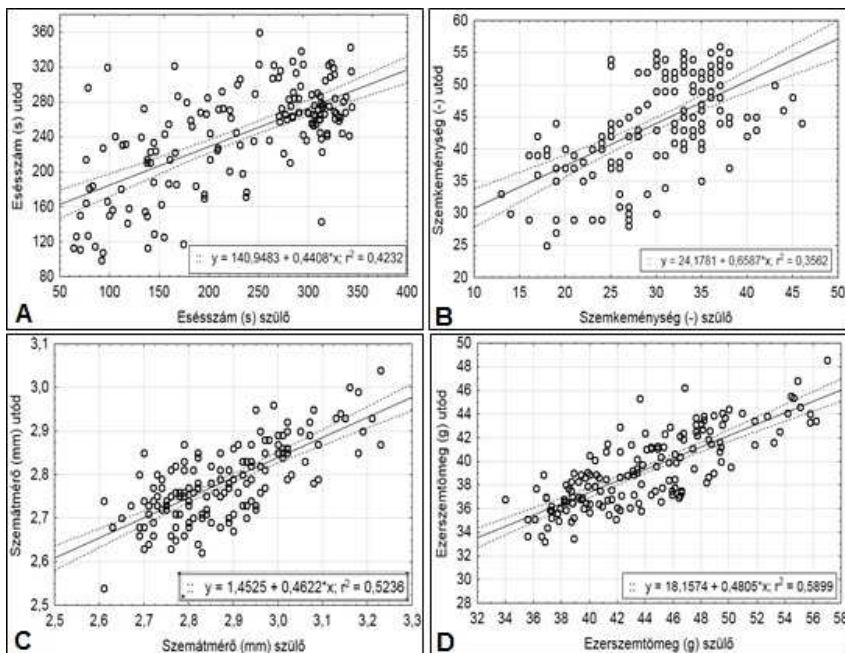
(* , ** - szignifikáns $p < 0,01$ és $0,05$ esetén, ■ mindkét évjáratban szignifikáns összefüggés)

HLS=test weight; NYF=crude protein; NYR=crude protein; NS=wet gluten; HES=Hagberg-falling number; SZK=kernel hardness; SZÁ=kernel diameter; ESZT=thousand kernel weight

(* , ** - significant, when $p < 0,01$ and $0,05$, ■ significant in both crop year)

SZÜLŐ-UTÓD REGRESSZIÓ

Az esésszám, a szemkeménység, a szemátmérő és az ezerszemtömeg esetén találtuk a legerősebb regressziós összefüggéseket (2. ábra) a szülő és az utód generációk közt. Ezen paraméterek örökölhetősége tehát a tritikáléban jelentős. Hasonló eredményt írtak le a szemfizikai jellemzők esetén korábban mind tritikáléban (Randhawa et al. 2015), mind a búza szülő esetén (Metha et al. 1997). Sőt Aljarrah et al. (2014) egyes összetételi jellemzők (keményítő, rost) esetén is erős örökölhetőséget írt le tritikálé genotípusokban.



2. ábra Regressziós egyenesek az esésszám (A), szemkeménység (B), szemátmérő (C) és ezerszemtömeg (D) paraméterek esetén szülő-utód párosokban

Figure 2 Regression lines for falling number (A), kernel hardness (B), kernel diameter (C) and thousand kernel weight (D) in parent-offspring pairs

KÖVETKEZTETÉSEK

155 hexaploid tritikálé genotípust vizsgálva négy paraméter (ezerszemtömeg, szemátmérő, esésszám, nedves sikér) esetén mindkét évjáratban erős genotípusos

változatosságot figyeltünk meg, míg a négy további jellemző megnyilvánulásában a változatosság gyenge volt (hektolitertömeg, szemkeménység, nyersrost, nyersfehérje). Az évjárat több jellemző esetén bizonyult szignifikánsnak, az esésszám, a nyersfehérje és a nedves siker esetén nem volt detektálható. Az eredmények alapján elmondható, hogy a szem fizikai jellemzőit az évjárat jobban befolyásolta, míg a kémiai, illetve beltartalmi jellemzőket kevésbé, így előbbinél a szelekció során ezt érdemes figyelembe venni. A genotípusos változékonyság nem minden jellemző esetében bizonyítható a mért adatok alapján, ezért a hektolitertömeg, a szemkeménység, a nyersrost és nyersfehérje paraméterek esetén a genetikai háttér megújítása, szélesítése indokolt lehet, különböző nemesítési célok kielégítésére. Azon genotípusok, melyek több jellemzőben stabilnak mutatkoztak az évjáráttal szemben, jó szelekciós és keresztezési alapokat jelenthetnek a környezeti hatásokkal szembeni ellenállóság növelésére. A korreláció és regresszió számítások eredményeiből adódik, hogy az esésszám és a szemkeménység, valamint a szemátmérő és ezerszemtömeg örökölhetősége a tritikáléban hasonló, megkönnyítve a szelekciót e tulajdonságokra.

Variation in physical- and chemical characteristics of triticale grains in parent-offspring pairs

BERNADETT LANGÓ^{1,2} – ERIKA ÁCS¹ – SÁNDOR TÖMÖSKÖZI² – LAJOS BÓNA¹

¹Cereal Research Non-profit Ltd., Szeged, Hungary

²Budapest University of Technology and Economics, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Budapest, Hungary

SUMMARY

Triticale is a young cereal species starting its history in the 19th century, and nowadays it is cultivated in 4 million ha. Mainly, it is used for feed stock, however it can be also used as food. The main goal of the breeding is to improve the agronomical traits and develop cultivars with excellent growing properties. Therefore, in our experiment, genotypic variance and crop year stability were studied for some economic traits using

phenotypic parameters in parent-offspring pairs. Also, inheritability was calculated using regression analysis. Examining 155 hexaploid triticale genotypes, in four parameters (thousand kernel weight, kernel diameter, falling number, wet gluten content) strong genotypic variance were recorded, the other four parameters (test weight, kernel hardness, crude fiber, crude protein) showed weak variability. Some genotype had high stability in some parameter. Crop year effect was significant for most of the parameters, and grain physical characteristics was more influenced by the crop year than chemical composition. Those genotypes, which have been shown to be stable against crop year in most of the parameters could be used for increasing abiotic resistance in breeding. The results of the correlation and regression analysis revealed that the inheritance of falling number and grain hardness as well as the kernel diameter and thousand kernel weight are similar in triticale, facilitating the selection of these parameters.

Keywords: triticale, grain physical and chemical characteristics, parent-offspring regression, variability, stability

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak a GOP 1.1.1. – 11 – 2012-0044 pályázatának az anyagi támogatásért. Külön köszönet a technikus csoportnak a kísérletek precíz kivitelezéséért.

IRODALOM

AACC 55-31.01. (1995): Single-kernel characterization system for wheat kernel texture. Approved Methods of the AACC.

Aljarrah M.-Oatway L.-Albers S.-Bergen C. (2014): Variability, heritability and genetic advance in some agronomic and forage quality characters of spring triticale in western Canada. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences. 79, 9-18.

Ács E.-Bóna L.-Langó B.-Véha A.-Pepó P.-Petróczi I. (2016): Szegedi tritikálé fajták fontosabb minőségi jellemzőinek változása műtrágyázási tartamkísérletben. Acta Agraria Debreceniensis. 67, 21-26.

- Békés F.* (2001): A búza endospermium szerkezetének szerepe néhány minőségi búzát termelő országban. In *Bedő Z.* (szerk.): A jó minőségű, keményszemű búza nemesítése és termesztése. MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár. 25-34.
- Bona L.-Acs E.-Lantos C.-Tomoskózi S.-Lango B.* (2014): Human utilization of triticale: technological and nutritional aspects. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences.* 79, 139-152.
- Dennett A. L.-Wilkes M. A.-Trethowan R. M.* (2013): Characteristics of modern triticale quality: the relationship between carbohydrate properties, α -amylase activity, and falling number. *Cereal Chemistry.* 90, 594-600.
- FAOSTAT* (2017): Hozzáférhető: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Langó B.-Bóna L.-Ács E.-Tömösközi S.* (2017): Nutritional features of triticale as affected by genotype, crop year and location. *Acta Alimentaria.* 46, 238-245.
- Lush J. L.* (1940): Intra-sire correlations or regressions of offspring on dam as a method of estimating heritability of characteristics. *Proc. Am. Soc. Anim. Nutr.* 1, 239-301.
- McGovern C. M.-Snyders F.-Muller N.-Botes W.-Fox G.-Manley M.* (2011): A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 91, 1155-1165.
- Mehta B.-Sharma S.K.-Luthra O.P.* (1997): Genetic architecture of harvest index and yield component characters in wheat. *Annals of Applied Bio-Sciences.* 13: 37-40.
- MSZ EN ISO 3093:2009* (2009): Búza, rozs és lisztjeik, durumbúza és durumbúzadara. Az esésszám meghatározása Hagberg-Perten szerint.
- MSZ EN ISO 7971-3:2009* (2009): Gabonafélék. A hektolitertömegnek nevezett térfogatsűrűség meghatározása. 3. rész: Rutinmódszer.
- NÉBIH* (2018): Szántóföldi Növények - nemzeti fajtajegyzék 2018. Hozzáférhető: <http://portal.nebih.gov.hu/-/nemzeti-fajtajegyzek>
- Pena R. J.* (2004): Food uses of triticale. *FAO Plant Production and Protection Paper.* 179, 37-48.
- Radics L.* (1994): Szántóföldi növénytermesztés. Hozzáférhető: <http://mek.oszk.hu/01200/01216/01216.htm>
- Rakha A.-Aman P.-Andersson R.* (2001): Dietary fiber in triticale grain: Variation in content, comparison, and molecular weight distribution of extractable components. *Journal of Cereal Science.* 54, 324-331.

Randhawa H.S.-Bona L.-Graf R.J. (2015): Triticale for food- the quality driver. In *Eudes F.* (szerk.) Triticale. Springer. 15-32.

Wrigley C.-Bushuk W. (2017): Triticale: grain quality characteristics and management of quality requirements. In *Wrigley C.-Batey I.-Miskelly D.* (szerk.) Cereal grains Assessing and managing quality. Second Edition. Woodhead Publishing. 179-194.

A szerzők levélcíme-Address of the authors:

Langó Bernadett

Gabonakutató Nonprofit Kft.

6726 Szeged, Alsó Kikötősor 9.

bernadett.lango@gabonakutato.hu

Dr. Ács Erika

Gabonakutató Nonprofit Kft.

6726 Szeged, Alsó Kikötősor 9.

erika.acs@gabonakutato.hu

Dr. Tömösközi Sándor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék

1111 Budapest, Szent Gellért tér 4.

tomoskozi@mail.bme.hu

Dr. Bóna Lajos

Gabonakutató Nonprofit Kft.

6726 Szeged, Alsó Kikötősor 9.

lajos.bona@gabonakutato.hu



Különböző laktóz koncentrációk hatása *Kluyveromyces* élesztőtörzsek szaporodási tulajdonságaira és etanoltermelési képességére

KAPCSÁNDI VIKTÓRIA - BARABÁS ATTILA - SIK BEATRIX - AJTONY ZSOLT
- LAKATOS ERIKA

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

ÖSSZEFOGLALÁS

Etil-alkohol különféle mezőgazdasági anyagokból, illetve melléktermékekből állítható elő. Ilyen melléktermék például a tejsavó is, mely a sajt és túrógyártás során keletkezik igen nagy mennyiségben (a felhasznált nyerstej 80-90%-a), folyadék formájában, s benne a leggyakrabban előforduló szénhidrát a laktóz. Kutatásaink célja olyan *Kluyveromyces* nemzetségbe tartozó laktóz hasznosító élesztőgombák vizsgálata volt, amelyek az optimális laktóz koncentráció meghatározása után alkalmasak lehetnek tejsavó alapú alkohol előállítására. Méréseink alkalmával a kiválasztott törzsek szaporodási, illetve laktóz bontási és ezzel egy időben, etanol termelési képességét hasonlítottuk össze, eltérő laktóz koncentrációk (50, 75-, 100- 125 g/l) mellett, laboratóriumi körülmények között (30 °C; 6,8 pH). A megfelelő időközönként vett mintákból IC-HPLC-RI módszerrel határoztuk meg az adott fermentlevek maradék laktóz tartalmát és az általuk termelt etanol mennyiségét. Méréseink során az öt *Kluyveromyces* élesztőtörzs szaporodása 50 és 100 g/l-es laktózkoncentráció esetén az irodalomnak megfelelő tendenciát mutat. Alkoholtermelés tekintetében a maximális kihozatalt 125 g/l-es laktózkoncentráció mellett a *Kluyveromyces marxianus* DSM 5422-es törzs (5,06%), valamint a *Kluyveromyces thermotolerans* DSM 3434 (4,62%) törzsek produkálták.

Kulcsszavak: *Kluyveromyces* törzsek, laktóz fermentálás, etil-alkohol előállítás

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az etanol különféle mezőgazdasági termékekből és hulladékokból készülhet, (Sadik és Halema, 2014) azonban az előállított alkoholok árának kb. 40 %-át az alapanyagok költségei teszik ki, ezzel a technológia egyik kulcsfontosságú komponense (URL_1).

Világszerte éves viszonylatban mintegy 130 millió tonna savó keletkezik, melyet az élelmiszertermelés, állati takarmányozás vagy alkoholos italok előállítása során használnak fel (Hadiyanto *et al.*, 2014). A tejsavó, amely a sajt és túrófélések gyártása során keletkezik (Homonnay és Koncz, 2005), fehérjében (6-10 g/l), laktózban (46-50 g/l), vitaminokban (0,13 g/l) és ásványi anyagokban (3,5 g/l) gazdag. A savó a tej térfogatának mintegy 85-95 %-t is kiteheti, tápanyagtartalmának pedig körülbelül 55 %-át megőrzi (Dragone *et al.*, 2008), laktóz tartalma mintegy 4,5-5 %-ra tehető. (Ariyanty és Hadyanto, 2013; Hadyanto *et al.*, 2014). Azonban, ha szennyvízként tekintünk rá, az egyik legkörnyezetszennyezőbb anyagnak minősül magas kémiai és biológiai oxigén igénye miatt. (Sulyok *et al.*, 2013)

A tejsavó többek között felhasználható etil-alkohol előállítására, melyet több szakirodalomban is megemlítenek, és ezen kutatások kezdetei az 1940-es évekre vezethetők vissza. Kourkoutas *et al.* (2001, 2002) annak a lehetőségét vizsgálták, hogy az erjesztett savó, mint alapanyag alkalmazható-e egy új, alacsony alkohol tartalmú ital előállítására. Vizsgálatainak célja volt többek között a savó ízének és aromájának javítása, hogy alkalmas alapanyagként szolgáljon alkoholtartalmú ital előállítására. A savó melasszal (1%) történő fermentációja során különböző laktóz koncentrációkat (4; 5; 6; 7; 10%), hőmérsékleteket (37°C; 45°C; 50 °C) és pH értékeket (6,0; 5,5; 5,0; 4,5; 4,0) alkalmaztak. A melaszos kiegészítés hatására több acetaldehid, etil-acetát, propanol, izobutanol és amil-alkohol keletkezett, melyek a végtermék érzékszervi tulajdonságait befolyásolták. Grba *et al.* (2002) öt különböző *K. marxianus* élesztőtörzssel kísérleteztek. Vizsgálataik során céljuk volt az élesztőtörzsek közül egyet kiválasztani, mely alkalmas savó alapú alkohol előállítására.

Ipari fermentációs folyamatoknál széles körben a *Saccharomyces cerevisiae* élesztőtörzset alkalmazzák, mely azonban nem rendelkezik laktóz metabolizációs rendszerrel, ezért nem képes a laktózt lebontani (Domingues *et al.*, 2010). A tejcukrot hasznosító élesztőgombák közös jellemzője ugyanis a β -galaktozidáz, vagy más néven

laktáz enzim, mely a tejcukrot glükózzá és galaktózzá hidrolizálja (*Dagbagli és Goksungur, 2008*). A tejcukor etil alkohollá való fermentációját többnyire *K. marxianus* és a *K. fragilis* törzsek végzik (*Sulyok et al., 2013*). Mint minden élőlény, ezen élesztők is, csak megfelelő környezeti feltételek mellett képesek fenntartani életműködésüket. Több tanulmány foglalkozik ezen optimális értékek meghatározásával a *K. marxianus* törzs esetében is. (*Limtong et al., 2007; Nonklang et al., 2008; Hashem et al., 2013; Ariyanti és Hadyanto, 2013; Moreira et al., 2015*). Mindezek alapján kutatásaink során öt *Kluyveromyces* élesztőtörzs közül próbáltuk kiválasztani azt, amely az optimális laktóztartalmú tápközegben a legnagyobb etanol kihozatalt tudja produkálni és ez alapján alkalmas lehet további fermentációs kísérletekhez.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletek körülményei

A kísérleteink során *K. marxianus* DSM 5422, *K. marxianus* DSM 4908, *K. thermotolerans* DSM 3434, *K. lactis* var. *lactis* DSM 70799 és *K. lactis* van der Walt NCAIM Y.00258 törzseket alkalmaztuk. A törzseket Németországból a Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH-tól és a Budapesti Corvinus Egyetem (jelenleg Szent István Egyetem) Mezőgazdasági és Ipari Mikroorganizmusok Nemzeti Gyűjteményéből szereztük be.

A kísérletek során első lépésben a törzseket felélesztettük, majd ferde agaron tartottuk fenn. A törzsekből a felhasználáshoz 1 kacsnyit ezután az előre elkészített adott laktózkoncentrációjú (50; 75; 100; 125 g/L) táplevesbe (100 ml) oltva rázó vízfürdőben (120 rpm) 30 °C-on vizsgáltuk, amelyből adott időnként történt a mintavétel a szaporodási tulajdonságok vizsgálatához (lemezöntés), és a termelt etanol mennyiségének meghatározásához (analitika).

Mikrobiológiai vizsgálatok

A törzseket dupla ampullás, vákuumzárásos, liofilezett preparátumokat lamináris boxban fiziológiás sóoldatban (Suspension Medium, bioMérieux®) rehidratáltuk, majd a kísérlet során ferde agaron, +4 °C-on tartottuk fent. A ferde agar 18 g/l agar-agart, 10 g/l laktóz-monohidrátot, 5 g/l élesztőkivonatot és 5 g/l kazein peptont tartalmazott.

Kísérletünk során a méréseinkhez különböző laktóz koncentrációjú táplevest [3 g/l élesztőkivonat, laktóz-monohidrát (50; 75; 100 és 125 g/l)], illetve a lemezöntéshez klóramfenikollal kiegészített laktózt tartalmazó táptalajt [5 g/l pepton, 5 g/l élesztőkivonat, 20 g/l laktóz-monohidrát, 0,2 g/l klóramfenikol és 15 g/l agar-agar] alkalmaztunk.

A mintavételezések 50- és 75 g/l-es laktóz koncentrációjú táplevesek esetében 12 óránként (0- 48. óra), míg a 100 és 125 g/l-es laktóz koncentrációjú táplevesek esetén 24 óránként (0-72. órában) történtek, lamináris box (FlowFAST V ISO Class III.) alatt.

A telepszámlálás során kapott 1mL térfogatú kultúrában talált elősejtszám tízes alapú *logaritmusa*t ($\lg N$) az idő függvényében ábrázolva szaporodási görbéket kaptunk. A fajlagos szaporodási sebességet (μ) a következő egyenlettel határoztuk meg:

$$\mu = \frac{1}{\lg N} \dots\dots(1)$$

A fajlagos szaporodási sebességből (μ) a generációs időt (tg) a 2. *képlet* segítségével határoztuk meg.

$$tg = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (2)$$

Analitikai vizsgálatok

A mintavételek után a fermentlevek laktóz és etanol koncentrációjának meghatározásául *Bakonyi* (2015) által kidolgozott méretkizárásos folyadékkromatográfias eljárást vettük alapul. A laktóz és etanol elválasztásához Supelcogel H (Supelco) ioncserés HPLC oszlopot használtunk. Az analitikai oszlop elé, annak élettartamának meghosszabbítására egy 4 cm hosszúságú Supelcogél H (Supelco) előtétoszlopot illesztettünk. Az alkalmazott elválasztástechnikai módszer paramétereit az 1. táblázat tartalmazza. A folyadékkromatográfias elemzésekhez a 0,1% H₂SO₄ oldatot pro analysis minőségű 96%-os kénsav (Merck) ionmentes vízzel (18MΩcm) történő hígításával állítottuk elő. A HPLC rendszerünk (oszlop: Supelcogel H, 300x7,8 mm; áram: 0,6 mL/min 0,1% H₂SO₄, oszlophőmérséklet: 35 °C) kalibrálásához

felhasznált, laktózt 0,05-5 mg/mL, míg etanolt pedig 0,05-5 µL/mL koncentrációkban tartalmazó analitikai mérőadatainkat, analitikai tisztaságú laktóz monohidrát (≥ 99,5%, Fluka) és etanol (≥99,% Merck) a HPLC-s eluensnek előállításánál is alkalmazott 0,1% H₂SO₄ oldattal történő megfelelő arányú hígításával készítettük el.

1. táblázat A laktóz és etanol koncentrációk meghatározására alkalmazott HPLC módszer

Table 1. The HPLC method used to determine lactose and ethanol concentrations

A HPLC módszer specifikációja (1)	
Mozgófázis (2)	0,1% H ₂ SO ₄
Időtartam (3)	30 min
Injektált térfogat (4)	10 µL
Áramlási sebesség (5)	0,6 mL/min
Oszlop hőmérséklet (6)	35 °C
Detektor (7)	Törésmutató (RI)

(1) Specification of HPLC method (2) moving phase, (3) duration, (4) injected volume, (5) flow rate, (6) column temperature, (7) detector

A kapott érzékenység értékekből (*a*), a fermentlevekben mért csúcsterületekből (*A*) és a fermentlé hígításának mértékéből (*V_{hig}*) a 3. egyenlet alapján meghatároztuk a koncentráció értékeket (*c*).

$$c = \frac{A \cdot V_{hig}}{a} \quad (3)$$

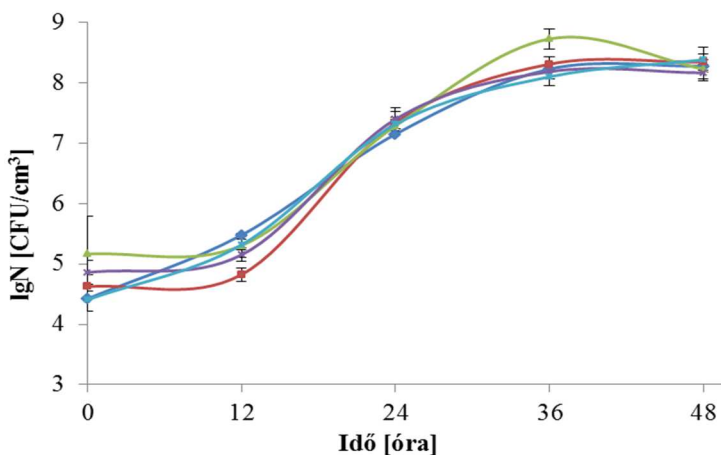
Statisztikai értékelés

Méréseinket 1 ismétlésben, 3 párhuzamos mintavétellel végeztük el. Az ábrák elkészítéséhez Microsoft Excel 2010-es programot használtunk.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Mikrobiológiai vizsgálatok eredményei

Az 50 g/l-es laktóztartalmú táplevesben szaporított élesztőtörzsek szakaszos szaporodási görbét mutatnak. Ahogy az 1. ábrán is látható, a görbe kezdeti lappangó fázisainak hossza között eltéréseket tapasztaltunk bizonyos törzsek esetében, ugyanis a *K. lactis* NCAIM Y. 00258, valamint a *K. lactis var. lactis* DSM 70799 törzsek lag fázisa a két mérési pont között nem kimutatható. A többi törzs esetében a szaporodási görbék a mérési pontok alapján egyértelműen beazonosíthatók. A görbék lefutása hozzávetőlegesen azonos, a maximális telepszámot a törzsek a folyamat 24-36. órája között érték el.

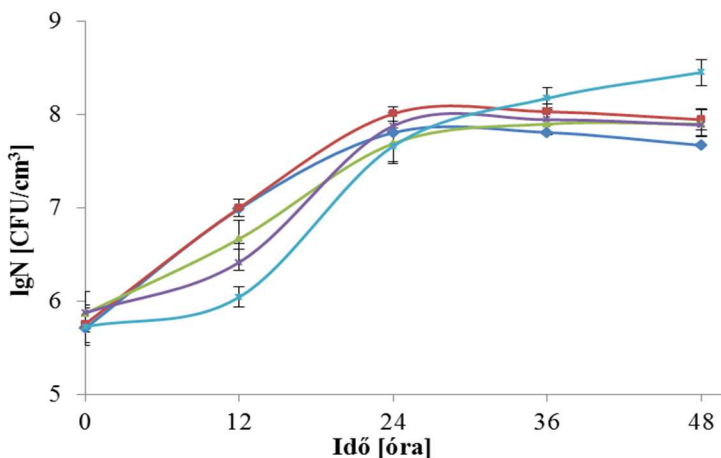


1. ábra *Kluyveromyces* törzsek szaporodási görbéi 50 g/l-es laktózkoncentráció mellett (*K. lactis* NCAIM Y.00258 (◆); *K. marxianus* DSM4908 (▲); *K. lactis var. lactis* DSM70799 (✱); *K. thermotolerans* DSM3434 (■); *K. marxianus* DSM5422 (✕))

Figure 1. Growth curves of *Kluyveromyces* strains with 50 g/l lactose concentration (*K. lactis* NCAIM Y.00258 (◆); *K. marxianus* DSM4908 (▲); *K. lactis var. lactis* DSM70799 (✱); *K. thermotolerans* DSM3434 (■); *K. marxianus* DSM5422 (✕))

A 2. ábrán a törzsek szaporodási görbéi láthatóak 75 g/l-es kiindulási laktóz koncentráció mellett. Ebben az esetben is megfigyelhető a szakaszos szaporodási görbe, és az eltérő lappangó szakaszokban való különbözőség is. Az ábra szerint lag fázist

egyedül a *K. lactis var. lactis* DSM 70799 törzs mutatott, ellentétben az 1. ábrán kapott eredménnyel, ahol ez a törzs ebben az időszakban nem mérhető lag fázist mutatott. Azonban mivel az első 24 órában csupán 3 mérés történt, előfordulhat hogy a többi törzs esetében is végbement a klasszikus szaporodási tendencia, és egy köztes mérési pont beiktatásával ez kimutatható lett volna. A maximális telepszámot ebben az esetben az élesztőtörzsek a folyamat 24-30. mérési időszaka között érték el, egy törzs kivételével (*K. lactis var. lactis* DSM 70799), amely még a mérés 72. órájában is szaporodási fázist mutatott a 24. órához képest.

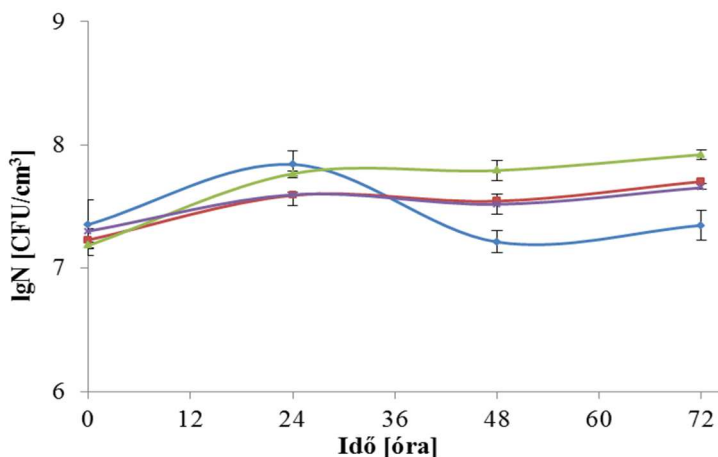


2. ábra A *Kluyveromyces* törzsek szaporodási görbéi 75 g/l-es laktózkoncentráció mellett (*K. lactis* NCAIM Y.00258 (◆); *K. marxianus* DSM4908 (▲); *K. lactis var. lactis* DSM70799 (*); *K. thermotolerans* DSM3434 (■); *K. marxianus* DSM5422 (×))

Figure 2. Growth curves of *Kluyveromyces* strains with 75 g/l lactose concentration (*K. lactis* NCAIM Y.00258 (◆); *K. marxianus* DSM4908 (▲); *K. lactis var. lactis* DSM70799 (*); *K. thermotolerans* DSM3434 (■); *K. marxianus* DSM5422 (×))

A 3. ábrán látható, hogy 100 g/l-es laktóz koncentrációjú táplevesek esetében jelentős eltéréseket tapasztaltunk a szaporodási görbék tekintetében, ugyanis egyik esetben sem mutatkoznak a szakaszos görbére jellemző tipikus fázisok, mindezek mellett a lappangó szakaszok teljes mértékben elmaradtak az általunk mért időszakban. A logaritmikusság szakaszok körülbelül a mérés 24. órájáig tartottak. Ezután sejtszám ingadozik az összes törzs esetében, ami adódhat a lemezöntéses sejtszám meghatározás módszertani hibájából. Az elmondható hogy a legnagyobb különbség a kezdeti és a végső sejtszám esetében a *K.*

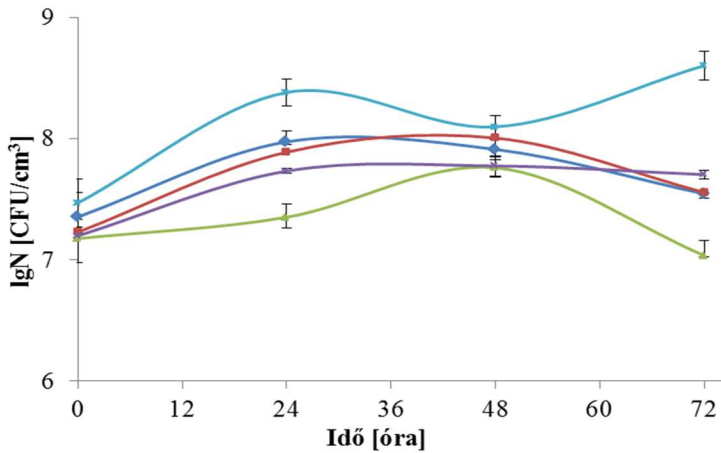
lactis var. *lactis* DSM70799 törzs szaporodása során mutatkozott. Itt szintén kiemelendő, hogy a tipikus fázisok csak az általunk beiktatott mérések alapján nem mutatkoztak meg. Sűrűbb mintavétel és szaporodási érték vizsgálata esetén, több köztes mérési pont beiktatásával ez kimutatható lett volna. Ez annak is betudható, hogy a kezdeni sejtszám nagyobb volt mint az előző esetekben, így a 100 g/l-es mennyiségű laktóz nem volt elegendő a sejtek további szaporodásához. Ugyanez figyelhető meg a 4. ábrán is.



3. ábra A *Kluyveromyces* törzsek szaporodási görbéi 100 g/l-es laktózkoncentráció mellett (*K. lactis* NCAIM Y.00258 (—◆—); *K. marxianus* DSM4908 (—▲—); *K. lactis* var. *lactis* DSM70799 (—*—); *K. thermotolerans* DSM3434 (—■—); *K. marxianus* DSM5422 (—×—))

Figure 3. Growth curves of *Kluyveromyces* strains with 100 g/l lactose concentration (*K. lactis* NCAIM Y.00258 (—◆—); *K. marxianus* DSM4908 (—▲—); *K. lactis* var. *lactis* DSM70799 (—*—); *K. thermotolerans* DSM3434 (—■—); *K. marxianus* DSM5422 (—×—))

A 4. ábrán látható, hogy a 125 g/l-es kiindulási laktóz koncentrációjú tápvelesben szaporított tenyészeteknél, több esetben hasonló tendenciát tapasztaltunk, mint a 100 g/l-es (3. ábra) tenyészetek esetében. Szintén elmondhatjuk, hogy a törzsek ebben az esetben sem az élesztőkre jellemző szakaszos szaporodási görbékét írják le. A legnagyobb szaporodási tendenciát szintén a *K. lactis* var. *lactis* DSM70799 törzs esetében mértünk.



4. ábra A *Kluyveromyces* törzsek szaporodási görbéi 125 g/l-es laktózkoncentráció mellett (*K. lactis* NCAIM Y.00258 (—◆—); *K. marxianus* DSM4908 (—▲—); *K. lactis* var. *lactis* DSM70799 (—*—); *K. thermotolerans* DSM3434 (—■—); *K. marxianus* DSM5422 (—×—))

Figure 4. Growth curves of *Kluyveromyces* strains with 125 g/l lactose concentration (*K. lactis* NCAIM Y.00258 (—◆—); *K. marxianus* DSM4908 (—▲—); *K. lactis* var. *lactis* DSM70799 (—*—); *K. thermotolerans* DSM3434 (—■—); *K. marxianus* DSM5422 (—×—))

A szaporodási görbék vizsgálata után meghatároztuk a hozzájuk tartozó fajlagos szaporodási sebességeket (μ) és generációs időket (t_g), amelyek mind fontosak az optimális szaporodási körülmények meghatározásához. A kapott értékek minden esetben két párhuzamos mérés adatsorának az átlagai.

Az 2. táblázat eredményeiből látszik, hogy a különböző laktóz koncentrációjú táplevesekben szaporított egyes élesztőtörzsek fajlagos szaporodási sebessége néhány esetben szignifikánsan eltér ($P \leq 0,05$). A *K. marxianus* DSM 4908 az 50 g/l-es laktóz koncentrációnál, a *K. lactis* var *lactis* DSM 70799 pedig a 75,- 100 és 125 g/l-nél mutatott szignifikáns eltérést a többi értéktől.

2. táblázat Fajlagos szaporodási sebességek (μ [1/óra]) a vizsgált törzsek esetében
 Table 2. Specific growth rates (μ [1/hour]) of examined strains

Élesztőtörzs (1)	A tápközeg laktóz tartalma (2)			
	50 g/l	75 g/l	100 g/l	125 g/l
<i>K. lactis</i> NCAIM Y. 00258	0,158 ± 0,056	0,141 ± 0,025	0,135 ± 0,008	0,130 ± 0,008
<i>K. lactis var.lactis</i> DSM 70799	0,159 ± 0,058	0,202 ± 0,065	0,144 ± 0,014	0,141 ± 0,016
<i>K. marxianus</i> DSM 5422	0,156 ± 0,051	0,141 ± 0,026	0,133 ± 0,004	0,132 ± 0,008
<i>K. marxianus</i> DSM 4908	0,151 ± 0,047	0,141 ± 0,024	0,131 ± 0,009	0,137 ± 0,009
<i>K. thermotolerans</i> DSM 3434	0,160 ± 0,059	0,138 ± 0,026	0,133 ± 0,006	0,131 ± 0,010

(1) yeast strains, (2) lactose content of culture medium (g/l)

A fajlagos szaporodási sebességek mellett, az élesztőtörzsek generációs idejét (3. táblázat) is meghatároztuk.

3. táblázat Generációs idő (t_g [óra]) a vizsgált törzsek esetében
 Table 3. Generation time (t_g [hour]) of examined strains

Élesztőtörzs (1)	A tápközeg laktóz tartalma (2)			
	50 g/l	75 g/l	100 g/l	125 g/l
<i>K. lactis</i> NCAIM Y. 00258	4,65	4,99	5,16	5,33
<i>K. lactis var.lactis</i> DSM 70799	4,65	3,61	4,82	4,95
<i>K. marxianus</i> DSM 5422	4,68	4,99	5,21	5,27
<i>K. marxianus</i> DSM 4908	4,81	4,99	5,31	5,08
<i>K. thermotolerans</i> DSM 3434	4,63	5,09	5,21	5,32

(1) yeast strains, (2) lactose content of culture medium (g/l)

A táblázatban látható, hogy a *K. lactis* törzsek esetében 3,61 – 5,33; a *K. marxianus* törzseknél 4,68 – 5,31; míg a *K. thermotolerans* törzs esetében 4,68 – 5,31 órás generációs időket tapasztaltunk.

Corona et al. (2016) *K. marxianus* esetében 4,521 órá, míg a *K. lactis* törzsnél Hun et al. (2013) 4,1 - 4,89 órás generációs időket közöltek.

Analitikai vizsgálatok eredményei

Kísérletünk során a szaporodási képességek mellett, a folyékony táplevesben szaporított élesztőtörzsek laktóz hasznosító és etanol termelő képességét is vizsgáltuk.

A 4. táblázat eredményeiből látszik, hogy a törzsek egyike sem volt képes az összes laktózt felhasználni. A maradék cukortartalom mennyiségéből következtethetünk, hogy az egyes törzsek milyen hatékonysággal voltak képesek lebontani a tejcukrot.

Elmondható, hogy míg alacsonyabb kiindulási laktóz koncentrációk mellett (50 és 75 g/l) a *K. lactis* NCAIM Y. 00258 és a *K. marxianus* DSM 5422 törzs hasznosította leghatékonyabban a laktózt, addig magasabb koncentrációk esetén (100 és 125 g/l) a *K. marxianus* DSM 5422 törzs mellett már a *K. thermotolerans* bizonyult hatékonynak a laktóz hasznosító képességek vizsgálatát tekintve.

4. táblázat Laktóz fogyasztás [%] a vizsgált *Kluyveromyces* törzsek esetében

Table 4. Lactose consumption [%] of examined *Kluyveromyces* strains

Élesztőtörzs (2)	A tápközeg laktóz tartalma (2)			
	50 g/l	75 g/l	100 g/l	125 g/l
<i>K. lactis</i> NCAIM Y. 00258	97,7	90,4	77,8	77,4
<i>K. lactis var.lactis</i> DSM 70799	72,1	41,2	67,0	55,6
<i>K. marxianus</i> DSM 5422	94,3	98,3	92,2	91,2
<i>K. marxianus</i> DSM 4908	8,7	7,5	21,7	11,4
<i>K. thermotolerans</i> DSM 3434	48,4	77,7	93,0	87,6

(1) yeast strains, (2) lactose content of culture medium (g/l)

Az egyes törzsek laktóz felhasználása 7,5 – 98,3% között volt. *Joshi et al.* (2011) munkájuk során *K. marxianus* DSM 5422-es törzs esetében 86,6 - 93,4%-os lakóz felhasználást közöltek, az általunk végzett kísérletek során, ugyanezen törzs estében mi 91,2 - 98,3%-os laktóz fogyasztást tapasztaltunk. *Salman és Mohammad* (2006) kísérleteik során 34 °C-on 4,5 pH-érték mellett 22 órás fermentációs idő mellett 86 %-os laktózfelhasználást detektáltak.

Az etanol mennyiségét (5. táblázat) 50 g/l és 75 g/l-es laktóz koncentrációjú fermentlevek esetén a 12. órától, míg a 100 és 125 g/l-es laktóz koncentrációjú minták esetében a 24. órától kezdve kezdtük mérni.

