

ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



VOLUME 63.

NUMBER 2.

Mosonmagyaróvár
2022



SZÉCHENYI
EGYETEM
UNIVERSITY OF GYŐR



ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS



Mosonmagyaróvár

VOLUME 63.

NUMBER 1.

2022

SZÉCHENYI ISTVÁN UNIVERSITY
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Mosonmagyaróvár
Hungary

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Mosonmagyaróvár

Közleményei

Volume 63. Number 2.

Mosonmagyaróvár

2022

Editorial Board/Szerkesztőbizottság

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

Reviewers of manuscripts/A kéziratok lektorai

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 63. No. 2.

Hoffmann Borbála, Gombkötő Nóra, Kacz Károly, Kalmár Sándor, Kalocsai Renátó,
Kapcsándi Viktória, Koltai Judit Petra, Mohácsiné Farkas Csilla, Monostori Tamás, Polgár J.
Péter, Szabari Miklós, Teschner Gergely, Troján Szabolcs

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 63. No. 2.

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

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



PROBIOTIKUS BAKTÉRIUMTÖRZSEK SZELEKTÁLÁSÁRA ALKALMAS KÍSÉRLETI RENDSZER EGYES ELEMEINEK KIDOLGOZÁSA

SÜLE JUDIT^{1*} - VARGA LÁSZLÓ^{2,3} - VARGA KAROLINA² - HATVAN ZOLTÁN²
- SZAFNER GÁBOR¹ - BUZÁS HENRIETTA^{1,3} - KERÉNYI ZOLTÁN⁴

¹ Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kft., Mosonmagyaróvár

² Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Mosonmagyaróvár

³ Széchenyi István Egyetem, Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi
Multidiszciplináris Doktori Iskola, Mosonmagyaróvár

⁴ Carlsbad Research Organization Kft., Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

A célunk olyan mérési módszerek kidolgozása és értékelése volt, amelyekkel viszonylag gyorsan és hatékonyan lehet akár állati, akár humán eredetű, potenciálisan probiotikus baktériumtörzsek gyomorsavval és epesavval szembeni ellenállását tesztelni. Három eljárást vizsgáltunk, melyek közül az *in vitro* emésztési modell szolgáltatja a legmegbízhatóbb eredményeket. A másik két módszer (cseppentéses-, illetve folyadékkultúrás módszer) előszelektálásra bizonyult alkalmasnak, ugyanis elsősorban azt képesek jelezni, hogy mely törzseket érdemes alávetni a hosszadalmasabb *in vitro* emésztési protokollnak.

Kulcsszavak: probiotikumok, savtűrés, epesavtűrés, *in vitro* vizsgálatok

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A probiotikumok élő mikroorganizmusok, amelyeket megfelelő mennyiségben alkalmazva jótékonyan befolyásolják a gazdaszervezet egészségét (Anadón *et al.* 2006,

Hill et al. 2014; Fijan et al. 2019). Számos feltételnek kell eleget tenniük ahhoz, hogy a probiotikus jelzőt viselhessék. Egyebek mellett fokozott tűrőképességgel szükséges rendelkezniük a különféle testfolyadékokkal (gyomorsav, epesavak, emésztőenzimek) szemben és adhéziós képességük révén, a bélhámşövet sejtjeihez kötődve stabilizálniuk kell a bélmikrobiótát (Szakály 2004).

Az egészségre jótékony hatást kifejtő probiotikus termékek iránt világszerte növekvő igény mutatkozik, legyen szó akár humán táplálkozásról, akár haszonállatok takarmányozásáról. A haszonállattartók a probiotikumok alkalmazásától hozamfokozó hatásokat és az értékmérő tulajdonságok (pl. takarmányértékesítő képesség, hústermelő képesség) javulását várják (Anadón et al. 2006, Papadimitriou et al. 2015). Az Európai Unió 2006-tól betiltotta az antibiotikumok hozamfokozó célból történő alkalmazását, ezt követően kerültek még inkább a figyelem középpontjába a probiotikumok (European Parliament, Council of the European Union 2003; Essősy et al. 2020). A piacon jelenleg elérhető termékekről csak korlátozott mennyiségű tudományos információ áll rendelkezésre, így nem ismert, hogy valóban javítják-e a haszonállatok teljesítménymutatóit. Ezt komplex és költséges állatkísérletekkel lehet ellenőrizni.

Évről-évre baktériumtörzsek sokaságát izolálják azzal a céllal, hogy egészségre gyakorolt pozitív hatásait kiaknázzák. A komplex és költséges állatkísérleteket meg kell előznie egy *in vitro* vizsgálatokból álló szelekciós rendszernek, mellyel egyszerűen, gyorsan és költséghatékonyan kiválaszthatók azok a törzsek – a több száz vagy akár több ezer izolátum közül –, amelyek remélhetőleg probiotikusnak bizonyulnak majd az *in vivo* kísérletek során (Anadón et al. 2006, Papadimitriou et al. 2015, Williams et al. 2015, Antal et al. 2020).

SAJÁT VIZSGÁLAT

Munkánk célja olyan *in vitro* mérési módszerek kidolgozása és értékelése volt, amelyekkel gyorsan és hatékonyan lehet baktériumtörzsek gyomorsav és epesav destruktív hatásával szembeni ellenállóságát vizsgálni. Arra a kérdésre kerestük a választ, hogy melyek azok az *in vitro* módszerek, amelyek alkalmazásával ismeretlen izolátumok közül a jó sav-, és epesav-tűrő baktériumtörzsek kiválaszthatók. E tulajdonságok vizsgálatára, kontroll törzsek mérésével beállítottuk a kísérleti rendszer paramétereit és kidolgoztuk a mérési protokollokat.

A tesztelt törzseket kereskedelmi forgalomban lévő sertés-probiotikumokból izoláltuk, feltételezve, hogy jól fognak teljesíteni, mivel e készítmények forgalomba hozatala előtt a gyártónak állatkísérletekkel kellett bizonyítania az Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság (EFSA) felé a készítmény hatékonyságát és ártalmatlanságát. Az *in vitro* körülmények modellezésének három lehetséges módszerét mutatjuk be közleményünkben:

- savval vagy epesavval kiegészített szilárd táptalaj felületén végzett jelenlét–hiány vizsgálat;
- folyadékkultúrában végzett sav- vagy epesav-kezelés és azt követő élősejtszám-meghatározás;
- sertés emésztőrendszerében uralkodó viszonyokat szimuláló *in vitro* emésztési modell.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletekbe bevont baktériumtörzsek

Vizsgálatainkat az *1. táblázat*ban felsorolt baktériumtörzsekkel végeztük.

1. táblázat: A kísérletekbe bevont baktériumtörzsek

Table 1: Bacterial strains involved in this study

Faj	Törzs	Forrás
<i>Streptococcus thermophilus</i>	TH-4	Chr. Hansen, Hørsholm, Dánia
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	LA-5	Chr. Hansen, Hørsholm, Dánia
<i>Enterococcus faecium</i>	CECT 4515	Fecinor Soluble Plus (Evonik, Essen, Németország)
<i>Enterococcus faecium</i>	NCIMB 10415	Piglobin (Sano, Loiching, Németország)
<i>Enterococcus faecium</i>	DSM 7134	Piglet Protector (Biochem, Lohne, Németország)
<i>Enterococcus faecium</i>	Ismeretlen (MTKL.B32)	Agroferm Pig (Tolnagro, Szekszárd)

Baktériumtörzsek izolálása, tartósítása és tárolása

Kereskedelmi forgalomban lévő, Fecinor Soluble Plus (Evonik, Essen, Németország), Piglobin (Sano, Loiching, Németország), Piglet Protector (Biochem, Lohne, Németország) és Agroferm Pig (Tolnagro, Szekszárd) elnevezésű készítményekből a következőképpen izoláltuk az *E. faecium* törzseket: a készítmények 10–10 g-ját 90 ml ¼ erősségű Ringer-oldatban hígítottuk. Ezt követően decimális hígítási sort készítettünk mindegyik alaphígításból, majd a 10^{-4} – 10^{-10} hígítási tagokat leoltottuk szelektív táptalajra, felületi szélesztéssel. Az *E. faecium* szelektív kimutatása CATC (Citrát Azide Tween Carbonate) agaron (Biolab, Budapest) történt, 37 °C-on 24–48 óráig tartó aerob tenyésztéssel.