5. táblázat A vizsgált *Kluyveromyces* törzsek által termelt maximális etanol mennyiség [%]

Table 5. The maximum amount of produced ethanol [%] by examined *Kluyveromyces* strains

Élesztőtörzs (1)	A tápközeg laktóz tartalma (2)			
	50 g/l	75 g/l	100 g/l	125 g/l
<i>K. lactis</i> NCAIM Y. 00258	2,31 ± 0,04	3,23 ± 0,54	2,65 ± 0,09	3,77 ± 0,07
<i>K. lactis var.lactis</i> DSM 70799	2,36 ± 0,13	1,59 ± 0,50	2,28 ± 0,08	2,70 ± 0,10
<i>K. marxianus</i> DSM 5422	2,46 ± 0,10	3,49 ± 0,23	3,59 ± 0,02	5,06 ± 0,22
<i>K. marxianus</i> DSM 4908	2,33 ± 0,13	0	0	0,11 ± 0,01
<i>K. thermotolerans</i> DSM 3434	2,23 ± 0,75	2,88 ± 0,68	3,56 ± 0,10	4,62 ± 0,32

(1) yeast strains, (2) lactose content of culture medium (g/l)

A végső etanol kihozatal mérése során kapott maximális értékekből (5. táblázat) megállapíthatjuk, hogy a *K. marxianus* DSM 5422 törzs termelte 125 g/l-es kiindulási laktóz koncentráció mellett 30 °C-on a legtöbb etanolt (5,06 v/v%); amelyet ugyanezen kiindulási laktóz koncentráción a *K. thermotolerans* törzs követte 4,62 v/v% etanol kihozattal. Az eredmények alapján elmondhatjuk továbbá, hogy amíg 50 g/l-os kiindulási laktóz koncentráció esetén a törzsek által termelt maximális etil-alkohol mennyiségei között nem tapasztaltunk jelentős eltéréseket, addig ezt a tendenciát a további koncentrációk mellett nem figyelhetjük meg. Továbbá az is észrevehető, hogy bizonyos törzsek esetében (*K. marxianus* DSM 5422, illetve *K. thermotolerans* DSM 3434) a növekvő cukorkoncentrációkkal együtt a termelt maximális etanol mennyisége is növekszik, ellentétben a *K. marxianus* DSM 4908-as törzsszel, amely 50 g/l-os laktóz koncentráció felett már nem termel etanolt. Erre a törzsre vonatkozó, laktóz alapú etanoltermelési kísérletre vonatkozó irodalmak nem találhatóak, valószínű azért mert nem alkalmas ilyen inokulumon etil-alkohol előállításra. Ezek az eredmények az irodalmi adatokkal összevetve hasonló értékeket mutatnak, ugyanis *Mahmoud et al.* (1982) átlagosan 3,7-4,3 v/w%-os értékeket tudtak produkálni. *Hadiyanto et al.* (2014) pedig 5,46 g/l etanoltermelésről számoltak be 30 °C-on (40 °C-on 7,96 g/l) 4,8%-os laktózkoncentráció mellett.

KÖVETKEZTETÉSEK

Kísérleteink alapján tejsavó alapú etil-alkohol előállításra a *Kluyveromyces marxianus* DSM 5422, illetve a *Kluyveromyces thermotolerans* DSM 3434 élesztőtörzset találtuk legalkalmasabbnak. Eredményeink alapján elmondható, hogy a két törzs által termelt etanol mennyisége (4,62-5,05 %) még nem a legoptimálisabb kihozatal. További kísérleteink során törekednünk kell arra, hogy ezt az értéket legalább 10 %-ra növeljük, ugyanis további felhasználás (esetleg lepárlás) esetén ez a kihozatal még nem elegendő, ha a gazdasági szempontokat is figyelembe vesszük. A kísérleti paraméterek (hőmérséklet, pH érték, tápanyagok adagolása, időtartam) további optimalizálásával a végső etanol kihozatal is elérhető *Kluyveromyces* törzsek esetében.

Elmondható azonban, hogy az általunk kiválasztott élesztőtörzsek további kísérletek beállítása után mind laboratóriumi, mind ipari fermentációs rendszerekben egyaránt alkalmasak lehetnek tejsavó alapú etanol előállításra.

Effect of different lactose concentrations on growth and ethanol production of *Kluyveromyces* yeast strains

VIKTÓRIA KAPCSÁNDI - ATILA BARABÁS - BEATRIX SIK - ZSOLT AJTONY
– ERIKA LAKATOS

Széchenyi István University Faculty of Agricultural and Food Sciences,
Mosonmagyaróvár

SUMMARY

Ethanol can be produced from various agricultural materials or by-products. Such by-product is for example, whey which is produced in cheese- and curd cheese production in larger quantities in the form of a liquid and it contains most common carbohydrate is lactose.

The aim of our research was to investigate lactose utilizing *Kluyveromyces* yeast strains, which are suitable for whey-based ethyl alcohol production. In our experiments we compared the specific growth rate and lactose digestion and ethanol production of

the selected strains with different lactose concentrations under laboratory conditions. From the samples were determined the lactose and ethanol contents of the fermentation broth taken at appropriate intervals using the IC-HPLC-RI method. During our measurements, we sought to answer the question, that of the five *Kluyveromyces* strains we have studied, which is the most suitable for ethanol production.

Based on our measurements we can conclude that the most favorable results of the examined strains were shown *Kluyveromyces marxianus* DSM 5422 and *Kluyveromyces thermotolerans* DSM 3434.

Keywords: *Kluyveromyces* yeast strains, lactose fermentation, ethanol production

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen“ projekt támogatta.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, valamint az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-4 Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.



IRODALOMJEGYZÉK

Ariyanti, D. – Hadiyanto, H. (2013): Ethanol production from whey by *Kluyveromyces marxianus* in batch fermentation system: kinetics parameters estimation. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 7, (3) 179-184.

Bakonyi I. (2015): Tejek és joghurtok laktóz, valamint meggy cefre glükóz és fruktóz tartalmának meghatározása IC-HPLC-RI módszerrel. Szakdolgozat, Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság-és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár

Corona, R.M. – Penagos, C.C. – Parga, M.C.C. – Navarrete, M.A. – Hernández, J.C.G. (2016): Analysis of the effect of agitation and aeration on xylitol production by

fermentation in bioreactor with *Kluyveromyces marxianus* using hydrolyzed tamarind seed as substrate. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 5, (6) 479-499.

Dagbagli, S. – Goksungur, Y. (2008): Optimization of β -galactosidase production using *Kluyveromyces lactis* NRRL Y-8279 by response surface methodology. Electronic Journal of Biotechnology. 11, (4).

Domingues, L. - Guimarães, P. - Oliveira, C. (2010): Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for lactose/whey fermentation. Bioeng Bugs. 1, (3) 164–171.

Dragone, G. – Mussatto, S.I. – Oliveira, J.M. – José, A.T. (2009): Characterisation of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. Food Chemistry. 112, 929–935.

Grba, S. – Tomas, S.V. – Stanzer, D. – Vahcic, N. – Skirlin, A. (2002): Selection of yeast strain *K. marxianus* for alcohol and biomass production on whey. Chemical and Biochemical Engineering Quarterly. 16, 13-16.

Hadiyanto – Ariyanti, D. – Aini, A.P. – Pinundi, D.S. (2014): Optimization of ethanol production from whey through fed-batch fermentation using *Kluyveromyces marxianus*. Energy Procedia. 47, 108-112.

Hashem, M. - Zohri, A.N.A. – Ali, M.M.A. (2013): Optimization of the fermentation conditions for ethanol production by new thermotolerant yeast strains of *Kluyveromyces sp.* African Journal of Microbiology Research. 7, (37) 4550-4561.

Homonnay Zs. – Koncz K. (2005a): A tejsavóról másképpen. 1. rész: A tejsavó tápanyag összetétele. Élelmezési ipar. 59, (6) 129-133.

Hun, C.H. - Mohd Sueb, M.S. - Abd Malek, R. - Othman, Z. – Elsayed, E.A. – Ramili, S. – Elmarzugli, N.A. – Sarmidi, M.R. - Aziz, R. - El Enshasy, H.A. (2013): Bioprocess development for high cell mass production of the probiotic yeast-*Kluyveromyces lactis*. Journal of Pharmacy and Biological Science. 8, (3) 49-59.

Joshi, J. – Senatore, B. – Poletto, M. (2011): *Kluyveromyces marxianus* Biofilm in cheese whey fermentation for bioethanol production. Conference Paper, Conference: 10th International Conference on Chemical and Process Engineering, Chemical Engineering Transactions. 24, 493-498.

Kourkoutas, Y. – Dimitropoulou, S. – Kanellaki, M. – Marchant, R. – Nigam, P. – Banat, I.M. – Koutinas, A.A. (2002): High-temperature alcoholic fermentation of whey

using *Kluyveromyces marxianus* IMB3 yeast immobilized on delignified cellulosic material. *Bioresource technology*. 82, (2) 177-181.

Kourkoutas, Y. - Dimitropoulou, S. - Marchant, R. - Nigam, P. - Banat, I.M. - Kioseoglou, V. - Psarianos, C. - Koutinas, A.A. (2001): Whey liquid waste of dairy industry as raw material for fermentation with the thermophilic *Kluyveromyces marxianus* IMB3. 7th International Conference on Environmental Science and Technology, 226-233.

Limtong, S. – Sringiew, C. – Yongmanitchai, W. (2007): Production of fuel ethanol at high temperature from sugar cane juice by a newly isolated *Kluyveromyces marxianus*. [Bioresource Technology](#). 98, 3367-3374.

Mahmoud, M.M. – Kosikowski, F.V. (1986): Alcohol and single cell protein production by *Kluyveromyces* in concentrated whey permeates with reduced ash, *Journal of Dairy Science*. 65, (11) 2082–2087.

Moreira, N.L. – Santos, L.F. – Soccol, C.R. – Suguimoto, H.H. (2015): Dynamics of ethanol production from deproteinized whey by *Kluyveromyces marxianus*: An analysis about buffering capacity, thermal and nitrogen tolerance. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 58, 454-461.

Nonklang, S. – Abdel-Banat, B.M.A. – Cha-Aim, K. – Moonjai, N. – Hoshida, H. – Limtong, S. – Yamada, M. – Akada, R. (2008): High-temperature ethanol fermentation and transformation with linear DNA in the thermotolerant yeast *Kluyveromyces marxianus* DMKU3-1042. *Applied and Environmental Microbiology*. 74 (24) 7514-7521.

Sadik, M.W. – Halema, A.A. (2014): Production of ethanol from molasses and whey permeate using yeasts and bacterial strains. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 3, (3) 804-818.

Salman, Z. – Mohammad, O. (2006): Ethanol production from crude whey by *Kluyveromyces marxianus*, *Biochemical Engineering Journal*. 27, (3) 295-298.

Sulyok E. – Biró Gy. – Tamás J. (2013): *Saccharomyces cerevisiae* szaporodáskinetikájának vizsgálata tejipari mellékterméken. *Agrártudományi Közlemények*. 51, 169-172.

Internetes hivatkozás:

URL¹: <http://docplayer.hu/7964151-Fekete-erzsebet-karaffa-levente-ipari-biotechnologia-lektoralta-dr-toth-laszlo-osztalyvezeto-teva-gyogyszergyar-zrt.html>

(Fekete E. – Karaffa L. (2013): Ipari Biotechnológia. Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar Biomérnöki Tanszék 23-37.)

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

Dr. Kapcsándi Viktória: kapcsandi.viktoria@sze.hu

Sik Beatrix: sik.beatrix@sze.hu

Dr. Ajtony Zsolt: ajtony.zsolt@sze.hu

Dr. Lakatos Erika: lakatos.erika@sze.hu

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Élelmiszertudományi Tanszék
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

Barabás Attila: barabas.attila@gyorilikor.hu

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Wittmann Antal Növény- Állat és Élelmiszertudományi Doktori Iskola
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.



Sustainability examination of the short rotation coppices

BARNABÁS POSZA – CSABA BORBÉLY

Kaposvár University, Faculty of Economics Science, Department of Agricultural
Economics and Management, Kaposvár

SUMMARY

The main aim of the present article is to determine the economical and environmental sustainability of short rotation coppice (SRC) plantations of poplar, willow and black locust. For all three species an intensive and extensive production method was set up with their corresponding cost levels. Using the extremes of the production costs and values, four scenarios were set up with their corresponding land characteristics.

As a consequence of the annual demand for expenditure the biomass is called as a conditionally renewable energy resource, its production means both financial and an energetic risk due to the uncertainties. With the highest utilization of the biological potential, quick return and economically sustainable farming can be achieved in a good quality land, primarily with the use of intensive production technology. These conditions can not be fulfilled in those low quality land where are these kinds of plantations are intended to establish. Our energetic calculations also reflect the uncertainties around the energetic use of biomass.

The energetic metrics, the difference and the ratio of energy output and input can be estimated in specific cases but no general conclusions can be drawn for the energy production of SRC primer biomass sector as a whole.

From the model it was determined in which scenarios economically sustainable biomass production is possible and in which scenarios environmental sustainability is achieved. It can be stated that the SRC energy plantations can meet the criteria of the economic or environmental sustainability, but not both of them at the same time.

Keywords: renewable energy source, biomass use, payback time, energy balance

INTRODUCTION

In today's fast world, the main aim of mankind is to increase competitiveness, while disregarding our eternal dependency on the nature and the limits of the Earth's carrying capacity. As energy is the basis for the economy and production, the ecopolitical importance of renewable energy resources is unquestionable. Sustainability cannot be achieved without renewable resources, and besides that, renewables play a key role in fighting anthropogenic climate change, too.

Considering the endowments of Hungary, among renewable resources biomass has an unused potential that, if exploited, may partly replace fossil energy. This could mainly be accomplished by sustainable biomass production on low quality lands unfit for agricultural production.

Our research focuses on the economical and environmental sustainability of biomass as an energy source. The main objects and aims of the publication are to explore the environmental and economical criteria of efficient production using energy plantations. Using observations of production and a model based on domestic research results we are trying to find out whether short rotation coppice (SRC) plantations can meet the requirements of either economical or environmental sustainability or both at the same time.

LITERATURE OVERVIEW

Biomass is the 4th most widely used energy resource and the leading renewable energy resource in the world, despite the fact that it has the lowest theoretical potential among renewables. Biomass is a collective term; primer biomass is comprised of main and by-products of plant origin to include short rotation coppice (SRC) plantations as well (*Bohoczky* 2005). The utilization methods and energy balance are strongly influenced by the conversion ways of different energy demands. The heat generation efficiency of biomass is only slightly below fossil fuels. The efficiency of electricity generation is 30% for wood, 25% for agricultural by-products and 44% for black coal. The most efficient electricity generation can be achieved by burning natural gas (52.5%) as opposed to burning biogas (42%) (*Büki* 2007). The efficiency and economy of

electricity generation can be improved by the utilization of residual heat (*Barta-Juhász* 2014).

Due to their different demands, the three species are supplemental and not competitive to each other. Taking advantage of the characteristics of the three species, more lands can be used for SRC plantations.

Based on the practical experiences, the most current research focuses on improving the efficiency of planting and maintaining SRC plantations. Besides that, there are also studies on the environmental effects (*Porsö and Hansson* 2014, *Dimitriou and Mola-Yudego* 2017), energy balance (*Dillen et al.* 2013), and economy of energy plantations (*Pereira et al.* 2016). In Hungary, black locust occupies 24% of forested areas (*Rédei et al.* 2017). In other European countries, besides the energetic use of black locust (*Stolarski* 2017), its ecological effect as an invasive species is also studied (*Lazzaro et al.* 2017).

Besides the energetic use of SRC species, there are studies on their other use as well. Promising results were obtained on the recultivation of degraded lands, the phytoremediation of soils contaminated with pesticides and heavy metals (*Lafleur et al.* 2016, *Forbes et al.* 2017), the phytoextraction potential of clones, genotypes and their possible bacterial communities (*Algreen et al.* 2013, *Kacáľková et al.* 2015), and the positive effects of bacterial communities and mycorrhizae on extraction and biomass production (*Fillion et al.* 2011; *Janssen et al.* 2015).

There are several directions and conceptions about the energetic use of SRC's with several arguments and their rebuttals; no widely accepted professional consensus exists (*Gyulai* 2010). There is an uncertainty regarding the life-cycle based energy balance of biomass based energy production (*NFFT* 2011). Concerning this problem, *Egri* (2014) recommends measuring the emission of power plants and analyzing the effect of the harmful emissions from transportation on the carbon dioxide balance. By a complex approach with a multi-factor comparative method *Takács and Takács-György* (2013) created an environmental-economic-social sustainability model. The ranking decision making alternatives during the establishment a biomass power plant by the examination of the relations of the logistics costs, energy payback, CO₂ emission and economic return factors can be determined. *Téglá et al.* (2012) emphasize the importance of the role of cooperation as a factor in biomass production through which the environmental

impact can decrease and the profitability also can be improved in the same time. According to Barótfi, the longest desirable transportation distance for sustainable biomass electricity generation is 20 to 40 km (*Barótfi 2009 cit. NFFT 2011, 63*). A background study for the Renewable Energy Action Plan of Hungary by Pálvölgyi concludes that among conditionally renewable energy resources, SRC's are disadvantageous and firewood is unfavourable from an environmental point of view. Still, firewood makes up the majority of renewable power generation in Hungary. This fact raises the issue that the measures for achieving the goals of environmental sustainability may result greater harms than advantages for the nature, or at least the expected advantage of renewables over fossil fuels is lost.

In Hungary, the Forest Research Institute (ERTI) started a study on the State Farm of Lajtahanság. The research focused on the time of optimal rotation, and the effect of spacing and fertilization (*Sutyera 2014*). A research consortium led by Gyuricza conducted studies on the recultivation of lands contaminated by the alumina sludge spill with energy plantations (*Gyuricza et al. 2011*). *Kovács (2010)* underlines the role of energy plantations in the protection and recultivation of landscapes.

The Renewable Energy Action Plan of Hungary planned energy plantations primarily on lands unfit for agricultural production (below 17 Gold Crown value, exposed to inland inundations and floods), to involve 200,000 hectares (*NFM 2011*).

Summarizing the development of biomass utilization is not a definite success story. Paradoxically, several environmental concerns and uncertainties arose about their use, particularly about the production, transportation and utilization in power plants.

MATERIAL AND METHODS

The calculations examined the profitability of planting and maintaining an SRC plantation of average conditions using only own resources. Average conditions mean that the conditions of the plantation do not make any further special works necessary above the production procedures detailed. In the model the biomass is sold directly to a power plant. The financial values presented are net values.

For our deterministic model the production technology and achievable average yields that are crucial for calculating production costs and income were based on literature sources.

In our scenario analysis in order to determine typical yield to cost relations, four scenarios with three transportation distances were set up for each tree species (willow, poplar, black locust) by pairing cash flow variations and land conditions. Intensive and extensive production methods were determined using the extremities of production values and costs.

SRC plantations involve production periods longer than a year. Thus, economical analyses also refer to one production cycle or to a determined time period. In the financial calculations of the economical model, the accumulated results of 15 years were calculated using the different yield and cost data of scenarios, thus presenting the different payback periods and profitability of scenarios.

The effect of the time value of money on the investment was evaluated using dynamic metrics. The starting cash flow at the beginning phase of the investment and the net cash inflows of each following year were totaled using the Net Present Value (NPV) formula.

Financial values were calculated using an expected return of 7% and zero residual value at the end of the 15 years production period. The expected return of 7% derives from the expected inflation and the profitability of alternative investments.

In addition to the cash flow analysis of the scenarios, the environmental sustainability of the production was determined using an energetic approach. The results of the economical model calculations are the basis for my conclusions that present a novel exploration of the contexts of economical and environmental sustainability.

Costs of production procedures were determined using the data of the National Agricultural Research and Innovation Centre Institute of Agricultural Engineering (NAIK-MGI). Costs were calculated as contract work, with approximately 20% profit above cost price. The database contained no data about harvest which requires special machinery, therefore harvest costs were determined using the practical experiences of experts working in this branch.

Lowest and highest production yields were calculated for all three species using literature data. Yields were expressed in the weight of absolute dry wood (oven dried tons, odt):

- Poplar 8.7-23 odt/ha/year
- Willow 10-24 odt/ha/year
- Black locust 6-20 odt/ha/year

For purchase price based on the contract price of the biomass power plant in Pécs, Hungary (20,000 HUF/odt) was used.

RESULTS

Protection against game damage with game fence

Due to the long production cycles, wild animals can destroy the yields of several years which may postpone return with years. The most effective protection is a game fence around the plantation. The installation cost of a game fence is at the same magnitude as the plantation costs. Besides the technical and quality characteristics of the materials used, the installation cost of the fence also depends on the land attributes, especially size and shape.

Assuming that the acceptable value of the fence installation cost is below 50% of the total plantation costs, it can be concluded that the justification of the game fence depends significantly on the level of plantation costs. Within the financial circumstances of my model, a game fence is justified above 5 or even 20-30 hectares. In our opinion, a general rule cannot be set up in this matter. Fence installation costs are not included in the current model, however, we consider it important to cover this cost element as well.

Cumulative profit of the SRC species

To the four scenarios established in the model production and land characteristics can be associated with typical yield-cost relations:

Scenario 1 (S1): Production cost (low) + production value (high). With high average yields and low cost, extensive production is typical on good quality lands where outstanding outputs can be achieved with relatively low inputs.

Scenario 2 (S2): Production cost (high) + production value (low). In this scenario low yields are coupled with high inputs. This can occur on adequate quality lands with intensive production where due to unfavourable conditions (weather, game damage) lower yields were achieved in the current production cycle. Another possible reason is that the extra inputs of intensive production cannot be exploited to the expected levels. The insufficient efficiency may be a result of the production technology or unfavourable conditions on low quality lands (e.g. high water level) preventing the culture from exploiting the inputs to the desired level. This is the worst scenario.

Scenario 3 (S3): Production cost (low) + production value (low). Extensive production with low yields. This scenario is typical on low quality lands where unfavourable land conditions are not improved to a more optimal level by extra inputs.

Scenario 4 (S4): Production cost (high) + production value (high). This scenario is typical to intensive production that achieves high yields with high cost levels with a relatively high degree of reliability. This production type is most effective on good quality lands but may be successful on some lower quality lands, too.

The payback periods

The low energy density of woodchip results in high transportation costs which is further increased by its high water content. The latter is particularly problematic for poplar and willow plantations where the water content at harvest may be above 50%. Up to 20% water loss can be achieved by intermittent harvest and pre-storage which results in a 28% decrease in transportation costs per hectares. Another factor determining transportation costs is the amount of harvested biomass which was examined at 30% water content and 3 different transportation distances (20, 50 and 100 km).

Figures 1-2 show the discounted earnings of the three species using the present value of the expected net cash flow and the investment amounts, the sum of these reflecting the net present value of the investment. The intersections of the curves with axis X show the discounted payback period for each scenario at 7% discount rate.

Scenario S1 with 20 km transportation distance and scenario S2 with 100 km transportation distance are the extremes for all three species, with the net present value of the rest of the scenarios and transportation distances spreading between them.

In high yield scenarios S1 and S4, discounting inflicts no significant change in payback periods, which reduces financial risk. In the 15th year the discounted values in high yield scenarios are around the half, while in low yield scenarios less than the half of the nominal value.

The two figures clearly illustrate the effect of the length of the rotation on the cash flow. In all the three species, it can be stated that within a scenario at the three examined transportation distances by the grater transporting distances caused increasing costs do not cause any differences in the payback times.

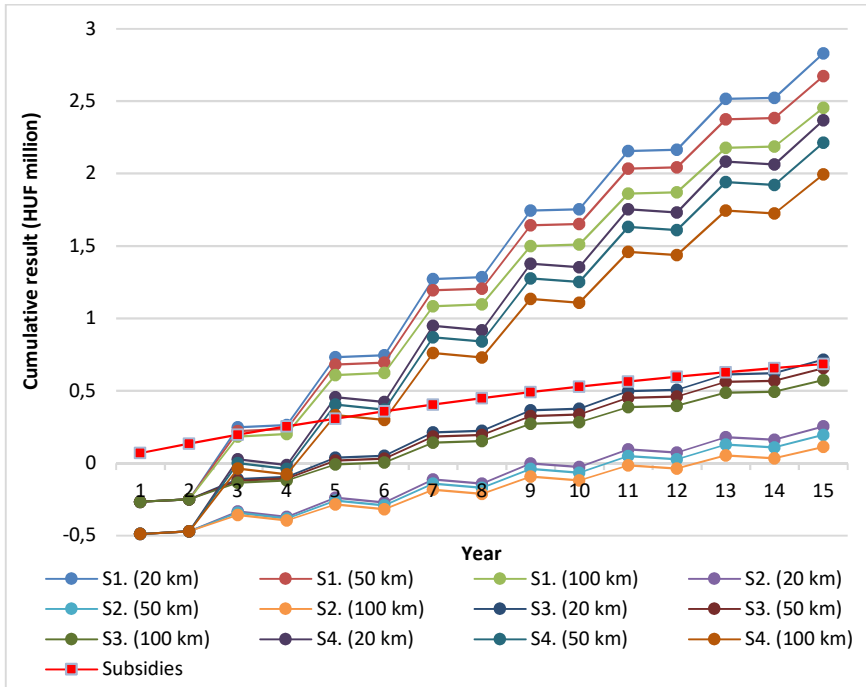


Figure 1: Discounted cumulative earnings of a poplar SRC plantation for 15 years
Source: Own calculations

The discounted return period of 7 years is achieved in three scenarios for all three species: S1 (extensive farming on good quality lands), S3 (extensive farming on low quality lands) and S4 (intensive farming on good quality lands). In scenario S3, in spite of the relatively fast return, NPV in the 15th year is less than 750,000 HUF for all three species (poplar: 656,528 HUF, willow: 739,673 HUF, black locust: 684,777 HUF).

In both figures, the NPV of area payments are shown with a red line, which value is 685,106 HUF in the 15th year. Farmers are entitled to area payments without planting SRC's. Therefore, only those scenarios can be accepted as economically sustainable on the long term whose values are above the area payments. In this case, these are scenarios S1 (extensive farming on good quality lands) and S4 (intensive farming on good quality lands).

For black locust (*Figure 2*), the 5-year rotation and the different production technology may counteract the disadvantage resulting from the lower growth. Thus, although on different lands, black locust plantations can be as successfully utilized as the other two species. The longer rotation, however, results in higher unpredictability of

production and financial risks, too. Financial assets are committed for a longer time, and plantation costs can only be returned in every 5th year.

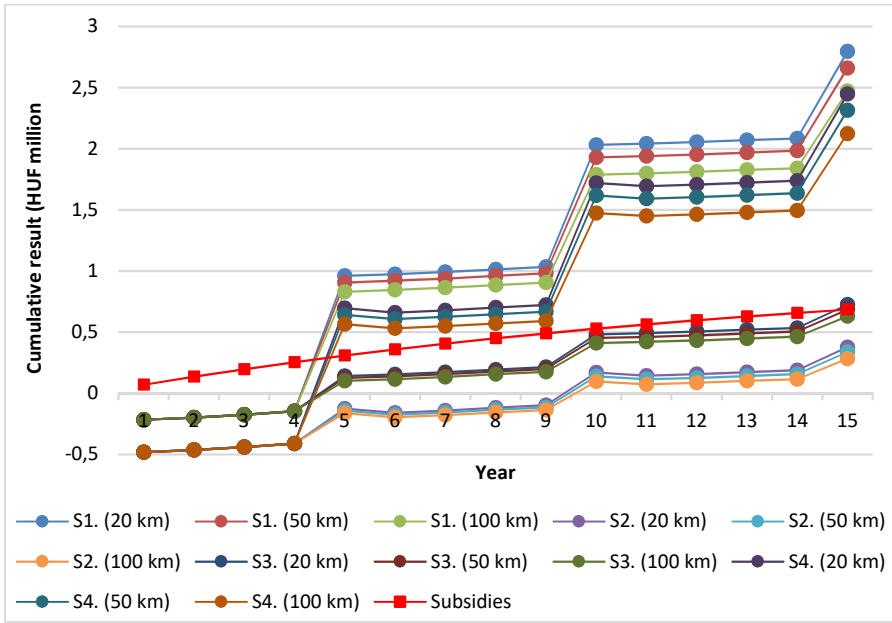


Figure 2: Discounted cumulative earnings of a black locust SRC plantation for 15 years
Source: Own calculations

Intensive farming is the most effective way to achieve an earlier return and to minimize risks. Even though the biomass yield of SRC plantations is higher than that of traditional forests, it does not mean that SRC's can be sustainably maintained on lands of any quality. Due to their ecological requirements, not all lands unfit for agricultural production are suitable for SRC plantations.

Energy balance of SRC's and doubts about the results

Energy plantations for producing primer biomass are a result of the efforts to increase the use of renewable energy resources. Thus it is necessary to examine the factors influencing sustainability, especially the energy balance. One of these factors is the difference of the energy produced and the energy used for production and utilization; the other factor being the ratio of energy output and input.

The exact energy input is questionable, especially in intensive production, due to the difficulties in calculating the energy used for the manufacture and transportation of fertilizers and pesticides.

Due to the fluctuating yields, the produced energy varies in a wide range. Uncertainty is further increased by the high fluctuations in the water content of woodchip which influences caloric value. In the literature there are significant differences in the caloric values used for energetic calculations. The significant differences (18% and 47%) between the two caloric values used in the current model and the extremes of yield add up, thus increasing the differences. *Table 1* shows the differences between caloric values at 30% and 50% water content. Due to the fact that all factors used for the calculation vary in a wide range, no exact ratios can be determined for the energy balance, only the correlations can be examined. The yield fluctuations and the differences between caloric values are determining factors in judging the energy ratio from the point of view of environmental sustainability.

Table 1: Caloric values of SRC's at 30 and 50% water content

Species	Caloric value at 30% water content (GJ/ha/year)		Caloric value at 50% water content (GJ/ha/year)	
	Unit values		Unit values	
	Lowest: 12,2 MJ/kg	Highest: 14,44 MJ/kg	Lowest: 7,1 MJ/kg	Highest: 10,44 MJ/kg
Poplar	151,3	473,6	123,5	480,2
Willow	173,2	493,9	142,0	501,1
Black locust	103,7	411,5	85,2	417,6

Source: Own calculations, Széll 2007, Lukács 2011

This fact makes the long term environmental sustainability of biomass production and use questionable. Energy ratio is much more suitable to reflect the production efficiency on the examined plantation using the energy output per energy input.

The energetic metrics (difference and ratio of energy output and input) can be estimated in specific cases but no general conclusions can be drawn for the energy production of SRC primer biomass sector as a whole.

The water content of woodchip affects not only caloric value but transportation costs and carbon dioxide emission as well. Thus it is not sufficient to determine the energy balance/energy ratio of the production but the energetic and technological examination of the whole SRC sector is necessary. The good energy balance of the production may

be degraded by the transportation and utilization of high water content woodchip, and besides that, the efficiency level is also fundamentally determined by the method of final utilization.

For electricity-only utilization in power plants used in the model, the conversion efficiency is between 22% and 35%. From the point of view of electricity generation this efficiency means that only one third-one quarter of the energy content of the biomass is utilized. From the point of view of the energy ration of SRC plantation this efficiency means that at least a fourfold energy output is necessary to produce the same amount of (electrical) energy as the fossil energy input used for the production and manipulation of the biomass.

This suggests that the environmentally more sustainable (lower energy ratio) extensive production is questionable on low quality lands where the plantation of SRC's are encouraged by many.

As a counter-argument it can be mentioned that the efficiency of fossil power plants in Hungary is 20% to 75%, depending on the energy source, capacity and technology. Thus, only this proportion of the fossil energy used for biomass production could be transformed into electric energy. Besides that, efficiency improvement by modernizing existing fossil power plants may also be an alternative to building new biomass power plants.

In general it can be concluded that when studying the energy balance of biomass produced for electricity, the electric energy amount produced by the conversion should not be related to the energy content of the biomass but instead, to the total input energy used for the production and manipulation of the biomass.

From the point of view of environmental sustainability it must be emphasized that among the purchase criteria of power plants there are no regulations about environmental sustainability and harmful emissions. Transportation being not the responsibility of the power plant, the energy balance degradation and excess carbon dioxide emission derived from transportation is difficult to control.

CONCLUSIONS

The production technology of short rotation coppice (SRC) is an attempt to make a normally extensive silviculture work in an intensive production system while meeting the requirements of economical and environmental sustainability at the same time. SRC attempts to satisfy an ever increasing, almost infinite electricity requirement by a system with land and biological limits. The unpredictability is further increased by the fact that meeting a physical demand like the electricity requirement by biological systems presents a risk of exposure to abiotic and biotic factors as well.

The relatively high investment costs and the intensive production technology result in a pressure for high output in order to shorten return time and to keep risk factors at the minimum. One of the two directions aims at higher output by exploiting maximum growth potential using shorter rotation periods. In this case rotation periods are determined by the proportion of yearly yield compared to the actual average yield. The other direction prefers longer rotation periods due to the high costs of harvest. The difference between these two directions is reflected in the analysis of economical models of willow and poplar SRC's with short rotation periods and higher growth potential versus black locust SRC's with 5-year rotation periods and lower growth potential. Longer rotation can compensate for the lower yearly yield of the coppice.

The difference between intensive and extensive production is significant from both economical and environmental points of view. Farmers are generally interested in intensive production in order to achieve high and balanced yields while exploiting maximum growth potentials. SRC's are recommended for lands unfit for agricultural production, however, on these lands the extra input of intensive production, the biological potential of special breeds cannot be efficiently exploited due to land conditions. On these lands extensive farming should be considered using specially selected breeds. In the literature a wide range of yield figures can be found but efficient production can only be achieved at the highest yield values. Lower yields can be compensated by cost optimization for a limited time but the cumulative outputs of the model show that profit can only be generated with high yields. So, farmers should strain after yield maximization which can be achieved either by intensive production or on better lands even by extensive farming, too. For environmental sustainability the highest possible energy ratio should be desirable which can be achieved on good lands and by

extensive farming. Good quality lands can be excluded from the scenarios for favourable environmental sustainability as SRC's are justified only on lands unfit for agricultural production. As shown above, intensive farming is not always economically sustainable on low quality lands, and due to the extra input its energy ratio is also lower than the desired level for environmental sustainability. In intensive production, the yield increase from extra input reduces the energy ratio. As a result, return will be uncertain and the extra input will not be profitable from an energetical point of view. On low quality lands, extensive production can be environmentally sustainable but the probable low yields make it economically unsustainable. From the established model it can be concluded that SRC's can meet the requirement of either economical or environmental sustainability but not both at the same time. Although extra inputs (may) result in higher yields but the energy ratio will still decrease.

The use of biomass is an often reasoned with the statement that burning biomass is carbon dioxide neutral, for only as much carbon dioxide is produced during burning as much the plants absorbed during their lifetime. In our opinion this is only partially true as producing and manipulating biomass is done using fossil fuels. Thanks to biological productivity the input energy is multiplied, from which some can be used during utilization. In our opinion, this would be the correct statement: the utilizable energy during biomass burning should be more than the fossil energy used for the production and manipulation of biomass products. Biomass being a conditionally renewable resource, fossil energy must be used every year for biomass production. As a conditionally renewable resource, the return of the yearly inputs poses both financial and energetical risks due to the unpredictable production. This presents a competitive disadvantage against traditional renewable resources.

The conversion efficiency of biomass based electricity generation is not expected to improve in the near future as opposed to solar and wind energy production, which are based on physical not biological grounds and they need no lands for the production. This may result in conditionally renewable resources, including primer biomass production being sidelined on the long term. As opposed to the high material cost of biomass based electricity generation, solar and wind energy production has a high initial investment requirement but low yearly maintenance cost. With biomass production, first-cost depends on the variable yield, and besides that, production costs depend on the

price of fossil fuels which make this branch difficult to plan from both economical and environmental points of view.

As described above due to the conversion efficiency and difficult production plannability the biomass is much more recommended to use for heat generation in small decentralized plants as highlighted by lots of authors as well. The environmental-economic-social sustainability depends on lots of interrelated factors, as biomass use is much more complicated due to the biological bases which results in the uncertainties in the sector that is emphasized in the literature and in our model as well.

For grants and investments for renewable resources not only the economical but also environmental sustainability should be examined including constant traceability for the whole product line. Currently only the emission of power plants is controlled but the production and transportation of biomass are not.

A rövid vágásfordulójú, sarjzattatásos ültetvények fenntarthatósági vizsgálata

POSZA BARNABÁS– BORBÉLY CSABA

Kaposvári Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Agrárgazdasági és Menedzsment
Tanszék, Kaposvár

A dolgozat fő célkitűzése a nyár, fűz és akác fajokból álló rövid vágásfordulójú, sarjzattatásos ültetvények gazdasági és környezeti fenntarthatóságának meghatározása. Mindhárom esetben egy intenzív és egy extenzív művelési módot tüntettünk fel, a kétféle technológiához tartozó eltérő költségszínvonallal együtt. Az így kapott termelési költségek és termelési értékek szélsőértékeinek felhasználásával állítottuk fel a négy forgatókönyvet, amelyekhez termőhelyi adottságokat is rendeltünk.

Az évenként jelentkező ráfordításigény miatt feltételeesen megújuló energiaforrásnak is nevezett biomassza termelése a kiszámíthatatlanság következtében mind pénzügyi, mind energetikai kockázatot jelent. A biológiai potenciál minél magasabb fokú kihasználása mellett a gyors megtérülés és a gazdaságilag fenntartható gazdálkodás a kedvező adottságú termőterületen, elsősorban intenzív természetstechnológia alkalmazása mellett érhető el. Ezek a feltételek a létesíteni tervezett, szántóföldi növénytermesztésre alkalmatlan területeken nem teljesülnek.

Az energetikai vizsgálatok is rávilágítanak az egész energetikai célú biomassza-hasznosítás körül tapasztalható bizonytalanságra. A használatos energetikai mutatószámok, az energiahányados és a befektetett és a megtermelt energia különbsége ugyan konkrét esetekben megbecsülhető, de nem lehet a környezeti fenntarthatósággal kapcsolatos általános érvényű következtetéseket levonni.

A felállított modell segítségével megállapítottuk, hogy melyik forgatókönyv esetében folytatható gazdaságilag fenntartható biomassza termelés, és milyen esetekben érvényesül a környezeti fenntarthatóság szempontja. Kijelenthető, hogy rövid vágásfordulójú, sarjzattatásos energetikai ültetvények külön-külön megfelelhetnek a gazdasági és a környezeti fenntarthatóság kritériumainak, de mindkettőnek egyszerre nem.

Kulcsszavak: megújuló energiaforrás, biomassza-hasznosítás, megtérülési idő, energiaegyenleg

REFERENCES

- Algreen, M. – Trapp, S. – Rein, A.* (2013): Phytoscreening and phytoextraction of heavy metals at Danish polluted sites using willow and poplar trees. *Environmental science and pollution research international* 21, (15) 8992-9001.
- Barótfi I.* (2009): <http://www.zoldtech.hu/cikkek/20090817-biomassz> cit. Nemzeti Fenntartható Fejlődés Tanács, NFFT (2011): A természeti erőforrások fenntartása. Műhelytanulmányok, No.3. Pálvölgyi T. szerk., Csete M., Harazin P., Szendrő G. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és Env-in-Cent Kft., Budapest.
- Barta-Juhász I. L.* (2014): Zöld áram termelési költségének csökkentési lehetőségei a hulladékhő hasznosításával. *Agrártudományi Közlemények. Acta Agraria Debreceniensis* (58) 15-20.
- Bohoczky F.* (2005): Megújuló energiaforrások 5. Magyar Atomforum Egyesület, Budapest.
- Büki G.* (2007): A biomassza energetikai hasznosítása. *Bioenergia* (5) 2-6.
- Dillen, S. Y. – Djomo, S. N. – Al Afas, N. – Vanbeveren, S. – Ceulemans, R.* (2013): Biomass yield and energy balance of a short-rotation poplar coppice with multiple clones on degraded land during 16 years. *Biomass and Bioenergy* 56, 157-165.

- Dimitriou, I. – Mola-Yudego, B. (2017): Impact of Populus Plantations on Water and Soil Quality. BioEnergy Research 10, (3) 750-759.*
- Egri J. (2014): Szilárd biomassza energetikai hasznosíthatóságának vizsgálata a Tiszai Erőmű telephelyén. Energiagazdálkodás 55, (1) 26-29.*
- Fillion, M. – Brisson, J. – Guidi, W. – Labrecque, M. (2011): Increasing phosphorus removal in willow and poplar vegetation filters using arbuscular mycorrhizal fungi. Ecological Engineering 37, (2) 199-205.*
- Forbes, E. – Johnston, C. – E. Archer, J. – R. McCracken, A. (2017): SRC willow as a bioremediation medium for a dairy farm effluent with high pollution potential. Biomass and Bioenergy 105, 174-189.*
- Gyulai I. (2010): Biomassza-dilemma. 4. átdolgozott kiadás. Magyar Természetvédők Szövetsége, Budapest.*
- Gyuricza Cs. – Alexa L. – Biro T. – Borovics A. – Horváth B. – László P. – Szabó Cs. (2011): Energianövény termelési rendszer kialakítása a vörösiszap katasztrófa után. Előadás. Vörösiszap-katasztrófa: Következmények és tapasztalatok. Konferencia. 2011. március 1. Magyar Tudományos Akadémia és a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság*
- Janssen, J. – Weyens, N. – Croes, S. – Beckers, B. – Meiresonne, L. – Van Peteghem, P. – Carleer, R. – Vangronsveld, J. (2015): Phytoremediation of Metal Contaminated Soil Using Willow: Exploiting Plant-Associated Bacteria to Improve Biomass Production and Metal Uptake. International journal of phytoremediation 17, (11) 1123-1136.*
- Kacálková, L. – Tlustoš, P. – Száková, J. (2015): Phytoextraction of Risk Elements by Willow and Poplar Trees. International Journal of Phytoremediation 17, (5) 414-421.*
- Kovács G. (2010): A vörösiszap által szennyezett területek erdészeti hasznosítása. Erdészeti lapok 145, (11) 384 - 385.*
- Lafleur, B. – Sauvé, S. – Vo Duy, S. – Labrecque, M. (2016): Phytoremediation of groundwater contaminated with pesticides using short-rotation willow crops: A case study of an apple orchard. International Journal of Phytoremediation 18, (11) 1128-1135.*
- Lazzaro, L. – Mazza, G. – D'Errico, G. – Fabiani, A. – Giuliani, C. – Inghilesi, A. – Lagomarsino, A. – Landi, S. – Lastrucci, L. – Pastorelli, R. – Roversi, P. – Torrini, G. – Tricarico, E. – Foggi, B. (2017): How ecosystems change following invasion by*

Robinia pseudoacacia: Insights from soil chemical properties and soil microbial, nematode, microarthropod and plant communities. Science of The Total Environment 622-623, 1509-1518.

Lukács G. S. (2011): Gazdaságos zöldenergia. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest

NFFT – Nemzeti Fenntartható Fejlődés Tanács (2011): A természeti erőforrások fenntartása. Műhelytanulmányok, No. 3. Pálvölgyi T. szerk., Csete M., Harazin P., Szendrő G. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és Env-in-Cent Kft., Budapest.

NFM – Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2011): Megújuló Energia. Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve 2010-2020. Kiadvány. Zöldgazdaság-fejlesztésért és Klímapolitikáért Felelős Helyettes Államtitkárság.

Pereira, S. – Costa, M. – da Graça Carvalho, M. – Rodrigues, A. (2016): Potential of poplar short rotation coppice cultivation for bioenergy in Southern Portugal, In Energy Conversion and Management 125, 1 October 2016, 242-253.

Porsö C. – Hansson P. A. (2014): Time-dependent climate impact of heat production from Swedish willow and poplar pellets – In a life cycle perspective. Biomass and Bioenergy 70, 287-301.

Rédei, K. – Keserű, Zs. – Csiha, I. – Rásó, J. – Honfy, V. (2017): Plantation Silviculture of Black Locust (Robinia pseudoacacia L.) Cultivars in Hungary – A Review. South-east European forestry 8, (2) 151-156.

Stolarski, M. – Olba-Zięty, E. – Rosenqvist, H. – Krzyżaniak, M. (2017): Economic efficiency of willow, poplar and black locust production using different soil amendments. Biomass and Bioenergy 106, 74-82.

Sutyera T. (2014): Energetikai ültetvények telepítése, gazdasági elemzés eredményei. Energiagazdálkodás 55, (1) 32-34.

Széll A. (2007): Emissziós vizsgálatok használt forgácslapra – az égetés környezeti szempontú értékelése. Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola Biokörnyezettudomány Program, Sopron.

Takács I. – Takács-György K. (2013): Arguments for the optimisation of using biomass for energy production. Apstract – Applied Studies in Agribusiness and Commerce 7, (2-3) 103-108.

Tégla Zs. – Takácsné György K. – Hágen I. Zs. (2012): A fás szárú biomassza ellátási logisztikai modellje. In: Pannon Egyetem Georgikon Kar (szerk.). LIV. Georgikon Napok. A mezőgazdaságtól a vidékgazda(g)ságig. 54rd Georgikon Scientific Conference. Keszthely, 476-484.

Address of the authors:

Barnabás POSZA – Csaba BORBÉLY

Kaposvári Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Agrárgazdasági és Menedzsment

Tanszék

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

E-mail: poszabarna@gmail.com; borbely.csaba@ke.hu



**Extracellular polysaccharides in twenty *Chlamydomonas* strains of the
Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection**

SZABINA KATONA¹ – NÁNDOR HORVÁTH¹ – ZOLTÁN MOLNÁR¹ – VINCE
ÖRDÖG^{1,2}

¹Department of Plant Sciences, Faculty of Agricultural and Food Sciences, Széchenyi
István University, Mosonmagyaróvár, Hungary

²Research Centre for Plant Growth and Development, School of Life Sciences,
University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg Campus, South Africa

SUMMARY

Extracellular polysaccharides (EPS) are high-molecular-weight polymers of carbohydrates. Many microorganisms secrete extracellular polymeric substances during their life-cycle. Some species of the genus *Chlamydomonas* EHRENBERG nom. cons. (1833) and other green algae secrete EPS under specific conditions. For the first time, strains of the Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection (MACC) were investigated for EPS production. In this study twenty *Chlamydomonas* strains were analyzed using the Phenol-Sulfuric Acid method (*DuBois et al.* 1956). Three strains produced more than 2 g/L and seven strains more than 1 g/L soluble EPS (sEPS). Strain MACC-398 was the highest sEPS producer (2763 mg/L) after 30 days of incubation. This study highlighted promising strains for application in soil conditioning.

Keywords: EPS, MACC, *Chlamydomonas*, green algae, soil algae, soil conditioning

INTRODUCTION

EPS

The term “EPS” was coined by *Sutherland* in 1972 to describe high-molecular-weight carbohydrate polymers produced by bacteria (*Costerton et al.* 1999). The formation of

biofilm or production of EPS supports the survival of bacteria and algae under extreme temperature, salinity, and nutrient availability (*Poli et al.* 2010). EPS perform a variety of functions and are involved in diverse biological processes, e.g. transport and transformation of organic matter, complexation of dissolved metals and biogeochemical cycling of elements. In addition, EPS are an important carbon source for different organisms in the food chain because they are rich in organic carbon. EPS are also involved in flocculation and the nature of EPS controls the floc formation rate, e.g. sulfates can generate flocs in the presence of deoxy sugars (*Zhou et al.* 1998, *Delattre et al.* 2016). Some of the useful properties include stabilizing, suspending, thickening, flocculating, encapsulating, emulsifying and water retention activities. Due to such properties, the polysaccharides have a wide range of industrial applications in textiles, pharmaceuticals, cosmetics and brewing (*Raza et al.* 2012). They are also an abundant source of structurally and compositionally diverse biopolymers which possess unique bioactivities for special high-value applications, specifically as antivirals, antitumor agents, antioxidants, anticoagulants and anti-inflammatories. Their superior rheological properties also make microalgal EPS particularly useful in mechanical engineering (e.g., biolubricants and drag-reducers) and in the food industry (e.g., thickener and preservatives, *Xiao and Zheng* 2016). Macroalgal polysaccharides, like agar, alginates and carrageenans, are economically the most important products from algae (*Pulz and Gross* 2004). Microbial exopolysaccharides (EPS) are also receiving increased attention because they are biodegradable, generally non-toxic and do not cause secondary pollution. Hence, there is great interest in screening algal strains for valuable compounds, including new polysaccharides that may compete with traditional polysaccharides. During the last decades selected MACC strains have been screened for their lipid productivity and fatty acid composition (*Ördög et al.* 2016), phytochemical content and pharmacological activities (*Aremu et al.* 2016), lipid, fatty acids and bioactivities (*Aremu et al.* 2015), and hormone profiles (*Stirk et al.* 2013), but no report about the EPS production of any MACC strains has been published till now. According to the available literature, *Chlamydomonas* species are promising subject to EPS related studies, thus the aim of the present study is to screen selected MACC *Chlamydomonas* strains for their EPS content.

Algal EPS for soil conditioning

Carbohydrates are common constituents and metabolic products of plants and living organisms. With respect to quantity and availability they are very important components of soil organic matter (*Safarik and Santruckova* 1992). Algae are known to contribute to soil fertility through nitrogen fixation and to the stabilization of soils largely through the production of extracellular polymers. Such polymers often occur as gelatinous sheaths or capsules enveloping the algal cells. The functional role may be to keep the cells glued into the uppermost layers of the soil, where they can continue to grow by photosynthesis or to be more resistant to lethal effects of desiccation than cells without capsules (*Barclay and Lewin* 1985). Besides, this material appears to promote aggregate formation, and may be important in ionic interactions with solid and liquid phases (*Martin* 1971). *Metting and Rayburn* (1983) reported empirical evidence in support of the use of microalgal conditioners. *Metting* (1986) also analysed the population dynamics of *Chlamydomonas sajor* R. A. LEWIN (1984) and its influence on soil aggregate stabilization in the field. *Kroen* (1984) studied the growth and polysaccharide production by *Chlamydomonas mexicana* R. A. LEWIN (1957) on soil as well.

Methods used for EPS determination

Delattre et al. (2016) differentiate four categories for quantitative analysis of EPS from microalgae. The first group summarises the global composition and includes methods such as total sugar (phenol sulphuric acid method), neutral sugar, uronic acid, polyphenol and protein measurement. These methods are cost-effective and reliable but attention should be drawn to other compounds, such as lipid, protein, and pigment, which can interfere with the analysis (*DuBois et al.* 1956). Today, the Phenol–Sulfuric Acid method of *DuBois et al.* (1956) is still considered the most reliable method for an accurate and less underestimated response of each monosaccharide in the sample. It has been extensively used in a wide range of fields (*Albalasmeh et al.* 2013). This method approximates a ‘universal method’ for determining all types of sugars, including carbohydrate residues of nucleic acids and other sugar derivatives (*Herbert et al.* 1971) and found to be best suited for total carbohydrate analysis because its molar absorptivities for most sugars fall within a short range (*Gerchakov and Hatcher* 1972).

Although the method detects almost all carbohydrates, the absorptivity of the different carbohydrates varies. Thus, unless a sample is known to contain only one carbohydrate, the results must be expressed arbitrarily in terms of one carbohydrate. This method was chosen for the present study as it is cost-effective.

The second group uses chromatographic methods such as HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) and GC (Gas Chromatography) for estimating molar composition. They offer quick, automated and highly accurate methods to identify certain chemical components in a sample, but they can be costly, complex and do not work for all samples.

The third group requires strong chemical modification to carry out linkage analysis like NMR (Nuclear Magnetic Resonance spectroscopy). Its major advantage is that it is nondestructive in nature, quick and makes sample preparation easy. However, there are some disadvantages such as being expensive and having a limited wavelength range.

The last group is the full structural analysis which can be accomplished by modifications/degradations procedures and homo- and heteronuclear 2D NMR (Two-dimensional nuclear magnetic resonance spectroscopy). Detailed molecular structure can be expensive and time consuming but is a powerful method.

EPS in Chlamydomonas

Allard and Tazi (1993) studied two *Chlamydomonas* species by GC and according to their study, the EPS released by *Chlamydomonas augustae* SKUJA (1943) contained mainly arabinose, glucose and galactose at the beginning of growth, and glucose and glucuronic acid in the stationary phase. In sharp contrast, the EPS from *Chlamydomonas corrosa* PASCHER AND JAHODA (1928) was independent of growth status and contained arabinose and galactose as major sugars. *Lewin* (1956) examined eighteen unicellular or colonial green algae, mostly *Chlamydomonas* species by paper chromatographic method. In all species but one, galactose and arabinose were the main components of the polysaccharides. Glucose and xylose predominated in *Chlamydomonas ulvaensis* R.A. *Lewin* (1957). Associated sugar moieties included fucose, rhamnose, mannose, uronic acids and several unidentified components. *Jiang and Barber* (1975) determined the polysaccharide content from cell walls of *Chlamydomonas reinhardtii* using molecular sieve chromatography and they identified arabinose, mannose, galactose and

glucose in the sample. *Bafana* (2013) analyzed the antioxidant activity of EPS derived from *Chlamydomonas reinhardtii* P.A. DANGEARD (1888) by GC-MS. Chemical analysis showed the presence of galacturonic acid, ribose, arabinose, xylose, glucose, galactose and rhamnose sugars.

MATERIAL AND METHODS

Strains and growth conditions

Based on the characteristic of showing jelly-like units when grown in a Petri dish, twenty green algae strains were selected from the *Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection (MACC)*, Department of Plant Sciences, Faculty of Agricultural and Food Sciences (FAFS), Széchenyi István University. Twenty *Chlamydomonas* strains (*Table 1*) were cultivated as described earlier by Ördög (1982). Strains from stock cultures were inoculated into 500 mL Erlenmeyer flasks containing 250 mL modified Z8 medium (*Zehnder in Staub* 1961) at 24-26 °C under a light intensity of 130 $\mu\text{M m}^{-2} \text{s}^{-1}$ provided by Lumoflor and cool white fluorescent tubes (14 h/10 h light/dark cycle). Cultures were aerated with 20 L h⁻¹ (=1.33 L air L⁻¹ nutrient medium per minute) sterile humidified air enriched with 1.5 % CO₂ during the light period. Harvesting was done at regular time intervals (every 5th day) until the 30th day. There were three replicates for each strain. Algal growth was measured by dry weight.

Biomass (dry weight) determination

Whatman GF/C glass fiber filters (5 cm diameter) were dried for 2 h at 105 °C and then cooled in a desiccator and weighed. After this, 10 mL algal sample was filtered. Each filter was dried for 2 h at 105 °C again, cooled in desiccator, and weighed. The density of the suspension was calculated as g L⁻¹ DW. The DW was used to construct growth curves. There were three replicates for each sample.

Table 1. List of the tested strains including their taxonomic name (followed by taxonomic authority), origin and growth characteristics under laboratory conditions

MA CC	Taxonomic name	Origin	Growth characteristics under laboratory conditions
75	<i>Chlamydomonas subtilis</i> PRINGSHEIM (1930)	CCAO 249 (Trebon)	It sticks to the bottom of the flask and algae pieces float in it.
194	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> KORSHIKOV IN PASCHER (1927)	Sunflower soil, Hungary	It does not stick to the flask but foams moderately. Homogeneous and very difficult to filter.
327	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Soil, Brazil	It does not stick to the flask. Dark green and difficult to filter.
382	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Soil, Brazil	Dark green. It does not stick to the wall of the flask. Slightly foaming. Easy to filter.
398	<i>Chlamydomonas sp.</i>	AL/G-23, Czech Republic	It foams a little bit. Homogeneous, does not stick to the flask. It is extremely difficult to filter, completely jelly.
402	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Sunflower soil, Hungary	It does not stick to the flask. Dark green and easy to filter.
460	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Puddle, Brazil	It is slightly foaming. Sticks moderately to the flask. It is difficult to filter. Dense syrup-like phase.
526	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Soil, Brazil	It sticks to the bottom and the wall of the flask, as well. Pieces float in it. It has a yellowish green colour.
530	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Soil, Brazil	Light green, slightly adheres to the wall of the flask and it is difficult to filter.
531	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Soil, Brazil	Light green. It does not stick to the flask. It is difficult to filter.
544	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Soil, Brazil	Light green, very difficult to filter.
549	<i>Chlamydomonas intermedia</i> CHODAT(1894)	Soil, Hungary	Dark green. It does not foam. Sticks to the flask and contains algae pieces clogged together. It is difficult to filter.
579	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Soil, Hungary	Light green, does not foam and stick. Easy to filter.
674	<i>Chlamydomonas callunae</i> Ettl (1976)	Kiev, Ukraine	Light green, difficult to filter.
771	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Soil, Brazil	Homogeneous, dark green. It does not stick to the flask. It does not foam. Filterability is moderate.
784	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> DANGEARD (1988)	Soil, Brazil	Homogeneous, light green. It adheres slightly to the flask. It is slightly foaming. Easy to filter.
788	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> DANGEARD (1988)	Soil, Brazil	Strongly adheres to the flask. It is difficult to filter. Light green.
806	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Soil, Brazil	It sticks to the wall a little bit. Homogeneous, green. It strongly foams and difficult to filter.
825	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Soil, Brazil	It sticks to the wall a little bit. Homogeneous, dark green. It strongly foams and difficult to filter.
835	<i>Chlamydomonas sp.</i>	Soil, Brazil	Dark green, very difficult to filter.

Extraction of EPS.

Carbohydrates were measured in two different fractions (Figure 1) using the phenol-sulphuric acid assay (DuBois *et al.* 1956). The differentiation of soluble and bound EPS was based on the *De Brouwer and Stal* method (2002).

Sampling was done at regular time intervals (every 5th day) until the 30th day. Soluble EPS was obtained by centrifuging 10 mL culture at 3500g for 15 min at room temperature. The cell free supernatant was transferred to a centrifuge tube containing 30 mL cold ethanol (75%), and the soluble EPS was allowed to precipitate overnight at -20 °C. After centrifugation (15 min at 3500g), the EPS pellet was dried under a flow of nitrogen and subsequently resuspended in 300 µL of distilled water (Figure 1). A volume of 200 µL was used for analysis of carbohydrate.

Bound EPS was extracted by resuspending the culture pellet in 2 mL distilled water. The cell suspension was thoroughly stirred and incubated for 1h at 30 °C. After centrifugation at 3500g for 15 min, the bound EPS was isolated from the supernatant and prepared for analysis as described above.

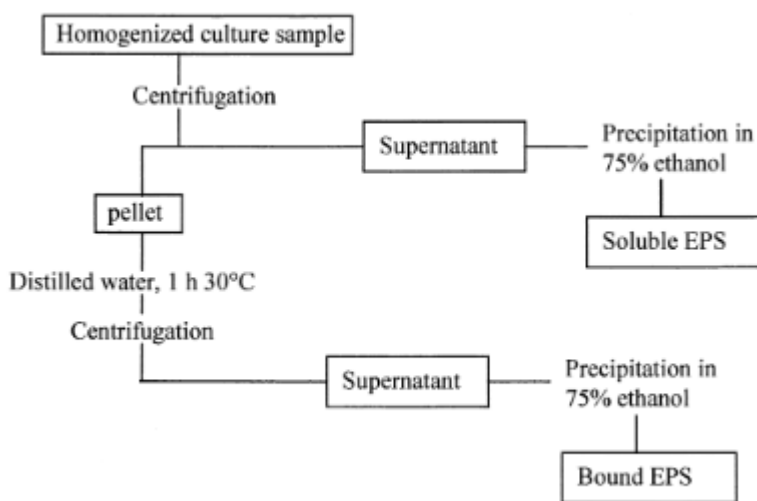


Figure 1. Flow chart of the fractionation of extracellular carbohydrate fractions by *DeBrouwer and Stal* (2002).

Carbohydrate estimation by phenol-sulphuric acid method

In this method, the concentrated sulfuric acid breaks down all kind of polysaccharides, oligosaccharides, and disaccharides to monosaccharides. Pentoses (5-carbon compounds) are then dehydrated to furfural, and hexoses (6-carbon compounds) to hydroxymethyl furfural. These compounds then react with phenol to produce a yellow-gold colour. Glucose is commonly used to create the standard curve and the absorption is measured at 485 nm (*DuBois et al.* 1956). The colour for this reaction is stable for several hours, and the accuracy of the method is within $\pm 2\%$ under optimum conditions (*Nielsen* 2010).

A 200 $\mu\text{g/mL}$ stock of glucose was prepared and diluted to give five concentrations ranging from 0-200 $\mu\text{g/mL}$ (*Moheimani et al.* 2013). Then 400 μL glucose solution was mixed with 400 μL 5% phenol and 2 ml conc. H_2SO_4 . These solutions were kept at room temperature for 15-20 minutes. Then the absorbance was taken at 485 nm (Varian CARY 50 spectrophotometer). A standard curve of glucose was prepared using triplicate samples.

The various fractionated EPS extracts were dissolved in 1 mL autoclaved distilled water. New, sterile test tubes were taken for each sample. From the solution 400 μL was mixed with 400 μL 5% phenol and 2 ml conc. H_2SO_4 . Then mixtures were kept at room temperature and finally the absorbance was measured at 485 nm. The carbohydrate was estimated as glucose equivalent by using the glucose standard curve. There were three replicates for each sample.

RESULTS AND DISCUSSION

a) Strain growth and biomass

Strains were grown for 30 days. Lag phase of strains typically lasted until day 5. This was followed by exponential growth with the stationary phase reached between 15 and 20 days. Death phase began on day 25. The most biomass was produced by strain MACC 460 (4840 mg/L) and the least by MACC 579 (576 mg/L) (*Table 2*). The majority of the MACC eukaryotic algae can produce 1 to 3 g/L dry matter under the experimental conditions (*Ördög* 2015). According to previous experiments, strains with a concentration of more than 3 g/L at the end of culture period were considered to be highly productive. Accordingly, of the 20 strains analysed, three strains (MACC 402,

771, 530) were highly productive and all were isolated from soil. Extremely high biomass (>4 g/L) was produced by 3 three strains (MACC 398, 460, 825), one of which was isolated from water. Seven strains were considered to be moderate producers as their biomass amount was above 2 g/L. There are other seven strains had biomass production under 2 g/L. Thirteen of the 20 strains were Brazilian microalgae.

b) sEPS and bEPS production of the strains

According to their sEPS production, strains were divided into 3 groups: high (A), medium (B) and low (C) producers (*Table 2*). Selected strains from each group demonstrate the essential difference between the groups, the amount of sEPS and bEPS comparing with the biomass produced (*Figure 2-4*). *Figure 2* shows two high producers (MACC 398 and 460) whereas *Figure 3* demonstrates two medium producers (MACC 825 and 544) in light of the amount of sEPS and bEPS. With regard to the low producers, *Figure 4* illustrates two strains (MACC 530 and 75) with very low sEPS and bEPS results comparing them to the strains on the abovementioned two figures (*Figure 2 and 3*). In addition, strains in Group A produced soluble extracellular polysaccharide above 2000 mg/L. This is a high value compared to other reports in the literature e.g. measured 1000 mg/L sEPS in *Chlorella vulgaris* BEYERINCK (1890) (De Angelis 2009); *Chlamydomonas mexicana* and *C. sajao* both produced approx. 600 mg/L sEPS (Barclay 1985); 632.6 mg/L EPS in *Chlamydomonas reinhardtii* (Bafana 2013). *Chlamydomonas sp.* had 224 mg/L sEPS and 19 mg/L bEPS (Moore and Tischer 1964). Group B included 7 strains where the sEPS content ranged from 1000 to 2000 mg/L. The remaining 10 strains were placed in Group C because their sEPS content was under 1000 mg/L. Literature supports the fact that bEPS content is in connection with the production of sEPS, but the bEPS quantity is substantially less (Moore and Tischer 1964, Yang *et al.* 2009, Borowitzka 2016). This was also detectable in our experiments (*Table 2*). These are strain specific features that should be further investigated as they can play a significant role in differentiating strains as part of the so called polyphasic approach. It is also important that soluble EPS is continuously released into the medium. It is an important characteristic because EPS were found to be indistinguishable upon elution from ion-exchange and gel filtration columns (Sijam *et al.* 1983). In contrast, bound EPS is produced exclusively in the light and to a large

extent, degraded in the dark (*De Brouwer and Stal*2002) which explains why its concentration is less than sEPS. In the present study, bEPS showed the highest values on the same days as sEPS.

c) Relations between EPS production and growth characteristics

Accumulation of biomass leads to an increased production rate of EPS. However, there is no direct correlation between the biomass concentration and the total content of the EPS (Ni 2013). All strains analysed in the present study produced EPS in different quantities (Table 2) regardless the amount of biomass produced. For instance, weaker biomass producing strains (e.g. MACC 531 – 1880 mg/L biomass and 1337 mg/L sEPS) could also reach the nearly 1400 mg/L sEPS production level as strains that produced significantly more biomass (e.g. MACC 402 – 3816 mg/L biomass and 1323 mg/L sEPS). In regard to adhesion (wall growth), based on previous studies (De Philippis and Vincenzini 1998, van Rijssel et al. 2000, Pajdak-Stós et al. 2001, Thornton 2002, Mann and Wozniak 2012) the presence of EPS contributes to the sticky nature, cell aggregation ability and adhesion to the wall of the Erlenmeyer flasks. Nine strains showed these characteristics (MACC 75, 460, 526, 530, 549, 784, 788, 806, 825). Most of these strains were in Group C which had lower biomass and EPS production ability. In case of high EPS and biomass producing strains, only MACC 460 showed wall growth. These data confirm that EPS production varies from strain to strain (Streshinskaya et al. 1967, Takeda and Hirokawa 1978), but hydrophobic cells of benthic species have greater strength of adhesion and attach to the glass faster than cells of planktonic species, which have a hydrophilic surface (Ozkan and Berberogul 2013).

Table 2. Summary of the biomass, soluble (sEPS) and bound (bEPS) extrapolymeric substances results grouped in three different categories

Categories	Strains	Biomass (mg/L - dry weight)	Day of testing (th)	sEPS (mg/L)	Day of testing (th)	bEPS (mg/L)	Day of testing (th)
A	MACC-398	4088	25	2763	30	1296	30
	MACC-460	4840	15	2701	25	822	25
	MACC-194	1452	20	2304	30	135	30
B	MACC-674	2197	15	1458	20	141	20
	MACC-835	2079	20	1395	30	248	30
	MACC-382	2103	20	1355	30	136	30
	MACC-531	1880	15	1337	30	121	30
	MACC-402	3816	25	1323	30	556	30
	MACC-327	2934	20	1177	30	520	30
	MACC-825	4803	30	1091	30	121	30
C	MACC-544	962	20	731	20	99	20
	MACC-788	2191	20	688	25	144	25
	MACC-784	1075	20	676	25	85	25
	MACC-549	1553	20	672	15	76	15
	MACC-806	1186	15	422	20	96	20
	MACC-771	3580	30	371	20	65	20
	MACC-526	2042	20	106	20	25	20
	MACC-530	3551	20	94	30	51	30
	MACC-75	2699	20	42	20	18	20
MACC-579	576	10	22	15	4	15	

(A= high; B=medium; and C= low sEPS producers). The highest values of the three parameters are presented and the day of testing. The strains are listed in decreasing order of the sEPS production.

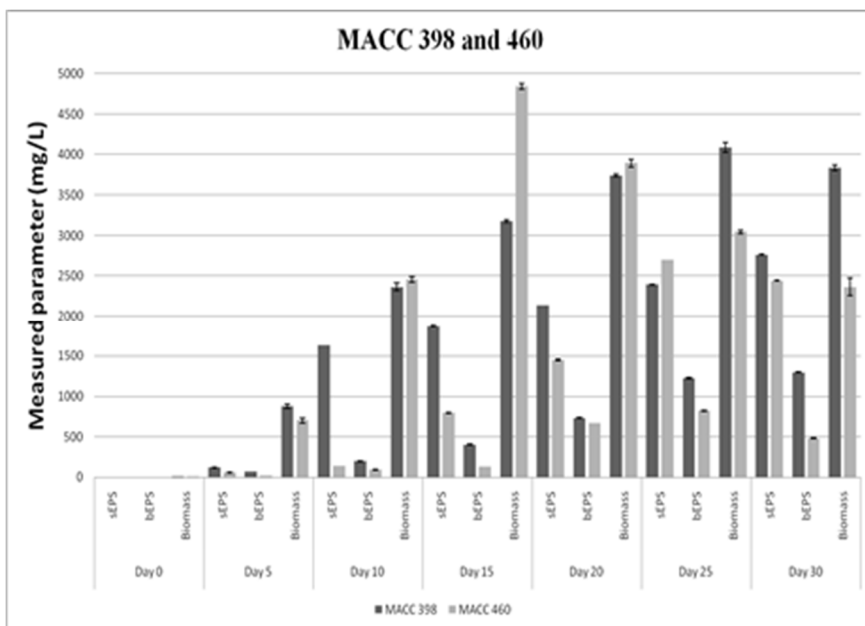


Figure 2. Biomass, soluble (sEPS) and bound (bEPS) production bar graphs of two high sEPS producing *Chlamydomonas* strains of the Mosonmagyaróvár Algal culture Collection (MACC), MACC 398 and 460.

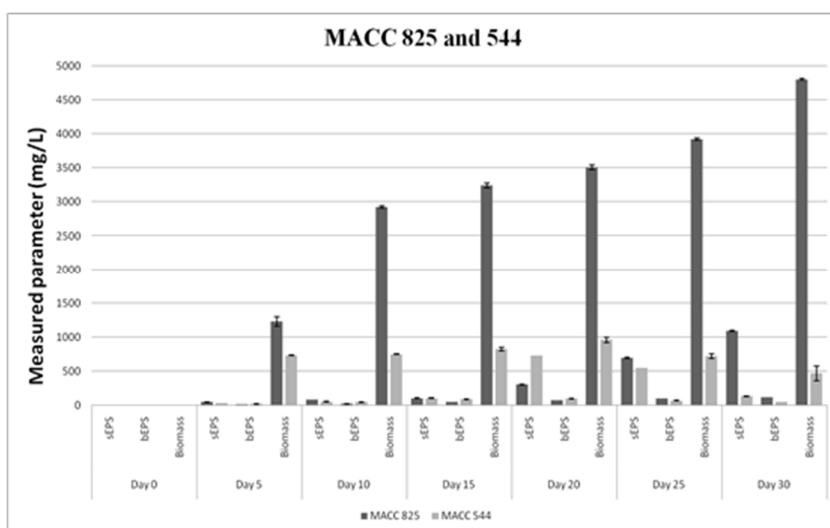


Figure 3. Biomass, soluble (sEPS) and bound (bEPS) production bar graphs of two moderate sEPS producing *Chlamydomonas* strains of the Mosonmagyaróvár Algal culture Collection (MACC), MACC 825 and 544

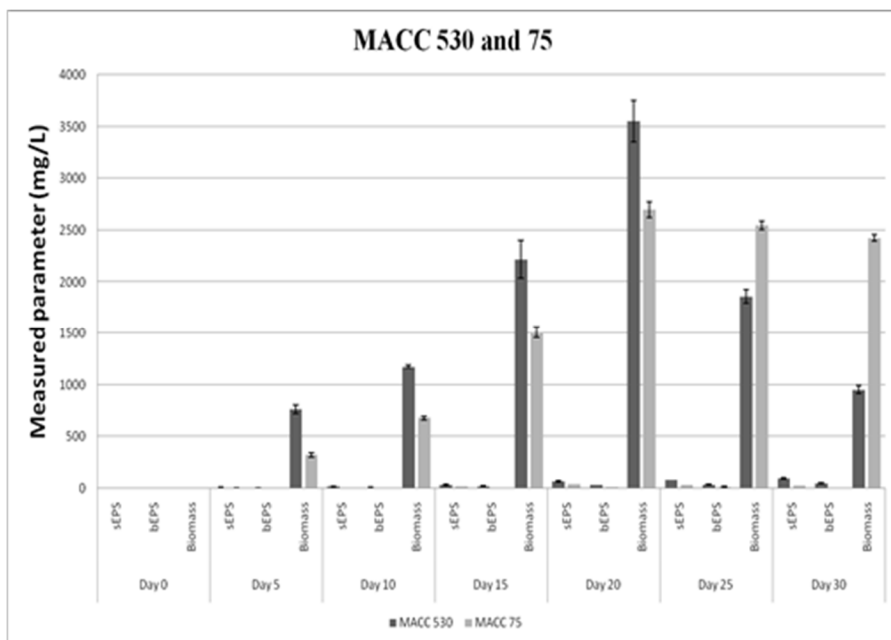


Figure 4. Biomass, soluble (sEPS) and bound (bEPS) production bar graphs of two low sEPS producing *Chlamydomonas* strains of the Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection (MACC), MACC 530 and 75.

CONCLUSIONS

This is the first report of EPS production from MACC *Chlamydomonas* strains although there are few reports on this genus from other collections. Both sEPS and bEPS are useful by-products of microalgae. In the present study sEPS was always detected in higher concentrations than the bEPS. All strains produced EPS in different quantities regardless the amount of biomass produced. MACC 398 was the most productive sEPS and biomass producer among all tested strains. This work showed that the screened MACC *Chlamydomonas* strains were EPS producers. The potential use of these strains as source of biopolymers in the agriculture, food and medical industry may initiate further studies and field experiments. EPS production can also play a significant role in differentiating strains as part of the so called polyphasic approach which combines different methods such as morphology, cytology, ultrastructural, biochemical and molecular biological studies.

**Extracelluláris poliszacharidok a Mosonmagyaróvári Algagyűjtemény hús-
Chlamydomonas törzsében**

KATONA SZABINA¹ –HORVÁTH NÁNDOR¹ –MOLNÁR ZOLTÁN¹ – ÖRDÖG
VINCE^{1,2}

¹Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

² KwaZulu-Natal Egyetem, Pietermaritzburg Kampusz, Élettudományi Iskola,
Növénytani Kutatóközpont, Dél-Afrika

ÖSSZEFOGLALÁS

Az extracelluláris poliszacharidok (EPS) nagy molekulatömegű szénhidrát-polimerek. Számos mikroorganizmus bocsájt ki extracelluláris polimer anyagokat életciklusa alatt. A *Chlamydomonas* EHRENBERG nom. cons. (1833) nemzetség egyes fajai és más zöldalgák bizonyos körülmények között szintén képesek EPS-t kiválasztani. Az MACC (*Mosonmagyaróvári Algagyűjtemény*) törzseinek EPS termeléséről nem állnak rendelkezésre korábbi eredmények. Vizsgálatainkhoz az MACC 20 *Chlamydomonas* törzsét választottuk ki, amelyekből a kivont EPS mintát fenol-kénsavas módszerrel analizáltuk (*DuBois et al.* 1956). Hét törzs esetében több mint 1 g/L oldható EPS-t mértünk, három törzs tenyészetében pedig az oldható EPS mennyisége meghaladta a 2 g/L-t. A legtöbb EPS-t az MACC 398 törzs termelte (2763 mg/L) a 30 nap inkubálás során. Az eredményekkel igazoltuk, hogy az MACC *Chlamydomonas* törzsei között vannak értékes EPS-termelők, amelyek például talajkondicionáló készítmények alapanyagai lehetnek.

Kulcsszavak: extracelluláris poliszacharid (EPS), MACC, *Chlamydomonas* nemzetség, zöld algák, talaj algák, talajkondicionálás

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded by the project SABANA (Grant No. 727874) from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Program. The publication is supported also by the EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 project. The project is co-financed by the European Union and the European Social Fund. The authors highly

appreciate the valuable contribution of **Dr. Wendy Ann Stirk** to the improvement of the manuscript.

REFERENCES

- Albalasmeh, A.A. – Berhe, A.A. – Ghezzehei, T.A.* (2013): A new method for rapid determination of carbohydrate and totalcarbon concentrations using UV spectrophotometry. *Carbohydrate Polymers* **97**. 253-261.
- Allard, B. – Tazi, A.* (1993): Influence of growth status on composition of extracellular polysaccharides from two *Chlamydomonas* species. *Phytochemistry* **32**. 41-47.
- Aremu, A. O. – Masondo, N.A. – Molnár, Z. – Stirk, W. A. – Ördög, V. – van Staden, J.* (2016): Changes in phytochemical content and pharmacological activities of three *Chlorella* strains grown in different nitrogen conditions. *Journal of Applied Phycology* **28**. 149-159.
- Aremu, A. O. – Neményi, M. – Stirk, W. A. – Ördög, V. – van Staden, J.* (2015): Manipulation of nitrogen levels and mode of cultivation are viable methods to improve the lipid, fatty acids, phytochemical content, and bioactivities in *Chlorella minutissima*. *Journal of Phycology* **51**. 659–669.
- Bafana, A.* (2013): Characterization and optimization of production of exopolysaccharide from *Chlamydomonas reinhardtii*. *Carbohydrate Polymers* **95**. 746–752.
- Barclay, W.R. – Lewin, R.A.* (1985): Microalgal polysaccharide production for the conditioning of agricultural soils. *Plant and Soil* **88**. 159-169.
- Beyerinck [Beijerinck], M.W.* (1890): Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen Algen. *Botanische Zeitung* **47**. 725-739, 741-754, 757-768, 781-785.
- Borowitzka, M.A. – Beardall, J. – Raven, J.A.* (2016): *The Physiology of Microalgae*. Series **6**. Springer International Publishing Switzerland.
- Chodat, R.* (1894): Matériaux pour servir a l'histoire des Protococcoidées. *Bulletin de l'Herbier Boissier* **2**. 585-616.
- Costerton, J.W. – Stewart, P.S. – Greenberg, E.P.* (1999): Bacterial biofilms: A common cause of persistent infections. *Science* **284**. 1318–1322.

- Dangeard, P.A.* (1888): Recherches sur les alguesinférieures. Annales des Sciences Naturelles, Botanique, série 7,7. 105-175.
- De Angelis, S.* (2009): Exopolysaccharide production and antioxidant activity by submerged co-culture of macromycetes and microalgae. Mention Microbiology, Plant Biology and Biotechnologies in the University of Provence, University of the Mediterranean Sea and Federal University of Parana. 1-274
- De Brouwer, J.F.C. – Stal, L.J.* (2002): Daily fluctuations of exopolymers in cultures of the benthic diatoms *Cylindrotheca closterium* and *Nitzschia sp* (Bacillariophyceae). Journal of Phycology **38**. 464-472.
- De Philippis, R. – Vincenzini, M.* (1998): Exocellular polysaccharides from cyanobacteria and their possible applications. FEMS Microbiology Reviews **22**. 151–175.
- Delattre, C. – Pierre, G. – Laroche, C. – Michaud, P.* (2016): Production, extraction and characterization of microalgal and cyanobacterial exopolysaccharides. Biotechnology Advances **34**. 1159-1179.
- DuBois, M. – Gilles, K. A. – Hamilton, J. K. – Rebers, P. A. – Smith, F.* (1956): Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry **28**. 350–356.
- Ehrenberg, C. G.* (1834): Dritter Beitrag zur Erkenntnissgrosser Organisation in der Richtung des kleinsten Raumes. Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin **1833**. 145-336 I-XIII [1-11].
- Ettl, H.* (1976): Die Gattung *Chlamydomonas* Ehrenberg (*Chlamydomonas* und die nächstverwandten Gattungen II). Beihefte zur Nova Hedwigia **49**. 1–1122.
- Gerchakov, S.M. – Hatcher, P.G.* (1972): Improved technique for analysis of carbohydrates in sediments. Limnology and Oceanography **17**. 938-943.
- Herbert, D. – Phipps, P.J. – Strange, R.E.* (1971): Chemical analysis of microbial cells. Methods in Microbiology **5B**. 209-344.
- Jiang, K.S. – Barber, G.A.* (1975): Polysaccharide from cell walls of *Chlamydomonas reinhardtii*. Phytochemistry **14**. 2459-2461.
- Kroen, W.K.* (1984): Growth and polysaccharide production by the green alga *Chlamydomonas mexicana* (Chlorophyceae) on soil. Journal of Phycology **20**. 616-618.