Az állati probiotikumokból izolált törzsek tárolása glicerines törzsoldatban történt. 3 ml CASO (Casein peptone–soymeal peptone) tápvesbe belemostunk egy kacsnyi, CATC agar felületéről levett törzset, majd inkubáltuk a törzs igényeinek megfelelő körülmények között (*Enterococcus faecium* törzsek esetén 37 °C, 24–48 óra, aerob körülmények). Krio (fagyasztó) csőbe adagoltunk 300 µl-t a felszaporított tenyészetből és 900 µl 60%-os glicerin oldatot adtunk hozzá, vortexeltük és cseppfolyós nitrogénben fagyasztottuk kb. 30 mp-ig. A tárolás -80 °C-on történt, ultramély-fagyasztóban.

Baktériumtörzsek felélesztése és tenyésztése

A vizsgálandó törzseket a 2. táblázatban közölt paraméterek szerint élesztettük fel és tenyésztettük.

2. táblázat: A kísérletekbe bevont baktériumtörzsek felélesztésének és tenyésztésének körülményei

Table 2: Culturing conditions used to grow the bacterial strains involved in this study

Törzs	Tápleves	Szelektív táptalaj	Inkubálási körülmények
<i>Streptococcus thermophilus</i> TH-4	M17 leves (Biokar, Bécs, Ausztria)	M17 agar (pH = 6,8; Biokar)	37 °C, 48 óra, aerob
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5	MRS leves (VWR, Debrecen)	MRS agar (pH = 6,2; VWR)	37 °C, 72 óra, anaerob
<i>Enterococcus faecium</i> CECT 4515	CASO leves (VWR)	MRS agar (pH = 6,2; Carl Roth, Karlsruhe, Németország)	37 °C, 24–48 óra, aerob
<i>Enterococcus faecium</i> NCIMB 10415	CASO leves (VWR)	MRS agar (pH = 6,2; Carl Roth)	37 °C, 24–48 óra, aerob
<i>Enterococcus faecium</i> DSM 7134	CASO leves (VWR)	MRS agar (pH = 6,2; Carl Roth)	37 °C, 24–48 óra, aerob
<i>Enterococcus faecium</i> MTKI.B32	CASO leves (VWR)	MRS agar (pH = 6,2; Carl Roth)	37 °C, 24–48 óra, aerob

Savval és epesavval kiegészített szilárd tápközeg felületén végzett jelenlét–hiány vizsgálatok

A vizsgálatokhoz szükséges savas és epés táptalajok

A savtűrés vizsgálatához az M17 (Biokar, Bécs, Ausztria), valamint az MRS táptalajokat (VWR, Debrecen és Carl Roth, Karlsruhe, Németország) előírás szerint előkészítettük, majd sterilizálás előtt 1 M NaOH-dal, ill. 1 M HCl-dal a következő pH-értékekre állítottuk be: 7,0; 6,0; 5,5; 5,0; 4,0; 3,0. A táptalajok sterilizálását követően lemezeket öntöttünk.

Az epesavtűrés vizsgálatához az M17 (Biokar) és az MRS táptalajokat (VWR és Carl Roth) előírás szerint előkészítettük, majd sterilizálás után sterilre szűrt sertéséjét (Sigma

Aldrich, St. Louis, MO, USA) adtunk a 45 °C-ra visszahűtött tápközegekhez úgy, hogy a táptalajban az epe végleges koncentrációja 0%, 0,1%, 0,2%, 0,5%, 1,0%, ill. 2,0% (m/V%) legyen.

Törzsélesztés és optikai denzitás (OD) mérés

A baktériumtörzseket a 2. táblázatban feltüntetett paraméterek szerint élesztettük fel. A felszaporított, egynapos törzstenyészet tízszeres hígításának optikai denzitás (OD) értékét 600 nm-en mértük. Egységesen $OD_{600} = 0,5$ értékű oldatokat készítettünk. A tízszeres hígítású minták OD_{600} értékét megbízhatóbbnak ítéltük, hiszen a spektrofotométer a hígabb, és így kevesebb ülepedő részecskét tartalmazó mintákat nagyobb pontossággal méri, mint a tömény, jobban ülepedő mintákat. A tízszeres hígítású törzsszuszpenziók értékeit megszoroztuk tízzel, hogy megkapjuk az eredeti, hígítatlan minták OD-értékét.

Jelenlét-hiány vizsgálat

Az $OD_{600} = 0,5$ értékre beállított tenyészetekből egyenként $9 (3 \times 3 \text{ ismétlés}) \times 10 \mu\text{l}$ -t a táptalajok felületére cseppentettük, majd a 2. táblázatban feltüntetettek szerint inkubáltuk őket. Az inkubációs idő letelte után megvizsgáltuk, hogy a cseppek helyén szaporodott-e az adott törzs.

Folyadék kultúrában végzett sav-, illetve epesav-kezelés és azt követő élősejtszám-meghatározás

Kezelőfolyadékok és elkészítésük

0,126 g sertésepét (Sigma Aldrich, St. Louis, Missouri, United States) feloldottunk 9 ml desztillált vízben és mágneses keverőn kevertettük. Maximum 40 °C-ig melegítettük az epeoldatot, majd $0,45 \mu\text{m}$ pórusátmérőjű membránszűrőn sterilre szűrtük. Az 1,4%-os epeoldat 900 μl tenyészet hozzáadása után felére, azaz 0,7%-ra hígult.

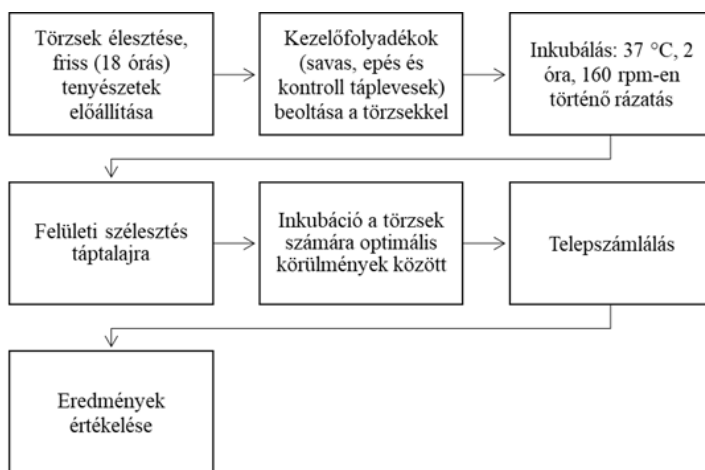
50–50 ml steril CASO-, M17- és MRS-leves pH-értékét 2,0-re állítottuk be 1 M HCl-oldattal. Az egyes levesek pH-értékének 2,0-nek kellett lennie ahhoz, hogy 900 μl törzstenyészet és 900 μl tápleves összeöntése után az Eppendorf csőben a pH-érték 3,0 legyen.

Kezelésre történő előkészítés és optikai denzitás mérés

A felélesztés körülményei a 2. táblázatban láthatók. Az optikai denzitás mérését a “Törzsélesztés és optikai denzitás (OD) mérés” című alfejezetben ismertetettek szerint végeztük.

Epesav- és sósavkezelés folyamata

Az epesav- és sósavkezelés folyamatát az 1. ábra illusztrálja.



1. ábra: Epesav- és sósavkezelés folyamatábrája

Figure 1. Flowchart of treatments with bile acids and hydrochloric acid

A vizsgált baktériumtörzseket négy kezelésnek vetettük alá: (a) epe nélküli kontroll tápleves (desztillált vizes), (b) epével kiegészített tápleves, (c) sav nélküli kontroll tápleves és (d) savval kiegészített tápleves. A frissen elkészített kezelőfolyadékokból 900 µl-t 2 ml-es reakciócsövekbe pipettáztunk. A kiadagolt kezelőfolyadékokra ráértünk 900 µl törzstenyészetet, majd 37 °C-on, szemiaerob körülmények között, síkrázón (160 rpm-en), 2 órán keresztül ráztuk az oldatokat.