- Lewin, R. A. (1956): Extracellular polysaccharides of green algae. *Canadian Journal of Microbiology* **2**. 665-672.
- Lewin, R. A. (1957): Four new species of *Chlamydomonas*. *Canadian Journal of Botany* **35**. 321-326.
- Lewin, R. A. (1984): *Chlamydomonas sajabo* nov. sp. (Chlorophyta, Volvocales). *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* **2**. 92-96.
- Mann, E.E. – Wozniak, D.J.(2012): Pseudomonas biofilm matrix composition and niche biology. *FEMS Microbiology Reviews* **36**. 893–916.
- Martin, J.P. (1971): Decomposition and binding action of polysaccharides in soil. *Soil Biology and Biochemistry* **3**. 33-41.
- Metting, B. – Rayburn, W.R. (1983): The influence of a microbial conditioner on selected Washington soils: an empirical study. *Soil Science Society of America Journal* **47**. 682-5.
- Metting, B. (1986): Population dynamics of *Chlamydomonas sajabo* and its influence on soil aggregate stabilization in the field. *Applied and Environmental Microbiology* **51**. 1161-1164.
- Moheimani, N.R. – Borowitzka, M.A. – Isdepsky, A. – Sing, S.F. (2013): Standard Methods for Measuring Growth of Algae and Their Composition. In: Borowitzka M., Moheimani N. (eds) *Algae for Biofuels and Energy*. *Developments in Applied Phycology* **5**. Springer, Dordrecht.
- Moore, B.G. – Tischer, R.G. (1964): Extracellular polysaccharides of algae: effects on life-support systems. *Science* **145**. 586-7.
- Ni, B.-J. (2013): Formation, characterization and mathematical modeling of the aerobic granular sludge. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Nielsen, S.S. (2010): *Food Analysis Laboratory Manual*. Phenol-sulfuric acid method for total carbohydrates. Springer Science. 47-52.
- Ozkan, A. – Berberoglu, H. (2013): Adhesion of algal cells to surfaces, Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research. **29**. 469-482.
- Ördög, V. (1982): Apparatus for laboratory algal bioassays. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* **67**. 127-136.
- Ördög, V. (2015): Dissertation: Mikroalgák biotechnológiai alkalmazása a növénytermesztésben és növényvédelemben. Hungarian Academy of Sciences.

- Ördög, V. – Stirk, W.A. – Bálint, P. – Aremu, A.O. – Okem, A. – Lovász, Cs. – Molnár, Z. – van Staden, J. (2016): Effect of temperature and nitrogen concentration on lipid productivity and fatty acid composition in three *Chlorella* strains. *Algal Research* **16**. 141-149.
- Pajdak-Stós, A. – Fialkowska, E. – Fyda, J. (2001): *Phormidium autumnale* (Cyanobacteria) defense against three ciliate grazer species. *Aquatic Microbial Ecology* **23**. 237–244.
- Pascher, A. (1927): Volvocales. In Pascher A (ed) *Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*, Jena, Verlag von Gustav Fischer Heft **4**. 1–506.
- Pascher, A. – Jahoda, R. (1928): Neue Polyblepharidinen und Chlamydomonadinen aus den Altümpeln um Lunz. *Archiv für Protistenkunde* **61**. 239-281.
- Poli, A. – Anzelmo, G. – Nicolau, B. (2010): Bacterial exopolysaccharides from extreme marine habitats: Production, characterization and biological activities. *Marine Drugs* **8**. 1779–1802.
- Pringsheim, E.G. (1930): Neue Chlamydomonadacee, welche in Reinkulturen gewonnen wurden. *Archiv für Protistenkunde* **69**. 95-102.
- Pulz, O. – Gross, W. (2004): Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology* **65**. 635-648.
- Raza, W. – Yang, W. – Jun, Y. – Shakoar, F. – Huang, Q. – Shen, Q. (2012): Optimization and characterization of a polysaccharide produced by *Pseudomonas fluorescens* WR-1 and its antioxidant activity. *Carbohydrate Polymers* **90**. 921–929.
- Safarik, I. – Santruckova, H. (1992): Direct determination of total soil carbohydrate content. *Plant and Soil* **143**. 109-114.
- Sijam, K. – Karr, A.L. – Goodman, R.N. (1983): Comparison of the extracellular polysaccharides produced by *Erwinia amylovora* in apple tissue and culture medium. *Physiological Plant Pathology* **22**. 221-231.
- Skuja, H. (1943): Ein Fall von fakultativer Symbiose zwischen operculatem Discomycetun einer Chlamydomonade. *Archiv für Protistenkunde* **96**. 365-376.
- Stirk, W.A. – Bálint, P. – Tarkowská, D. – Novák, O. – Strnad, M. – Ördög, V. – van Staden, J. (2013): Hormone profiles in microalgae: Gibberellins and brassinosteroids. *Plant Physiology and Biochemistry* **70**. 348-353.

- Streshinskaya, G.M. – Pakhomova, M.V. – Kosikov, K.V. (1967):* Composition of different *Chlorella* strains of green algae. *Prikladnaia Biokhimiiai Mikrobiologiya*. **3**. 477–481.
- Sutherland, I. W. (1972):* Bacterial exopolysaccharides. *Advances in Microbial Physiology*. **8**. 143–213.
- Takeda, H. – Hirokawa, T. (1978):* Studies on the cell wall of *Chlorella*. I. Quantitative changes in cell wall polysaccharides during the cell cycle of *Chlorella ellipsoidea*. *Plant and Cell Physiology*. **19**. 591–598.
- Thornton, D.C.O. (2002):* Diatom aggregation in the sea: mechanisms and ecological implications. *European Journal of Phycology*. **37**. 149–161.
- van Rijssel, M. –Janse, I. –Noordkamp, D.J.B. –Gieskes, W.W.C. (2000):* An inventory of factors that affect polysaccharide production by *Phaeocystis globosa*. *Journal of Sea Research*. **43**. 297–306.
- Xiao, R. – Zheng, Y. (2016):* Overview of microalgal extracellular polymeric substances (EPS) and their applications. *Biotechnology Advances* **34**. 1225–1244.
- Yang, Z.– Kong, F.X. – Yang, Z. – Zhang, M. – Yu, Y. – Qian, S.Q.(2009):* Benefits and costs of the grazer-induced colony formation in *Microcystis aeruginosa*. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*. **45**. 203-208.
- Zhou, J. – Mopper, K. – Passow, U. (1998):* The role of surface-active carbohydrates in the formation of transparent exopolymer particles by bubble adsorption of seawater. *Limnology and Oceanography*. **43**. 1860–1871.
- Zehnder in Staub, R. (1961):* Ernährungphysiologisch-autökologische Untersuchung an der planktonischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* DC. *Schweizer Zeitschrift für Hydrobiologie* **23**. 82–198.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

Szabina KATONA – Nándor HORVÁTH – Zoltán MOLNÁR – Vince ÖRDÖG
Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.
E-mail: szabina.katona@gmail.com



Tenyésztett vadászfácán (*Phasianus colchicus*) kakasokkal szemben támasztott piaci igények felmérése és értékmérők fejlesztésének lehetőségei

BAGI ZOLTÁN¹ - DANKU BEÁTA² - KUSZA SZILVIA³

¹ Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság, Debrecen

² Perdix Szövetkezet, Sződ

³ Debreceni Egyetem Állatgenetikai Laboratórium, Debrecen

ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás azon, a magyarországi vadászfácán nevelés szempontjából fontos kérdéseket vizsgálta, melyek a vadászvendégek fácánvadászatokkal kapcsolatos elégedettsége szempontjából bírhatnak jelentőséggel. Online kérdőíves felmérés segítségével vizsgáltuk a magyarországi fácántenyésztésről kialakult képet, valamint a nevelt kakasokkal szemben támasztott piaci igényeket a vadászvendégek körében. Az eredmények alapján jelentős igény mutatkozik a fácánvadászata, ami csak mesterséges kibocsájtás által elégíthető ki. Ugyanakkor igény mutatkozik a nevelt kakasok röpképességének javítására, valamint intenzív színű, nagy trófeával rendelkező madarakra is. Előbbi tulajdonság javítása érdekében morfometriai vizsgálatot végeztünk. Megállapítottuk, hogy a szárnyhossz növelésére irányuló szelekció nem vonná maga után a testsúly jelentős növekedését is, tehát tenyésztői eszközökkel is van lehetőség a röpképesség fokozására. A színvizsgálat esetében az örv mutatkozott egyszerűen felhasználható eszköznek a szelekcióban. A széles, kiterjedtebb örvvel rendelkező egyedek tenyésztésben való használata által előmozdítható a teltebb, intenzívebb tollszín elérése is. A tanulmányban közölt eredmények a korábban nem ismert összefüggések feltárása által hozzájárulhatnak a hazai tenyésztés színvonalának növeléséhez, ezáltal az ágazat jövedelmezőségének javításához.

Kulcsszavak: morfometria, kromatometria, szelekció, trófea, vadászati érték.

BEVEZETÉS

A magyar vadgazdálkodás megítélését és hírnevét az apróvadgazdálkodás és az eredményes szárnyasvad tenyésztés is kedvezően befolyásolhatja. A szárnyasvad tenyésztésének Magyarországon évszázados hagyománya van. A királyi vadászterületeken, majd később a nagybirtokokon is folyt a kor színvonalának megfelelő fácántenyésztés (Ákoshegyi 2005). A fácán (*Phasianus colchicus*) az egyik legnagyobb jelentőséggel bíró apróvad faj a magyar vadgazdálkodás számára. Különösen az alföldi vadásztársaságok esetében, ahol az éves költségvetés jelentős hányada származik a fácánvadászatok, vagy a tenyésztett, élő fácán értékesítéséből. Magyarországra a századforduló óta számos fácánfajt telepítettek Európa különböző országaiból. A betelepített alfajok a hazai fácánállománnyal keveredtek és a létrejött hibrideket „vadászfácánnak” nevezték el (Nagy 1984). A hazai fácánállomány vérfrissítésére és minőségének javítására az ötvenes évektől számos európai országból, különösen Franciaországból és Angliából hozták be a *P. mongolicus* alfajt (Nagy 1984), aminek a legjelentősebb hatása volt a hazai állományokra. Minden alfaj rendelkezik olyan kiváló tulajdonságokkal, amiket a tenyésztés során ki kellene emelni. Ahogy az később látható lesz, a magyarországi fácán állományokra jellemző, hogy több alfaj betelepítésével és keresztezésével jöttek létre, ezért feltételezhető, hogy értékmérő tulajdonságaikra nézve nagy heterogenitás tapasztalható bennük. A tervszerű, és a piaci igényeket kielégíteni képes tenyésztés érdekében szükséges a vadászati értéket legjobban meghatározó tulajdonságok egzakt módszerekkel végzett felmérése. A kutatás célja tehát olyan, a gyakorlat számára is közvetlenül hasznosítható adatok gyűjtése volt, melyek elősegítik a zárttéri fácántenyésztés színvonalának emelését, ezáltal hozzájárulnak az ágazat jövedelmezőségének javításához is.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A fácántenyésztés története Magyarországon

Péterfay (1936) írásaiból kiderül, hogy fácántenyésztés hazánkban több évszázados múltra tekint vissza. A Kárpát-medencébe feltehetőleg a rómaiak telepítették be. Feltehető, hogy honfoglaló őseink megérkezésükkor már bőven találtak itt fácánt (Nagy

1984). Bodnárné (2013) tovább folytatja a történelmi áttekintést, miszerint később a török hódoltság ideje akadályozta a fácánok elterjedését, és csak ezt követően, a XVIII. és a XIX. században beszélhetünk tudatos fácántenyésztésről a magyar vadaskertekben. A zárttéri tenyésztéshez nagyobb mértékben az 1850-es években kezdtek hozzá. A begyűjtött tojásokat pulykákkal keltették ki. Az első tenyésztők közé tartozik gróf. Kallonicus Miksa, aki Lévárdon, majd gróf. Károlyi Alajos, aki 1860-ban tótmegyeri birtokán rendezett be európai hírű fácánosokat. A XIX. században híresek voltak a gödöllői, nádasladányi és marcali fácánosok, valamint Somogyvár, Nyék és Algyő fácánosai. A gondos tenyésztés eredményeként évről-évre növekedett a fácánteríték is. 1895-ben Esterházy Károly 160 holdas fácános területén 2.684 db fácánt lőttek. 1892-ben 44.089 madár esett az országban (Nagy 1984). Egyedülálló terítékről számol be Széchenyi (1965), amikor is Tótmegyeren 6.125 fácánt lőttek egy vadászat alkalmával, még hozzá úgy, hogy a jelenlevő vadászok közül hárman ezernél több fácánt lőttek. Az 1900-as évek elején újabb volierek létesültek. Ebben az időszakban már kezdett jobban kibontakozni a fácán exportja. Az 1930-as években 300.000 db-os is volt a fácánteríték. Az 1930-as években 10.000 fácánt neveltek eleinte fácán tyúkokkal, majd kotlósokkal. 1965-ben angol és francia mintára kezdetét vette a nagyüzemi fácántenyésztés. Az első kísérleti telep a Balatonnagyberek Állami Gazdaság, Nagy Emil vezetésével. 1970-ben elkezdődött az Országos Fácánprogram. A MAVOSZ telepeket hozott létre Árpádhalon, Hencidán, Komáromban, Lenesen, Gödön. Az abádszalóki telepet pedig a vadásztársaság hozta létre (Nagy 1984). Nagy (1984) egyértelműen leírja azt is, hogy Magyarországra a századforduló óta számos fácán alfajt telepítettek Európa különböző országaiból. A betelepített fácán alfajok a kínai örvös fácán (*Phasianus colchicus torquatus*), a mongol fácán (*Phasianus colchicus mongolicus*), a japán zöld fácán (*Phasianus colchicus versicolor*), az angol sötét vadászfácán (*Phasianus colchicus varietas tenebrosus*), a formóziai fácán (*Phasianus colchicus formosanus*) és a pensylvániai fácán (*Phasianus colchicus pensylvanicus*), amelyek a hazai fácánállománnyal keveredtek és a létrejött hibrideket „vadászfácánnak” nevezték el. Ahogyan Széchenyi (1965) is megfogalmazza, közös gyűjtőnéven „vadászfácánnak” mondják valamennyit, hiszen sport szempontjából egyformán megfelelőek és a keverékfajok mindegyike zavartalanul szaporodik, termékeny utódokat nevel. Nagy (1984) írásai alapján a hazai fácánállomány vérfrissítésére és minőségének javítására az

50-es évektől kezdve számos európai országból, különösen Franciaországból és Angliából hozták be a *P. c. mongolicus* alfajt, amelynek szaporítása nagyüzemi tenyésztelepeken jelenleg is folyik. Számos esetben azonban már ezek is hibrideknek tekinthetők. Tapasztalatok szerint a *P. c. mongolicus* vadászfácánhibridek az intenzív tenyésztést jól bírják. A szabad területre kibocsátva jól alkalmazkodnak, kevésbé kóborolnak, nagy testűek és kiváló repülők. Kis számban egyéb alfajok tenyésztése is folyik. A szabad területre kikerülve azonban az ottani vadászfácánokkal kereszteződnek, így jellemző tulajdonságaikat hamar elvesztik.

A legfontosabb, Magyarországra betelepített fácán alfajok

Közönséges fácán (Phasianus colchicus colchicus)

Gyakran hívják még rézfácánnak, nemesfácánnak, cseh fácánnak, illetve fekete nyakú fácánnak is. Az örv nélküli fácánok közé tartozik. A kakas feje barnás zöld, élénken csillogó, a nyak feketészöld, pompás csillogású tollakkal. Hátának eleje sárgászöld, minden toll fekete végszegéllyel. Válltollai vörösek, kis fekete hegyben végződnek. A törzs rézvörös, zöldes és szürkés árnyalattal tarkított. Belső szárnyfedőtollai sárgásszürkék. Farka zöldessárga, sárgásszürkével tarkított. Minden toll feketén harántszírvonalas, a has és a comb szürkésbarna, a szárny alsó oldala sárgásszürke. Csőre zöldesszürke, lábai világosszürkék (Nagy 1984). A tyúk világosszürke, a tollak harántirányban sötét hullámzó (Faragó 2007). Megfigyelések szerint a vadászterületre kibocsátásának megtérülése a többi alfajhoz képest eredményesebb és a mesterséges tenyésztésből származó tyúkok jobban szaporodnak a vadászterületen is (Nagy 1984).

Kínai örvös fácán (Phasianus colchicus torquatus)

Mintegy 160 évvel ezelőtt telepítették Európába. Telepítését nagyobb testtömege, gyorsabb és jobb repülőkészsége indokolta. A közönséges fácántól felső oldalának világosabb színe különbözteti meg. Hátának elülső része sárgásbarna, fekete ék alakú sávokkal. A faroktő sárgászöld. A szemöldök felett két fehér csík húzódik. A nyakat egy éles fehér gyűrű díszíti, amely a toroktájékon elkeskenyedik és egy kis megszakítást mutat. A kis szárnyfedőtollak szürkésfehérek, a nagy szárnyfedők szürkéssárgák,

vörösesbarna csíkokkal. A test oldalt barnássárga, fémesen csillogó tollakkal. Hazája Kelet-Kína (Nagy 1984). Felkeltében szinte merőlegesen, „rakétaszerűen” emelkedik, magasabb lövést ígér (Széchenyi 1965). A tyúk torka fehéres és az egész test világos tónusú (Kőhalmy 1994). Tiszta tenyészetben csak Lenesen található meg.

Mongol fácán (*Phasianus colchicus mongolicus*)

A századforduló táján telepítették be Európába. Őshazája Közép-Ázsia. Gyorsan és magasan repül. Torka vörösréz színű. A nyakon található fehér örv elől szélesen megszakított. Mellének közepe és a hasoldali rész sötét zöld. Alsó része közepén feketésbarna. Szárnyfedő tollai ezüstszürkék. Hátának alsó része sötét mahagóni színű. A középső faroktollak keskeny sávjai feketék. A tenyészeteken a *P. mongolicus* alfaj dominál (Nagy 1984). Különös ismertetőjele, hogy a többi alfajjal ellentétben a *P. mongolicus* kakasnak még dürgés idején sincs tollfüle. (Széchenyi 1965). A tojó zömök (Faragó 2007). Világos szivárványhártyája miatt könnyű elkülöníteni más alfajoktól (Kőhalmy 1994).

Japán zöld fácán (*Phasianus colchicus versicolor*)

A kakasok pofája skarlátvörös. A fejtető, a torok, a hát és a has hátulsó része fémeszöld színű. A nyaka bíboribolya, a vállai vörösréz színűek. A hát felső részének tollai feketék, világosbarna rajzolatokkal. Szárnyfedő tollai kékes csillogásúak. A törzs hátulsó része zöldes színbe megy át. A farok zöldesszürke, fekete keresztcsávokkal. Nagyon élénk, ijedős, fürge madár. A kemény telet rosszabbul bírja, mint a többi alfaj (Nagy 1984). Könnyűsége következtében különösen magasra reptethető (Széchenyi 1965). A tyúk álla és torka sárgás, lapszíne feketésbarna, farka vöröses, feketén sárgás árnyalatban sávozott (Faragó 2007). Komoly hátránya viszont, hogy sötét színű tyúkját könnyen kakasnak nézik (Széchenyi 1965).

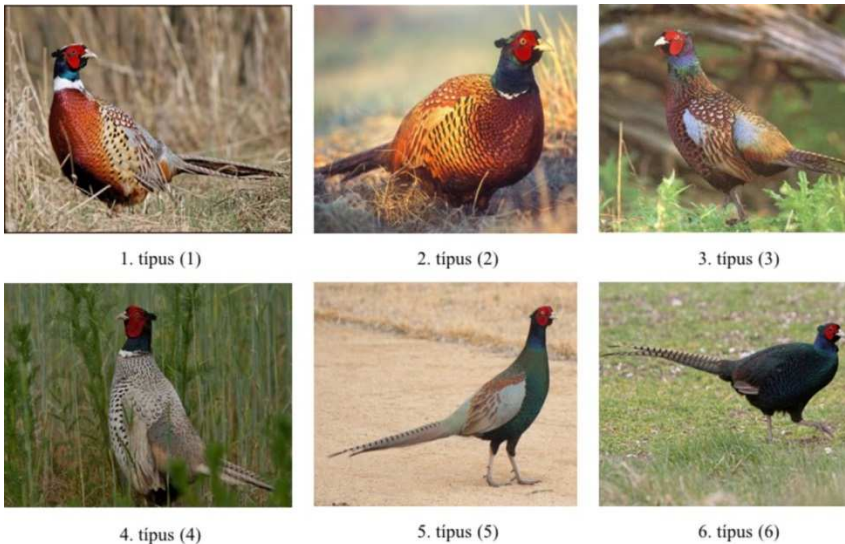
Angol sötét vadászfácán (*Phasianus colchicus varietas tenebrosus*)

Nem alfaj. A *P. colchicus* egy mutációja, amit elkezdtek tenyésztetni. A kakas pofája vörös, a fejen és a nyakon levő tollak egyaránt fémesen csillogóak. A szárnyfedőtollak sötétbarnák, a hát felső része barnás zöld, a mell és a has sötétzöld, sárga foltokkal. A farok világosbarna, sötét keresztcsíkokkal. Örv nélküli. A tyúk sötét, barnás csíkok

borítják. Csibéi fekete színűek. Rendkívül gyors és viszonylag magasan repül, igazán sportos. Hazánkban a zárttéri tenyésztelepeken kisebb számban tenyésztik (Nagy 1984).

Formóziai fácán (*Phasianus colchicus formosanus*)

A kínai örvös fácánhoz közel álló alfaj, a kakas örvvel rendelkezik, de mindkét ivar világosabb alapszínű. Ezüstben csillogó tollakkal (Faragó 2007) csibéi csaknem fehér tollúak, ami hátrány, hiszen a természetbe kikerülve könnyen a ragadozók áldozatává válnak. Emiatt általában lemondanak arról, hogy a vadon élő állomány vérfrissítésére használják.



(1) Type 1, (2) Type 2, (3) Type 3, (4) Type 4, (5) Type 5, (6) Type 6

I. ábra Különböző fácán típusok

Figure 1 Types of pheasants

A fácán állományalakulása Magyarországon

A fácán magyarországi állományváltozásáról Szendrei (2006) közöl összefoglaló adatokat. Ezek szerint az 1800-as években a magyarországi éves teríték 40-50.000 példány között alakult. 1913-ban már 289.000 db-os éves terítéket számoltak össze. A II. világháborúig a legnagyobb teríték 327.000 db volt, majd az 1950-es évekre a teríték 70-80.000 példány körülire esett vissza. 1960-1970 között átlagosan 167.000

db-ot ejtettek el egy év alatt (Szendrei 2006). Ezt követően kezdődött meg a fácán intenzív nevelése és a kibocsátások növekedése, melynek hatására a hetvenes évek közepére a becsült országos fácán állomány meghaladta a 2,4 milliót. 1979-től a fácán állomány újra erőteljes csökkenésnek indult, annak ellenére, hogy a kibocsátások tovább emelkedtek. Amíg az 1980. évi tavaszi törzsállomány kb. 1.800.000 példány volt, 10 évvel később, már csak 1.100.000 fácánra becsülték a hazai állományt (Szendrei 2006). 1986-tól a kibocsátott mennyiség már meghaladta a tavaszi törzsállományt, majd a rendszerváltás után 1.000.000 példány alá csökkent az évenkénti kibocsátás. A mélypont 1994-ben volt, ekkor a tavaszi becsült állomány 627.000 példány. 1996-ban az országos törzsállomány 821.439 db volt. 1997-ben a tavaszi becsült állomány alig haladta meg a 645.495 db-ot. A 2002-es tavaszi becslés 824.812 fácánra tette a hazai állományt (Szendrei 2006). A hasznosítás az 1996-os 405.458 példányról, 2001-re 536.870-ra emelkedett. A kibocsátás viszont az 1996-os 924.010 példányról 798.056-ra csökkent 2001-re (Csányi 2002). A kibocsátások csökkenése ellenére emelkedő törzsállomány növekedést az élőhelyek kevésbé intenzív mezőgazdasági hasznosítása, és az élőhely fejlesztések megjelenése eredményezte. Az utóbbi tizenöt év adatai stagnálást, vagy mérsékelt csökkenést mutattak, évente változó mértékben (Csányi et al. 2017).. Az Országos Vadgazdálkodási Adattárban a fácán jelentett állománya 2016. tavaszán 581.518 példány volt, amely -7,76%-os csökkenést jelent 2015. évi tavaszi állományhoz képest. A kibocsátott fácánok száma a 2016/2017. vadászati évben csökkent (476.811 pld., -4,01%), de a teríték nagysága nőtt (382.031 pld, +3,3%). A fácán jelentett létszáma 2017. tavaszán 558.771 példány volt, ami az állomány nagyságának további csökkenését (-3,91%) jelenti (Csányi et al. 2017).

A fácántenyésztés problémái

Már a 80-as évek elején kritikaként fogalmazódott meg, hogy a hazai fácán tenyésztelepeken nem a szigorú utóellenőrzés mellett végzett, a kívánatos tulajdonságokra szelektált, szakszerű tenyésztés folyik, hanem egyszerű, mennyiségre törekvő, profitorientált szaporítás (Homonnay 2007). Hazánkban éves viszonylatban közel 1 millió fácán kerül forgalomba. A magyarországi fácántenyésztés csupán csak

fácán szaporítás volt az elmúlt évtizedekben. Sem a rendelkezésre álló tiszta vérvonal szaporítása, sem pedig valamilyen tenyészcél szerinti szelektálás nem történt meg. Így a rendelkezésre álló alfajok keresztezése történt. Így alakult ki az a rendkívül heterogén állomány, amelyben az egyedi színek, testtömegek, repülési képességek jelentősen eltérnek (Urbán 2011).

Nagy (1984) vizsgálatai alapján a területek törzsállománya nagymértékben csökkent, mely a fácánhasznosulásra is negatív hatással van. Megítélése szerint az intenzív tenyésztés eredményei is romló tendenciát mutattak, aminek okát az élőhely változásában, az alkalmazott technológiában, a rossz törzsanyag utánpótlásban, valamint a szakmai ismeretek hiányában látta. Nagy (1984) megállapította, hogy a vadgazdák felismerve a természetes állományokban bekövetkezett veszteségeket, a megnövekedett vadászati igény biztosítása érdekében az állományt mesterséges, zárttenyésztésből származó anyag telepítésével pótolták. Faragó és Náhlik (1997) szerint a rendszerváltás után a vadgazdálkodók reális anyagi helyzete nem tette lehetővé a korábbi szintű tenyésztést, ami a fácán törzsállomány visszaesését okozta. A forráshiány még ma is jellemzi az ágazatot, ezért a hatékonyság és a bevételek növelése elsődleges célja kell legyen a gazdálkodóknak. Ennek egyik módja lehet a piaci igények lehető legteljesebb körű kielégítése, aminek előfeltétele a vadászvendégek preferenciáinak, valamint a rendelkezésre álló törzsállományok értékmérő tulajdonságainak megismerésére alapozott szelekció, a jelenleginél tudatosabb tenyésztői munka.

Morfometriai vizsgálatok

Nagy (1984) a fácánok megjelenésére vonatkozó adatokat közöl. Ezek alapján kifejezett fácán kormány- vagy faroktollainak száma 18 db, ebből a két középső lényegesen hosszabb a többinél. Hosszúságuk 21-24 hetes korra fejlődik ki. A farokfedőtollak száma 14 db. Mindkét nem esetében hátrafelé, ék alakban nyúlik ki. A közönséges fácán faroktollainak átlagos hossza 42 cm, a kínai örvös fácán esetében a faroktollak átlagos hossza 47 cm, a mongol fácán 48 cm-es átlagos farokhosszal rendelkezik, a japán zöld fácán 36 cm-es átlagos farokhosszával lemarad a felsoroltakhoz képest. Az elsőrendű evezőtollak száma 10 db, a másodrendű evezőké 12 db, a fiókszárny három tollból áll.

A kakasok esetében a tollazat a testtömeg 9,4%-a. A közönséges fácán átlagos szárnyhossza 25 cm, a kínai örvös fácán 28 cm-es átlagos szárnyhosszal rendelkezik, a mongol fácán szárnyhosszának átlagos hossza 29 cm. A fácánkakasok esetében testtömeg tekintetében is jelentős különbségeket figyeltek meg a zárttéri és a vad fácánok viszonylatában (Nagy 1984, Faragó 2007). A zárttéri tenyésztésben élő tenyészanyag átlagsúlya 16%-kal nagyobb, mint vadon élő populációké. A közönséges fácánkakas átlag testtömege 1,2-1,3 kg, a kínai örvös fácánkakas 1,1-1,5 kg-os, a mongol fácánkakas 1,6-2,0 kg átlagos testtömeggel rendelkezik, a japán zöld fácánkakas kb. 1 kg, az angol sötét vadászfácán 1,1-1,2 kg testtömegű.

Kromatometriai vizsgálatok

A madarak tollainak színe rendkívül változatos, gyakran élénk és ezt nagyrészt statikusnak gondolják (Andersson és Prager, 2006). Faragó (1994) kifejti, hogy a tollak színét a pigment tartalom és a tollsejtek fénytörése határozza meg. Saggese *et al.* (2008) a tollazat színének és felépítésének vizsgálatai alapján kimutatta, hogy a tollak elhalt keratin sejtekből állnak, amikben nem találhatók erek vagy idegek s ezért az állat nem tudja közvetlenül befolyásolni kültakarója színét és ez a tulajdonság nincs összefüggésben az élettani kapcsolataival, kivéve a tollak fejlődési szakaszait. A tollak színe tehát nagyon sok tényezőtől függ. Objektív meghatározásukra műszeres mérésre és végig azonos körülményekre van szükség. Molnár *et al.* (1997) az előbbi gondolatokat kiegészítve taglalja, hogy a toll szivacsos struktúrája és rendezetlenül elhelyezkedő keratinszemcséi révén jól szórja az UV-fényt, valamint a toll üregeit kitöltő anyag törésmutató változása is hozzájárul a visszaverő képességhez. Így ezeket a tollakat ultraibolya tartományban vizsgálva sokszor teljesen más mintákat és színeket kapunk, mint a látható fényben. Radácsi *et al.* (2006) a színek gyakorlatban megjelenő hasznát fejti ki, hiszen az állatok színe, speciális jegyeik az állattenyésztésben igen nagy szerepet játszanak. Horn (1971) írásában közli, hogy a testfelület színe, a szín megoszlása és rajzolata a kvalitatív tulajdonságok közé tartozik. Ezek jellemzője, hogy kevésbé függenek a külső környezettől, nem fejezhetők ki mértékegységgel. A szín, mint egyedi küllemi bélyeg egyes esetekben egyértelmű fajtajelleg. Tóth (2006) a szín meghatározásához szükséges chromameter gyakorlati hasznát hangsúlyozza, hiszen a

szín kategoriális tulajdonságként való kezelése, a szubjektív megítélésből eredően számos félreértésre ad lehetőséget, amelyek a chromameter használatával kiküszöbölhetőek. Nagy (1984) meghatározta, hogy a fácánkakasokat két csoportba, az örv nélküli és az örvvel rendelkezők közé sorolhatjuk. Az nyakörv nélküli vadászfácánok a közönséges vagy cseh fácán, valamint az angol sötét vadászfácán. A nyakörvet viselő fácánok közé tartozik a mongol fácán, a kínai örvös fácán, a formóziai fácán, és a pennsylvániai fácán. Nagy (1984) vizsgálatai szerint a hazai fácánállomány 86%-ában fordul elő a fehér nyakörv. A legtöbb nyakörvvel rendelkező fácánkakast Szolnok megyében regisztrálták, a legkevesebb nyakörves fácánt pedig a szabolcsi területén, mintegy 31%-ot.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Online kérdőíves felmérés

A kérdőívvel (I1) a belföldi vendégvadászok fácánokkal szemben támasztott piaci igényeinek felmérése volt a cél. A kérdőívet különböző internetes vadászati jellegű fórumon, valamint közösségi oldalakon tettük közzé. A kérdőív 2016 július elseje és 2016 szeptember harmincadika között volt elérhető, az eredmények értékelése során ezen időszak alatt beérkezett válaszokat vettük alapul. Összesen 10 kérdés segítségével vizsgáltuk a hazai vadászok fácánokkal kapcsolatos elvárásait és fácánvadászattal kapcsolatos szokásait. A kérdőívre mintegy 275 kitöltés érkezett.

Mintagyűjtés

A vizsgálatokban szereplő egy éves kakasok a Perjési és Társa Mezőgazdasági Kft. fácánnevelő telepének törzsállományából származtak (n=161). A tenyésztelep Bács-Kiskun megyében Kecel közelében található, a telep 10 ha-on terül el. Évente 500.000 db tojással és 200.000 db naposcsibével dolgoznak, ebből 70.000 db-ot nevelnek előnevelt és felnőtt korig. 9500 tojótyúk, 70.000 db-os keltető és 27.000 db-os bújtatókapacitás jellemzi őket. 30.000 db fácán vadászkiészre nevelését végzik évente. Jelenleg 8 országba szállítják termékeiket folyamatosan.

Főleg az egyszerű vadászfácán és mongol fácán tenyésztésével foglalkoznak, azonban kis számban más alfajok is megtalálhatóak állományukban.

Morfometriai vizsgálat

A kiválasztott testtájak morfológiai adatait mérőszalag segítségével rögzítettük. Egyedenként mértük a jobb szárnyhosszt (a szárny kinyújtott állapotában a váll ízületől a legkülső evezőtoll hegyéig), a farok hosszát (a leghosszabb farktoll teljes hossza) és a farok szélességet (a farktollak összességének szélességi mérete a farok tövén). A vizsgálatban csak ép tollazattal rendelkező madarak méreteit használtuk fel. A testtömeget digitális akasztós zsebmérleggel rögzítettük. A szárnyhossz és a testtömeg értékeiből a kakas repülési képességére lehet következtetni. A farok szélességére és hosszúságára vonatkozó értékek pedig a trófea minőségével vannak összefüggésben.

Kromatometriai vizsgálat

A tollszín vizsgálatok objektív módon történő vizsgálatát egy Minolta Chromameter CR-410 típusú műszerrel végeztük el. A műszert minden használat előtt az előírásoknak megfelelően kalibráltuk. A műszer a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (CIE) által 1976-ban kidolgozott $L^*a^*b^*$ színrendszer alapján végzi a színek objektív meghatározását (I2). Az L^* érték a szín intenzitását mutatja egy 0-100-ig terjedő skálán, ahol az alacsonyabb értékek a sötétebb színeket jelölik. Az a^* érték egy +60-tól -60-ig terjedő skálán jelzi a szín vörös-zöld, a b^* érték pedig (szintén egy +60-tól -60-ig terjedő skálán) a sárga-kék összetevőit. A pozitív értékek mindkét esetben a szín intenzitását jelzik. A három érték együtt ($L^*a^*b^*$) határozza meg a vizsgált szín helyét a 3D színrendszerben (Tóth 2006). A kakasokon három ponton végeztünk méréseket. A mellen (M), a háton (H) és a jobb szárnyapajzson (S).

Alkalmazott statisztikai modell

Az adatok rögzítése és statisztikai értékelése Microsoft Excel (Microsoft 2007) és IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM Corp. 2012) programok segítségével történt. Mind a

morfometriai, mind a kromatometriai vizsgálat esetében meghatároztuk a mért jellegek leíró statisztikai értékeit. A mért változók közötti összefüggéseket mindkét vizsgálat esetében Pearson-féle korrelációs együttható segítségével vizsgáltuk.

EREDMÉNYEK

Online kérdőíves felmérés

1. kérdés: Évente milyen rendszerességgel vesz részt fácánvadászatokon?

A válaszadók fácánvadászatokon való éves részvételére irányult. A 275 válaszadó 43,6%-a 1-4 alkalommal, 22,9%-a 5-8 alkalommal, 14,5%-a 9-12 alkalommal és 18,9%-a 12 alkalomnál többször vesz részt fácánvadászatokon.

2. kérdés: A vad-, illetve a nevelt fácán vadászatát kedveli jobban?

A vad-illetve nevelt fácánok vadászatának kedveltségére irányult. A 275 válaszadó 94,2%-a a vad fácán vadászatát, 5,8%-a pedig a nevelt fácán vadászatát preferálja jobban.

3. kérdés: Kérem válassza ki az alábbi képeken szereplő fácántípusok közül azt/azokat, amelyet/amelyeket szívesen terítékre hozna! Döntését kérem indokolja!

6 különféle fácántípus közül, bármely tulajdonságok alapján lehetett tetszés szerint egy vagy akár több variációt választani. Választásukat szövegesen indokolniuk kellett. Választható típusokat az 1. ábra mutatja be. Az 1. típust a 275 válaszadó 73,1%-a választotta, a 2. típust 42,5%, a 3. típust 29,5%, a 4. típust 24,4%, az 5. típust 30,9%, a 6. típust pedig 36% választotta. Akik az első két típust választották leginkább azzal indokolták döntésüket, hogy küllemileg ezek a legmegszokottabb alfajok és szívesebben is hozzák őket terítékre, mint a többi felsorolt típust. Akik a ritkábban előforduló 4., 5., 6. típust választották leginkább a tollazat színével, különlegességével, ritkaságával indokolták ezeket. Némelyek szerint a színesebb, különlegesebb tollazattal bíró kakasok szebben mutatnak a terítéken, esetenként mert szépek és kiválóan repülnek, utalva ezzel a kínai- és király fácánra.

4. kérdés: Mennyire számít önnek egy fácánvadászat során a kakasok faroktollainak hossza?

A fácán trófea egyik fő morfológiai tulajdonságára, a fark hosszára irányult ez a kérdés. A válaszadók 61,8 %-a számára fontos, hiszen minél hosszabb a faroktoll, annál mutatósabb a trófea. 38,2% számára lényegtelen volt ez a tulajdonság.

5. kérdés: Ha a vadászat során sikerül önnek egy, a megszokottól sötétebb tollazatú kakast terítékre hoznia, az az ön számára:

A válaszadók 78,2%-a számára mindenképpen különleges, akár preparáltatni is fogja azt, 21,8% szerint lényegtelen.

6. kérdés: Vadászat során a fácánkakasok repülése tekintetében önnek fontosabb, ha:

- a, a kakasok magasan repülnek
- b, a kakasok alacsonyan gyorsan repülnek
- c, a kakasok magasan és gyorsan repülnek
- d, nem érdekel milyen módon repülnek.

Ez a kérdés a kakasok egyik értékmérő tulajdonságának, a repülés magasságának és sebességének kedveltségére irányult.

A válaszadók 53,8%-a számára fontos, hogy a kakasok magasan és gyorsan repüljenek, 13,5%-át nem érdekli, hogy a kakasok milyen módon repülnek. 24% azt kedveli, ha a fácánok magasan repülnek, 8,7% előnyben részesíti, ha a kakasok gyorsan repülnek.

7. kérdés: Az önök vadásztársasága végez fácánnevelést?

Ebben a kérdésben arra voltunk kíváncsiak, hogy a vadásztársasági tagsággal rendelkező válaszadók hány százalékának a vadásztársasága végez fácán nevelést. A válaszadók 74,5 %-a nem, 25,5%-a pedig végez fácán nevelést.

8. kérdés: Milyen előnyeit/hátrányait ismerik a nevelt fácán kibocsátásának?

Ez a kérdés arra irányult, hogy a vadászok hogyan értékelik a nevelt fácán vadászatát, tehát milyen negatív és milyen pozitív hatásait ismerik. A válaszok mind

negatívumokban mind pozitívumokban meglehetősen egyöntetűek voltak. 129 kitöltő adott választ erre a kérdésre.

Előnyként ismerték el, hogy rövid idő alatt mindenki vadászélményhez vagy inkább lövéshez jut. Némelyek szerint a kibocsájtás jó, mivel stabilan tartja a vad fácánállományt és vérfrissítésként is kiváló. További pozitívum, hogy természetben kiengedve könnyebben zsákmányolják a predátorok a nevelt madarakat, emiatt kevésbé sérül a vad populáció. A legfontosabb előnyként említik sokan, hogy vadászata nagy bevételt jelent a vadásztársaságok számára. Egy válaszadó pedig úgy vélekedik, hogy minden mai vad fácánt egykoron kibocsátottak így csak előnye lehet.

Hátrányként jóval több tényezőt említettek. A szabad területre kihelyezve fertőzhetik a természetes állományt. Vadászatok során nem igazán akarnak repülni, kicsit buták, láb mellől kelnek, nagyon zsírosak. Nevelésük költséges, ami miatt sok társaság nem foglalkozik neveléssel. A természetbe kiengedve nem igazán szaporodnak, életképtelenek, a tyúkokban nem alakul ki a kottlóláz így nem fognak csibéket vezetni.

9. kérdés: Ha fácánneveléssel foglalkoznak, akkor milyen típusú fácán nevelésére szakosodtak? (Amennyiben a felsoroltakon kívül más típusú fácánt tenyésztenek, kérem sorolja fel!)

Ebben a kérdésben a válaszadóknak azt kellett meghatározniuk, hogy az ő vadásztársaságuk a felsorolt alfajok közül melyekre specializálódtak, valamint más alfajt is megjelölhettek.