Az epesavtűrés vizsgálatának tervezésekor a sertés emésztési sajátosságait vettük figyelembe, tehát sertés eredetű epét használtunk, a szakirodalomban számos helyen említett ökörepe helyett. A sertésepe 0,7% epesavas sót tartalmaz (Chiba 2014). A kétórás kezelési időtartam megválasztása a sertés emésztőrendszerében zajló körülményeknek (a

sertésével a tápanyagok 2 órán keresztül emésztődnek) megfelelően történt (Yeo *et al.* 2016).

Leoltás és élősejtszám-meghatározás

A kontroll és a kezelt baktériumtenyészetekből hígítási sort készítettünk, majd steril szélesztőgyöngyök (Rattler Plating Beads, Zymo Research Corp.) segítségével, szelektív táptalajon elszélesztettünk 100 µl tenyészetet. A szelektív tenyésztés körülményei a 2. táblázatban láthatók. Az inkubációs idő letelte után telepszámlálást végeztünk.

In vitro emésztési modell

Az *in vitro* emésztési modell beállításához a Yeo *et al.* (2016) által leírt emésztési protokollt vettük alapul. A modell három szakaszból épül fel: a száj-, a gyomor-, és a vékonybél-fázisból.

A szerves-, a szervetlen-, és a pufferoldatok, valamint az emésztőnedvek előkészítése

A szervetlen oldatokat a 3. táblázatban, a szerves oldatokat pedig a 4. táblázatban szereplő mennyiségeknek megfelelően, analitikai mérlegen bemértük és mágneses keverővel beoldódásig kevertettük.

3. táblázat: Szervetlen oldatok

Table 3: Inorganic solutions used in the *in vitro* digestion model

Szervetlen komponens	Desztillált víz (ml)	Bemért tömeg (g)
KCl	100	8,960
NaH ₂ PO ₄	50	4,440
NaCl	100	17,500
NaHCO ₃	100	8,470
NH ₄ Cl	50	1,530
KH ₂ PO ₄	100	0,800
MgCl ₂ ·6H ₂ O	100	1,060
CaCl ₂	100	1,665

Megjegyzés: A szervetlen oldatok előre elkészíthetők és 121 °C-on, 15 percig sterilizálhatók.

4. táblázat: Szerves oldatok

Table 4: Organic solutions used in the in vitro digestion model

Szerves komponens	Desztillált víz (ml)	Bemért tömeg (g)
Karbamid	50	1,250
Glükóz	50	3,250
Glükuronsav	50	0,100
Glükózamin	50	2,825

Megjegyzés: A szerves oldatokat mindig frissen kell elkészíteni és tilos autoklávozni!

Az 5. táblázat alapján összemértük külön a szerves és külön a szervesetlen összetevőket a három kezelőfolyadékra megfelelően, majd desztillált vízzel kiegészítettük 250 ml-re. Az így kapott 3×250 ml szerves és 3×250 ml szervesetlen oldatot összeöntöttük, előállítva a háromféle, egyenként 500 ml mennyiségű puffer kezelőfolyadékokat. Az oldatokat vízfürdőben 37°C -ra melegítettük.

5. táblázat: Pufferoldatok elkészítése

Table 5: Preparation of buffer solutions

Oldat	Gasztrikus	Duodenum	Epe
	puffer		
Szervesetlen	7,85 ml NaCl	20 ml NaCl	15 ml NaCl
	1,5 ml NaH_2PO_4	20 ml NaHCO_3	34,15 ml NaHCO_3
	4,6 ml KCl	5 ml KH_2PO_4	2,1 ml KCl
	9 ml CaCl_2	3,15 ml KCl	75 μl HCl 37%
	5 ml NH_4Cl	5 ml MgCl_2	
	3,25 ml HCl 37%	90 μl HCl 37%	
Szerves	5 ml glükóz	2 ml karbamid	5 ml karbamid
	5 ml glükuronsav		
	1,7 ml karbamid		
	5 ml glükózamin		

A puffer kezelőfolyadékokból 50 ml-t kipipettáztunk, majd a 6. táblázatban szereplő egyéb komponenseket hozzáértük és mágneses keverővel beoldódásig kevertettük. Az így kapott oldatokat 37°C -os vízfürdőben tároltuk a gasztrikus kezelés megkezdéséig.

6. táblázat: 50 ml emésztőnedv elkészítéséhez szükséges egyéb komponensek

Table 6: Other components needed to prepare 50 ml of digestive fluids

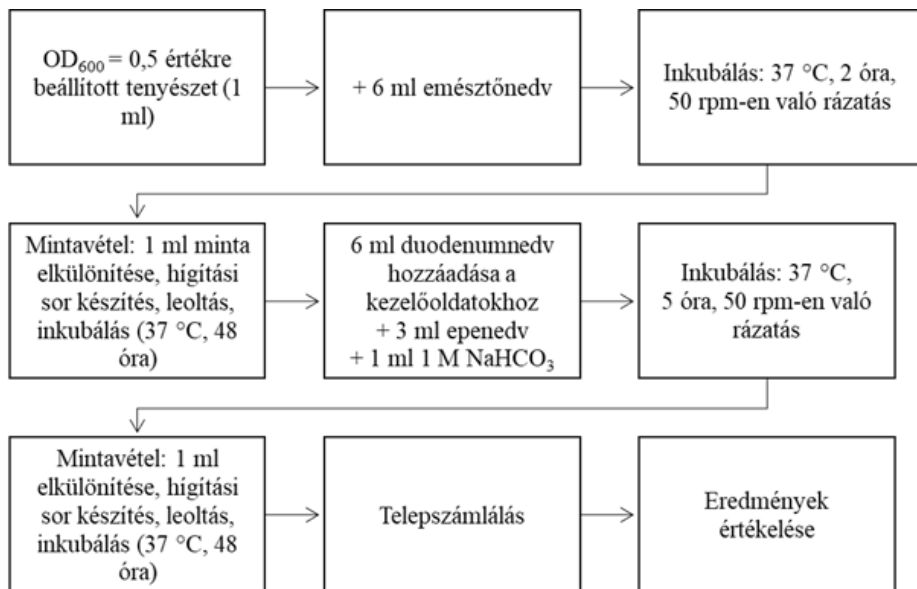
Komponens	Mennyiség
<i>Gyomornedv</i>	
BSA (bovine serum albumin)	0,050 g
Pepszin	0,125 g
Mucin	0,275 g
<i>Duodenumnedv</i>	
BSA	0,050 g
Pankreatin	0,450 g
Lipáz	0,075 g
CaCl ₂	450 µl
<i>Epenedv</i>	
BSA	0,090 g
Sertésepe	1,500 g
CaCl ₂	500 µl

Optikai denzitás mérés

Az optikai denzitás mérését a “Törzsélesztés és optikai denzitás (OD) mérés” című alfejezetben ismertetettek szerint végeztük.

A gasztrikus emésztései modell leírása

Ahogy a 2. ábra szemlélteti, a felfaporított és OD₆₀₀ = 0,5 értékre beállított tenyészetekből 1–1 ml-t pipettáztunk steril kémcsövekbe. Ehhez hozzáadtunk 6 ml emésztőnedvet, majd 2 órán keresztül, 37 °C-on, síkrázón (50 rpm-en) rázattuk. Az inkubációs idő letelte után mintát vettünk (1 ml), a maradék oldatokhoz hozzáadtunk 6 ml duodenumnedvet és 3 ml epenedvet, illetve 1 ml NaHCO₃-ot, majd még 5 órán keresztül rázattuk az előzőekben ismertetettek szerint. Az inkubációs idő letelte után újból mintát vettünk, hígítási sort készítettünk és felületi szélesztéses módszerrel meghatároztuk a kezelést követően a tenyészetek élősejtszámát.



2. ábra: In vitro emésztési modell folyamatábrája

Figure 2: Flowchart of the in vitro digestion model

Matematikai–statisztikai elemzés

Az elősejtszám-átlagértékek közötti eltérések szignifikáns, ill. nem szignifikáns voltát *t*-próba segítségével állapítottuk meg, 95%-os valószínűségi szinten.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Savval és epesavval kiegészített szilárd tápközeg felületén végzett jelenlét–hiány vizsgálatok

A. S. thermophilus TH-4, a *L. acidophilus* LA-5 és az *E. faecium* törzsek savval és epével szembeni ellenálló-képességét először oly módon teszteltük, hogy spektrofotométerrel $OD_{600} = 0,5$ -re beállított sejtsűrűségű szuszpenzióból 10-10 μ l-t cseppentettünk különböző sav- és epesav-tartalmú táptalajokra, majd megvizsgáltuk a tenyészetek szaporodási képességét, tehát azt, hogy 24 órás inkubációt követően képes volt-e az adott törzs szaporodni a savval, ill. epével kiegészített táptalajokon (jelenlét–hiány vizsgálat). Eredményeinket a 7. és 8. táblázatban szemléltetjük.

7. táblázat: Savval kiegészített szilárd tápközeg felületén végzett jelenlét–hiány vizsgálat eredményei*

Table 7: Results of presence–absence tests performed in solid culture media supplemented with hydrochloric acid*

Tejsavbaktérium-törzs	M17 vagy MRS agar** pH-értéke					
	7,0	6,0	5,5	5,0	4,0	3,0
<i>Streptococcus thermophilus</i> TH-4	+++	+++	++	0	0	0
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5	+++	+++	+++	+++	0	0
<i>Enterococcus faecium</i> CECT 4515	+++	+++	+++	0	0	0
<i>Enterococcus faecium</i> NCIMB 10415	+++	+++	+++	0	0	0
<i>Enterococcus faecium</i> DSM 7134	+++	+++	+++	0	0	0
<i>Enterococcus faecium</i> MTKI.B32	+++	+++	+++	0	0	0

* n = 9 (3 párhuzamos × 3 ismétlés).

** *S. thermophilus* TH-4: M17 agar, többi törzs: MRS agar.

0: nincs szaporodás, +: gyenge szaporodás, ++: közepes mértékű szaporodás, +++: jól látható, erőteljes szaporodás.

8. táblázat: Epesavval kiegészített szilárd tápközeg felületén végzett jelenlét–hiány vizsgálat eredményei*

Table 8: Results of presence–absence tests performed in solid culture media supplemented with bile acids*

Tejsavbaktérium-törzs	M17 vagy MRS agar**					
	0%	0,1%	0,2%	0,5%	1,0%	2,0%
	sertésépével kiegészítve					
<i>Streptococcus thermophilus</i> TH-4	+++	+	0	0	0	0
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5	+++	+++	++	0	0	0
<i>Enterococcus faecium</i> CECT 4515	+++	+++	0	0	0	0
<i>Enterococcus faecium</i> NCIMB 10415	+++	+++	0	0	0	0
<i>Enterococcus faecium</i> DSM 7134	+++	+++	0	0	0	0
<i>Enterococcus faecium</i> MTKI.B32	+++	+++	0	0	0	0

* n = 9 (3 párhuzamos × 3 ismétlés).

** *S. thermophilus* TH-4: M17 agar, többi törzs: MRS agar.

0: nincs szaporodás, +: gyenge szaporodás, ++: közepes mértékű szaporodás, +++: jól látható, erőteljes szaporodás.

Megállapítható, hogy a deklarált probiotikus tulajdonságokkal rendelkező *L. acidophilus* LA-5 az 5,0–7,0 pH-értékű MRS agarokon, valamint a 0,1% és 0,2% epesav-tartalmú MRS agarokon is megfelelően szaporodott, vagyis az LA-5 törzs jó sav- és epesav-tűrőnek bizonyult. A 3,0–4,0 pH-értékű, ill. 0,5–2,0% epetartalmú MRS agaron viszont már nem képzett telepeket. *Gupta et al.* (1996) kísérletei során mindösszesen két *L. acidophilus* törzs volt képes 3,0-as pH-értéken szaporodni, míg *Gomez-Gil et al.* (1998) csupán egy ilyen törzset találtak. Mivel a 6 db megvizsgált tejsavbaktérium-törzsünk közül a *L. acidophilus* LA-5 tolerálta legjobban a táptalaj kis pH-értékét, érdemes a későbbi kísérletek során pozitív kontrollként alkalmazni.

A *S. thermophilus* és az *E. faecium* törzsek savtűrés tekintetében hasonlóan teljesítettek, ugyanis az 5,5–7,0 közötti pH-értékű szilárd tápközegekben egyaránt jól szaporodtak, viszont az 5,5-esnél kisebb pH-értékű táptalajokat nem tolerálták. Ezek az eredmények alátámasztják *Du Toit et al.* (2000) tapasztalatait, miszerint az *E. faecium* 6,0–10,0 közötti pH-tartományban jól szaporodik, viszont 5,0-ös pH-érték alatt lecsökken e faj törzseinek szaporodási sebessége.

Epesav-tűrést illetően a *S. thermophilus* TH-4 gyengének mutatkozott, mert 0,1% epetartalmú táptalajon is csupán kismértékben szaporodott, ennél nagyobb epetartalom mellett pedig egyáltalán nem. A *S. thermophilus* törzsek sav- és epesav-tűrésére vonatkozóan nagyon kevés információ áll rendelkezésre a szakirodalomban (*Uriot et al.* 2017). Az *E. faecium* törzsek 0,1% epetartalmú MRS táptalajon még jól látható telepeket képeztek, ennél nagyobb epekoncentráció viszont már gátolta a szaporodásukat.

A savval és epesavval kiegészített szilárd tápközeg felületén végzett jelenlét-hiány vizsgálat viszonylag gyors módszernek tekinthető, mert a szükséges táptalajok könnyen elkészíthetők, a felületre történő cseppentés gyorsan kivitelezhető, így az eredmények rövid időn (48-72 óra) belül rendelkezésre állnak.

Folyadék kultúrában végzett sav-, illetve epesav-kezelés és azt követő élősejtszám-meghatározás

A tejsavbaktérium-törzseket négyféle kezelésnek vetettük alá. A kontroll kezelések (desztillált víz és savmentes M17-, MRS-, ill. CASO-leves) nem tartalmazták a destruktív ágenseket, míg a kezeléseket 0,7%-os epekoncentrációjú és 3,0-as pH-értékű táplevesekben végeztük. A tenyészetek optikai denzitását 600 nm-en 0,5-re állítottuk be.

A tenyészetek élősejtszámát 2 órás savas és epés kezelést követően vizsgáltuk. Az eredményeket a 9. táblázat mutatja.

9. táblázat: Folyadékkultúrában végzett sav-, illetve epesav-kezelés és az azt követő élősejtszám-meghatározás eredményei*

Table 9: Viability of bacterial strains upon treatment with distilled water (control), hydrochloric acid, or bile acids in liquid culture media*

Tejsavbaktérium-törzs	Kezelés			
	sav nélkül (kontroll)	savval (pH = 3,0)	epesav nélkül (kontroll)	epesavval (0,7%)
	Log ₁₀ CFU/ml átlag ± szórás			
<i>Streptococcus thermophilus</i> TH-4*	6,85 ± 0,43 ^a (100%)	6,73 ± 0,91 ^a (76%)	7,11 ± 0,46 ^a (100%)	0,00 ^b (0%)
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5**	7,75 ± 0,53 ^a (100%)	7,76 ± 0,54 ^a (102%)	7,60 ± 0,75 ^a (100%)	6,39 ± 0,18 ^b (6,13%)
<i>Enterococcus faecium</i> CECT 4515***	9,65 ± 0,46 ^a (100%)	5,23 ± 0,54 ^b (0,004%)	9,26 ± 0,19 ^a (100%)	7,55 ± 0,40 ^b (1,95%)
<i>Enterococcus faecium</i> NCIMB 10415***	9,67 ± 0,30 ^a (100%)	5,29 ± 0,29 ^b (0,004%)	9,07 ± 0,15 ^a (100%)	7,25 ± 0,12 ^b (1,52%)
<i>Enterococcus faecium</i> DSM 7134***	9,80 ± 0,25 ^a (100%)	4,59 ± 0,43 ^b (0,001%)	9,25 ± 0,11 ^a (100%)	7,74 ± 0,34 ^b (3,12%)
<i>Enterococcus faecium</i> MTKI.B32***	9,48 ± 0,54 ^a (100%)	6,64 ± 0,97 ^b (0,14%)	9,13 ± 0,26 ^a (100%)	7,59 ± 0,78 ^b (2,88%)

* n = 9 (3 párhuzamos × 3 ismétlés).