A választható lehetőségek: Angol sötét vadászfácán, Formóziai fácán, Király fácán, Mongol fácán, Kínai zöld fácán, Egyszerű vadászfácán.

A 117 válaszadó 11,1%-a angol sötét vadászfácán, 4,3%-a formóziai fácán, 6%-a király fácánt, 14,5%-a mongol fácán, 0,9%-a kínai zöld fácán és 76,1%-a egyszerű vadászfácán nevelésével foglalkozik. Volt olyan válaszadó is, aki az egyszerű vadászfácánt és az angol sötét vadászfácánt keresztezi király fácánokkal.

10. kérdés: Ön rendelkezik az otthonában fácántrófeával?

A kérdéssel a fácán trófeák kedveltségét, jelentőségét kívántuk mérni.

274 válaszadó 73,4%-a nem rendelkezik otthonában fácántrófeával, míg a válaszadók 26,3%-a igen.

Morfometriai és kromatometriai vizsgálatok

Az 1. táblázat a vizsgálatban felhasznált morfometriai jellemzők leíró statisztikai adatait mutatja be. A 2. táblázatban látható a különböző morfometriai jellemzők értékeinek egymáshoz viszonyított korrelációja. A 3. táblázat a három testtájon mért $L^*a^*b^*$ értékek leíró statisztikai adatait adja meg. A 4. táblázat a különböző testtájak $L^*a^*b^*$ értékeinek és az örv típusának egymáshoz viszonyított korrelációját mutatja be.

1. táblázat A vizsgálatban felhasznált morfometriai jellemzők leíró statisztikai adatai

Table 1 Descriptive statistics of the morphometry datas used in the study

Megnevezés	N (1)	Mintaterjedelem (2)	Minimum (3)	Maximum (4)	Átlag (5)	Szórás (6)
Szárnyhossz (8)	161	14,00	25,00	39,00	34,700	2,040
Farokhossz (9)	112	46,00	28,00	74,00	44,120	7,424
Farok szélesség (10)	140	7,00	6,00	13,00	9,757	1,269
Testtömeg (11)	161	4,23	1,54	4,23	3,183	0,468

(1) Sample numbers, (2) Range, (3) Minimum, (4) Maximum, (5) Mean, (6) Std. Deviation, (7) Variance, (8) Wing length, (9) Tail length, (10) Tail width, (11) Weight

2. táblázat A különböző értékmérők értékeinek egymáshoz viszonyított korrelációja

Table 2 Correlation of the different body traits

		Szárnyhossz (1)	Farokhossz (2)	Farok szélesség (3)	Testtömeg (4)
Szárnyhossz (1)	Pearson korreláció (5)	1	,217*	,277**	,168*
	Szignifikancia (6)		,021	,001	,034
	N (7)	161	112	140	160
Farokhossz (2)	Pearson korreláció (5)	,217*	1	,249**	,391**
	Szignifikancia (6)	,021		,008	,000
	N (7)	112	112	112	112
Farok szélesség (3)	Pearson korreláció (5)	,277**	,249**	1	,188*
	Szignifikancia (6)	,001	,008		,027
	N (7)	140	112	140	139
Testtömeg (4)	Pearson korreláció (5)	,168*	,391**	,188*	1
	Szignifikancia (6)	,034	,000	,027	
	N (7)	160	112	139	160

* p<0,05; ** p<0,01

(1) Wing length, (2) Tail length, (3) Tail width, (4) Weight, (5) Pearson Correlation, (6) Sig. (2-tailed), (7) Sample numbers

3. táblázat A három testtájon mért L*a*b* értékek leíró statisztikai adatai

Table 3 Descriptive statistics of the L*a*b* values measured on the three body areas

	N (1)	Mintaterjedelem (2)	Minimum (3)	Maximum (4)	Átlag (5)	Szórás (6)	Variancia (7)
ML (8)	161	79,40	11,80	91,20	27,364	6,541	42,788
Ma (9)	161	25,30	,00	25,30	11,281	2,456	6,035
Mb (10)	161	25,02	-3,60	21,42	7,939	3,363	11,313
HL (11)	161	51,90	20,00	71,90	32,233	5,640	31,808
Ha (12)	161	87,01	3,29	90,30	8,520	6,898	47,594
Hb (13)	161	24,60	-5,40	19,20	11,362	3,838	14,730
SL (14)	161	67,17	,00	67,17	52,968	7,736	59,848
Sa (15)	161	17,00	,00	17,00	2,705	2,367	5,601
Sb (16)	161	20,130	,000	20,130	8,507	3,921	15,375

(1) Sample numbers, (2) Range, (3) Minimum, (4) Maximum, (5) Mean, (6) Std. Deviation, (7) Variance, (8) Lightness value of breast, (9) Red/Green opponent of color of breast, (10) Yellow/Blue opponent of color of breast, (11) Lightness value of back (12) Red/Green opponent of color of back, (13) Yellow/Blue opponent of color of back, (14) Lightness value of right wing shield, (15) Red/Green opponent of color of right wing shield, (16) Yellow/Blue opponent of color of right wing shield

4. táblázat A különböző testtájak L*a*b* értékeinek, és az örv típusának egymáshoz viszonyított korrelációja

Table 4 Correlation between L*a*b* values of different body areas and the type of the ring

	ML (1)	örv (2)	Ma (3)	Mb (4)	HL (5)	Ha (6)	Hb (7)	SL (8)	Sa (9)	Sb (10)
ML (1)	1	-,312**	,134	,327**	,208**	,022	-,233**	-,079	,560**	,098
örv (2)	-,312**	1	,291**	,242**	-,489**	-,022	,347**	,490**	-,595**	,089
Ma (3)	,134	,291**	1	,289**	,093	,126	-,077	,076	,177*	-,004
Mb (4)	,327**	,242**	,289**	1	,104	-,075	,376**	,290**	-,075	,236**
HL (5)	,208**	-,489**	,093	,104	1	,041	,058	-,100	,424**	-,092
Ha (6)	,022	-,022	,126	-,075	,041	1	-,009	-,089	,116	-,239**
Hb (7)	-,233**	,347**	-,077	,376**	,058	-,009	1	,385**	-,525**	,090
SL (8)	-,079	,490**	,076	,290**	-,100	-,089	,385**	1	-,450**	-,023
Sa (9)	,560**	-,595**	,177*	-,075	,424**	,116	-,525**	-,450**	1	,235**
Sb (10)	,098	,089	-,004	,236**	-,092	-,239**	,090	-,023	,235**	1

* p<0,05; ** p<0,01

(1) LIGHTNESS VALUE OF BREAST, (2) RING, (3) RED/GREEN OPPONENT OF COLOR OF BREAST, (4) YELLOW/BLUE OPPONENT OF COLOR OF BREAST, (5) LIGHTNESS VALUE OF BACK (6) RED/GREEN OPPONENT OF COLOR OF BACK, (7) YELLOW/BLUE OPPONENT OF COLOR OF BACK, (8) LIGHTNESS VALUE OF RIGHT WING SHIELD, (9) RED/GREEN OPPONENT OF COLOR OF RIGHT WING SHIELD, (10) YELLOW/BLUE OPPONENT OF COLOR OF RIGHT WING SHIELD

KÖVETKEZTETÉSEK

A tanulmány célja a hazai fácántenyésztés friss információkkal való ellátása volt a piaci igényekkel, valamint a vadászati értékkel összefüggésbe hozható tulajdonságokkal kapcsolatban. Ehhez online kérdőíves felmérést végeztünk a vadászvendégek körében, továbbá morfológiai és kromatometriai adatfelvételeket fácántelepi törzsszállományban. Az eredmények alapján elmondhatjuk, hogy a válaszadók közel fele (44%) 1-4 alkalommal, további 23% 5-8 alkalommal vesz részt évente fácán vadászaton. Ebből arra következtetünk, hogy a hazai vadászok létszámát is figyelembe véve továbbra is jelentős kereslet tapasztalható a fácánvadászatok iránt. A kitöltők mindössze negyede (25,5%) jelezte, hogy saját társaságukban fácánnevelés folyik. Tehát a hazai tenyésztő telepeken folyó munka jelentős kihatással van az évente kibocsájtásra kerülő állományra. Ezt akár pozitív jelenségnek is értékelhetjük, hiszen a nagy telepeken jobb feltételek adóttak a szakszerű tenyésztési munka kivitelezéséhez és a tenyésztésirányítás is egyszerűbben megoldható. Az ágazatot segítő eredményes tenyésztőmunkához azonban következetességre és helyesen kitűzött tenyészcélokra is szükség van. Ezek meghatározását voltak hivatottak szolgálni a kérdőív további kérdései. Ezek alapján a válaszadó vadászvendégek túlnyomó többsége (94,2%) a vad populációból származó madarak vadászátát preferálja jobban. Az indoklások alapján a vad madarak viselkedése jobban szolgálja a pozitív a vadászélmény megszerzését, míg a tenyésztett madarak vad populációkra gyakorolt negatív hatásait komoly negatívumként értékelik. A vágyott vadászélmény szempontjából nagyon fontos a kakasok gyors és magas röpte. A kitöltők több mint fele (53,8%) ítélte fontosnak ezeket a tulajdonságokat. Az eredmények alapján leszűrhető, hogy fontos lenne kellően elvadított, a természetes környezetben életképebb madarak kihelyezése. A tenyésztés és a nevelés során tehát fokozott figyelemmel kell törekedni ezen tulajdonságok fejlesztésére. A fácán trófea a röpképességgel (a vadászélményt alapvetően befolyásolja) összehasonlítva kevésbé fontos a válaszadóknak. 26,3%-uk őriz otthonában ilyen trófeát. A faroktoll hossza ettől függetlenül nagy jelentőséggel bír az elégedett vadászvendég szempontjából, 61,8 % a minél hosszabb, látványosabb faroktollakat kedveli. A kakasok színe szintén fontos szempont volt a kérdőív kitöltőinek. A hagyományos, vörös dominanciájú 1. és 2. típus volt a legkedveltebb, 73,1% illetve 42,5% választotta őket. A hazai tenyészállományok

gerincét is ezek a típusok adják, így ebben nem látszik szükségesnek jelentős változtatás. A ritkább, elsősorban zöld dominanciával jellemezhető típusok azonban átlagosan 30%-os kedveltséget értek el, így ezek terítékszínezőként való gyakoribb alkalmazása javallott lehet. Annál is inkább, mivel a válaszadók 78,2%-ka örömmel venné, ha sötétebb, vagy intenzívebb egyedeket is sikerülne a vadászat során terítékre hoznia. A fentiekből az következik, hogy a hagyományos szín esetében a tenyésztés során érdemes hangsúlyt helyezni a színek tisztaságának megőrzésére, javítására és az intenzívebb színű vonalakat előtérbe helyezni. Továbbá a gazdálkodóknak célszerű lenne a jelenleginél nagyobb arányban alkalmazni a megszokottól eltérő színezetű alfajokat a teríték színesítése érdekében.

A morfometriai vizsgálat eredményeire rátérve gyenge pozitív korreláció mutatkozott a szárnyhossz és a testtömeg között. Ez arra enged következtetni, hogy a nagyobb szárnyfesztávolsággal rendelkező, jobban repülő példányok nem rendelkeznek szükségszerűen sokkal nagyobb testtömeggel, ami ronthatná a repülési képességet. Tehát céltudatos szelekcióval lehetőség nyílhatna jobb röpképességű vonalak kialakítására a testtömeg nemkívánatos növekedése nélkül. A farokhossz és farok szélesség hasonlóan gyenge, pozitív kapcsolatot mutatott a testtömeggel. A farok méreteit egymással összevetve szintén gyenge pozitív korreláció mutatkozott, ezért a farkotlakk hosszának növelése is kivitelezhetőnek tűnik más jellegek markáns megváltozása nélkül. A morfometriai jellemzők leíró statisztikai adatai lehetőséget biztosítanak a későbbi eredményekkel való összevetésre, mint referencia adatok. A kromatometriai vizsgálatban a vizsgált fácán törzsállomány CIE $L^*a^*b^*$ színértékek objektív meghatározása volt az elsődleges célkitűzés. Ezek az adatok egzakt alapot jelentenek majd a későbbiekben kialakítandó szín szerinti vonalak kitenyésztéséhez. A 4. táblázatban közölt korrelációs értékek alapján elmondhatjuk, hogy a különböző testtípusok és az örv kapcsolatában sikerült a legtöbb esetben szignifikáns korrelációt kimutatni. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy az örv, mint könnyen azonosítható jelleg, praktikus eszközként használható fel a kakasok színtenyésztése során. A mell és a hát világossági (L^*), illetve a szárny a^* (vörös-zöld) értéke, valamint az örv jelenléte között negatív a kapcsolat iránya, tehát az örv megjelenésével és kifejezettebb kiterjedésével a mell és hát színe sötétedik, a szárny színe pedig a zöld tónus irányába mozdul el. Ez a kapcsolat felveti a széles örvvel rendelkező egyedek pozitív diszkriminációját a

szelekció során, mely által előmozdítható a teltebb, intenzívebb tollszín elérése is. Az örv megléte azért is kívánatos, mert a legkedveltebb 1. típuson szintén domináns jellegként jelenik meg.

Az eredmények naprakész információkat szolgáltatnak a fácán vadászatokon résztvevő vadászvendégek nevelt fácánokkal kapcsolatos piaci igényeiről, ezáltal segítve a hazai fácántenyésztésben a piaci igényeknek megfelelő célkitűzések megfogalmazását. A morfometriai és kromatometriai vizsgálatok a vadászati szempontból értékes tulajdonságok fejlesztéséhez járulhatnak hozzá a különböző jellegek közötti kapcsolatok összefüggéseinek feltárásával, továbbá referencia adatbázist jelenthetnek későbbi vizsgálatok számára is.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.

Assessment of market demands of Pheasant (*Phasianus colchicus*) cocks and opportunities for developing their production traits

ZOLTÁN BAGI¹ - BEÁTA DANKU² - SZILVIA KUSZA³

¹ University of Debrecen, Institutes for Agricultural Research and Educational Farm

² Perdix Szövetkezet, Sződ

³ University of Debrecen, Animal Genetics Laboratory

SUMMARY

The aim of the present work was to study those questions about the Hungarian pheasant breeding which could have importance on satisfaction of the hunters with pheasant hunting. We surveyed the image of pheasant breeding in Hungary and the market demands of breeding cocks among hunter guests by an online questionnaire. The results showed that there is a demand for pheasant hunting, which can only be fulfilled by farmed birds. Furthermore, it is needed to improve the flying ability of reared cocks

as well as intense color birds and high value trophies. Morphometric examination was performed in order to improve the flying ability. We have found that the selection aiming enhancement of the wing length would not led to significant increase in body weight, so there is also the possibility to increase the flying ability by means of breeding means. In the case of color examination, the ring was a simply, usable tool in the selection. The use of cocks with large and extended ring can be used to develop the more intense feather colors. The results presented in this study can help to improve the quality of Hungarian pheasant breeding and thus improve the profitability of the sector by revealing previously unknown relationships between hunting value traits.

Keywords: morphometry, chromatometry, selection, trophy hunting values

IRODALOM

Andersson S. – Prager M. (2006): Quantification of coloration. In *Hill, G. E. – McGraw, K. J. (szerk.): Bird Coloration, Vd:1: Mechanism and Measurement.* Harvard University Press, Cambridge.

Bodnárné S. E. (2013): Zárttéri vadtenyésztés. Kézirat, SZTE MGK.

Csányi S. (2002): Országos Vadgazdálkodási Adattár 2001/2002. Gödöllő.

Csányi S. – Márton M. – Kovács V. – Kovács I. – Putz, K. – Schally. G. (2017): Vadgazdálkodási Adattár - 2016/2017. vadászati év. Országos Vadgazdálkodási Adattár. SZIE, VadVilág Megőrzési Intézet, Gödöllő..

Faragó S. (1994): Vadászati állattan és etológia. Egyetemi jegyzet. EFE-EK, Sopron.

Faragó S. (2007): Vadászati állattan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Faragó S. – Náhlik A. (1997): A vadállomány szabályozása. A fenntartható vadgazdálkodás populációökológiai alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Homonnay Zs. (2007): Végveszélyben a magyar fácán. Magyar Vadászlap. 16, (4) 221-223.

Horn A. (1971): Állattenyésztési Enciklopédia. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

II. (2017): Vadászvendégek fácánvadászati preferenciáinak felmérése. Online kérdőív. <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSepo4vCHWNV9VLUZHhI0SP5bb-3mLcWZ7HG3vwfSzOy4ZSAVQ/viewform>. Utolsó elérés: 2017.12.03.

I2. (2015): CIE (Commission internationale de l'éclairage). <http://www.cie.co.at>. Utolsó elérés: 2017.12.03.

IBM Corp. (2012): Released 2012. IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 21.0. Armonk.

Kőhalmy T. (1994): Vadászati Enciklopédia. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Microsoft. (2007): Microsoft Excel. Redmond, Washington.

Molnár G. – Blaha B. – Horváth G. (1997): Látás az ibolyán túl: Az ultraviola fény érzékelésének elterjedése és szerepe az állatvilágban. Természet Világa. 128, (4) 155-159.

Nagy E. (1984): A fácán és vadászata. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Péterfay J. 1936: A fácán szaporodás biológiája, Erdészeti Lapok 75. évf. 5. sz. pp. 417.

Radácsi A. – Béri B. – Bodó I. (2006): Objective measurement of coat color varieties in the hungarian grey cattle. Proceedings of the 57th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. 307.

Saggese M. D. – Tizard I. – Phalen D. N. (2008): Mycobacteriosis in naturally infected ring-neck doves (*Streptopelia risoria*): investigation of the association between feather color and susceptibility to infection, disease and lesions type. Avian Pathology. 37, (4) 443-450.

Széchenyi Zs. (1965): Ünnepek. Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest.

Szendrei L. (2006): A hazai fácánfélék élőhely preferenciája tiszántúli agrárkörnyezetben. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem, Debrecen.

Tóth Zs. (2006): A lovak színének vizsgálata kvantitatív genetikai módszerekkel. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem, Debrecen.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

BAGI ZOLTÁN

Debreceni Egyetem

Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság

4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

E-mail: bagiz@agr.unideb.hu

DANKU BEÁTA

Perdix Szövetkezet

2134 Sződ, Rátóti u. 1.

E-mail: danku.beata95@gmail.com

KUSZA SZILVIA

Debreceni Egyetem

Állatgenetikai Laboratórium

4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

E-mail: kusza@agr.unideb.hu



**A mezőgazdasági vállalkozások számának és tevékenységének vizsgálata a
Szigetköz (agglomerációs) településein**

HORVÁTH ESZTER
Széchenyi István Egyetem
Kautz Gyula Gazdaságtudományi Kar
Gazdasági Elemzések Tanszék

ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdaság térvesztése, termelő szerepének csökkenése a szolgáltató szerep javára, a fenntartható mezőgazdaság érvényre juttatása napjaink alapvető problémái és kérdései közé tartoznak. A vázolt problémák megoldása közben ügyelni kell az agrárium multifunkcionális jellegének megőrzésére és hasznosítására a vidékfejlesztésben, a foglalkoztatásban, a tájra jellemző helyi termékek előállításának támogatásában és hangsúlyozásában. Mindezen kérdések hatványozottan jelentkeznek a városkörnyéki térségek mezőgazdaságában, az agglomerációk agráriumában az emelkedő lakosság számának, a kitelepülők növekvő otthoni termései, a mezőgazdasági tevékenység degradálódásának, ugyanakkor az ott letelepültek tudatos élelmiszer vásárlási és fogyasztási szokásainak, a hétköznapi délutáni vagy hétvégi szolgáltatások, stb. igénybevételének köszönhetően.

Tanulmányomban az agglomerációs mezőgazdaság hazai vizsgálatának kezdő lépésére vállalkoztam a győri agglomeráció szigetközi településeinek mezőgazdaságára vonatkozó adatainak áttekintésével és összehasonlításával az agglomerációtól távolabb eső településekével. Elsőként a térségben regisztrált társas vállalkozások számával és tevékenységi körének vizsgálatával foglalkoztam. Arra kerestem a választ, hogy a térségi adottságok, gazdasági-társadalmi folyamatok hogyan alakítják a tájegység településeinek mezőgazdaságát, ezen belül is az agrárvállalkozások számát, tevékenységi körét. Feltételeztem, hogy a mezőgazdasági hagyományoknak, a gazdasági folyamatoknak, Győr befolyásoló hatásának jelentős szerepe van a számok alakulásában. Feltételezésem csak részben igazolódott, mert (egyelőre) nincs

szignifikáns különbség a mezőgazdasági vállalkozások számában az agglomerációs és az agglomerációhoz nem tartozó települések között.

Tevékenységüket értékelve azonban lényeges eltéréseket tapasztalhatunk. Az agglomerációhoz nem tartozó településen nagyobb számban találkozhatunk gazdasági állattal, színesebb az előállított mezőgazdasági termékek köre, megjelennek a közösség által támogatott mezőgazdaság formái is. A győri agglomeráció településein ugyanakkor a mezőgazdasági szolgáltatások (lovasszolgálat, horgászat) előtérbe kerülése mutatható ki a szántóföldi növénytermesztés dominanciája mellett.

Véleményem szerint a téma terület összetettsége, szerteágazó hatása a jövőben ráirányíthatja a figyelmet az agglomerációkban elhelyezkedő települések mezőgazdaságában érvényesülő tendenciák szélesebb körű vizsgálatára.

Kulcsszavak: GYIK, győri agglomeráció, mezőgazdasági vállalkozások, agglomerációs mezőgazdaság, Szigetköz

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Győr és térsége gazdasági súlyát vizsgáló tanulmányok szerint Győr és vonzáskörzete Magyarország egyik legfejlettebb és legerősebb gazdasági pólusának tekinthető. 2010-ben a Győri Járműipari Körzet (GYIK) a megyei GDP 68,1%-ának megfelelő hozzáadott értéket generált. Ennek 88,7%-a, a megyei érték 60,4%-a Győrben termelődött (Dusek *et. al.* 2015).

A térség gazdaságára a legjelentősebb hatást a Győrött megtelepedett AUDI gyárkomplexum és az arra épült ipari és kiszolgáló bázis gyakorolja, melynek hatására Győr és térségének infrastruktúrája, ezáltal az agrárium által előállított termékekre fizetőképes kereslettel jelentkező népessége ugrásszerűen növekedett.

A területi gazdaság legfontosabb mutatói (társadalmi, gazdasági, földrajzi stb.) szerint a megye nem tekinthető homogénnek. Alapvetően Győr-Moson-Sopron megye egy gazdaságilag fejlett, dinamikus növekvő megye, ugyanakkor az eltérő fejlettség és dinamika következtében, illetve a tradicionális és újonnan kialakuló gazdasági kapcsolatrendszerek által lehatárolt gazdasági dimenzióban nem beszélhetünk egységes megyei gazdasági térségről (Győr-Moson-Sopron megye *Területfejlesztési Konceptiója*, 2013). Ezt támasztja alá Dusek és szerzőtársainak megállapítási is miszerint a GYIK-et

sem kezeljük egyetlen homogén egységként, ezen belül két részterületet különböztetünk meg: Győrt és a város vonzáskörzetét (*Dusek et. al. 2015*).

Az Európai Unió legtöbb tagországára is igaz, hogy jelentős fejlettségbeli különbségek vannak az országhatárokon belül. Jelentős fejlettségbeli eltérést mutatnak a városi, illetve a vidéki területek. A területi egyenlőtlenségek kialakulásának legfőbb oka, hogy a gazdasági-társadalmi folyamatok térben és időben szüntelenül újraprendeződnek, és e tényezők a világ globalizálódásával csak tovább fokozódnak. Ebben a sokváltozós viszonyrendszerben az újabb és újabb fejlesztési stratégiák kidolgozását elsősorban a régiókon belüli lehetőségekre, az endogén potenciálok kiaknázására, a saját erők megújítására és fejlesztésére kell alapozni az adott térségekben (*Káposzta, 2014.*).

Ezt támasztja alá *Szörényiné (2015)* is, aki összefoglalóan megállapítja, hogy az 1990-es évektől a vidéki gazdaság mélyreható változásokon ment keresztül Nyugat-Európában. A posztproduktivista átmenet megváltoztatta a vidéket is. A mezőgazdaság szerepe lecsökkent, ugyanakkor a rurális terek újfajta hasznosítását hozó új funkciók jelentek meg.

A vizsgált települések közül 13 (Mecsér, Ásványráró, Hédervár, Darnózseli, Lipót, Kimle, Dunaremete, Püski, Kisbodak, Halászi, Máriakálnok, Dunasziget, Dunakiliti) a Mosonmagyaróvári járáshoz (Felső- Szigetköz), 9 község (Győrújfalú, Kisbajcs, Győrzámoly, Vámoszabadi, Győrladamér, Nagybjacs, Dunaszeg, Vének, Dunaszentpál) pedig a Győri járáshoz (Alsó- Szigetköz) tartozik. Röviden az alábbiakban tekintetem át a két járás fontosabb jellemzőit. (*1. táblázat*)

1.táblázat A győri és mosonmagyaróvári járás néhány jellemző adata
Table 1 Attributes of township of Győr and Mosonmagyaróvár

Járás	Népesség (fő)	Lakásállomány (db)	Egy adófizetőre jutó személyi jövedelemadó alapot képező jövedelem, ezer Ft	Regisztrált vállalkozások száma (db) ezer lakosra	Ebből: társas vállalkozások száma (db) ezer lakosra
Győri járás	188162	78 749	2 020	164	62
Mosonmagyaróvári járás	73135	28 155	1 712	129	41

Forrás: Magyarország településhálózata. Agglomerációk településegységek. (2014) KSH Kiadvány

A győri agglomerációhoz 67 település tartozik. A vizsgált Alsó-szigetközi települések közül mindegyik a győri agglomeráció része (sőt a legújabb kimutatások Hédervárig igazolták az agglomerációs vonzást).

A térség agráriumának vizsgálatakor szem előtt kell tartani, hogy az ilyen típusú településekre – a központ kivételével – jellemző a népességszám gyarapodása, ennek következményeként a felgyorsuló lakásépítési tevékenység. Az agglomerációs térségek települési szerkezetének kialakulását döntő mértékben a hálózati infrastruktúra-rendszerek kiépítettsége, felgyorsuló fejlődése és a természetföldrajzi adottságok határozzák meg. *A mezőgazdasági hasznosítású területeket egyre növekvő mértékben veszik igénybe más jellegű hasznosítási céljaira (zöldmezős beruházások, lakásépítés céljaira, vonalas infrastruktúra-rendszerek, nagy bevásárlóközpontok elhelyezésére stb.) (Tóth, 2014.).*

A térség mezőgazdaságának megismeréséhez fontos felvázolni, hogy Szigetközt a termőhelyi adottságok tekintetében, a Duna folyásának megfelelően három körzetre oszthatjuk:

1. Felső-Szigetköz (Rajkától - Cikolasziget - Halászi vonaláig) termőhelyi adottságai (sok a vékony fedőrétegű talaj, kavicsban és általában mélyen a talajvíz) a térségi átlagnál kevéssel rosszabbak. Kimagasló termelési eredményt adó területe nem volt, jó, jó-közepes eredményű területe több is van (mélyebb fekvésű területek).

2. Középső-Szigetköz (Cikolasziget - Halászi vonalától Ásványráróig) adottságai általában a térségi (Szigetköz) átlaghoz közelállóak, vagy kissé jobbakk (több vékony fedőrétegű talaja van; a Dunához közelebbi részein mélyebb fekvésű, magasabb talajvízű területek vannak). Minden évben kimagasló termelési eredményt adó területe több van.

3. Alsó-Szigetköz (Ásványrárótól Vénekig) termőhelyi adottságai a szigetközi átlagnál jobbakk (sok a mélyebb fekvésű, magasabb vízállású területe). Kimagasló termelési eredményt adó területe sok van. A Szigetköz hagyományos zöldségtermő területei jórészt itt találhatóak még még napjainkban is (*Szabó, 2005*).

A térség mezőgazdaságára jellemző:

- állatállomány, gazdaságok számának csökkenése,
- korszerűtlen technika, technológia,
- a kibocsátott állati termékek számának csökkenése,
- vertikális termékpálya hiányosságai,
- a szigetközi természet adta gyepgazdálkodás lehetőségeinek kihasználatlansága,
- gazdálkodók termelési motiváltságának hiánya (*Horváth, 2008*).

Dunaszentpál Településfejlesztési koncepciója (2014) további – nem csak a mezőgazdaságot érintő - veszélyekre hívja fel a figyelmünket: a mezőgazdasági szektor visszaszorulóban van, ennek következtében az agrártermeléstől mindinkább elszakadó lakosság kapcsolata megszűnik a falu közvetlen környezetével. A falvak tovább uniformizálódnak, vidéki karakterük végleg megszűnik, ezáltal az ökoturizmus számára kevésbé vonzó célpontok lesznek. A térség mindinkább az átmenő idegenforgalom közlekedési folyosójává válik, amelyből csak a környezetterhelés csapódik le a településeken. *A lakosság nagy része ingázik nagyrészt Győr és az otthona között, ennek hatására a község „alvó faluvá” válik.*

Az agglomerációs települések mezőgazdaságának vizsgálatánál azok vidékfejlesztésben betölthető, betöltendő szerepére különös és átstrukturált szemlélettel kell tekintenünk, hisz a vidék több mint az élelmiszeralapanyag-ellátás színhelye → új tulajdonságok és dimenziók (pl. rekreáció, biológiai sokszínűség, lakóhely funkció, környezetvédelem, stb.) helyszíne, illetve helyszínévé válik. Mindezek egyértelmű versenyelőnyök a nem-

vidéki területekkel szemben. Már észlelik, sőt mérik, hogy hamarosan az emberekben felébredő természethiány kielégítésének lesz igazi piaca. Mindez az alábbi tényezőkkel igazolható:

- a térhasználat újfajta módjai fedezhetők fel (pl. turizmus, rekreáció, környezetmegőrzés, stb.),
- erősödik a szolgáltatások, az ipar és a technológia terjedése,
- miközben a vidéki területek egyre inkább differenciálódnak (*Horváth, 2017*).

A földhasználat funkcióváltásának két jellegzetes formáját azonosíthatjuk város környéki településeken: a lakó funkciót és a szolgáltató funkciót. Mindkét funkció a városi fogyasztás felerősödéséhez köthető. A földhasználat fő funkciójává a nem termelő funkció vált, párhuzamosan a mezőgazdaság térvesztésével. A város környéki vidék térbeli átalakulása, a földhasználat funkcióváltása alátámasztja a poszt-reaktívista vidék kialakulásának tézisé, melynek lényege, hogy az agrártermelés térvesztésének következményeként a vidék fő funkciójává a termeléssel szemben a fogyasztás válik (*Andersson, 2005*). Az érintett települések, a város környéki vidéki lokalitások pedig alapvetően nyitottak az új igények kiszolgálására, a funkcióváltásra, mert az alapvető termelési formák megváltozása, az agrártermelés térvesztése miatt új megélhetési forrásokra van szükségük (*Csurgó, 2011*).

A mezőgazdasági vállalkozások tevékenységét vizsgálva felrajzolhatók a térségben a „Thünen-körökhöz” hasonló mezőgazdasági zónák. Az eredeti elmélet szerint a földjáradék a megművelt föld minőségétől és a piactól való távolságtól függ. A földjáradék annál nagyobb, minél kedvezőbb a föld piachoz viszonyított helyzete, vagyis minél közelebb van a piachoz. A piactól való távolság dönti el, hogy mit és milyen intenzitással érdemes termelni. A piachoz közel értékükhöz képest nagy súlyú/térfogatú terményeket is lehet termelni, de tőle távol csak olyanokat, melyek értéküknél fogva nagyobb termelési (szállítási) költséget is elbírnak.

A városok körül működő mezőgazdasági vállalkozások tevékenységének struktúráldásához Thünen telephelyelméleti kutatásai nyújthatnak kiindulási alapot (*Dusek, 2013*).

Thünen a maga korában gazdasági tevékenységek térbeliségét elemezte, egyszerűsített térbeli modellje alapján arra kereste a választ, hogy az egyes mezőgazdasági kultúrák

termelése hol helyezkedik el a város, a piac körül. A korabeli termelési viszonyok alapján a termelési zónák elhelyezkedését és sorrendjét a termékegység árának és termelési költségének különbsége, illetve a szállítási költségek (a távolság) függvényében határozta meg. Ezek alapján a következő termelési övezeteket határozta meg a várostól való távolodás sorrendjében:

1. tejtermékek, kertészet,
2. erdőgazdaság (tűzifa és építőanyag),
3. intenzív növénytermesztés,
4. állattartás, dohánytermesztés, pálinkafőzés,
5. vadászat (*Dusek, 2013*).

Véleményem szerint a mezőgazdaság jellemzői, a társadalmi-gazdasági hatások következtében a *modell aktualizálásra* szorul, amely során napjainkban a fentiekén túl más tényezőket kell (inkább) figyelembe venni, mint például:

- vállalkozók motivációit, a gazdaság térbeli működését;
- azt, hogy a városi központtól távolodva előbb az ipari üzemek, azután a lakóövezetek és legkívül a mezőgazdasági térségek helyezkednek el;
- azt, hogy a telepítéseknél a magasan képzett, kreatív munkaerő, a települések szolgáltatásai (agglomerációk, szuburbán térségek) és a környezet állapota felértékelődnek, komplex, egymástól kölcsönösen függő telepítési döntések születnek;
- fogyasztói igényeket, szokásokat, trendeket;
- azt, hogy a mérhető (számszerűsíthető) gazdasági tényezők köre fokozatosan kibővült és a nem mérhető sajátosságok is előtérbe kerültek, stb.

Továbbá, ahogy *Szörényiné (2015)* is kifejti, Európa sok vidéki térségét sújtja a mezőgazdaság szerepének a csökkenése, az elöregedés problémája, a fejlesztés és a megőrzés közötti konfliktus, a magasan képzett munkaképes népesség elvándorlása, az alacsony képzettségűek bevándorlása. Véleménye szerint ezekre a kihívásokra a rurális gazdaság modernizálásához szükséges hajtóerők működésbe hozásával kell felelni. (2. táblázat)

2.táblázat A hagyományos és modern vidéki gazdaság jellemzői

Table 2 Attributes of traditional and modern rural economy

A hagyományos és a modern vidéki gazdaság jellemzői	
A legtöbb foglalkoztatott a szolgáltatási és az ipari szektorban dolgozik.	Szolgáltatási szektor a meghatározó.
Gyenge szakértelem, öregedő munkaerő.	A munkaerőnek magas a képzettségi szintje.
Az innováció szintje alacsony, ezt a K+F-tevékenységgel mérik.	Az innováció húzóerőt jelent.
Alacsony termelékenység, kivéve a mezőgazdasági szektort.	A termelékenység minden szektorban húzóerő.
Elmaradott IKT-tudás és alacsony szintű internetkapcsolat.	Hálózati működés a gazdaságban: internet, telekommunikáció (IKT).
A legtöbb kis- és középvállalat kis potenciálú.	A legtöbb munkahelyet a kis és középvállalatok teremtik, képzett munkaerőt igényelnek.

Forrás: Szörényiné (2015)

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokhoz a www.hbi.hu és a www.bisnode.hu oldalak adatbázisát használtam fel, amely segítségével kigyűjtöttem a szigetközi településeken működő társas vállalkozásokat. Ezt követően TEÁOR szám alapján kiválogattam a mezőgazdasági tevékenységet végző vállalkozásokat. A Mezőgazdaság, erdőgazdálkodás, halászat ágazati elnevezésen és tevékenységen túlmenően a vizsgálatba bevontam a mezőgazdasággal és élelmiszer előállításával kapcsolatos tevékenységet folytató vállalkozásokat is, így a vizsgált vállalkozások körébe a feldolgozóipar, és a szakmai, tudományos, műszaki tevékenységet végző vállalkozások is beletartoznak. A továbbiakban csak mezőgazdasági vállalkozások néven szerepelnek a vizsgált vállalkozások.

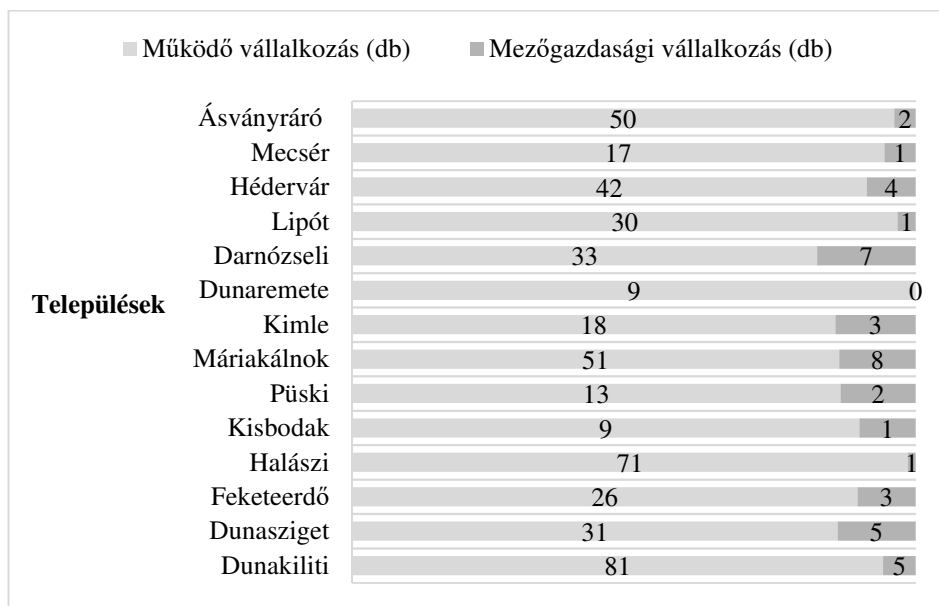
Alkalmazott módszerek:

- a két minta átlagának és szórásának összehasonlításához két mintás t próba,
- vegyes kapcsolat esetén H és H² mutató kiszámítása,

- minőségi ismérvek közötti kapcsolat feltételezése esetén függetlenségvizsgálat, Khi^2 teszt,
- mennyiségi ismérvek közötti kapcsolat feltételezése esetén regresszió és korreláció vizsgálat,
- idősorok vizsgálatánál bázis- és láncviszonszámok alkalmazása.

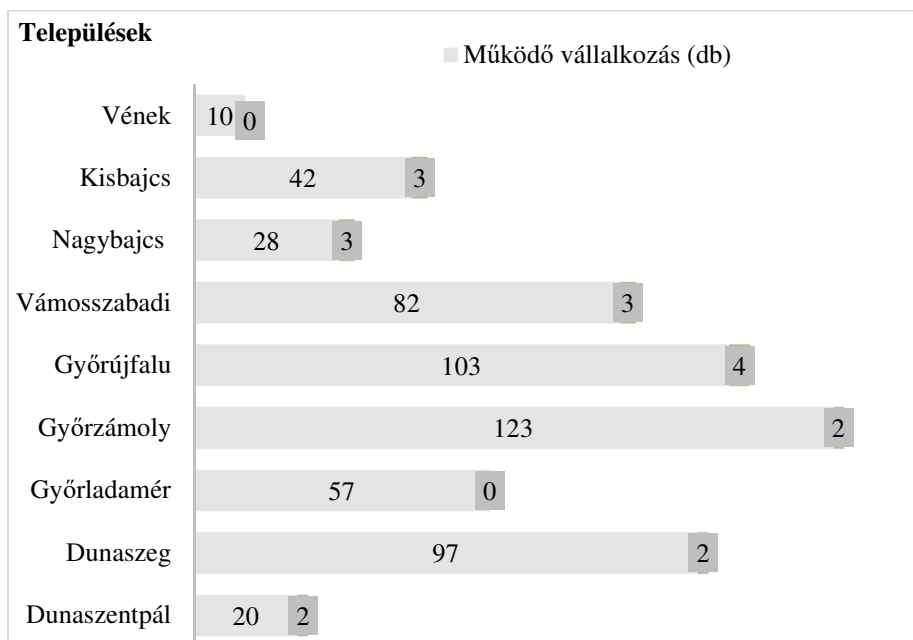
EREDMÉNYEK

Az *1. és 2. ábrán* egyértelműen látható, hogy a Felső-Szigetközben (Mosonmagyaróvári járásban 44 mezőgazdasági vállalkozás, megoszlás az összes vállalkozáshoz képest 9,15%) nagyobb számban és az összes vállalkozáshoz képest nagyobb arányban működnek mezőgazdasági- és azzal kapcsolatos tevékenységet folytató vállalkozások. Mindez egyrészt visszavezethető a felső-szigetközi mezőgazdaság mélyebben gyökerező és még érvényesülő hagyományaira. (Az őstermelők számát is értékelve kimutatható, hogy a Felső-Szigetközben ők is nagyobb számban találhatóak meg, mint az Alsó-Szigetközben. Többen folytatnak háztáji gazdálkodást, viszik terményeiket a mosonmagyaróvári piacra, vagy a Szigetközi szatyor találkozóira.) Másrészt a Felső- Szigetköz településein még működnek az egykori szövetkezetek utódai is. Változatosabb, sokrétűbb mezőgazdasági tevékenységet folytatnak, mivel az szántóföldi növénytermesztés mellett, gomba és zöldségtermesztéssel, sertésenyésztéssel, tejelőszarvasmarha-tenyésztéssel, baromfitenyésztéssel, lótarással és –tenyésztéssel foglalkozó vállalkozásokat is találunk.