^{a,b} Az azonos kezeléstípuson (sav vagy epesav) belül, ugyanabban a sorban szereplő eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($P < 0,05$).

A *L. acidophilus* LA-5 kiváló sav- és jó epesav-tűrőnek bizonyult. Látható, hogy a 3,0-as pH-értékű közegben, kétórás kezelés után az élősejtek száma nem változott, míg az epesavas kezelés több mint egy nagyságrenddel csökkentette a *L. acidophilus* vizsgált törzsének életképességét. A *S. thermophilus* TH-4 a 0,7% epesav-tartalmú közegben történő kétórás inkubálást követően nem képzett telepeket, a savas kezelés viszont csak kismértékben csökkentette a szaporodni képes sejtek koncentrációját. A 4 db *E. faecium* törzs nagyon hasonlóan teljesített. A savkezelés utáni élősejtszám a

savnélküli kezeléshez képest átlagosan mintegy négy nagyságrendet csökkent, a 0,7% epetartalmú közegben pedig kb. két nagyságrendnyi pusztulást észleltünk.

Park et al. (2006) négy *L. acidophilus* törzset vizsgáltak 2,0 és 7,0 közötti pH-értékű agarokon. A patkányból, csirkéből és sertésből izolált törzsek 4 óra elteltével nem, vagy csak alig pusztultak a 3,0–7,0-es pH-értékű tápközegekben; a humán eredetű törzs viszont 4 nagyságrendnyi sejtszámcsökkenést mutatott 3,0 és 5,0 közötti pH-értéken. Ennek ellenére, 2,0-es pH-n 90 perc elteltével mind a négy törzs képes volt szaporodni ($0,5\text{--}5,5 \times 10^4$ CFU/ml).

Ortakci és Sert (2012) mikrokapszulázott és kapszulázás nélküli *L. acidophilus* ATCC 4356 túlélését vizsgálták mesterségesen összeállított gasztrikus emésztőfolyadékokban. A gyomorfázist szimuláló gasztrikus nedv 0,08 M HCl-t (pH 1,5) és 0,2% NaCl-ot tartalmazott. A kapszulázás nélküli törzs a kétórás savas kezelést nem élete túl, azaz több mint 7 nagyságrendnyi élősejtszám-csökkenést tapasztaltak a szerzők. A gasztrikus epefolyadékban (1,2% epesavas sóval kiegészített MRS leves) 6 óráig kezelt törzsnek se a kapszulázott, se a kapszulázatlan formája nem mutatott szignifikáns élősejtszám-csökkenést.

Hafsa et al. (2015) azt tapasztalták, hogy az általuk megvizsgált *E. faecium* törzs akár 8 órán keresztül is túlél 2,5-es pH-értékű közegben, valamint képes 24 órát átvészelni 0,2% epesavas sók jelenlétében. A savas és a sav nélküli kezelések során hozzávetőleg felére csökkent az *E. faecium* élősejtszáma, míg az epesavas és epe nélküli kezelések kb. két nagyságrendnyi pusztulást okoztak.

A folyadékkultúrában végzett sav- és epesav-kezelés meglehetősen hosszadalmas folyamat, mely komoly előkészületeket igényel. A telepszámlálás is időigényes, ugyanis sok agarlemezt kell értékelni, így nagy az élőmunka-szükséglete. Különbség, hogy a törzsek itt csak rövid ideig érintkeznek a szelektív ágenssel, majd a kezelés után számukra kedvező közegbe (agarlemez felületére) kerülnek.

***In vitro* emésztési modell**

Az *in vitro* emésztési modell beállításához a *Yeo et al.* (2016), valamint a *Versantvoort et al.* (2005) által leírt emésztési protokollt vettük alapul. Célunk az volt, hogy laboratóriumi körülmények között próbáljuk szimulálni a sertés emésztését, létrehozva egy olyan szelektáló módszert, amely megalapozhat egy esetleges állatkísérletet.

Megvizsgáltuk, hogy a tejsavbaktérium-törzsek $OD_{600} = 0,5$ -re beállított sűrűségű sejtszuszpenziója a mesterségesen elkészített emésztőnedvekkel való kezeléseket után milyen mértékű szaporodóképességgel rendelkeznek, azaz, hogy a szelektív táptalajra történő leoltást és 48 órás inkubációt követően képes-e az adott törzs telepeket képezni. Eredményeinket a 10. táblázat szemlélteti.

10. táblázat: In vitro emésztési kísérlet eredményei*

Table 10: Results of in vitro digestion trials*

Tejsavbaktérium-törzs	Kezelés fázisa		
	Kezdeti	Gyomor	Vékonybél
	Log ₁₀ CFU/ml átlag ± szórás		
<i>Streptococcus thermophilus</i> TH-4	8,28 ± 0,05 ^a (100%)	4,04 ± 0,01 ^b (0,006%)	4,10 ± 0,06 ^b (0,006%)
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5	8,63 ± 0,06 ^a (100%)	0,00 ^b (0%)	0,00 ^b (0%)
<i>Enterococcus faecium</i> CECT 4515	9,22 ± 0,04 ^a (100%)	4,19 ± 0,10 ^b (0,001%)	4,13 ± 0,02 ^b (0,001%)
<i>Enterococcus faecium</i> NCIMB 10415	9,25 ± 0,04 ^a (100%)	4,13 ± 0,02 ^b (0,001%)	4,17 ± 0,06 ^b (0,001%)
<i>Enterococcus faecium</i> DSM 7134	9,20 ± 0,05 ^a (100%)	4,23 ± 0,01 ^b (0,001%)	4,16 ± 0,03 ^c (0,001%)
<i>Enterococcus faecium</i> MTKI.B32	9,20 ± 0,04 ^a (100%)	4,06 ± 0,08 ^b (0,001%)	4,16 ± 0,09 ^b (0,001%)

* n = 3.

^{a-c} Az azonos sorban szereplő eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek ($P < 0,05$).

Látható, hogy az *in vitro* emésztés túl erős szűrési rendszernek bizonyult, ugyanis a 7 órás gasztrikus kezelés végén a tejsavbaktérium-törzsek szaporodóképes sejtjeinek koncentrációja legalább 4–5 nagyságrenddel kisebbnek mutatkozott a kiindulási állapothoz képest. A későbbiekben finomítani lehet a rendszert úgy, hogy a kezelést követő mintavétel után, leoltás előtt semlegesítjük a közeget, vagy centrifugálással eltávolítjuk az emésztőnedveket a mintákból.

A miénkhez hasonló megállapításra jutottak *Kabluchko et al.* (2017) is, akik kapszulázott probiotikus készítményekben található törzsek túlélési képességét

vizsgálták, *in vitro* körülmények között szimulálva a gyomorban és a vékonybélben uralkodó viszonyokat. Azt tapasztalták, hogy míg a kezdeti élősejtszámok megfelelően nagyok voltak a termék többségében, addig a gasztrikus emésztést követően a készítmények felében nem volt kimutatható mennyiségű életképes probiotikus sejt.

Az *in vitro* emésztés nagyon hosszú (legalább 120 órás) folyamat és rengeteg előkészületet igényel. További nehezítő körülmény, hogy mindent frissen kell elkészíteni. Hosszúak az inkubációs idők, nagyszámú agarlemezre kell leoltani. Az eredmények értékelése szintén meglehetősen hosszadalmas.

Eredmények összevetése

Ha összevetjük a savval és epesavval kiegészített szilárd tápközeg felületén végzett jelenlét-hiány vizsgálatot (7. és 8. táblázat) a folyadékkultúrában végrehajtott sav- és epesav-kezeléssel (9. táblázat), megállapíthatjuk, hogy az eredmények hasonlóak. A cseppentéses módszernél kapott eredményeket jellemzően visszakaptuk a folyadékkultúrában végzett kísérletnél, így a cseppentéses módszer jól használható a vizsgálni kívánt törzsek számának leszűkítésére.

A *S. thermophilus* TH-4 a folyadékkultúrában (9. táblázat) végzett kísérletben egyáltalán nem tolerálta az epés közeget, és ez a tény jól látszott a cseppentéses kísérletben is (8. táblázat); a savkezelés során (9. táblázat) viszont jobban szerepelt annál, mint ami a cseppentés vizsgálat eredményeiből következett volna (7. táblázat). A *L. acidophilus* LA-5 a folyadékkultúrában végzett kezeléseknél is megmutatta jó sav- és epesavtűrő képességét. Az *E. faecium* törzseinek savtűrése hasonló volt, mint a *S. thermophilus* TH-4-é (7. táblázat), de a folyadékkultúrában végzett savkezelés esetükben mégsem hozott olyan jó eredményeket (9. táblázat). Az epesavas kezelést viszont nagyobb mértékben tolerálták az enterokokkusok (9. táblázat), ami nem meglepő, hiszen a cseppentéses kísérletben is jobban szerepeltek (8. táblázat).

A cseppentéses és a folyadékkultúrás módszerrel kapott eredményeket az *in vitro* emésztés eredményeivel összevetve ellentmondásokba ütközünk, ugyanis a cseppentéssel, ill. a folyadékkultúrában végzett kísérletek alapján jó sav- és epesavtűrőnek vélt törzs (*L. acidophilus* LA-5) kifejezetten rosszul szerepelt az *in vitro* emésztésben. Az első két eljárással végzett sav- és epesavkezelés tehát nem ad megfelelő

útmutatást arra vonatkozóan, hogy mely törzseket lenne tanácsos megvizsgálni *in vitro* emésztési modellel.

KÖVETKEZTETÉSEK

Érdemes lenne kombinálni az *in vitro* emésztéses módszert a cseppentéses eljárással, továbbá az egyes fázisokból vett mintákat nem széleszteni, hanem cseppenteni kellene a szelektív táptalajra. Amennyiben egy törzs gyomorsav és epesav destruktív hatásával szembeni ellenállóságát kívánjuk vizsgálni, egyértelműen az *in vitro* emésztés eredményeire támaszkodhatunk leginkább, hiszen ez szimulálja legjobban az emésztés folyamatát. Ezért is fontos a módszer további finomítása, mert a másik két eljárás inkább csak előszelektálást tesz lehetővé, jelezvén, hogy mely törzseket érdemes a hosszadalmas *in vitro* emésztési protokollnak alávetni. A módszer továbbfejlesztésével eredményeinket összevethetnénk állatkísérletek meglévő eredményeivel. Akár az is kiderülhet, hogy a gyomorsav- és epesavtűrés, mint másodlagos probiotikus tulajdonság nincs összhangban az elsődleges, értékmérő probiotikus tulajdonságokkal.

DEVELOPING BASIC ELEMENTS OF AN EXPERIMENTAL SYSTEM FOR SELECTION OF PROBIOTIC BACTERIAL STRAINS

JUDIT SÜLE¹ - LÁSZLÓ VARGA^{2,3} - KAROLINA VARGA² - ZOLTÁN HATVAN²
- GÁBOR SZAFNER¹ - HENRIETTA BUZÁS¹³ - ZOLTÁN KERÉNYI⁴

¹ Hungarian Dairy Research Institute Ltd., Mosonmagyaróvár

² Széchenyi István University, Albert Casimir Faculty at Mosonmagyaróvár,
Mosonmagyaróvár

³ Széchenyi István University, Wittmann Antal Multidisciplinary Doctoral School in
Plant, Animal and Food Sciences, Mosonmagyaróvár

⁴ Carlsbad Research Organization Ltd., Mosonmagyaróvár

ABSTRACT

Background: A multitude of potentially probiotic microbial strains are isolated each year from various sources. For any live microorganism to qualify as a probiotic, it must scientifically be demonstrated that, when administered in adequate amounts, it confers a health benefit on the host. However, animal and human studies are rather expensive and complicated and, therefore, implementing a preselection system consisting of simple and cost-effective *in vitro* tests can be helpful in reducing the number of isolates that should be involved in subsequent *in vivo* trials.

Objectives: The primary purpose of this research was to develop and evaluate *in vitro* methods capable of rapidly and efficiently assessing the resistance of bacterial strains to destruction by gastric and bile acids.

Materials and Methods: Three *in vitro* protocols were tested as follows. (1) Solid culture media supplemented with either hydrochloric acid or bile acids at various levels were used to grow *Streptococcus thermophilus* TH-4, *Lactobacillus acidophilus* LA-5, and four strains of *Enterococcus faecium* isolated from commercial animal probiotics. (2) Viability of the same bacterial strains was also determined upon treatment with hydrochloric acid or bile acids in liquid culture media. (3) Finally, the resistance of lactic acid bacteria strains to artificially prepared digestive fluids was tested in an *in vitro* digestion model.

Results and Discussion: Overall, similar results were provided by protocols 1 and 2. However, the bacterial strain showing the best results in these two tests was shown to perform poorly in the *in vitro* digestion model. It was concluded that, in assessing the resistance of specific isolates to gastric and bile acids, the *in vitro* digestion model should be used because it best mimics the processes of digestion. Nevertheless, the model needs to be further improved and it may be combined with protocols 1 and 2, which are suitable for the rapid preselection of strains.

Keywords: probiotics, acid tolerance, bile acid tolerance, *in vitro* tests

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönik a Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszköz és Nemzeti Helyreállítási Alapból finanszírozott RRF-2.3.1-21-2022-00001 számú projekt támogatását.

A szerzők köszönik az EFOP-3.6.1-16-2016-00024 azonosítószámú, “Intelligens szakosodást szolgáló fejlesztések az Állatorvostudományi Egyetem és a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszer-tudományi Karának együttműködésében” című projekt anyagi támogatását.

IRODALOM

Anadón, A. - Martínez-Larrañaga, M. R. - Martínez, M. A. (2006): Probiotics for animal nutrition in the European Union. Regulation and safety assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 45, 91–95.

Antal, O. - Némethné Szerdahelyi, E. - Takács, K. (2020): *In vitro* humán emésztési modellek alkalmazása a táplálkozástudomány területén. *Élelmiszervizsgáló Közlemények*. 66, (4) 3140–3157.

Chiba, L. I. (ed.) (2014): *Animal Nutrition Handbook*. Auburn University, Auburn, AL, USA.