Forrás: <http://hbi.hu>

1.ábra Felső-szigetközi mezőgazdasági vállalkozások
 Figure 1 Agrarian enterprises in Over-Szigetköz



Forrás: <http://hbi.hu>

2. ábra Alsó-szigetközi mezőgazdasági vállalkozások
Figure 2 Agrarian enterprises in Under-Szigetköz

A kutatás során kíváncsi voltam, hogy statisztikai módszerrel is igazolható-e lényeges különbség a két tájegység mezőgazdasági vállalkozásainak számában, ezért a vizsgálataim során összehasonlítottam a két minta (3. táblázat) átlagát és szórását.

3. táblázat Szigetközi mezőgazdasági vállalkozások számának és szórásának vizsgálata
Table 3 Analysis of number and deviation of farms in Szigetköz

Minta	Mezőgazdasági vállalkozás száma összesen (db)	Átlag (db)	Szórás (db)
Alsó-szigetközi mg-i vállalkozások száma (n ₁)	18	2	1,1545
Felső-szigetközi mg-i vállalkozások száma (n ₂)	44	3,14	2,5314

Forrás: saját vizsgálatok

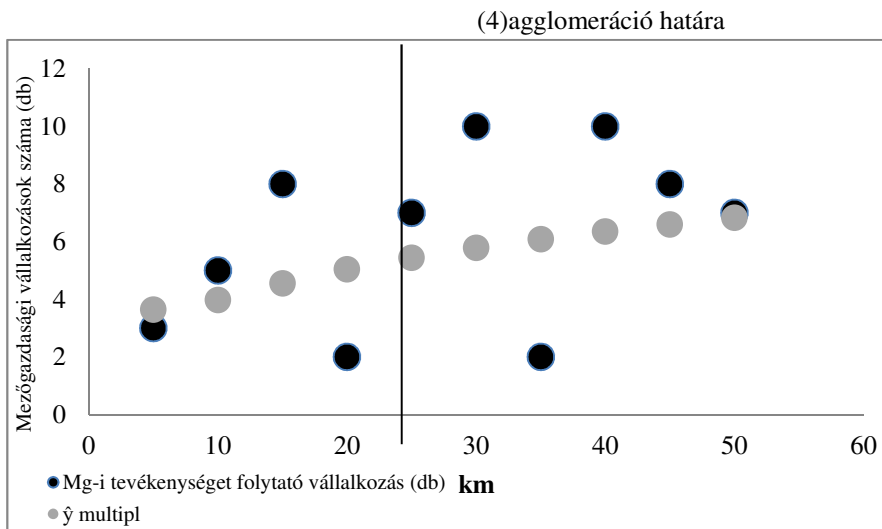
A vizsgálatot átlag és szórás esetében is 5%-os szignifikancia szinten végeztem, amely alapján kijelenthető, hogy a két mintában az átlagos mezőgazdasági vállalkozások

száma és szórása nem különbözik lényegesen. Tehát a felső-szigetközi térségben ugyan láthatóan nagyobb számban találunk mezőgazdasági tevékenységet folytató vállalkozásokat, viszont statisztikailag nem támasztható alá, hogy a két tájegység heterogén lenne a mezőgazdasági vállalkozások számának alakulásának tekintetében.

Ezt követően azt vizsgáltam, hatással van-e régióon belüli elhelyezkedés a mezőgazdasági vállalkozások számának alakulására, illetve hogy kimutatható-e kapcsolat régió és a mezőgazdasági vállalkozások száma között.

A kapcsolat meglétét és szorosságát kifejező mutató szerint területi egység 5,2%-ban befolyásolja a mezőgazdasági vállalkozások számának alakulását, tehát 94,8%-ban egyéb tényezők (korábban vázolt tényezők dominálnak) hatnak a térség mezőgazdasági vállalkozásainak számának alakulására. A vizsgált tényezők között gyenge, pozitív irányú kapcsolat ($H=0,23$) mutatható ki, vagyis a vállalkozások száma és tájegység földrajzi adottságai között csak csekély összefüggés mutatható ki.

A kutatás további lépésében arra kerestem a választ, van-e kapcsolat Győr közelsége és a mezőgazdasági vállalkozások száma, illetve tevékenységi köre között. A vállalkozások számának alakulását a multiplikatív regresszió írta le a legjobban. (3. ábra)



Forrás: saját vizsgálatok

3. ábra Mezőgazdasági vállalkozások számának alakulás a Győrtől mért távolság alapján
 Figure 3 The number of agrarian enterprises on the strength of distance from Győr

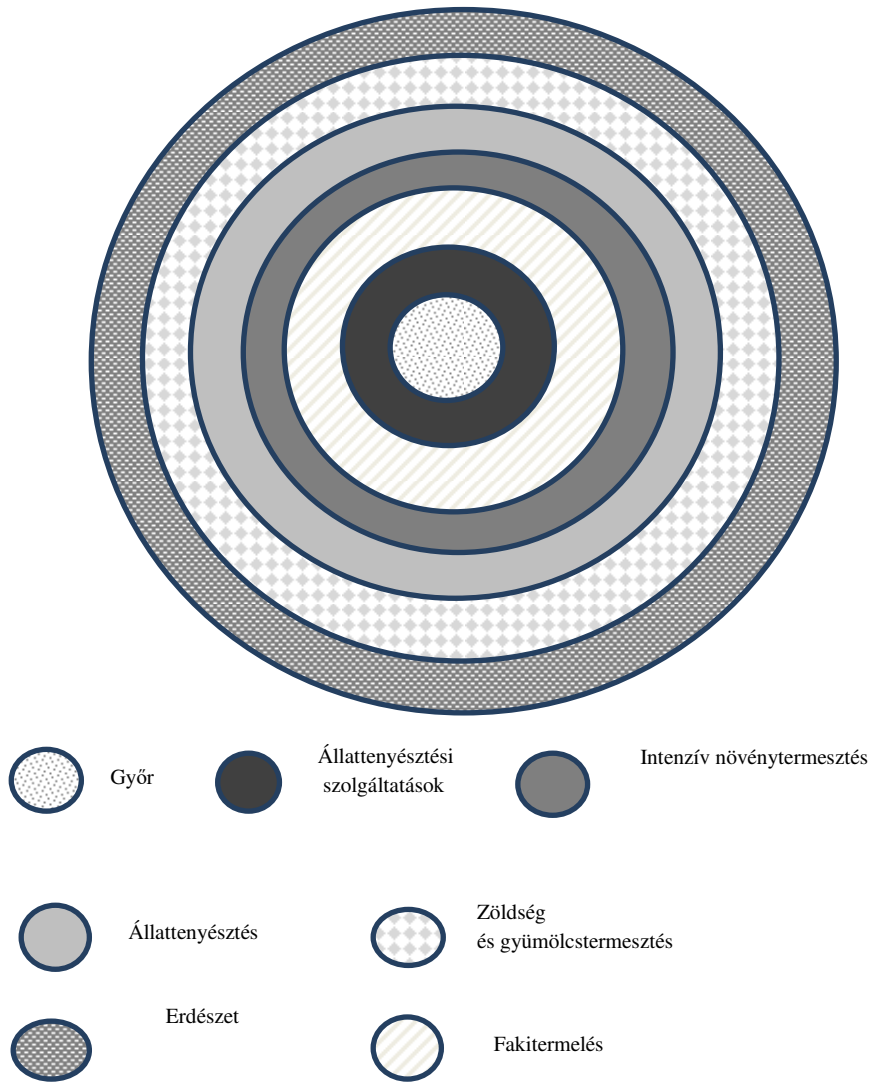
A kapcsolati mutatót kiszámítva (korrelációs index: $I = 0,32$) kijelenthető, hogy a Győrtől való távolság/távolodás és a mezőgazdasági vállalkozások számának alakulása között gyenge, pozitív irányú kapcsolat van. A 3. ábrán látható, továbbá, hogy Győrtől távolodva nő a mezőgazdasági vállalkozások száma. A determinációs együttható alapján pedig elmondható, hogy Győrtől való távolodás 10%-ban befolyásolja a mezőgazdasági vállalkozások számának alakulását. Vagyis a város terjeszkedésének gyenge, de kimutatható hatása van a mezőgazdasági vállalkozások számának alakulására.

A vizsgált vállalkozásokat és tevékenységeiket Győrtől való távolság alapján sorba rendezve érzékelhető, hogy a győri agglomeráció településein a mezőgazdasági szolgáltatások és a növénytermesztés a hangsúlyos ágazatok, elsőként gazdasági állat Győrtől 17 km-re Dunaszentpálon „jelenik meg”. Ezek alátámasztására az adatokat kontingencia táblázatban foglaltam össze, a vizsgálatot 5%-os szignifikancia szinten végeztem el. A számítások alapján a számított Khi^2 érték nem esett bele az intervallumba, így kijelenthető, hogy van kapcsolat a győri agglomerációban való elhelyezkedés és a mezőgazdasági szolgáltatások (gazdasági állatok „eltűnése”, a növénytermesztés elsőslegessége) tényerése között.

A sorba rendezett adatokból, a vállalkozások tevékenységét megfigyelve az is kiténik, hogy a végzett tevékenységük strukturálódott, azaz a Győr környéki szigetközi településeken a mezőgazdasági vállalkozások tevékenységük alapján „mezőgazdasági zónákba” rendezhetők. (4. ábra) A zónák nem határolódnak el élesen, de elkülöníthetők a mezőgazdasági tevékenységek domináns típusai (Győrtől távolodás sorrendjében):

1. Állattenyésztési szolgáltatások
2. Fakitermelés
3. Intenzív növénytermesztés
4. Állattenyésztés
5. Zöldség- és gyümölcsstermesztés
6. Erdészet

Természetesen, az egyes zónákon belül, ahol a táj természeti adottságai igénylik, illetve lehetővé teszik (a Duna közvetlen közelében) fakitermelés és erdészet is folyik.



Forrás: saját vizsgálatok és szerkesztés

4. ábra Mezőgazdasági zónák, avagy aktualizált Thünen-modell a szigetközi agrárvállalkozások tevékenységében

Figure 4 Agrarian belt otherwise the updated Thünen-model in the activity of farms in Szigetköz

KÖVETKEZTETÉSEK

Mezőgazdaságunk térvesztése napjainkban nem kérdés. Ahogy tisztában vagyunk termelő szerepének háttérbe szorulásával is. Mezőgazdaságunk átalakul, amely

átalakulás egy részt a külső hatások (szabályzások, környezetvédelem, termelői szemlélet, fogyasztói szokások, stb.), másrészt a belső kényszer, azaz alkalmazkodás vezérelte változás.

A háttérbeszorulás és az új irány keresése a város környéki, az agglomerációkban található települések agráriumában még intenzívebben megnyilvánul. Tanulmányom e változás és tendencia feltérképezésének, illetve megismerésének első lépése. A vizsgálatot a győri agglomeráció szigetközi településein, az ott működő mezőgazdasági vállalkozások számának alakulásában és tevékenységének elemzésében végeztem az elhelyezkedés és a Győrtől való távolság függvényében.

A győri agglomeráció szigetközi településein működő vállalkozások számát összehasonlítva az agglomeráción kívüli településeken működő vállalkozások számával érzékelhető, hogy kisebb számban és arányban találhatók. A számok alakulásában lényegi különbség statisztikai módszerekkel azonban nem mutatható ki, vagyis (jelenleg) nincs lényeges különbség a térségben az agglomerációs települések és nem agglomerációs településeken található mezőgazdasági vállalkozások számában. (Véleményem szerint a vizsgálatot érdemes lenne 5 és 10 év múlva megismételni.)

A területi elhelyezkedés mindössze 5,2%-ban, a Győrtől való távolság pedig csak 10%-ban magyarázza a számok alakulását, tehát a Szigetközben Győrnek, a városi agglomerációnak gyenge befolyása van a mezőgazdasági vállalkozások számának alakulására.

A vizsgálatokkal igazoltam, hogy a mezőgazdasági vállalkozások tevékenységére hat a Győrtől való távolság, melynek eredményeit a Thünen-modelléhez hasonló mezőgazdasági tevékenységek zónarendszerében szemléltetve, látható, hogy Győr környékén a mezőgazdasági szolgáltatások kezdenek előtérbe kerülni, a szántóföldi növénytermesztés dominanciája mellett.

Természetesen a térség mezőgazdaságának jelenlegi helyzetét nem csak a két vázolt tényező alakítja. A Szigetköz mezőgazdaságának mai arculata több számszerűsíthető és nem számszerűsíthető tényező hatására alakult ki, illetve változik a jövőben. Ezen tényezők feltárása és vizsgálata képezi további kutatásaim célját.

The effect of agglomeration on settlements' agriculture in Szigetköz

HORVÁTH ESZTER
Széchenyi István University
Faculty of Kautz Gyula Economic Science
Department of Economic Analysis

SUMMARY

The roll of agriculture has been devalued. This reduction appears especially in the agriculture of the agglomerations. The tendency shows some change, diversity and accommodation of the function and the activity of agriculture around the cities. In my opinion, in the future become the researches of agglomeration's agriculture very important and necessary.

I have analysed the number and activity of agrarian enterprises in Szigetköz. I have researched what is the relationship between the location of the enterprises and the distance of these enterprises from Győr.

The results show that don't (not jet) differencies of number and function/activity of agricultural enterprises in the same region. In the suburbia of Győr it can be established that there is a decreasing tendency in the number of agricultural enterprises. However we can recognize at these villages the increasing level of the inhabitants. The old agricultural land are used now for building site. The results show that farming services have the priority in the villages of the agglomeration of Győr. The results are demonstrated in Thünen-model updated by me.

Key words: Industrial Sector of Győr, agglomeration of Győr, agrarian enterprises, agriculture of suburbia, Szigetköz

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen“ projekt támogatta.

IRODALOMJEGYZÉK

Andersson, K. (2005): Producers of Rural Goods and Services in Five European Countries: a comparative analysis of rural regions under urban pressure. Helsinki University, Helsinki.

Csurgó B. (2011): VIDÉKEN LAKNI ÉS VIDÉKEN ÉLNI".A városból vidékre költözők vidékreprezentációja, mindennapi élete és hatásuk a vidék átalakulására: a város környéki vidék című Doktori értekezés tézisei. ELTE TÁTK Szociológiai Doktori Iskola. 14. p.

Dunaszentpál településfejlesztési koncepció (2014): Talet-Plan Tervező, Szolgáltató és Kereskedelmi Kft. 65 p.

Dusek T. (2013) Thünen elszigetelt állama. Az eredeti munka. *Tér és társadalom*, 3. 28–56. p

Dusek T. – Koppány K. – Kovács N. – Szabó D. (2015): A győri járműipari körzet hozzáadott értékének becslése. *Területi Statisztika* 55 (1): 76-87. p.

Győr-Moson-Sopron megye Területfejlesztési Koncepciója (2013). Universitas-Győr Nonprofit Kft. 29. p.

Horváth E. (2008): Az állattermék-előállítás helyzete és fejlesztésének lehetőségei a Közép-szigetközi térségben. Doktori értekezés. Mosonmagyaróvár.94.p.

Horváth E. (2017): Agglomerációs települések mezőgazdaságának vizsgálata a Szigetközben. Kautz Konferencia előadás anyag, 2017.06.08.

Káposzta J. (2014): Területi különbségek kialakulásának főbb összefüggései. *Gazdálkodás*,58. évfolyam, 2014.05. szám 399-412.p.

Magyarország településhálózata. Agglomerációk településegységek.(2014) KSH Kiadvány. 40-49 p.

Szabó M. (2005): Vizes élőhelyek tájökölógiai jellemvonásai a Szigetköz példáján. Akadémiai doktori értekezés. Budapest. 69. p.

Szörényiné Kukorelli I. (2015): Vidéki térségeink innovációt befogadó képessége - Egy kutatás tapasztalatai, *Tér és Társadalom*, 2015 (29. évf.,1. szám), 97-115.p.

Tóth G. (2014): Az agglomerációk, településegységek lehatárolásának eredményei. *Területi statisztika*, 2014, 54 (3): 289–299.p.

<http://www.hbi.hu>

<http://www.bisnode.hu>

<http://ec.europa.eu/agriculture/rural-development>

<http://www.ksh.hu>

A szerző levélcíme – Address of the author:

DR. HORVÁTH ESZTER
Széchenyi István Egyetem
Kautz Gyula Gazdaságtudományi Kar
Gazdasági Elemzések Tanszék
9026 Győr, Egyetem tér 1.

SZEMLE



Az alga-kutatások irányai – nemzetközi kitekintés

JUHÁSZ LÁSZLÓ¹ - VÁRI ANIKÓ² - SZALKA ÉVA³ - MOLNÁR ZOLTÁN³

¹ Zombortej Kft, Kiszombor

² M-Around Kft., Maroslele

³ Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

A 21. század első évtizedében nemzetközi szinten is felerősödött, lendületet kapott a hagyományostól eltérő, innovatív megoldásokat felsorakoztató termelésen alapuló zöld gazdaság, amely egyre nagyobb szerepet tölt be az élelmiszer előállításától az üzemanyag termelésen keresztül az ipari termelésig minden gazdasági szektorban. A zöld gazdaság (bio-based economy) alapelve az, hogy a megtermelt javak, előállított termékek a természeti környezetből, az élő szervezetek által előállított alapanyagokból, megújuló módon jöjjenek létre és a folyamatok során is a lehető legnagyobb mértékben ez a szemlélet érvényesüljön. A zöld gazdaság nagyon széles kört foglal magában, és míg vannak országok (pl. Hollandia), ahol a szektor már a szakképzésben is megjelent (*www¹*), mint új szakképesítés: green engineering, hazánkban a szemléletmód és az zöld gazdaság szereplői még „követő üzemmódban” vannak.

Az alga, mint erőforrás és széles körben felhasználható, értékes biomassza, a zöld gazdaság egyik központi témája, így az algákkal kapcsolatos kutatások is nagyon kiterjedtek. Jelen cikkünk a mikroalgákkal kapcsolatos nemzetközi, főként európai kutatási irányokat és néhány kutatási projektet mutat be, elsősorban a várt eredmények gazdasági felhasználhatóságának aspektusait felsorakoztatva.

Kulcsszavak: alga, mikroalga, zöld gazdaság,

BEVEZETÉS

Az alga, mint kifejezés nem egyetlen fajt vagy rendszertani csoportot jelez, hanem azokat a vízben, talajban, talajfelszínen, növényeken élő, fotoautotróf organizmusokat, amelyek mind az édesvizekben, mind a tengervízben megtalálhatók. Az algák felhasználása bizonyos földrajzi területeken, például Japán és Korea térségében egyidős a civilizációval (*Benemann* 2016), máshol azonban korábban nem, vagy csak kis mértékben volt jellemző a felhasználásuk. Az alapvető hasznosítását tekintve pedig elsősorban humán élelmezési és állati takarmányként, talajjavítóként való felhasználás volt jellemző a korai időszakban. Ettől elválik a jelenlegi trend, amely az algák széles körű felhasználását és fajlagosan magas értéket képviselő egyéb felhasználását, gyógyszeripari, vegyipari hasznosítását célozza meg elsősorban.

Az Európai Alga Biomassza Szövetség (European Algae Biomass Association – EABA) összefoglalása szerint az alga szektor tudományos gyökerei Európához kötődnek, hiszen az első mikroalga izolációját és leírását 1703-ban is a kontinensen végezték. Ma a szektor és annak mindkét ága, a makro- és mikroalga előállítását, hasznosítását végző gazdasági szervezetek és kutatócsoportok nagy számban vannak jelen Európában, azonban közel sem jellemző ma már az egyeduralom.

Az európai makroalga szektorban 2016-ban 132 vállalat, összesen 700 millió Euró termelési értéket állított elő és a termeléshez kapcsolódó kutatási csoportokkal együtt több, mint 4000 fő dolgozik ebben a tevékenységben. A mikroalga szektor ugyanekkor 430 gazdasági szervezetet, 300 kutató csoportot, 750 millió Euró termelési értéket és több, mint 10000 fő munkavállalót jelent Európában. Mindkét szektor dinamikusan növekszik (*Vieira és Tredici* 2017).

ALGA KUTATÁSOK MAGYARORSZÁGON

A hazai kutatások a nemzetközi irányokhoz hasonlóan széleskörűek, azonban elsősorban az algák biológiai és ökológiai jellemzőivel foglalkozó alapkutatások, a gazdasági élet szereplőivel együttműködő alkalmazott kutatások kevésbé hangsúlyosak. Az alapkutatásokban a hazai egyetemek fontos szerepet töltenek be. Az ELTE Növény szerzettani Tanszékén az algák hasznosíthatóságának biológiai hátterét

vizsgálják (Lőrincz *et al.* 2010). A Magyar Tudományos Akadémia Balatoni Limnológiai Kutatóintézetében (jelenleg: MTA Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézet) számos kutatás között az Alga és makrofiton kutatócsoport a fitoplanktonok dinamikáját és ökofizikáját tanulmányozza (Tóth 2016).

Az algák növényi hormontermelését és gyakorlati hasznosíthatóságát kutatja a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság és Élelmiszertudományi Karának munkacsoportja a Növénytudományi Tanszéken (Ördög *et al.* 2016, Stirk *et al.* 2014). Ez a munkacsoport a kutatások mellett Európa egyik legnagyobb mikroalga gyűjteményét (Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection = MACC) is létrehozta.

A Debreceni Egyetem munkacsoportja az algák toxintermelésével, a másodlagos anyagcsere termékek vizsgálatával és ezek hatásmechanizmusaival foglalkozik, amely az algák gyógyszer- és vegyipari felhasználásának gyakorlati alkalmazhatóságához nyújt alapkutatási eredményeket (Vasas *et al.* 2010).

Az alapkutatásokon túl a hazai alga-kutatási irányok a mezőgazdasági hasznosíthatóság körét érintik elsősorban és ezzel összefüggésben számos, a gazdálkodók számára is elérhető termék van a piacon Bíró (2017) szerint. A mikroorganizmusokat tartalmazó készítményekkel történő talajoltások, vetőmag kezelések és növénykondicionálások napjaink mezőgazdasági gyakorlatának részét képezik. A legtöbb ilyen termék általánosan, mint a termésnövelőkhöz sorolt mikrobiológiai, növény- és talajkondicionáló készítmény kerül forgalomba, de nem csak baktériumokat, hanem élesztő- és fonalas gombákat, továbbá algákat is tartalmazhatnak. Az algákkal történő talajoltások a baktériumokkal szemben nem olyan gyakoriak, mivel felhasználásuknak az előnyei még kevésbé ismertek. Az algákban rejlő lehetőségeket támogatja ugyanakkor, hogy felhasználásuk sokrétű, mind a talajba, mind pedig a növényi felületekre történő alkalmazásuk, sejtes és nem sejtes, kivonatolt, vagy roncsolt, ún. bioplazma formában is lehetséges.

A hazai alkalmazott kutatás meghatározó képviselője a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., amely nemzetközi kutatási konzorciumi partnerként végez alga-biotechnológiai kutatásokat, és ért el jó eredményeket a különböző algareaktorok tervezése és az algabiomassza CO₂ megkötése terén (www²).

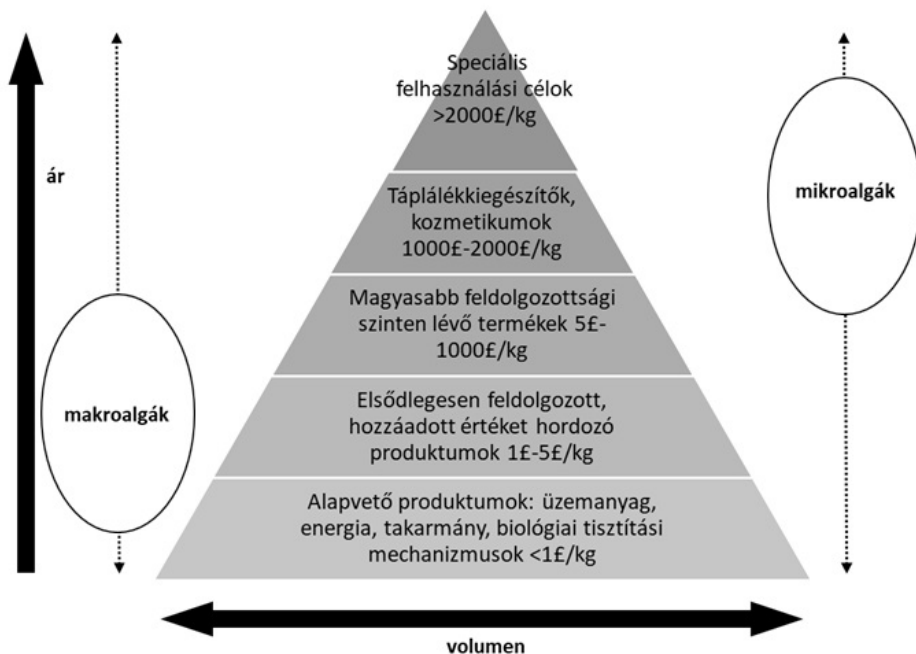
Itthoni cég még az Albitech Kft., amely kizárólag alga biotechnológiai kutató-fejlesztő munkákat végez. (www³) létesített saját izolátumaiból alga törzsgyűjteményt és válogat

növényi hormontermelő algatörzsek között, valamint állít elő nagy mennyiségben szabadalommal védett törzsekből növénystimuláló mikroalga tenyészeteket (Algafix®, Algater®). (*Greipel et. al. 2013*)

ALGA-KUTATÁSOK EURÓPÁBAN

Az alga kutatási irányok nemzetközi téren követik az alkalmazás különböző irányait. Az algák egyértelmű előnye a zöld gazdaság szempontjából az, hogy a feldolgozás során többféle értékes anyag kivonható belőlük és a maradványok is 100%-ban felhasználhatók. A kutatók által megfogalmazott kérdés tehát az, hogy mely felhasználási módok jelentik az ökológiailag, technológiailag és gazdaságilag is fenntartható hasznosítást. Ezt a dilemmát mutatja be többek között *Adenle et al. (2013)* azzal, hogy az algák bio-üzemanyag előállítás céljából történő hasznosítása a megfelelő körülmények és komplex termék-életciklus elemzés nélkül hosszú távon akár káros is lehet.

Az alga értéklánc modellje azt mutatja be, hogy az alga feldolgozottsági foka, értékesíthető mennyisége és egységnyi értéke hogyan viszonyul egymáshoz. A *Flynn et al.* által 2015-ben publikált kutatási összefoglaló szemléletesen mutatja be mindezt (*1. ábra*).



Forrás: Voort *et al.* (2015)

1.ábra Alga értéklánc modell
Figure 1 Algae value chain model

Globális makroökonómiai szempontból az algából előállítható termékek körét az alábbiak szerint szükséges csoportosítani és ezek jelentik a jövő kutatási és alkalmazási irányait (Voort *et al.* 2015):

1. Energiahordozók

- üzemanyagok (biodízel, bioetanol, biogáz)
- hő- és villamos energia előállítás (biogáz)

2. Vegyipari alapanyagok

- növényi tápanyagok
- hosszú távon ható talajerő utánpótlás
- talajkondicionálók
- növénykondicionáló és növényvédő szerek
- bio-műanyagok

3. Takarmányok, élelmiszerek

- élelmiszerek
- funkcionális élelmiszerek (karotinoidok, omega-3, -6 zsírsavak)
- kérődzők tömegtakarmánya
- akvakultúra takarmány
- takarmány kiegészítők

4. Gyógyszer alapanyagok és szépségipar alapanyagai

- szépségipari alapanyagok
- gyógyszer alapanyagok, hatóanyagok, gyógyhatású készítmények

5. Bioremediáció

Ahogy *Ördög* (2015) összefoglalja, az algák manapság leginkább a gyógyszeripar és a mezőgazdaság potenciális alapanyagai lehetnek. A szintetikus peszticidek és gyógyszerek társadalmi elfogadottságának a csökkenése az utóbbi időben lökést adott a természetes eredetű hatóanyagok kutatásának, amit az Európai Unió is támogat.

A globális ökonómiai és ökológiai kihívásoknak és trendeknek megfelelően az algakutatások közül legdinamikusabban fejlődő, és az alkalmazott kutatási színtéren is leginkább megjelenő területeket a következőkben részletesen is bemutatjuk. Ezek a területeken intenzív fejlődés tapasztalható a kutatás-fejlesztés és innováció valamint a gazdasági életben való gyors eredményhasznosulás tekintetében is.

NÖVÉNYTERMESZTÉS

Az algák elsősorban növényi növekedést szabályozó és növényvédő hatású anyagaik miatt értékesek a mezőgazdaság számára. (*Ördög*, 2014) A növényi hormonok, amelyek változatos módon befolyásolják a növekedést és a stressz válaszok kialakulását, alkalmasak a növénytermesztésben és kertészetben a növény növekedésének és a termés mennyiségének a szabályozására. A tengeri makro-alkagivonatok, amelyek egy sor különböző növényi hormont tartalmaznak sikeres növényi biostimulánsok. Számos kereskedelmi forgalomban lévő tengeri algakivonat található a piacon (*Sharma et al.* 2014), amelyek kedvezően befolyásolják egyes termesztett növények terméseredményét.

Makroalgák mellett zöld mikroalgák is használatosak hormon forrásként, növénykondicionálóként. Ismert, hogy egysejt zöldsárga pl. Chlorellá -ból származó extraktum stimulálja a klorofill szintézist, gyümölcsfák növekedését és gyökeresedését, valamint különböző zöldségeken és rizsen is kimutatták már kedvező hatását. Mikroalgák sűrű szuszpenziója is képes a növények növekedését serkenteni, magasságukat növelni, a levélfelület nagyságát megnövelni, de akár a virágok számát és a gyökértömeget, sőt a terméshozamot és a termés olaj és fehérjetartalmának növelésére is alkalmas. (*Greipel et. al.* 2016)

A cianobaktériumokat Ázsiában használják a rizsföldek oltására, mint nitrogén forrást. A talajban szabadon élő cianobaktériumok maguk is kedvezően befolyásolják a növény növekedését. (*Whitton* 2000).

GYÓGYSZERIPAR, SZÉPSÉGIPAR

A kutatások jelentős része koncentrálna az algák humán élelmezési és gyógyászati felhasználására, az algákban található vagy általuk termelt hatóanyagok mennyiségére, termelődésére és felhasználásuk lehetőségeire. Széles körben elterjedtek a táplálék kiegészítők és kozmetikumok, amelyek az algákban található értékes anyagokat hasznosítják.

Bell et al. (2017) kutatásai szerint az alga alapú, magas fehérje tartalmú étrend kiegészítő segítette az izmok sérülést követő regenerációját. *Neyrinck et al.* (2017) kutatásai pedig arra mutatnak rá, hogy a *Spirulina (Arthrospira)* kivonatát tartalmazó készítmény az emésztő rendszert támogatja és a májgyulladás esetén segíti a gyógyulást. Hazánkban az Országos Gyógyszerészeti és Élelmezésügyi Intézet adatbázisa szerint 149 db különféle, bejelentett, alga tartalmú étrendkiegészítő van forgalomban ([www⁴](http://www.gyogyszer.gov.hu)).

A gyógyászati és szépségipari feldolgozás bővüléséhez és a szélesebb körű piaci elterjedéshez nélkülözhetetlenek a további alapkutatások, valamint az alga előállításának és feldolgozásának újabb, hatékonyabb módszereinek kidolgozása. Biztató eredményekkel találkozhatunk már, a többszörösen telítetlen zsírsavak közül az eikosa-pentaénsav - EPA és a dokoza-hexaénsav – DHA előállítása mikroalgákból már gyakorlati eredményeket hozott. A DHA az EPA-hoz hasonló -3 esszenciális zsírsav, amely nemcsak a szív és érrendszeri betegségekben hatásos molekula, hanem már

bizonyítottan az idegrendszer sejtjeinek egyik fontos építőeleme. Az Egyesült Államokban a Martek Corporation gyógyszergyártó cég mikroalgából előállított DHA-ból a csecsemők agyi fejlődését elősegítő, gyógytápszert szabadalmaztatott. (www⁵)Fajlagosan ez a felhasználási mód adja a legnagyobb termelési értéket, és nem elhanyagolható, hogy a feldolgozás során keletkező maradványok, a biomassa nagy része további értékes alapanyag az energetikai vagy mezőgazdasági felhasználás számára (*EnAlgae*, 2017).

ENERGETIKAI FELHASZNÁLÁS

Talán a zöld gazdaság egyik legvitatottabb, ugyanakkor legnagyobb mértékben kiterjedt ágazata az energia termelés biomassa alapú megvalósítása, amelynek az alga felhasználásban mind mennyiségi mind technológiai szempontból nagy szerepe van.

A biomassa energetikai felhasználásának legnagyobb dilemmája és egyben korlátja az, hogy a Föld termőterületei végesek és azok felhasználása elsősorban az élelmiszerelőállítás számára. Ugyanakkor a FAO 2010-es jelentése szerint a nagyüzemi mikroalga előállításnak és biodízelgyártásnak óriási jelentősége van, hiszen összehasonlítva a szójából és algából kinyerhető üzemanyag mennyiséget (liter/ha) az alga javára 20-szoros eltérés mutatkozik. Ugyanakkor *Laurens et al.* (2017. kutatási jelentése szerint a hatékonyságban szerzett előny elvész a feldolgozás nagyon magas költségei között, ami jelenleg megakadályozza a bio-üzemanyagok alga-alapú előállításának széles körű elterjedését.

A technológiai fejlődést és a feldolgozási, szállítási módok megújítását és innovatív paradigmaváltó megoldásokat sürget *Levine et al.* (2015) is, amikor a biodízel üzemanyag előállításának nagyüzemi módszereit hasonlítja össze és végez az üzemanyagra vonatkozóan teljes életciklus elemzést és veszi figyelembe az összes költséget, valamint környezetre ható impakt faktort. Kiemeli, hogy az elmúlt két évtizedben hatalmas technológiai megújulás zajlott le és a mai technológiák alkalmasak lennének a gazdaság üzemanyag szükségletét előállítani tisztán alga biomassa forrásból, azonban a költségek miatt ez jelenleg nem jelent versenyképes opciót, így elterjedése nem várható.

ÁLLATI TAKARMÁNYOZÁS

Az alga alkalmazása az állati takarmányozásban nem újkeletű dolog, azonban igazán nagy lendületet a 2000-es évek elején kapott, amikor a világviszonylatban jelentősen megnőtt az igény a jó minőségű állati eredetű élelmiszerek iránt és a fejlett állattenyésztő országokban egyértelművé vált, hogy nem tartható fent a termelési volumen új takarmánytermelő megoldások nélkül (*Benemann et al. 2016.*).

A holland Wageningen University alga kutatócsoportja igyekszik hosszú évek óta adekvát választ adni erre a problémára, és kutatásaik középpontjában a sokoldalú felhasználhatóság és a gyakorlati alkalmazhatóság áll. Közleményükben kiemelik azt, hogy az alga előállításával olyan fehérjében gazdag és az állati termékek beltartalmára is pozitívan ható takarmányforrást jelent az alga, amely elterjedését a gazdálkodók körében is elő kívánják segíteni. Kutatásaik eredményeként egy interaktív alga-lehetőség térképet ('algae opportunity map') alkottak meg, amely bemutatja, hogy az egyes alapanyagokból milyen technológiával és milyen felhasználás lehetséges (*van der Weide és van Krimpen 2015*).

Algák többszörösen telítetlen esszenciális (PUFA) zsírsavtartalmát kihasználva igyekeznek a takarmányok tápértékét növelni. Magyarországon tejelő kecskék tejének esszenciális zsírsavtartalmának növelésére is történnek kísérletek, mikroalgák adagolásával befolyásolva a tej zsísvösszetételét. (*Póti 2014.*)

Algák karotinoidjai közül az astaxanthin, amely már a gyakorlatban is sikeresen alkalmazható a takarmányozásban, mint hús és tojás színjavító, illetve gyökfogy, mivel nagyon erős antioxidáns hatású (Humán táplálékkiegészítőként is ismert). (*Aflalo et. al. 2007*)

Ugyanakkor ebben a szektorban is az jelenti a legnagyobb gátat a széles körű elterjedésben, hogy a felhasználási hely, azaz az állattartó telepek és az alga takarmány előállítás helye nagy távolságokra vannak egymástól, földrajzilag nem találkozik a piaci kereslet és kínálat, illetve a távolság áthidalására alkalmazható technológia miatt nem versenyképesek az alga takarmány árak (*Hayes 2016*).

KUTATÁSI PROJEKTEK

Az alga-kutatások a zöld gazdaság egyik gerincét adják és számos nemzetközi kutatási projekt zajlik jelen pillanatban is és valósult meg az elmúlt években, közösségi és gazdasági szereplők által is támogatott formában. Ezek közös jellemzője, hogy a gyakorlati alkalmazhatóságra és konkrét piaci helyzetekre koncentrálnak, és a gazdasági szereplők számára alkalmazható módszereket, jó gyakorlatokat igyekeznek prezentálni. Az alábbiakban összefoglalunk néhány, az európai kutatási és innovációs térben jelenleg futó vagy közelmúltban zárult projektet, azok céljait és eredményeit.

1. *PUFA-Chain*

A projekt átfogó célja az, hogy az ipari szereplők számára széleskörű és hatékonyan alkalmazható, döntés előkészítést segítő technológiai és kutatási adatbázist hozzon létre, hogy az alga-termékek felhasználását ezúton is elősegítse széles körben. A projektben prezentált információs bázis az értéklánc mentén mutatja be a piaci lehetőségeket, így kezdve az értékes omega-3 alapanyagként is szolgáló alga-feldolgozási technológiával és minden, alacsonyabb szinten is bemutatva a kinyerhető értékes termékeket. A projektben német, osztrák, portugál és holland partnerekből álló konzorcium alkotja a kutatási csoportot ([www⁶](#)).

2. *BISIGODOS*

A projekt célja az ipari szereplők által kibocsátott szén-dioxid közvetlen felhasználása és ennek segítségével költséghatékony alga-előállítás, amelyből értékes alga eredetű vegyi anyagok, aminosavak és magas hozzáadott értékű bio-gyanták előállítása lehetséges. A folyamat a nehézipar által kibocsátott szén-dioxidot, a napfényt és a tengeri algákat használja fel alapanyagként.

A projekt eredményeként kialakított termelési modell költséghatékony és felhívja a figyelmet arra, hogy az alga eredetű termékek előállítása során keletkező melléktermékek is további, piaci szempontból értékes termékekké válhatnak. A projekt partnerek Európa számos országát képviselik: kutatóintézetek és gazdasági szereplők dolgoznak együtt Ausztriából, az Egyesült Királyságból, Finnországból, Spanyolországból, Franciaországból, Hollandiából, Olaszországból ([www⁷](#)).