- Du Toit, M. - Franz, C. M. A. P. - Dicks, L. M. T. - Holzapfel, W. H.* (2000): Preliminary characterization of bacteriocins produced by *Enterococcus faecium* and *Enterococcus faecalis* isolated from pig faeces. *Journal of Applied Microbiology*. 88, (3) 482–494.
- Essősy, M. - Fodor, I. - Ihnáth, Z. - Karancsi, Z. - Kovács, D. - Szalai, K. V. - Szentmiklósi, D. - Jerzsele, Á.* (2020): Az antibiotikum-mentes brojler-házityúk-hizlalás lehetőségei, különös tekintettel a pre- és probiotikumok használatára I. *Magyar Állatorvosok Lapja*. 142, (7) 397–407.
- European Parliament, Council of the European Union* (2003): Regulation (EC) no. 1831/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition. *Official Journal of the European Union*. L268: 29–43.
- Fijan, S. - Frauwallner, A. - Varga, L. - Langerholc, T. - Rogelj, I. - Lorber, M. - Lewis, P. - Povalej-Bržan, P.* (2019): Health professionals’ knowledge of probiotics: an international survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16, (17) 3128.
- Gomez-Gil, B. - Roque, A. - Turnbull, J. F. - Inglis, V.* (1998): A review on the use of microorganisms as probiotics. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. 40, (3-4) 166–172.
- Gupta, P. K. - Mital, B. K. - Garg, S. K.* (1996): Characterization of *Lactobacillus acidophilus* strains for use as dietary adjunct. *International Journal of Food Microbiology*. 29, (1) 105–109.
- Hafsa, S. H. A. - Mendonca, A. - Brehm-Stecher, B. - Hassan, A. A. - Ibrahim, S. A.* (2015): Probiotic potential and antimicrobial activity of *Enterococcus faecium* isolated from chicken caecal and fecal samples. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. 9, (4) 378–382.
- Hill, C. - Guarner, F. - Reid, G. - Gibson, G. R. - Merenstein, D. J. - Pot, B. - Morelli, L. - Canani, R. B. - Flint, H. J. - Salminen, S. - Calder, P. C. - Sanders, M. E.* (2014): The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews. Gastroenterology and Hepatology*. 11, 506–514.
- Kabluchko, T. V. - Bomko, T. V. - Nosalskaya, T. N. - Martynov, A. V. - Osolodchenko, T. P.* (2017): Survival of microorganisms from modern probiotics in model conditions of the intestine. *Annals of Mechnikov Institute*. 13, (1) 28–33.

Ortakci, F. - Sert, S. (2012): Stability of free and encapsulated *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 in yogurt and in an artificial human gastric digestion system. *Journal of Dairy Science*. 95, (12) 6918–6925.

Papadimitriou, K. - Zoumpopoulou, G. - Foligné, B. - Alexandraki, V. - Kazou, M. - Pot, B. - Tsakalidou, E. (2015): Discovering probiotic microorganisms: *in vitro*, *in vivo*, genetic and omics approaches. *Frontiers in Microbiology*. 6:58.

Park, S. C. - Hwang, M. H. - Kim, Y. H. - Kim, J. C. - Song, J. C. - Lee, K. W. - Jeong, K. S. - Rhee, M. H. - Kim, K. S. - Kim, T. W. (2006): Comparison of pH and bile resistance of *Lactobacillus acidophilus* strains isolated from rat, pig, chicken, and human sources. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22, 35–37.

Szakály, S. (szerk.) (2004): Probiotikumok és humánegészség. Vissza a természethez! Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet, Mosonmagyaróvár, 1-52.

Uriot, O. - Denis, S. - Junjua, M. - Roussel, Y. - Dary-Mourot, A. - Blanquet-Diot, S. (2017): *Streptococcus thermophilus*: from yogurt starter to a new promising probiotic candidate? *Journal of Functional Foods*. 37, 74–89.

Versantvoort, C. H. M. - Oomen, A. G. - Van de Kamp, E. - Rempelberg, C. J. M. - Sips, A. J. A. M. (2005): Applicability of an *in vitro* digestion model in assessing the bioaccessibility of mycotoxins from food. *Food and Chemical Toxicology*. 43, (1) 31–40.

Williams, C. F. - Walton, G. E. - Jiang, L. - Plummer, S. - Garaiova, I. - Gibson, G. R. (2015): Comparative analysis of intestinal tract models. *Annual Review of Food Science and Technology*. 6, (1) 329–350.

Yeo, S. - Lee, S. - Park, H. - Shin, H. - Holzapfel, W. - Huh, C. S. (2016): Development of putative probiotics as feed additives: validation in a porcine-specific gastrointestinal tract model. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 100, (23) 10043–10054.

A szerző levélcíme – Address of the corresponding author:

Süle Judit

Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kft.

9200 Mosonmagyaróvár, Lucsony utca 24.

E-mail cím: jsule@mtki.hu



A NÖVÉNYVÉDELEM MUNKAMŰVELET GÉPESÍTÉSÉNEK ÉS HATÉKONYSÁGÁNAK JAVÍTÁSA

SULYOK DÉNES¹ – FELFÖLDI JÁNOS¹ – KOVÁCS SZILVIA¹ – CZAKÓ IVÁN²

¹Debreceni Egyetem

²Discovery Center Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság

ÖSSZEFOGLALÁS

Az európai uniós és hazai változó szabályozórendszerhez történő alkalmazkodás mellett egyre nagyobb kihívás megtalálni a választ arra, hogy a kémiai növényvédelmet milyen módon tudjuk a szántóföldi növények termesztéstechnológiájában fenntartani. Ahhoz, hogy a termesztett növények terméshozamát mennyiségben és minőségben is biztosítani tudjuk, a precíziós növényvédelem alkalmazása megoldásnak kínálkozik. Alkalmazása során a termelési és a környezetvédelmi szempontok együttesen kerülnek figyelembevételre, melyek a termesztés technológiai optimumok közelítését lehetővé teszik. A fejlesztések egyik célja a beszerzett eszközök segítségével a nagy területi kiterjedésű mezőgazdasági területtel rendelkező gazdálkodók esetében a jelenleg alkalmazott hagyományos permetezési technológia precíziós növényvédelmi technológiával történő felváltásával jelentősen növekedjen a tevékenység hatékonysága. A precíziós technológia alkalmazásával oldható a tavaszi időszakban gyakran előforduló korai reggeli órákban megélnkülő, jellemzően a korai esti órákig tartó szeles periódus munkavégzésre jelentette korlátozó hatásának mértéke. Egy 2000 hektár területtel rendelkező mintagazdaság különböző elméleti vetésszerkezeteit vizsgáltuk meg a növényvédelmi munkák kivitelezhetősége szempontjából. Három vetésszerkezeti változat került elemzésre. Egy a hazai körülmények között átlagosnak tekintett vetésszerkezet, egy az átlagoshoz képest kevesebb kukoricát, és egy az átlagoshoz képest több kukoricát magában foglaló vetésszerkezet. Ezen keretek között két vontatott

permetezőgép és egy önjáró növényvédelmi gép technológiai változatát hagyományos és precíziós technológia mellett vizsgáltuk meg. Meghatároztuk mind a három vetésszerkezeti változatnál szükséges kezelések számát a márciustól júliusig terjedő időszakban. Ezáltal előre jelezhető a szükséges növényvédelmi kapacitás a tervezés szerinti időszaki bontásban a különböző vetésszerkezeti változatokban. Az egyes változatokban eltérő azon területek nagysága, amelyekben nem tudjuk a szükséges növényvédelmi műveletet végrehajtani. A legnagyobb ilyen területet az átlagos vetésszerkezetben, majd az átlagosnál kevesebb kukoricát magában foglaló vetésszerkezetben kaptunk. A legkisebb ilyen területtel az átlagoshoz képest több kukoricát magában foglaló vetésszerkezetben találkoztunk. Erre a kihívásra egyértelműen választ adhat a precíziós növényvédelem műszaki eszköztárának alkalmazása. Többlet permetezőgép és kiszolgáló gépek bevonásával a kapacitáshiányokat ki tudjuk küszöbölni, azonban ennek hatékonysága üzemszervezési, bekerülési érték és fenntartási költség oldalról egyaránt elmarad a precíziós növényvédelem alkalmazásából eredő előnyöktől.

Kulcsszavak: növényvédelem, munkaművelet, gépesítés, hatékonyság, precíziós mezőgazdaság

BEVEZETÉS

Az európai uniós és hazai változó szabályozórendszerhez történő alkalmazkodás mellett egyre nagyobb kihívás megtalálni a választ arra, hogy a kémiai növényvédelmet milyen módon tudjuk a szántóföldi növények termesztéstechnológiájában fenntartani.