3. *D-Factory*

A projekt célja, hogy nagyüzemi megoldásokat hozzon létre és mutasson be az algából kinyerhető különböző termékek előállításához. A projekt a tevékenysége során a *Dunaliella salina* mikroalga faj fenntartható előállításához, tavakban és fotobioreaktorokban való termesztéséhez fejleszt ki nagyüzemi technológiát. Olyan innovatív technológiák fejlesztése és nagyüzemi kipróbálása történik meg, mint a dinamikus ülepítéshez alkalmazott spirállemez technológia, ultramembrán szűrés, széndioxid takarmányozás technológiái.

A projektben a nemzetközi konzorcium tagjai: német, izraeli, görög, svéd, brit, olasz, spanyol, portugál kutatóintézetek és gazdasági szereplők (*www*⁸).

4. *InteSusAl*

A projekt célja innovatív megközelítéssel bemutatni a bio-üzemanyagok fenntartható, ipari méretekben történő előállítását. A projektben optimalizált megoldásokat dolgoznak ki mind a heterotróf, mind a fotoautotróf algák termesztési megoldásaira. Ennek során tesztelik az egyes alga fajokat és a jelenleg kidolgozott technológiai megoldásokat és az ipari fenntarthatóság alapját figyelembe véve tesznek javaslatokat. A projekt célja az, hogy szignifikáns változási lehetőséget tudjon felkínálni az európai üzemanyag-szükséglet biodízel alapú kiváltására (*www*⁹).

ÖSSZEGZÉS

A jelenlegi zöld gazdaságot előtérbe helyező nemzetközi kutatási irányok az algakutatások esetében is erőteljesen fordulnak az ipari méretekben alkalmazható, ökológiai és gazdasági szempontokból is fenntartható, versenyképes technológiák felé. Egyértelmű, hogy az algák nagy szerepet töltenek be a megújuló energiák és az ipari alapanyagok előállításában, de fontos és nagy ökonómiai jelentőséget képviselnek a volumenben kisebb, de az alga értéklánc csúcsán elhelyezkedő gyógyszeripari alapanyagelőállításban is. A kihívások tehát a technológiai módszerek finomításában és a költséghatékonyság megteremtésében, valamint az egyes alga-feldolgozási szinteken szereplő szervezetek térben, időben és piaci igényeikben való összehangolásában van, amelyben fontos szerepe van a technológiai integrációnak és a tudásmegosztásnak.

The algae-research guidelines-international overview

LÁSZLÓ JUHÁSZ¹ - ANIKÓ VÁRI² - ÉVA SZALKA³ – ZOLTÁN MOLNÁR³

¹ Zombortej Kft, Kiszombor

² M-Around Kft., Maroslele

³ Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences,
Mosonmagyaróvár

SUMMARY

In the first decade of the twenty-first century, bio-based economy based on non-traditional and innovative solutions got strengthened and gained a momentum in the international sphere as well, playing an ever increasing role from food processing through fuel production to industrial manufacturing in all economic sectors. The fundamental principle of bio-based economy is that the produced goods, manufactured products be made from raw materials produced by living organisms in a natural environment and in a renewable manner, and this approach be taken into consideration also in the course of processes as much as possible. Bio-based economy is a wide ranging concept, and while there are countries (e.g. The Netherlands) where this sector has already appeared in vocational education and training (*www¹*) as a new vocation, green engineering, in Hungary this attitude and the actors of green economy are still in a 'reactive mode'.

The alga, as a resource and widely usable and valuable biomass, is one of the central issues of bio-based economy, consequently, the alga-related research is considerably extensive too. This article aims to present some international, mainly European, research tendencies and investigation projects, primarily focusing on the economic employability of the expected results.

Keywords: alga, microalga, bio-based economy

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen“ projekt támogatta.

IRODALOM

Adenle, A. A. – Haslam, G. E. – Lee, L. (2013) : Global assessment of research and development for algae biofuel production and its potential role for sustainable development in developing countries. *Energy Policy* 61, 182-195.

Aflalo, C. – Meshulam, Y. – Zarka, A. – Boussiba, S. (2007): On the relative efficiency of two- vs. one-stage production of astaxanthin by the green alga *Haematococcus pluvialis*. *Biotechnol. Bioeng.*, 98: 300–305.

Bell, K. E. – Snijder, S. T. – Zulyniak, M. – Kumbhare, D. – Parise, G. – Chabowski, A. (2017): A whey protein-based multi-ingredient nutritional supplement stimulates gains in lean body mass and strength in healthy older men: A randomized controlled trial. *PLoS ONE* 12, 7.

Benemann, J. (2016): The Solar Microalgae Industry: Then, Now and Coming. *AlgaEurope 2016 Conference*, 2016. december 13-15. Madrid.

Bíró B. (2017.): Az alga és bioplazma termékek mezőgazdasági használatának lehetőségei.

Agro Napló 2017/3. 27-30 <https://agronaplo.hu/szakfolyoirat/2017/03/szantofold/az-alga-es-bioplazma-termekek-mezogazdasagi-hasznalatanak-lehetosegei>

Darzins, A. – Pienkos, Ph. – Edye, L. (2010): Current Status and Potential for Algal Biofuels Production. *FAO. A report to IEA Bioenergy Tasks, Report T39-T2.* <http://www.fao.org/bioenergy/aquaticbiofuels/documents/detail/en/?uid=46548>

Flynn, K. – Day, J. – Edwards, M. – Mooney, K. – Champenois, J. – Silkina, A. – Skill, S. – Ernst, A. deVisser, Ch. - Van Den Hendel, S. – Davey, M. – Parker, B. – Sternberg, K. – Arvaniti, E. – Rösch, Ch. – Melville, L. – Richardson, S. – Jones, C. – Salimbeni, A. – James, P. – White, D. (2015): EnAlgae in conclusion: Products and impacts. *Swansea University*, <http://www.enalgae.eu/public-deliverables.htm>

Greipel E. - Bencsik Zs. - Kutasi J. (2013): Detection of cytokinin and gibberellin-like plant hormone. in *Scenedesmus obtusiusculus* and *Chlorella minutissima* cultures. 6th International Symposium on Microalgae and Seaweed Products in Plant/Soil-Systems. Mosonmagyaróvár, 2013. június 24-25. Book of abstract 26.

Greipel E. – Kutasi J. – Futó P. – Bencsik Zs. – Bencsik A. (2016): Measurement of intra and extracellular cytokinin content of algae cultures and application of *Scenedesmus* sp. cultures for plant growth promotion-resulted the new foliar fertilizer of Albitech Ltd., Algaeurope Conference, Madrid, 2016 december 13-15. 111.

Hayes M. (2016.): EUAlgae: Microalgae proteins and ingredients. Teagasc Research 11, 32-33.

Laurens, L. M. L. – McMillan, J. D. – Baxter, D. – Cowie, A. L. – Saddler, J. J. L. – Barbosa, M., Murphy, J. – Drog, B. – Elliott, D. C. – Sandquist, J. – Chiaramonti, D. – Bacovsky, D. (2017): State of Technology Review – Algae Bioenergy An IEA Bioenergy Inter-Task Strategic Project. <http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2017/02/IEA-Bioenergy-Algae-report-update-Final-template-20170131.pdf>

Levine, R. – Oberlin, A. – Adriaens, P. (2009): Identifying opportunities in algae biodiesel: A value chain and life cycle assessment approach. Clean Technology Conference, Houston, 2009. május 5. http://www-personal.umich.edu/~adriaens/Site/Venture_Investment_files/Algae%20Value%20Chain.pdf

Lőrincz Z. - Preininger É. - Kósa A. - Pónyi T. - Nyitrai P. - Sarkadi L. - Kovács G. M. - Böddi B. - Gyurján I. (2010): Artificial triplate Symbiosis involving a green alga (*Chlamydomonas*), a bacterium (*Azotobacter*) and a fungus (*Alternaria*). *Folia Microbiologica* 55, 393-400.

Neyrinck, A. M. – Taminiau, B. – Walgrave, H. – Daube, G. – Cani, P.D. – Bindels, L.B. – Delzenne, N.M. (2017): Spirulina Protects against Hepatic Inflammation in Aging: An Effect Related to the Modulation of the Gut Microbiota? *Nutrients* 9, 633.

Ördög V. (2014): Mikroalgák biotechnológiai alkalmazása a növénytermesztésben és növényvédelemben. MTA Doktori értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Növénybiológiai Intézet

Ördög V. – Stirk, W.A. - Bálint P. – Aremu, A.O. – Okem, A. - Lovász Cs. - Molnár Z. - van Staden, J. (2016): Effect of temperature and nitrogen concentration on lipid productivity and fatty acid composition in three *Chlorella* strains. *Algal Research-Biomass Biofuels And Bioproducts* 16, 141-149.

Póti P. (2014): A hazai adottságokra alapozott versenyképes juh- és kecsketenyésztéssel kapcsolatos vizsgálatok. MTA Doktori értekezés. Szent István Egyetem Állattenyésztés-tudományi Intézet, Gödöllő.

Sharma, H.S.S. – Fleming, C. – Selby, C. – Rao, J.R. – Martin, T. (2014): Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *J. Appl. Phycol.* 26, 465-490.

Stirk, W. A. - Bálint P. – Tarkowská, D. - Novák O. - Maróti G. – Ljung, K. – Turecková, V. – Strnad, M. - Ördög V. - van Staden, J. (2014): Effect of light on growth and endogenous hormones in *Chlorella minutissima* (Trebouxiophyceae). *Plant Physiology And Biochemistry* 79, 66-76.

Tóth V.R. (2016): Reed stands during different water level periods: physico-chemical properties of the sediment and growth of *Phragmites australis* of Lake Balaton. *Hydrobiologia* 778, 193–207.

Vasas G. - Borbely G. - Nánási P. - Nánási P.P. (2010): Alkaloids from cyanobacteria with diverse powerful bioactivities. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry* 10, 946-955.

van der Voort, M. P. J. – Vulsteke, E. – Visser, C.L.M. de (2015): Macro-economics of Algae products. Public Output report WP2A7.02 of the EnAlgae project, Swansea, 3.

<http://www.enalgae.eu/public-deliverables.htm>

van der Weide, R. – Krimpen, M. van (2015): Algae as a promising new type of animal feed.

Wageningen University Biobased Economy newsletter.

<http://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Facilities/AlgaePARC/Show-3-1/Algae-as-a-promising-new-type-of-animal-feed.htm>

Whitton, B. A. (2000): Soils and rice-fields. In: Whitton B. A. & Potts, M. (Eds.): *The ecology of cyanobacteria*. Kluwer Academic Publishers, 233-255.

www¹: <http://www.ebbey-project.eu> (Utolsó letöltés ideje: 2017. november 23.)

www²: <http://algadisk.eu/> (Utolsó letöltés ideje: 2017. november 23.)

www³: <https://albitech.hu/> (Utolsó letöltés ideje: 2017. november 23.)

www⁴: https://www.ogyei.gov.hu/bejelentett_etrend_kiegeszitok/ (Utolsó letöltés ideje: 2017. augusztus 6.)

www⁵: <https://www.biospace.com/article/releases/martek-biosciences-corporation-announces-new-infant-formula-licensee-/> (Utolsó letöltés ideje: 2017. november 23.)

www⁶: <https://www.pufachain.eu/home/> (Utolsó letöltés ideje: 2017. november 23.)

www⁷: <http://www.bisigodos.eu/> (Utolsó letöltés ideje: 2017. november 23.)

www⁸: <https://www.d-factoryalgae.eu/> (Utolsó letöltés ideje: 2017. november 23.)

www⁹: <https://intesusal-algae.eu/> (Utolsó letöltés ideje: 2017. november 23.)

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

JUHÁSZ LÁSZLÓ

Zombortej Kft

6775 Kiszombor, Szt. István Tér 1

E-mail: blackdoberzorba@t-online.hu

VÁRI ANIKÓ

M-Around Tanácsadó és Szolgáltató Kft.

6921 Maroslele, Rózsa utca 41.

E-mail: aniko.vari@maround.hu

SZALKA ÉVA

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

Agrárökonómiai és Vidékfejlesztési Tanszék,

9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

E-mail: szalka.eva@sze.hu

MOLNÁR ZOLTÁN

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

Növénytudományi Tanszék,

9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

E-mail: molnar.zoltan@sze.hu



**A bendő mikrobás folyamatait befolyásoló tényezők
(Irodalmi áttekintés)**

TÓTH TAMÁS - TEMPFLI KÁROLY

Széchenyi István Egyetem

Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

Állattudományi Tanszék

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat áttekintést nyújt a nitrogén bendőbeli újrahasznosításáról, a takarmány fehérje és szénhidrát tartalmának bendőmikrobák általi lebontásáról és az ezt befolyásoló tényezőkről, továbbá a mikrobák növekedéséhez szükséges energia, nitrogén és ásványi anyag szükségleteiről, az alacsony pH káros hatásairól, valamint a mikrobafehérje szintézis növelésének esetleges lehetőségéről. Mindezen túl kitérünk a dolgozatban arra is, hogy miként reagálnak a mikrobák a táplálóanyag-hiányos időszakokra, a nitrogén és a szénhidrát tartalom kedvezőtlen arányára, valamint arra, hogy milyen lehetőségek állnak fenn a táplálóanyagok – szénhidrátok és fehérjék – kiegyensúlyozására. Megemlítendő, hogy a növekvő takarmányköltségek és környezetvédelmi szempontok miatt is igény van a táplálóanyagok felhasználásának optimalizálására.

Kulcsszavak: bendőemésztés, nitrogén, szénhidrát, mikrobiális fermentáció

BEVEZETÉS

A kérődzők kiterjedt előgyomrai számos szempontból lényeges eltérést okoznak a kérődzők és a monogasztrikus állatok fehérje anyagcseréje között. Ennek az oka, hogy a nitrogén tartalmú vegyületek – beleértve az újrahasznosuló nitrogént is - mikrobafehérjévé alakulhatnak át, amely folyamat elsődleges energiaforrása a

szénhidrát (*Reynolds és Kristensen 2008*). A bendőben zajló sajátos mikrobás emésztés során fehérjebontás (proteolízis), az ezzel együttjáró ammóniatermelés, valamint aminosav- és fehérjeszintézis zajlik (*Bokori 2003*). A fehérje lebonthatósága és annak üteme a nyersfehérje összetételétől – NPN anyagok és valódi fehérjék arányától –, a fehérjék oldékonyságától, valamint a bendő mikroorganizmusok energia ellátásától függ. Az NPN anyagok szinte azonnal, míg az oldható fehérjék egy hosszabb lebomlási folyamat – peptidek → oligopeptidek → szabad aminosavak → ammónia + szénváz - után tudják csak biztosítani a bendőmikrobák számára szükséges nitrogént. A bendőmikrobák nitrogén ellátásán túlmenően az aminosav dezamináció hozzájárul a mikrobák energiaellátásához is, ugyanis az aminosavak lebomlását követően keletkező szénlánc egy felhasználható energiaforrás a bendőmikrobák számára. A bendőmikrobák fehérjeszintéziséhez egyaránt szükség van hozzáférhető nitrogén- és energiaforrásra - főleg gyorsan lebomló szénhidrátra -. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a folyamatos energiaellátás csak úgy biztosítható, ha strukturális és nem strukturális szénhidrátot egyaránt tartalmaz a takarmányadag. A bendőmikrobák a takarmányban lévő táplálóanyagokat potenciálisan le tudják bontani és fel tudják használni, amennyiben a takarmány elegendő időt tölt fermentációs közegben. Némely takarmány azonnal lebomlik, míg más takarmányok – szálak és gabona alapúak - elhagyhatják a bendőt anélkül, hogy teljes mértékben lebomlanának. Mindezek alapján a helyes takarmányozás elképzelhetetlen a takarmányok bendőbeli áthaladási idejének ismerete nélkül. Ezt, valamint az ezt befolyásoló tényezőket *Mueller (2004)* és *Broderick et al. (1991)* már korábban áttekintették.

Az állat optimális növekedéséhez és egészségéhez olyan bendőkörnyezetet kell kialakítani, ami a bendőben lebomló energiát és nitrogént egyenletes szinten biztosítja, hogy maximális legyen a mikrobanovekedés, miközben megfelelő mennyiségű bendőben nem lebomló fehérjével is ellássa az állatot. A dolgozat fő célja annak megállapítása volt, hogy a fentebb leírtakra építve, hogyan tudjuk a fehérje és nitrogén szintet egyensúlyba hozni a bendőben rendelkezésre álló energiával, annak érdekében, hogy maximalizáljuk a mikrobafehérje növekedést a bendőben és ezáltal növeljük a termelést és a hatékonyságot. A mikrobafehérje fontosságát jelzi, hogy a kérődzők fehérje-, illetve aminosav- igényének nagyobb részét - a termelés színvonalától függően 55-75%-át - a mikrobafehérje fedezi (*Schmidt 2015*).

NITROGÉN LEBOMLÁS ÉS FELVÉTEL

A bendőben elérhető nitrogénforrások

A nitrogén a bendőben főként valódi fehérje, peptidek, szabad aminosavak, valamint ammónia formájában érhető el. A bendőbe jutó nitrogén mindhárom forrást biztosíthatja azonnal oldható takarmány nitrogénként vagy a bendőbaktériumok lebontó tevékenysége révén, amit a későbbiekben részletesen tárgyalunk. A peptideket és az aminosavakat a lebomlott baktériumok és protozoák is biztosíthatják, amely mennyiség kiteheti a bendőben elérhető teljes nitrogénáramlás 45%-át (Koenig *et al.* 2000). Ezen túlmenően az ammónia a bendőben újrahasznosul a nyálon és a bendőfalán való karbamid transzporton keresztül (Van Soest 1994). A bendőbe belépő karbamidot a bendőbaktériumok szinte azonnal lebontják ammóniára, ami hozzáadódik a bendő ammónia-nitrogén készletéhez. Túlzott nitrogén bevitel esetében ez a karbamid a vesékbe szállítódik és kiürül. Ezt támasztja alá Hristov *et al.* (2004) kísérlete, amelyben a bendőben lebomló többlet fehérje a laktáló tejelő tehének takarmányából legnagyobb részt veszteségként a vizelet nitrogéje útján távozott. Ugyanakkor egy nagy csökkenés a takarmányadag nitrogéntartalmában, oda vezet, hogy csökken a nitrogén kiválasztódás a vizeletben és csökken a tejtermelés, de nincs hatással a mikroba fehérje szintézisre (Fanchone *et al.* 2013). Marini és Van Amburgh (2003) stabil izotóp jelöléssel ellátott nitrogént tartalmazó karbamidot használt annak bemutatására, hogy a nitrogén bélbe és bendő falába történő belépésének aránya állandó marad a különböző fehérjetartalmú takarmányadagok etetésekor. Ezek alapján a vese és az emésztőrendszer képes arra, hogy a szervezet számára szükséges nitrogént visszatartsa. A nevezett kutatók nevéhez fűződik az a megállapítás is, hogy az alacsony nitrogéntartalmú takarmányadagon tartott állatokból vett mikrobaminták több újrahasznosított nitrogént tartalmaznak. Wickersham *et al.* (2008) azzal egészítették ki ezt az eredményt, hogy a kérődzők alacsony fehérjetartalmú bendőben lebomló fehérje szintje serkenti az újrahasznosítási hatékonyságot. A mikroba nitrogén beépítést nem befolyásolja a kiegészítés gyakorisága, mert a mikrobák folyamatosan a gazdaállat nitrogén újrahasznosításának köszönhetően jutnak hozzá a megfelelő nitrogénmennyiséghez. Bár magasabb kiegészítési szint esetén az újrahasznosítási hatékonyság csökken, ha a kiegészítő

nitrogént kevésbé gyakran - 3 naponta egyszer - adagolják, mert a könnyen lebontható források kiürülnek a kiegészítés első napján, mielőtt a 2. és 3. napon hiány jelentkezne a bendőben elérhető nitrogénből. Ez a rendszer újrahaznosított nitrogén-igényhez vezet, de csak már miután a többlet nitrogén nagy része kiürül. Ezen adatok alapján arra következtethetünk, hogy amennyiben a bendőben az elérhető nitrogén szintet csökkentjük, akkor a mikrobákban csekély hiány áll elő, amivel növelhető a nitrogén felhasználás hatékonysága.

A mikrobák nitrogén anyagcseréje

Számos baktérium család és faj, protozoa és anaerob gomba – bár az anaerob gombák szerepe kis számuk miatt elhanyagolható (10^{3-4} /ml bendőfolyadék), de a teljesség megkívánja említésüket (*Jouany és Ushida* 1999) - peptidáz és dezamináz enzimeikkel vesznek részt a fehérjebontásban (*Wallace* 1996). A lebomlott fehérjéket a mikroorganizmusok hasznosítják. Ahhoz, hogy a mikroorganizmusok nitrogén szükségletüket ki tudják elégíteni, mind a fehérjéknek, mind az aminosavak egy részének alkotórészeikre kell bomlani, ugyanis csak ezt követően tudják a bendő mikrobái ezeket saját szervezetük építésére felhasználni. Ez a lebontó folyamat azonban különbözik mikroba fajok és típusok (protozoa, baktérium), valamint szubsztrátok (fehérje, peptidek, aminosavak, karbamid) szerint is. A protozoa nagy méretének köszönhetően (20-200 μm átmérő) akár a mikrobotömeg felét is adhatja, annak ellenére, hogy 1 ml bendőfolyadékban csak 10^{5-6} /ml mennyiségben van jelen (*Jouany* 1996, *Jouany és Ushida* 1999). A protozoák nem használják fel a bendőben lévő ammóniát, hanem szénhidrátot és fehérjét tartalmazó nagy takarmány részecskéket vesznek fel, valamint baktériumokat bontanak le, amelyekből nitrogén szükségletüket - jelentősebb hányadot a baktériumokból – fedezik (*Bach et al.* 2005). Az emésztési folyamat során a protozoa intracelluláris proteázokat termel, hogy a bekebelezett bakteriális és takarmány fehérjéket lebontsa (*Van Soest* 1994). A fehérjék felvételét követően a belső proteázokkal - amelyek nem hígulnak fel a bendőfolyadékban - a protozoa képes lebontani az oldhatatlan fehérjéket is (*Jouany* 1996). A protozoa sejteknek köszönhetően a korábban oldhatatlan fehérje már, mint elérhető nitrogénforrás jelenik meg a baktériumok számára (*Dijkstra et al.* 1998).

A fehérje bendőbeli lebontásában az előbbieken már említett mikroorganizmusok közül a baktériumok a legjelentősebbek. A baktériumok száma a bendőben 10^{10-11} /ml, melyeknek 40%-a rendelkezik fehérjebontó aktivitással. A baktériumok fehérjebontása először extracelluláris módon történik, úgy hogy hozzátapadnak a fehérjeforrásként szolgáló szubsztráthoz, majd a sejten kívüli térbe proteáz enzimeket választanak ki, amelyek a fehérjéket kisebb egységekké, peptidekké bontják. Amikor a baktériumok elkezdik bontani a fehérjét, elsőként az oldódó fehérjéhez kötődnek, vagy az oldhatatlan fehérjék kötik meg a baktériumokat. A sejten kívüli fehérjebontás következménye a peptidek mennyiségének növekedése, amelyek tovább bomlanak oligopeptidekre és szabad aminosavakra. A baktériumoknak lehetősége van arra, hogy felvegyék ezeket az oligopeptideket, szabad aminosavakat és ráépítsék a saját fehérje vagy peptidláncaikra. Ugyanakkor jóval nagyobb az esélye annak, hogy az aminosavakat a baktériumok dezaminálják és ammóniát, valamint nitrogénmentes szénláncot hoznak létre. Az így keletkezett ammóniának egy részét a bendőmikrobák felhasználják a saját aminosavaik előállításához, a nitrogénmentes szénláncot pedig energiaként hasznosítva rövid szénláncú zsírsavakat állítanak elő. A baktériumok által fel nem használt ammónia a baktériumokból a sejten kívüli térbe diffundál (Broderick *et al.* 1998).

Mikrobiális hatékonyságon azt a g-ban kifejezett, a duodenumba jutó mikrobiális nitrogén mennyiséget értjük, amely 1 kg fermentált szerves anyagból keletkezik. A duodenumba jutott mikrobiális nitrogén döntő hányadát a baktériumok teszik ki. Ennek az-az oka, hogy a protozoák önlebomlásával és pusztulásával ugyan jelentős mennyiségű peptid, peptidáz és aminosav kerül a bendőfolyadékba, azonban az elpusztult protozoák 65%-ban újrahasznosulnak a bendőben (Ffoulkes és Leng 1988, Punia *et al.* 1992). A protozoáknak csak nagyon kicsi (~11%) az arányuk a duodenumba jutó mikroba tömegben, ami a fentebb említett újrahasznosulásnak, valamint a protozoák mobilitásának és annak a képességének köszönhető, hogy távol tudják tartani magukat a bendőfaltól (Russell 2002; Shabi *et al.* 2000). Mint fentebb írtuk, a protozoáknak csak kis aránya jut át a duodenumba, ugyanakkor a baktériumok egy részét bekebelezik, és ezzel csökkentik a mikrobiális hatékonyságot. Koenig *et al.* (2000) megfigyelték, hogy defaunált juhokban növekszik a mikrobiális nitrogénáramlás a duodenumba. Ugyanakkor a teljes traktusra vetített szerves anyag, nitrogén, neutrális detergens rost és savdetergens rost emészthetősége csökken. Ez a protozoák kisebb

arányú baktérium felvételével és a fehérje források iránti kisebb versengéssel magyarázható. Ugyanakkor a protozoák által végzett lebontás hiánya csökkenti a fehérje oldását, ami így gátolja ennek felszívódását a hátsóbb bélszakaszban.

A takarmánnyal felvett valódi fehérjén kívül a mai takarmányozási gyakorlat lehetővé teszi az NPN anyagok takarmányozási célú felhasználását is. Ezek lehetnek takarmányadagban a karbamid, vagy különböző nitrogén tartalmú melléktermékek. A karbamidot ureáz enzimük segítségével bontják a bendőmikrobák, melynek aktivitásáról kimutatták, hogy nem limitáló tényezője a karbamid hasznosításnak (*Marini et al.* 2004). Az NPN anyagokat a bendőmikrobák gyakorlatilag azonnal lebontják. Ezt a tényt igazolja a treonin előállítás során keletkező egyik melléktermék, az anyalúg NPN anyag tartalmának gyors – 1 órán belüli - bendőbeli lebomlása (*Tóth* 2016). A lebomlás során keletkező ammónia hozzáadódik a bendő ammónia-nitrogén készlethez.

SZÉNHIDRÁT LEBOMLÁS ÉS FELVÉTEL

Mikrobák szénhidrát anyagcseréje

A kérődző állatok energia igényüket elsősorban szál- és abraktakarmányokkal fedezik, ugyanakkor meg kell említeni azokat a melléktermékeket is, melyeket a mai takarmányozás a gyakorlatban használ, pl: melasz, glicerin és a zsírok. A takarmánnyal felvett strukturális és nem strukturális szénhidrátokat a baktériumok képesek átalakítani, pl. hidrolizálni, illetve felhasználni a mikrobafehérje szintézis során. Ezen túlmenően a szénhidrátok bendőbeli mikrobás lebontásukat követően felszívódó energiát szolgáltatnak rövid szénláncú zsírsavak (SCFA) formájában. A könnyen oldódó szénhidrátok, mono- és diszacharidok, elsősorban a gabonamagvakban, a zsenge zöld növényekben, a gyök gumósokban és a melaszban találhatóak. A jó oldhatóság együtt jár a gyors lebomlással, melynek köszönhetően gyorsan szolgáltatnak energiát a bendőmikrobáknak (*Kakuk és Schmidt* 1988). A gyorsan oldódó szénhidrátok közül a legnagyobb jelentőséggel a keményítő bír, ugyanis a legtöbb gabonamagban a keményítő mennyisége a szárazanyagon belül 60-70% közötti arányban van jelen (*Tóth* 2005). A bendőbeli keményítő lebomlást és hasznosíthatóságot befolyásoló tényezőket számosan vizsgálták (*Harmon et al.* 2004, *Huntington et al.* 2006). A keményítő ugyan

nem képez krisztalloid oldatot, de a vizet felveszi, jól duzzad, ezáltal az amilolitikus (keményítőt fermentáló) baktériumok hozzá tudnak tapadni a takarmány részecskéhez és exo-, valamint endo-amilázokat tudnak kiválasztani. Ezek hidrolizálják mind az α 1-4 és mind az α 1-6 kötéseket, melyek összekötik a glükóz molekulákat egymással és így alkotják az amilózt és az amilopektint. Ezen folyamat termékeként maltoooligomerek (diszacharidok) keletkeznek, amelyek bekerülnek a baktériumsejtbe, ahol az intracelluláris maltáz hexózokra bontja és a sejt ATP előállításra használja fel őket (Kotarski *et al.* 1992). A hexózok lebontása során főként a 3 szénmolekulát tartalmazó propionsav és tejsav keletkezik. A keményítő lebomlást akadályozza az épp szemeket körbevevő viaszos terméshéj. Ezt a magburkot először lebontani vagy eltávolítani szükséges valamilyen módon, hogy az amilolitikus baktériumok el tudják kezdeni lebontani a gabonamagvak keményítőben gazdag belső részeit (Huntington 1997). A maghéj roppantásos felnyitásával a hozzáférhető keményítőfelület növekszik, az ilyen módon rendelkezésre álló keményítő növeli a baktériumok enzimatikus lebontó tevékenységét (Horadagoda *et al.* 2008).

A protozoák nagy - keményítő tartalmú - takarmány részecskéket kebeleznek be energia igényük kielégítésére, megakadályozva, hogy ezt a baktériumok tejsavtermelésre használják fel. Ezek a protozoák lassan bontják és tárolják a keményítőt, aminek az az eredménye, hogy nem termelnek jelentős mennyiségű tejsavat. Ennek és a tejsavtermelő baktériumok bekebelezésének köszönhetően elméletileg részleges puffer hatást fejthetnek ki a bendőben, aminek folytán hozzájárulnak a bendőbeli sav túlterhelés csökkentéséhez (Kotarski *et al.* 1992). Meg kell azonban említeni, hogy ez a hatás egymagában nem lenne elegendő a keményítő fermentálása során keletkező tejsav okozta acidózis megelőzésére. E mellett lényeges, illetve a protozoák ilyen irányú szerepénél még fontosabb az a tény, hogy vannak olyan mikrobafajok, amelyek energiaforrásként tejsavat használnak fel és azt kevésbé savas karakterű termékekké alakítják. Az ilyen baktériumok közül talán leglényegesebb a *Megasphaera elsdenii*, amely a tejsavat acetáttá és propionáttá alakítja (Prabhu *et al.* 2012).

A kérődző állatok takarmányainak jelentős részét a vázalkotó poliszacharidok – a cellulóz, a hemicellulóz és a pektin – alkotják (Kakuk és Schmidt 1988). Ezeket a poliszacharidokat használják fel a cellulolitikus (strukturális szénhidrátot lebontó)

baktériumok, amelyek cellulózból és hemicellulózból fedezik az energiaigényüket. Akárcsak az amilolitikus baktériumok, ezek a baktériumok is hozzátapadnak a takarmányrészecskékhez, amely szakaszban semmilyen, vagy csak csekély mértékű lebontás történik (Allen és Mertens 1988). A baktériumok ezután elkezdik kiválasztani az enzimeket a takarmányokban levő sejtek falának lebontásához, amelynek során a strukturális szénhidrátok hexóz oligomerekre bomlanak. A baktériumok által kiválasztott cellulázok képesek bontani a cellulóz glükóz láncainak β 1-4 kötéseit (Krause et al. 2003). A cellulolitikus baktériumok tevékenységének végtermékei az acetát és butirát (Russell et al. 1992). Meg kell azonban jegyezni, hogy az összes SCFA arányát tekintve az acetát van jelen a legnagyobb koncentrációban, kivéve azon takarmányadagok esetén, mikor elsősorban koncentrátumokat, vagy nagyon gyenge minőségű tömegtakarmányokat etettek az állatokkal (Rodriguez-Prado et al. 2004). A cellulóz emészthetősége 40-60%, ami azt jelenti, hogy hasznosíthatósága még optimális körülmények között sem éri el a többi poliszacharid emészthetőségét. Említeni szükséges, hogy a hemicellulózt a cellulolitikus baktériumokon kívül a protozoák is bontják. A hemicellulóznak nincsenek inkrusztáló anyagai, ezért a lebonthatósága mindig kedvezőbb, mint a cellulózé. Ugyanakkor azt figyelembe kell vennünk, hogy a hemicellulózt, a cellulózt és a lignint együtt fordulnak elő a növények sejtfalában, ezért a növények elfásodása a hemicellulózt hasznosíthatóságát is gátolja (Kakuk és Schmidt 1988). Mindezek alapján megállapítható, hogy a sejtfal lebonthatóságát elsősorban a sejtfal lignin tartalma befolyásolja. Ugyanis azok a keresztkötések, amelyek sejtfal szénhidrátjai és a lignin között találhatóak, akadályozzák meg a cellulolitikus enzimeket abban, hogy lebontsák a poliszacharidokat (Krause et al. 2003) és más értékes molekulákat is. Ezt a jelenséget úgynevezett kettőrehatás.

Mint már fentebb említettük, a cellulózon és hemicellulózon kívül egy harmadik poliszacharid – nevezetesen a pektin - is előfordul a növényekben. A pektinbontó baktériumok és a protozoák enzimeik a pektin galakturonsavból álló láncát egységeire bontják, a közbülső metanol egységet pedig hidrolizálják. A galakturonsavból zömében ecetsav és részben tejsav képződik (Kakuk és Schmidt 1988).

A BENDŐ MIKROBÁS FERMENTÁCIÓJÁNAK FELTÉTELEI

Bendőmikroba populáció faji összetétele

A bendőmikrobák számát és faji összetételét jelentősen befolyásolja az etetett takarmány kémiai összetétele. Ennek következtében a bendőmikrobákat aszerint osztályozzák, hogy milyen szubsztrátot használnak energiaforrásként. Megkülönböztetünk cellulóz-, keményítő-, hemicellulóz-, és cukorbontó, valamint organikus savakat felhasználó baktériumokat, proteolitikus és lipolitikus baktériumokat (Nagaraja 2016). A bendőbaktériumok élettevékenysége, szaporodása és a takarmányok kémiai összetétele között szoros kapcsolat áll fenn. Mi sem bizonyítja ezt jobban, mint az, hogy egy hirtelen takarmányváltozás következtében a baktérium populáció faji összetétele felborul és a baktériumszám jelentősen csökken, amíg a baktériumflóra az új takarmányhoz nem adaptálódik. Ezt igazolja *Newbold és Rust* (1992) szakaszos tenyészetekben végzett kísérlete, amelynek eredményei szerint akár a nitrogén, akár a szénhidrát felvételt időlegesen korlátozzuk csökkenni fog a bakteriális protoplazma mennyiségének növekedési üteme. Amikor azonban, ezeknek a baktériumoknak biztosították azt a táplálóanyag mennyiséget, amit a korlátozást megelőzően kaptak, akkor 12 órás inkubáció után a baktériumok elérték azt a koncentrációt, amelyet a korlátozást megelőzően figyeltek meg. Ezeket az eredményeket erősítik meg *Van Kessel és Russel* (1997) in vitro kísérletei is. Mindezekből az eredményekből következik, hogy a bendőbaktériumok viszonylag gyorsan képesek adaptálódni a táplálóanyag-hiányos időszakokhoz. Amikor maximalizálni akarjuk a mikrobaszám növekedést, akkor hosszú időn át tartó, egyenletes kémiai összetételű takarmányozást kell folytatnunk.

A mikrobák nitrogén szükséglete

Russell et al. (1992) áttekintették különböző mikrobák fehérjeszükségletét és a baktériumokat felosztották nem-szerkezeti szénhidrátot (keményítő és oldható cukrok), valamint szerkezeti szénhidrátot (hemicellulóz és cellulóz) fermentáló csoportra. A nem-szerkezeti szénhidrát emésztők fő nitrogén forrásai elsősorban a peptidek és az aminosavak, ugyanis ezek a mikrobák a nitrogént főként e két komponens formájában

veszik fel, mert azok csak így képesek a baktériumok sejtfalán átjutni a baktériumok intracelluláris terébe. A sejten belül a peptideket aminosavakra bontják, majd azokat dezaminálják és az aminógyököt valamilyen más forrásból származó szénláncra ültetik át. A dezaminálás során keletkező nitrogénmentes szénláncot pedig nagy eséllyel energiaforrásként használják fel SCFA metabolitok képzése kíséretében. A szerkezeti szénhidrátot fermentálók ugyanakkor elsősorban az ammóniát használják fel nitrogén igényük kielégítésére. Különbséget tehetünk a bendőbaktériumok között oly értelemben is, hogy van egy kis csoport nagy dezaminálási aktivitással és egy nagyobb csoport kis dezaminálási aktivitással. A kis dezaminálási aktivitással rendelkező, de nagy számban előforduló faj a *P. ruminicola*, amely csak peptideket hasznosít (Wallace 1996). A nagy dezaminálási aktivitással rendelkező baktérium csoport fő nitrogén-, szén-, energiaforrását az aminosavak jelentik (Paster et al. 1993), mely csoportba a következő fajok tartoznak: *Selenomonas ruminantium*, *S. bovis*, *Fibrobacter succinogenes* és *Anaerovibrio lipolytica* (Ling és Armstead 1995). Mint az előzőekben írottakból megállapítható, a baktériumok táplálóanyag igénye nagyon változatos, ezért nem lehet abszolút aminosav szükségletéről beszélni (Virtanen 1966), mivel a baktériumok egymás közötti táplálóanyag megosztásának köszönhetően kielégíthető a baktériumok egyedi szükséglete. Armstead és Ling (1993) 11-35% között kalkulálta a peptidek hozzájárulási arányát a bakteriális nitrogén szükséglethez, míg az aminosavakét 36-68%-os mértékűnek találták. Ebben a tanulmányban azt is megfigyelték, hogy a jelölt ¹⁴C izotóp nagy része gyorsan lebomlik és a baktériumokba nem épül be, ami arra utal, hogy a peptidek és aminosavak energiaellátásra inkább használódtak fel, mint nitrogén szubsztrátként. Mindez hozzájárult ahhoz, hogy Griswold et al. (1996) javuló mikrobafehérje mennyiség növekedést tapasztaltak, amikor az NPN anyagokat aminosavakkal vagy peptidekkel helyettesítettek. Ezt támasztja alá Broderick és Reynal (2009) kísérlete is, amikor a bendőben lebomló szójalisztet karbamiddal helyettesítették, csökken a tej mennyisége és táplálóanyag tartalma, valamint romlott a bendőben a mikrobiális fehérje termelés. Hasonló eredményekről számolnak be Broderick et al. (2010), akik csekély mértékű mikrobafehérje mennyiség növekedést figyeltek meg, amikor a takarmány szárazanyagában a lebomló fehérje mennyiségét megnövelték. A fentebb írottakból arra következtethetünk, hogy a peptidek, az aminosavak és az ammónia külön-külön is szolgálhatnak nitrogén forrásként a vegyes bendőmikroba

populáció számára, azonban a teljes populáció a maximális növekedési ütemet csak mindhárom forrás elegye esetén éri el.

A mikrobiális fermentáció szénhidrát szükséglete

Ahhoz, hogy a bendőben zajló mikrobafehérje szintézis maximális legyen, kifogástalan színvonalú takarmányozásra van szükség. Ez az optimális nitrogén ellátás mellett a szénhidrát ellátásra is érvényes, ugyanis a mikrobák a szénhidrát lebontás során jutnak hozzá az anyagcseréjükhöz és szaporodásukhoz szükséges energiaforráshoz, az ATP szintézis érdekében. Ez különösen fontos a protoplazma fehérjék előállítása során, a fehérjeszintézisnek ugyanis jelentős az energiaigénye. Ezeket a szénhidrátokat két nagy csoportra, strukturális és nem strukturális szénhidrátokra osztjuk. A nem strukturális szénhidrátok közé az egyszerű cukrokat, a pektint és a keményítőt, a strukturális szénhidrátok közé pedig a cellulózt, a hemicellulózt és a lignint soroljuk (*Russel et al.* 1992). Ezek a szénhidrát csoportok alkotják a bendőmikrobák energia ellátásának alapját. Habár sok baktérium tud többféle szénhidrátforrást hasznosítani energiaszükségletének kielégítésére (*Russel* 2002), a baktériumok túlnyomórészt vagy csak nem strukturális, vagy csak strukturális szénhidrátok fermentálásával elégítik ki energiaigényüket. Az optimális mikrobafehérje szintézishez nélkülözhetetlen a folyamatosan rendelkezésre álló energia, amelynek fontos eleme a különböző szénhidrátok lebomlásának üteme. A könnyen oldható szénhidrátok - mind a keményítő, mind az egyszerű cukrok – rövid ideig (4-8 óra) magas szinten biztosítják a bendőmikrobák ATP igényét (*Huntington et al.* 2006), ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy ezt követően alig vesznek részt a mikrobák ATP ellátásában (*Pathak* 2008). Ezzel ellentétben a neutrális detergens rost lebomlása viszonylag lassú folyamat a sejtfal alkotók kismértékű oldhatósága miatt. A cellulóz és a hemicellulóz fermentációja során felszabaduló és hasznosítható energia az etetést követően mintegy 3-4 óra múlva válik elérhetővé, ezt követően az viszont hosszú ideig - akár 96 órán keresztül - az etetés után rendelkezésre áll, biztosítva ezzel ATP-t a mikrobánövekedéshez (*Pathak* 2008). Az erjedés hosszát nagyban befolyásolja az etetett takarmánynövény inkusztáltsága (elfásodása), érettsége és a takarmányrészecskék mérete is (*Offner et al.* 2003). Néhány takarmány, amely nagyobb

mennyiségben tartalmaz neutrális detergens rostot, nem bomlik le teljesen 72 óra bendőben tartózkodás esetén sem (Allen és Mertens 1988). Ilyen esetekben a takarmány valószínűleg elhagyja a bendőt, mielőtt teljesen lebomlana (Hristov et al. 2003), aminek következtében nem szolgáltat elegendő energiát a mikrobáknak. Ennek okán a takarmányadagot úgy célszerű összeállítani, hogy az tartalmazzon elegendő elérhető szénhidrátot az optimális mikrobaszám növekedéséhez. Ugyanis az in vitro és in vivo kísérletek eredményei alapján általános az egyetértés abban a tekintetben, hogy a szénhidrát emésztés üteme a legfontosabb tényező, amely a mikrobánövekedéshez szükséges hasznosítható energia mennyiségét meghatározza (Hoover és Stokes 1991). Jelentős mikrobahozam növekedést figyeltek meg, amikor növelték a nem strukturális szénhidrát mennyiségét a takarmányadagban, vagy jobban lebomló szénhidrátokkal helyettesítették a kevésbé lebomlóakat (Zhou et al. 2015, Hristov et al. 2005). Ezeket az eredményeket támasztja alá Lascano et al. (2016) kísérlete, miszerint ahogy csökkentette a takarmányadagban a nem strukturális szénhidrát mennyiségét a strukturális szénhidrát javára, úgy lineárisan csökkent a becsült mikrobafehérje áramlás a duodenumba.

Összességében megállapítható, hogy a mikrobánövekedés fő limitáló tényezője a nem elegendő gyorsan lebomló szénhidrát a bendőben. Ugyanakkor a bendőmikrobák kielégítő növekedéséhez szükség van mind lassan, mind gyorsan lebomló szénhidrátra, ugyanis a mikrobánövekedés fő limitáló tényezője a hozzáférhető szénhidrát hiánya a bendőben (Grossblatt 2001).

A bendőmikrobák ásványi anyag szükséglete

A teljesség érdekében a mikrobák nitrogén és szénhidrát ellátásán túlmenően szólni szükséges a mikroba populáció ásványi anyag szükségletéről is, ugyanis a mikrobahozamot ez utóbbi tényező is befolyásolja (Sniffen és Robinson 1987). Az ásványi anyagok közül a kén és a foszfort szükséges említeni, ugyanis ezek bendőbeni koncentrációja jelentősen befolyásolja a mikrobák növekedését. A szarvasmarha korától, termelésétől és anyagcsere állapotától függően a bendőmikrobák metionin és cisztein termeléséhez szükséges kén aránya a takarmányadag 0,11 és 0,20%-a között alakul (National Research Council 1996). A kén jelentőségét igazolja, hogy a limitált

kénellátás csökkentheti a mikrobafehérje termelést abban az esetben, ha kérődzőkkel nagy mennyiségű nem fehérje nitrogént (pl. karbamidot) etetnek (Uddin 2015). A bendőmikrobák ATP és fehérjetermeléséhez szükséges másik ásványi anyag a foszfor, ugyanis a nem kielégítő foszfor ellátás mérsékelheti a mikrobanövekedéshez szükséges fehérjeszintézist.

A bendőtartalom pH értékének hatása a mikrobás fermentációra

A bendőbeli mikrobaszám egyik fontos szabályozója a bendőfolyadék pH-értéke. Az alacsony pH káros lehet a bendőmikrobákra, a protozoák különösen érzékenyek rá. Az alacsony - 6 alatti - pH további káros hatása, hogy limitálja a strukturális szénhidrátok lebonthatóságát (Cerrato-Sanchez et al. 2007), valamint a bendőbeli energia nem a bendőbaktériumok szaporodásához, hanem a baktériumsejtek semleges pH-jának fenntartására használandó fel (Strobel és Russel 1986). Mindezen túlmenően a nagy tömegtakarmány tartalmú takarmányadagot fogyasztó tejelő tehének esetében a bendőfolyadék pH-jának csökkenésével gyengül a mikrobák proteolitikus aktivitása is. Ugyanakkor ez nem mondható el a nagy koncentrátum tartalmú takarmányadagot fogyasztó hízómarhák esetében (Bach et al. 2005).

A BENDŐBEN RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ (HASZNOSTHATÓ) FEHÉRJE ÉS SZÉNHI DRÁT

Táplálóanyag szinkronizálás

Táplálóanyag szinkronizálás elmélete szerint a takarmányadagok kialakíthatók úgy is, hogy a fehérje és az energia komponensek lebontása szinkronban legyen egymással, ami által a táplálóanyagok egy időben és a szükségleteknek megfelelő arányban hozzáférhetők a mikrobák számára, aminek köszönhetően javul a mikrobiális fermentáció hatékonyság a gazdaállat szempontjából is. Amennyiben ezt biztosítani akarjuk, tudnunk kell előre jelezni a vegyes mikrobapopuláció számára szükséges összes szubsztrát mennyiségét és sorsát a bendőben. A takarmányadag ilyen alapon történő összeállítása számos belső és külső tényező, valamint élettani folyamat pontos ismeretét és ezek precíz előrejelzését igényli. (Hall és Huntington 2008). A fázisos-takarmányozás – amelynek során a takarmányadag különböző komponenseit más-más

időben etetik, hogy szinkronizáljuk a lebontási és felszívódási folyamatokat. Ez munkaigényes folyamat és vegyes eredményekkel jár. A fázisos takarmányozás szempontjából a takarmányfehérje és szénhidrát elérhetőség lehet a takarmányadag leginkább aszinkront okozó része, ráadásul a takarmány kiegészítés és a tömegtakarmány közötti interakciók nagy hatással vannak a táplálóanyagok közötti szinkronra. A táplálóanyag szinkronizáció során leggyakrabban a kiegészítő takarmányok módosításával befolyásolják a szinkronizációt. A kiegészítés típusa (pl. keményítő vagy rost), táplálóanyag összetétele és a lebomlás mértéke az elsődleges szempontok a szinkronizálás során a nagy tömegtakarmány-tartalmú takarmányadagok esetében (*Hersom 2008*). *Cole és Todd (2008)* számos adat analízise során megállapította, hogy a szinkronizációs index csak kis mértékben befolyásolja az állatok termelését, ugyanakkor negatívan hat a takarmányhasznosításra és a mikrobiális hatékonyságra. Ugyanakkor *Shabi et al. (1998)* semmilyen különbséget nem figyeltek meg a mikroba nyersfehérje termelésben, vagy a mikrobiális aktivitásban, amikor a laktáció közepén tartó tejelő teheneket változó arányú bendőben lebontható szerves anyag és nyersfehérje tartalmú takarmányadaggal, vagy különböző gyakorisággal etettek. Hasonló eredményekről számolnak be *Newbold és Rust (1992)* is, akik in vivo kísérletet végeztek, különböző mértékű aszinkront mutató kukorica és szója alapú takarmányadagokkal. *Richardson et al. (2003)* szinkronizált takarmányadagot fogyasztó bányók esetében nem tapasztaltak különbséget a növekedésben, de nagyobb energiavisszatartást mértek a nem szinkronizált állatokhoz képest. *Horadagoda et al. (2008)* perje széna alapú takarmányadagon tartott kanülözött juhok esetében végeztek kiegészítést különböző szénhidrát forrásokkal, és azt figyelték meg, hogy a lassan lebomló abrakkal történő kiegészítés szinergens hatással volt a mikrobiális fehérjeszintézisre. Bár ebben a kísérletben zavaró tényező volt, hogy a takarmányadagban az optimálisnál kisebb volt a fehérjekoncentráció és összességében gyengébb volt a szervesanyag emésztés hatásfoka, ami valószínűleg negatívan befolyásolta a cellulolitikus baktériumok tevékenységét. *Kim et al. (1999)* szárazon álló teheneket tartottak alap takarmányon, vagy folyamatos szacharóz infúzióval kiegészített alaptakarmányon. Az infúziót 6 órán keresztül, vagy azonnal minden etetés után kezdve (szinkron), vagy minden etetés után 6 órával kezdve (aszinkron) végezték. Minden szacharózzal kiegészített adag etetésekor javuló mikrobafehérje szintézist figyeltek

meg, de a szinkron és aszinkron adag között nem volt különbség. A bendőbeli fermentáció szinkronizációjának javítása az *in vitro* kísérletek esetében általában nagyobb valódi szervesanyag lebomlást ($p=0,072$), SCFA koncentrációt ($p=0,067$) és mikrobaszámot ($p=0,092$) eredményezett, ezáltal pozitív hatással volt a bendőben zajló fermentációra (Rotger *et al.* 2006). Ugyanakkor az *in vivo* kísérletek esetében ez a pozitív hatás nem figyelhető meg, valószínűleg az endogén nitrogén újrahasznosítás, vagy a takarmányfelvételi különbségek kompenzációja miatt (Rotger *et al.* 2006). Mindezek alapján az emésztőcsőben rendelkezésre álló fermentálható energia és nitrogén szinkronizálásával a kérődzők nitrogén felhasználásának hatékonyságát növelő erőfeszítések kevés sikerrel kecsegtetnek a termelés növekedése tekintetében. Reynolds és Kristensen (2008) szerint a nitrogén felhasználás hatékonyságára szinkronizált bendőműködés előnyei a gyakorlatban azért nem érvényesülnek, mert a karbamid emésztőrendszerbe való újrahasznosítása tompítja a rendszertelen étrendi nitrogén ellátás kedvezőtlen hatásait. Ezek alapján lehet tehát aszinkron a takarmányadag fehérje ellátásban anélkül, hogy ennek káros hatásai lennének a növekedésre vagy egyéb teljesítményre.

A táplálóanyag felhasználás szinkronizálásának fejlesztése jelenleg is folyamatban van és sok további feladat vár még ezzel kapcsolatban megoldásra. Végző soron az állati termelés alakulása és az optimális táplálóanyag hasznosítás fogja eldönteni, hogy a táplálóanyag szinkronizálás egy valójában sikeres stratégia.

KÖVETKEZTETÉSEK

A dolgozat témájával kapcsolatos kísérletek eredményei alapján az alábbi következtetések fogalmazhatók meg:

- A bendőbaktériumok viszonylag gyorsan képesek adaptálódni a táplálóanyag-hiányos időszakokhoz. Amennyiben ennek ellenére maximalizálni akarjuk a vékonybélbe jutó mikrobafehérje mennyiségét, akkor hosszú időn át tartó, egyenletes kémiai összetételű takarmányadagot kell etetnünk.

- Az eredmények azt igazolják, hogy amennyiben az energia és a nitrogén felszabadulás üteme közötti szinkron mértékét a bendőben pusztán csak javítjuk, az nem növeli szükségszerűen a mikrobafehérje képződést. Előfordulhat aszinkronitás a

takarmányadag fehérje-tartalmában anélkül, hogy ennek káros hatásai lennének a növekedésre, vagy egyéb teljesítményre.

➤ In vitro és in vivo kísérletek eredményei alapján általános az egyetértés abban a tekintetben, hogy a szénhidrát lebomlás üteme a legfontosabb tényező, amely a mikrobánövekedéshez szükséges hasznosítható energia mennyiségét meghatározza.

➤ A mikrobánövekedés fő limitáló tényezője a nem elegendő gyorsan lebomló szénhidrát a bendőben. Ugyanakkor a bendőmikrobák kielégítő növekedéséhez szükség van mind lassan, mind gyorsan lebomló szénhidrátra, ugyanis a mikrobánövekedés fő limitáló tényezője a hozzáférhető szénhidrát hiánya a bendőben.

➤ A peptidek, az aminosavak és az ammónia külön-külön is szolgálhatnak nitrogén forrásként a vegyes bendőmikroba populáció számára, azonban a teljes populáció a maximális növekedési ütemet mindhárom forrás elegye esetén éri el.

➤ A táplálóanyag felhasználás szinkronizálásának fejlesztése jelenleg is folyamatban van és sok további feladat vár még ezzel kapcsolatban megoldásra. Végző soron az állati termelés alakulása és az optimális táplálóanyag hasznosítás fogja eldönteni, hogy a táplálóanyag szinkronizálás egy valójában sikeres stratégia.

Factors affecting microbial functions in the rumen

TAMÁS TÓTH – KÁROLY TEMPFLI

Széchenyi István University

Faculty of Agricultural and Food Sciences

Department of Animal Sciences

SUMMARY

In the present study, ruminal nitrogen metabolic, the processes and factors influencing feed protein and carbohydrate degradation by rumen microbes were reviewed. Role of energy, nitrogen and mineral supply for microbial fermentation were also discussed, showing the detrimental effects of low pH, and potential approaches to improve microbial protein synthesis in the rumen. Furthermore, effects of nutrient deficiency, asynchronous nitrogen and carbohydrate supply on microbial growth are overviewed

with regard to possibilities for nutrient – carbohydrates and proteins – balancing. This kind of studies should be useful considering, the growing, demand to optimize nutrient utilization due to increasing feedstuff prices and environmental concerns.

Keywords: ruminal digestion, nitrogen, carbohydrate, microbial protein

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00017 „Nemzetköziesítés, oktatói, kutatói és hallgatói utánpótlás megteremtése, a tudás és technológiai transzfer fejlesztése, mint az intelligens szakosodás eszközei a Széchenyi István Egyetemen“ projekt támogatta.

IRODALOMJEGYZÉK

Allen, M. S. – Mertens, D. R. (1988): Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *J. Nutr.* 118:261-270.

Armstead, I. P. – Ling, J. R. (1993): Variations in the uptake and metabolism of peptides and amino acids by mixed ruminal bacteria in vitro. *Appl. Environ. Microbiol.* 59:3360-3366.

Bach, A. S. - Calsamiglia, S. - Stern. M. D. (2005): Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 88:E9-21.

Bokori J. (2003): Kérődzők emésztésének takarmányozásélettani sajátosságai (In: Schmidt, J: A takarmányozás alapjai, 2003 93 p.)

Broderick, G. A. - Wallace, R. J. – Ørskov, E. R. (1991): Control of rate and extent of protein degradation. Pages 541-592 in *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Tsuda, T. – Sasaki, Y. – Kawashima (eds.), R. Academic Press, Orlando, FL.

Broderick, G. A. (1998): Can cell-free enzymes replace rumen microorganisms to model energy and protein supply Pages 99-114 in *In vitro Techniques for Measuring Nutrient Supply to Ruminants*. Deaville, E. R. – Owens, E. – Adesogan, A. T. – Rymer, C. – Huntington, J. A. – Lawrence (eds.), T. L. J. Occasional Publication No. 22, British Society of Animal Sciences, Edinburg.

- Broderick, G. A. – Reynal S. M. (2009):* Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 6:2822-34.
- Broderick, G. A. - Huhtanen, P. - Ahvenjärvi, S. – Reynal, S. M. - Shingfield K. J. (2010):* Quantifying ruminal nitrogen metabolism using the omasal sampling technique in cattle-A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 93:3216-30.
- Cerrato-Sanchez, M. S. - Calsamiglia, S. - Ferret, A. (2007):* Effects of patterns of suboptimal pH on rumen fermentation in a dual-flow continuous culture system. *J. Dairy Sci.* 90: 4368-4377.
- Cole, N. A. – Todd, R. W. (2008):* Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient synchrony in concentrate-fed ruminants. *J. Anim. Sci.* 86:E318-333.
- Dijkstra, J. J. - France, J. – Tamminga, S. (1998):* Quantification of the recycling of microbial nitrogen in the rumen using a mechanistic model of rumen fermentation processes. *J. Agric. Sci.* 130:81-94.
- Fanchone A. I. - Nozière P. - Portelli J. - Duriot B. - Largeau V. - Doreau M. (2013):* Effects of nitrogen underfeeding and energy source on nitrogen ruminal metabolism, digestion, and nitrogen partitioning in dairy cows. *J Anim Sci.* 2:895-906.
- Ffoulkes, D. – Leng, R. A. (1988):* Dynamics of protozoa in the rumen of cattle. *Br. J. Nutr.* 59:429-436.
- Griswold, K. E. – Hoover, W. H. – Miller, T. K. – Thayne, W. V. (1996):* Effect of form of nitrogen on growth of ruminal microbes in continuous culture. *J. Anim. Sci.* 74:483-491.
- Grossblatt, N. (2001):* Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy Press Washington, D. C. 408. 69. 49.
- Hall, M. B. – Huntington, G. B. (2008):* Nutrient synchrony: Sound in theory, elusive in practice. *J. Anim. Sci.* 86:E287-E292.
- Harmon, D. – Yamka, R. – Elam, N. (2004):* Factors affecting intestinal starch digestion in ruminants: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 84:309-318.
- Hersom, M. J. (2008):* Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient synchrony in forage-fed ruminants. *J. Anim Sci.* 86:E306-17.
- Hoover, W. H. – Stokes, S. R. (1991):* Balacing carbohydrates and protein for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74:3630-3644.

- Horadagoda, A. – Fulkerson, W. J. – Barchia, I. – Dobos, R. C. – Nandra, K. S.* (2008): The effect of grain species, processing and time of feeding on the efficiency of feed utilization and microbial protein synthesis in sheep. *Livest. Sci.* 114:117-126.
- Hristov, A. N. – Ahvenjarvi, S. – McAllister, A. – Huhtanen, P.* (2003): Composition and digestive tract retention time of ruminal particles with functional specific gravity greater or less than 1.02. *J. Anim. Sci.* 81:2639-2648.
- Hristov, A. N. – Etter, R. P. – Ropp, J. K. – Grandeem, K. L.* (2004): Effect of dietary crude protein level and degradability on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 82:3219-29.
- Hristov, A. N. – Ropp, J. K. – Grandeem, K. L. – Abedi, S. – Etter, R. P. – Melgar, A. – Foley, A. E.* (2005): Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 2:408-21.
- Huntington, G. B.* (1997): Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75:852-867.
- Huntington, G. B. – Harmon, D. L. – Richards, C. J.* (2006): Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *J. Anim. Sci.* 84:E14-E24.
- Jouany, J. P.* (1996): Effect of rumen protozoa on nitrogen utilization by ruminants. *J. Nutr.* 126:1335S-1346S.
- Jouany, J. P. – Ushida, K.* (1999): The role of protozoa in feed digestion. Review. *AJAS* 12:113-128.
- Kakuk T. – Schmidt J.* (1988): Takarmányozás. 640. 58-61., 64-65
- Kotarski, S. F. – Waniska, R. D. – Thurn, K. K.* (1992): Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *J. Nutr.* 122:178-190.
- Kim, K. H. – Oh, Y. G. – Choung, J. J. – Chamberlain, D. G.* (1999): Effects of varying degrees of synchrony of energy and nitrogen release in the rumen on the synthesis of microbial protein in cattle consuming grass silage. *J. Sci. Food Agric.* 79:833-838.
- Koenig, K. M. – Newbold, C. J. – McIntosh, F. M. – Rode, L. M.* (2000): Effects of protozoa on bacterial nitrogen recycling in the rumen. *J. Anim. Sci.* 78:2431-2445.
- Krause, D. O. – Denman, S. E. – Mackie, R. I. – Morrison, M. – Rae, A. L. – Attwood, G. T. – McSweeney, C. S.* (2003): Opportunities to improve fiber degradation in the rumen: Microbiology, ecology, and genomics. *FEMS Microbiol. Rev.* 27:663-693.

- Lascano, G. J. – Koch, L. E. – Heinrichs, A. J. (2016): Precision-feeding dairy heifers a high rumen-degradable protein diet with different proportions of dietary fiber and forage-to-concentrate ratios. J.Dairy Sci. 9:7175–7190*
- Ling, J. R. – Armstead, I. P. (1995): The in vitro uptake and metabolism of peptides and amino acids by five species of rumen bacteria. J. Appl. Bacteriol. 78:116-124.*
- Marini, J. C. - Van Amburgh, M. E. (2003): Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. J. Anim. Sci. 81:545-552.*
- Marini, J. C. - Klein, J. D. - Sands, J. M. - Van Amburgh, M. E. (2004): Effect of nitrogen intake on nitrogen recycling and urea transporter abundance in lambs. J. Anim. Sci. 82:1157-1164.*
- Mueller, A. M. (2004): The ability of empirical equations based on dilution rate to predict microbial efficiency and amino acid flow post ruminally. Ph.D. Dissertation, University of Missouri, Columbia, MO.*
- Nagaraja, T. G. (2016): Microbiology of the Rumen. In: Millen, D. D. - Arrigoni, M. D. B. - Pacheco, R. D. L.: Rumenology. Springer International Publishing, 39–61.*
- National Research Council (1996): Nutrient requirements of beef cattle (7th edn.). Washington D. C.: National Academy Press.*
- Newbold, J. R. – Rust, S. R. (1992): Effect of asynchronous nitrogen and energy supply on growth of ruminal bacteria in batch culture. J. Anim. Sci. 70:538-546.*
- Offner, A. – Bach, A. – Sauvant, D. (2003): Quantitative review of in situ starch degradation in the rumen. Anim. Feed Sci. Technol. 106:81-93.*
- Paster, B. J. - Russel J. B. – J., C. M. – Chow, Yang J. M. - Woese, C. R. – Tanner, R. (1993): Phylogeny of the ammonia-producing ruminal bacteria *Peptostreptococcus anaerobius*, *Clostridium sticklandii* and *Clostridium aminophilum* sp. nov. Int. J. System. Bacteriol. 43:107-110.*
- Pathak, A. K. (2008): Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen. Veterinary World. 6:186-189.*
- Prabhu, R. – Altman, E – Eiteman, M. A. (2012): Lactate and Acrylate Metabolism by *Megasphaera elsdenii* under Batch and Steady-State Conditions Appl. Environ. Microbiol. 78 (24) 8564-8570.*

- Punia, B. S. – Leibholz, J. – Faichney, G. J. (1992):* Rate of production of protozoa in the rumen and flow of protozoal nitrogen to the duodenum in sheep and cattle given a pelleted diet of lucerne hay and barley. *J. Agric. Sci., Camb.* 118:229-236.
- Reynolds, C. K. – Kristensen, N. B. (2008):* Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: An asynchronous symbiosis. *J. Anim. Sci.* 86:E293-E305.
- Richardson, J. M. - Wilkinson, R. G. – Sinclair, L. A. (2003):* Synchrony of nutrient supply to the rumen and dietary energy source and their effects on the growth and metabolism of lambs. *J. Anim. Sci.* 81:1332-1347.
- Rodriguez-Prado, M. - Calsamiglia, S. – Ferret, A. (2004):* Effects of fiber content and particle size of forage on the flow of microbial amino acids from continuous culture fermenters. *J. Dairy Sci.* 87:1413-1424.
- Rotger, A.I. – Ferret, A. – Calsamiglia, S. – Manteca, X. (2006):* Effects of nonstructural carbohydrates and protein sources on intake, apparent total tract digestibility, and ruminal metabolism in vivo and in vitro with high-concentrate beef cattle diets. *J. Anim. Sci.* 5:1188-96.
- Russel, J. B. – O'Connor, J. D. – Fox, D. G. – Van Soest, P. J. – Sniffen, C. J. (1992):* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* 70:3551-3561.
- Russel, J. B. (2002):* Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition. Cornell University, Ithaca, NY.
- Schmidt J. (2015):* A takarmányozás alapjai. *Mezőgazda Kiadó*, 451. 155.
- Shabi, Z. – Arielli, A. – Bruckental, I. – Aharoni, Y. – Zamwel, S. – Bor, A. – Tagari, H. (1998):* Effect of the synchronization of the degradation of dietary crude protein and organic matter and feeding frequency on ruminal fermentation and flow of digesta in the abomasum of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:1991-2000.
- Shabi, Z. - Tagari, H. - Murphy, M. R. - Bruckental, I. - Mabjeesh, S. J. - Zamwel, S. - Celik, K. - Arieli, A. (2000):* Partitioning of amino acids flowing to the abomasum into feed, bacterial, protozoal, and endogenous fractions. *J. Dairy Sci.* 83: 2326-2334.
- Sniffen, C. J. – Robinson, P. H. (1987):* Microbial-growth and flow as influenced by dietary manipulations. *J. Dairy Sci.* 70:425-441.

- Strobel, H. J. - Russell, J. B. (1986):* Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* 69:2941-2947.
- Tóth T. (2005):* Tejelő tehenek glükóz ellátásának javítása. PhD doktori disszertáció. Nyugat-magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár. 133. 7.
- Tóth T. (2016):* A treonin előállítás melléktermékének hatása a bendőfolyadék összetételére és mikrobiális aktivitására. *Állattenyésztés és Takarmányozás.* 74. 22-34.
- Uddin, M. J. - Khandaker, Z. H. - Khan, M. J. - Khan, M. M. H. (2015):* Dynamics of microbial protein synthesis in the rumen - A Review. *Annals of Veterinary and Animal Science,* 2:116-131.
- Van Soest, P. J. (1994):* Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Van Kessel, J. S. – Russel, J. B. (1997):* The endogenous polysaccharide utilization rate of mixed ruminal bacteria and the effect of energy starvation on ruminal fermentation rates. *J. Dairy Sci.* 80:2442-2448.
- Virtanen, A. I. (1996):* Milk production of cows on protein-free feed. *Science.* 153:1603-1614.
- Wallace, R. J. (1996):* Ruminal microbial metabolism of peptides and amino acids. *J. Nutr.* 126:1326S-1334S.
- Wickersham, T. A. - Titgemeyer, E. C. - Cochran, R. C. - Wickersham, E. E. – Moore, E. S. (2008):* Effect of frequency and amount of rumen-degradable intake protein supplementation on urea kinetics and microbial use of recycled urea in steers consuming low-quality forage. *J. Anim. Sci.* 86: 3089-3099.
- Zhou, X. Q. – Zhang, Y. D. – Zhao, M. – Zhang, T. – Zhu, D. – Bu, D. P. – Wang, J.Q. (2015):* Effect of dietary energy source and level on nutrient digestibility, rumen microbial protein synthesis, and milk performance in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 10:7209-17.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

TÓTH TAMÁS

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

Állattudományi Tanszék,

9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

E mail: toth.tomi@sze.hu

DR. TEMPFLI KÁROLY

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

Állattudományi Tanszék,

9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

E mail: tempfli.karoly@sze.hu



Tájékoztató és útmutató a szerzők részére

Általános szempontok

1. Csak önálló kutatáson alapuló, más közleményekben meg nem jelent, a növény-tudományok (kertészet, genetika, növénykórtan, állati kártevők, agrometeorológia, növényélettan, agrobotanika, stb.), állattudományok (takarmányozás, állatgenetika, állategészségügy, stb.), élelmiszer- és az ökonómiai tudományok témakörébe tartozó szakcikket közölhetünk. Szemle rovatunkba a fenti tárgykörökhöz tartozó irodalmi összefoglalók, témadokumentációk, módszertani ismertetések, stb. kerülnek.

2. Tudományos folyóiratunkban a dolgozatokat angol vagy magyar nyelven tesszük közzé. Ez attól függ, hogy az új tudományos eredmények nemzetközi vagy inkább hazai érdeklődésre tarthatnak számot. Más nyelven a továbbiakban már nem fogadunk be cikkeket. A közlemények megjelentetésekor, az adott lapszámok összeállításakor az angol nyelvű anyagok előnyt élveznek. A megfelelő nyelvi színvonal fenntartása érdekében angolul írt cikk benyújtásakor anyanyelvi lektor által kiállított igazolást is kérünk csatolni.

3. Csak formailag kifogástalan kéziratot fogadunk el.

4. A kéziratot - annak mellékleteivel együtt - elektronikusan (e-mailben) kell megküldeni Dr. Szalka Éva címére (Acta Agronomica Óváriensis Szerkesztő Bizottsága, 9201 Mosonmagyaróvár, Vár 2.; szalka.eva@sze.hu)

A kézirat összeállítása

1. Formai követelmények

1.1. A kézirat táblázatokkal és ábrákkal együtt legfeljebb 16-20 gépelt - számozatlan - oldal legyen, Times New Roman betűtípussal 11 pt betűmérettel, körben 2 cm-es margót hagyva. A gépírás fekete betűvel, irodai (A/4-es) papír egyik oldalára, 1,5-es sorközrel történjék. Fej- és lábléc (másként: élőfej és élőláb) használatát kérjük mellőzni.

1.2. Az alcímeket, fejezetcímeket, egyéb elkülönülő részeket 1-1 üres sorral kell elválasztani a fő szövegtől, aláhúzás és sorszám nélkül.

1.3. Az idegen szavak írását fonetikusán vagy, ha még nem honosodtak meg, eredeti helyesírással kérjük.

A magyar fajnevek mellett a tudományos nevet (esetenként a címben is) fel kell tüntetni és *dőlt* betűvel írni. A fajták nevét (magyar és külföldi) a minősítésben elfogadott név szerint kell írni szintén *dőlt* betűvel (pl.: *Sinapis alba* cv. *Budakalász sárga*).

2. A kézirat szerkezete

2.1. A dolgozat címe alatt a szerző(k) neve, munkahelye(ik) és annak székhelye szerepeljen. Pontos cím megadása itt kerülendő. A tudományos fokozatot és munkahelyi beosztást nem közöljük.

2.2. A tudományos közlemények kialakult rendjének és kézirat felépítését a következő csoportosítás szerint kérjük:

-Bevezetés

-Irodalmi áttekintés

-Anyag és módszer

-Eredmények

-Következtetések

-Összefoglalás

-Irodalom

az Acta Agronomica Óváriensis hagyományainak megfelelően. Egyes fejezetek a téma jellege, terjedelme szerint összevonhatók: Bevezetés és az Irodalmi áttekintés, Eredmények és a Következtetések. Az Anyag és módszer helyett a szerző a Kísérletek leírása címet is használhatja.

2.3. Az Irodalom után kérjük feltüntetni a szerző(k) levélcímét (név, munkahely és annak székhelye a postai irányítószámmal; e-mail cím).

A fentiek szerint csoportosított kéziratot kiegészítik (külön oldalakra gépelve):

·magyar nyelvű közlemény esetén

-magyar nyelvű összefoglalás a végén kulcsszavakkal

-angol nyelvű összefoglalás a dolgozat angol nyelvű címével, a szerző(k) nevével és a munkahely(ük) feltüntetésével, a végén angol kulcsszavakkal

-táblázatok és ábrák

-angol nyelvű táblázat- és ábracímek

-az ábrák feliratait és a táblázatok fejléceit angol fordításban, számozva pl:

1. táblázat Az egygyári szélfű előfordulása a Fertő-Hanság-medence
kukoricavetéseiben

Table 1 Occurrence of Mercurialis annua L. in maize fields in the Fertő-Hanság-basin

Felvételezési hely (1)		Egygyári szélfű száma a felvételi négyzetekben (2)				Átlag db/4m ² (3)
		1.	2.	3.	4.	
1.	Hanságfalva*	46	72	54	36	52
2.	Jánossomorja	38	27	25	30	30
3.	Hanságliget	2	1	4	0	2

* a tenyészidőszak folyamán sem mechanikai, sem pedig kémiai gyomirtásban nem részesült

(1) location of survey, (2) the number of *Mercurialis annua* L. in sample squares, (3) average pc/4m², *during the vegetation period neither mechanical nor chemical weed control was carried out

angol nyelvű közlemény esetén

-angol nyelvű összefoglalás a végén kulcsszavakkal

-magyar nyelvű összefoglalás a dolgozat magyar címével, a szerző(k) nevével és a munkahely(ük) feltüntetésével, a végén magyar kulcsszavakkal

-külön-külön oldalakra gépelt táblázatok és ábrák (a címek, feliratok, fejlécek magyarra fordítása nem szükséges)

3. Irodalmi hivatkozások

3.1. Az Irodalmi áttekintés című fejezetbe - hivatkozáskor - egy szerző esetében a szerzők családnévének *dőlt* betűvel történő leírásával és zárójelben közleményének kiadási évszámával szerepeljen, pl. *Pocsai* (1986). Szerzőpárosra történő hivatkozás esetén a két név közé "és" szót tegyen: *Pocsai és Szabó* (1983). Kettőnél több szerző esetében az elsőként feltüntetett szerző neve után *et al.* rövidítést kérjük: *Schmidt et al.* (1983). Egy mondaton vagy témakörön belül, ha több szerzőre hivatkozik, akkor a mondat vagy a témakör tárgyalása végén zárójelben kérjük a szerzők nevének és közleményei kiadási évszámának a felsorolását: (*Iváncsics* 1971, *Gergátz és Seregi* 1985, *Szajkó* 1987). Tudományos közleményben, könyvben szereplő hivatkozásra történő utalásnál a cit. rövidítést kell használni (*Wagner* 1979 cit. *Fahn* 1982).

3.2. Az Irodalom összeállításakor a dolgozatban idézett szerzők nevét ABC- és megjelenési időrendű felsorolásban kérjük. Minden tanulmányt külön sorban kell feltüntetni.

-Folyóiratban megjelent cikkekre való hivatkozásnál a szerző családneve és keresztnevének kezdőbetűje *dőlten* szedve, a cikk megjelenésének évszáma zárójelben, a cikk címe, a folyóirat megnevezése, az évfolyam száma félkövéren, a lapszám zárójelben és a kezdő-befejező oldal száma kerül felsorolásra.

Pl: *Pocsai K.* (1986): A lóbab vetőmagszükséglet csökkentési lehetőségeinek vizsgálata. *Növénytermelés.* 35, (1) 39-44.

-Ha az idézett hivatkozás könyvben jelent meg, akkor kérjük a szerző nevét, a könyv megjelenési évszámát zárójelben, a könyv címét, kiadóját és a kiadó székhelyét közölni.

Pl: *Schmidt J.* (1995): Gazdasági állataink takarmányozása. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

-Ha olyan szerzőre hivatkozik, aki társszerzőként írt a könyvben, akkor a szerző nevét az általa írt (hivatkozott) fejezet címét kérjük feltüntetni és "in" megjelöléssel a könyv szerkesztőjének a nevét, a könyv címét, kiadóját és a kiadó székhelyét

Pl.: *Gimesi A.* (1979): A lucerna vegyszeres gyomirtása. In *Bócsa I. (szerk.): A lucerna termesztése.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

-Ha az Irodalmi áttekintésben több szerző által írt tanulmányra hivatkozott, az Irodalomban az összes szerző nevét ki kell írni és a nevek közé szóközzel kötőjelet keli tenni.

Pl: *Varga-Haszonits Z. – Varga Z. – Schmidt R. – Lantos Zs.* (1997): The effect of climatic conditions on the maize production. *Acta Agronomica Óváriensis.* 39, (1-2) 1-14.

-Külföldi szerző esetében család- és keresztnév közé vesszőt kell tenni. Magyar szerzőknél ez kerülendő.

4. Ábrák és táblázatok

4.1. A digitalizált képeket, ábrákat lehetőleg TIF, JPG kiterjesztésű állományként küldjük, és ne a dokumentumba ágyazva.

4.2. Táblázatok esetében kérjük, hogy szintén Times New Roman betűtípust használjanak. Lehetőleg mellőzzék a táblázatok különféle kerettel és vonalvastagságokkal történő tarkítását.

4.3. Kérjük az eredeti ábrák, táblázatok külön állományban (pl. XLS) történő mentését, ezeket se illesszék a dokumentumba.

4.4. Ugyanazon adatsorokat grafikus és táblázatos formában nem közöljük.

Kérjük, hogy a szövegben az ábrákra és táblázatokra (dőlt betűvel írva) minden esetben hivatkozzanak.

5. Lektorálás, korrektúra

5.1. Az angol nyelvű cikkek lektorálása két szinten (anyanyelvi és szakmai bírálat) történik. Mint azt az *Általános szempontok*ban említettük, a közlemény beérkezésekor benyújtott anyanyelvi lektori igazolás biztosítja az *előzetes nyelvi ellenőrzést*, amit *szakmai bírálat* követ.

5.2. A szerzők javaslatot tehetnek a két szakmai lektor személyére. A javasolt lektorok tudományos minősítéssel rendelkező személyek legyenek. A javasolt lektorokat a Szerkesztőbizottság hagyja jóvá, illetve jelöl ki új lektorokat. A lektorok nevét az évi utolsó lapszámban a borító belső oldalán – a bírált cikk megjelölése nélkül - feltüntetjük.

5.3. A lektori véleményeket a szerzőknek a kézirattal együtt megküldjük. Kérjük a szerzőket, hogy dolgozatukat a bírálók javaslata alapján módosítva mielőbb küldjék vissza e-mail-ben (szalka.eva@sze.hu). Csak a végleges összeállítású, hibátlan dolgozatot tudjuk szerkeszteni.

A megjelent dolgozatokért a Szerkesztőbizottság tiszteletdíjat nem tud fizetni.

A kéziratokat a dolgozat megjelenéséig megőrizzük.

A Szerkesztőbizottság

Kiadásért felelős:

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar dékánja

A szerkesztőség címe

H-9201 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

Tartalom

Tóth E. A. - Kalocsai R. - Dorka-Vona V. - Szakál T.:	
A Zn-lombtrágyázás hatása az őszi búza főbb értékmérő tulajdonságaira	3
Langó B. - Ács E. - Tömoösközi S. - BómaL.:	
Szemfizikai és lémiai jellemzők változása tritikálé szülő-utód párosokban.....	13
Kapcsándi V. - Barabás A. - Sik B. - Ajtony Zs. - Lakatos E.:	
Különböző laktóz koncentrációk hatása <i>Kluyveromyces</i> élesztőtörzsek szaporodási tulajdonságaira és etanoltermelési képességére.....	27
B. Posza - Cs. Borbély:	
Sustainability examination of the short rotation coppices.....	44
Sz. Katona - N. Horváth. - Z. Molnár.- V. Ördögh:	
Extracellular polysaccharides in twenty <i>Chlamydomonas</i> strains of the Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection.....	62
Bagi Z. - Danku B. - Kusza Sz.:	
Tenyésztett vadászfácán (<i>Phasianus cilchicus</i>) kakasokkal szemben támasztott piaci igények felmérése és értékmérők fejlesztésének lehetőségei.....	82
Horváth E.	
A mezőgazdasági vállalkozások számának és tevékenységének vizsgálata a Szigetköz (agglomerációs) településein	106
Szemle	124
Juhász L - Vári A. - Szalka É. –Molnár Z.:	
Az alga-kutatások irányai – nemzetközi kitekintés.....	125
Tóth T. - Templi K:	
A bendő mikrobás folyamatait befolyásoló tényezők (Irodalmi áttekintés).....	141
Tájékoztató és útmutató a szerzők részére	164