Ahhoz, hogy a termesztett növények terméshozamát mennyiségben és minőségben is biztosítani tudjuk, a precíziós növényvédelem alkalmazása megoldásnak kínálkozik. Alkalmazása során a termelési és a környezetvédelmi szempontok együttesen kerülnek figyelembevételre, melyek a termesztés technológiai optimumok közelítését lehetővé teszik. A növényvédelem egy speciális tevékenység a szántóföldi termesztés technológián belül, hiszen alkalmazása során nem hoz létre többlet terméket, viszont használatával nem esünk el hozamoktól, nem szenvedünk minőségi károkat, ezeken keresztül a keletkező bevételünk bizonyos részeitől.

A fejlesztések egyik célja a beszerzett eszközök segítségével a nagy területi kiterjedésű mezőgazdasági területtel rendelkező gazdálkodók esetében a jelenleg alkalmazott

hagyományos permetezési technológia precíziós növényvédelmi technológiával történő felváltásával jelentősen növekedjen a tevékenység hatékonysága.

A vizsgálatokat a műszaki fejlesztéshez beszerzésre került nagyértékű önjáró permetezőgép és az azt kiegészítő fejtrágya injektáló rendszer, valamint a permetezés logisztikájához szükséges két darab nagytraktor és két nagyteljesítményű tartálykocsi alkalmazásával végeztük.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A magyar mezőgazdaság húzóágazata a növénytermesztés, így a teljesítményt nagyban meghatározza a növénytermesztési ágazat évenkénti kibocsátása és a növényi termékek áralakulása (Popp *et al.*, 2018). Racionális törekvés az összes munkát optimális időben és minimális gépkapcsolat felhasználásával végrehajtani. Ezáltal is hozzájárulni a gazdálkodás hatékonyságának javításához (Szűcs-Farkasné Fekete, 2008), aminek állandó törekvésnek kell lennie a növénytermesztési ágazatok versenyképességének növeléséhez (Felföldi, 2013). Teschner-Kalmár-Troján (2017) a hatékonyság javítását célzó vizsgálatok új útjait mutatja be a munkaidő-felvételezést középpontba állítva.

A precíziós gyomszabályozásban rejlő lehetőségeket mutatja be Kalmár *et al.* (2004), továbbá a precíziós gazdálkodás, mint szemlélet alkalmazását és a mezőgazdálkodással való kapcsolatát ismerteti Kalmár (2009, 2010). Takács-György (2008) a termelési szerkezet, a precíziós gazdálkodás, és növényvédelem gazdasági aspektusait vizsgálva tárta fel az összefüggéseket, a befolyásoló tényezőket.

A növényvédelem feladata a termesztett növények megvédése különféle kórokozóktól, kártevőktől, és károsítóktól. A növények fejlődéséhez a legkedvezőbb feltételek biztosításával érhetőek el a várt terméseredmények, amihez biztosítani kell a biológiai és a kémiai alapokon nyugvó hatékony növényvédelmi technológiák használatát (Gerber, 2011). A növényvédelem aktuális feladatait csak jó műszaki állapottal rendelkező géprendszer alkalmazásával lehet nagy pontossággal, időben és a megfelelő minőségben végrehajtani. Valamennyi feladat optimális időben történő elvégzéséhez szükséges a rendelkezésre álló erő- és munkagép kapacitás felmérése, illetve a technológia végrehajtásához elengedhetetlen többlet gépkapacitás tervezése (saját, vagy bérelt formában).

Amennyiben az idény előtti karbantartási, javítási munkákat, valamint a használat közbeni karbantartásokat nem végezzük el nincs lehetőségünk arra, hogy optimális időben végrehajtsuk a növénytermesztés technológia növényvédelmi beavatkozásait, ezáltal hozam- és jövedelemkiesésre számíthatunk (*Dimitrievits*, 2016).

A növényvédelem gépesítésének tervezése során a legkritikusabb pont az időjárás körülmények előrejelzése. Fontos ismeret a permetezéssel tölthető napok száma valamennyi kritikus időszakban, de legalább ennyire prioritásként kell kezelni az egyes napokon munkavégzésre alkalmas órák számát. Emellett figyelembe kell venni a műszaki problémák gyakoriságának lehetőségét, illetve ezek elhárításának időintervallumait is (*Husti*, 2007).

Az erő- és munkagépek megfelelő darabszámának meghatározásához kiszámoljuk az elméleti és a tényleges területteljesítmény arányát. Az elméleti teljesítmény esetében meghatározásra kerül egy maximális (névleges) teljesítmény, amely névleges értéknél kisebb teljesítménnyel kalkulálhatunk a gyakorlatban. A névleges teljesítményt csökkentő tényezők közé tartozik a karbantartás, a művelendő terület jellemzői, a közlekedésre fordított idő, és az ún. pihenő idő is. A tényleges területteljesítmény javulását érhetjük el több műszak szervezésével, optimális talajnedvességi állapot melletti műveléssel, sávos műveléssel, vagy akár blokkosítással (*Huzsvai et al*, 2012).

Ugyanakkor optimálisan növényvédelmi tevékenységet végezni csak bizonyos feltételek mellett lehetséges. Ezek közé tartozik, hogy bizonyos hőmérséklet mellett (5 °C alatt és 25 °C felett, de fagyos éjszakák előtt és után) nem végzünk ilyen tevékenységet. A permetezés lehetőségét a szél sebessége és a páratartalom is befolyásolja (40 %-os páratartalom alatt sem végezzük). *Sulyok* (2015) felhívja a figyelmet, hogy csapadék előtt min. 2 órával be kell fejezni a kezelést és az adott táblán min. 3 órát permetezéssel tudunk tölteni.

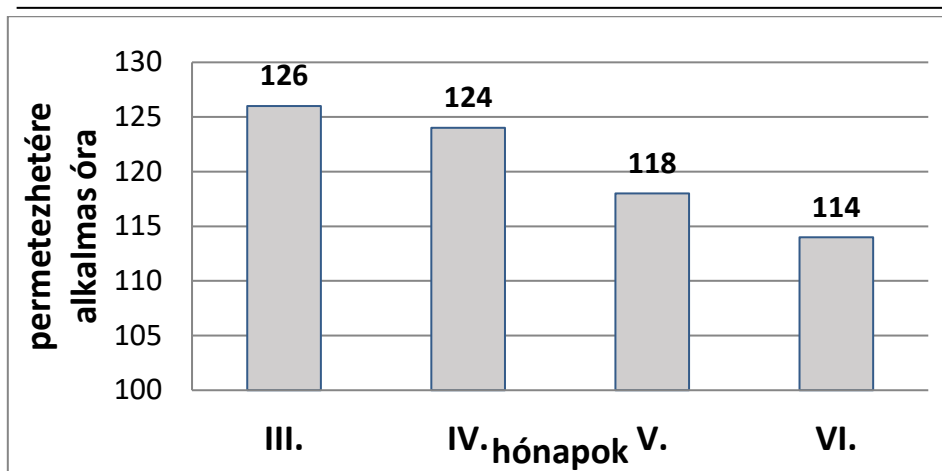
ANYAG ÉS MÓDSZER

Az alapadatok képzéséhez a permetezéssel töltött idő mérése, annak fajlagos felosztása és azon belüli megoszlása is kiszámításra került. A gazdaságtól a permetezendő területig, vagy a különböző helyszínen megtalálható területek közötti mozgás a közlekedésre fordított idő. Ezt befolyásolja a művelendő terület elaprózottsága, tagoltsága, ami a géprendszer kihasználtságát befolyásolja. A permetezőgép tartályának utántöltése

szintén egyike a főbb befolyásoló tényezőknek. A modern géprendszerek nagy tartályainak töltése jelentős időt vesz igénybe a nap folyamán. Az utazás kitétségeivel szemben ennek az időnek a csökkentésére többféle lehetőséggel is rendelkezünk. Az elavult technológiával (lajtos kocsi) történő töltés a legkevésbé hatékony. Ezeknek az eszközöknek akár 50-80 m³/perc a teljesítménye, amely az optimális átviteli sebesség töredékévé értékelhető. A modern szállító tartálykocsik esetében minimum 200 l/perc körüli teljesítményt kiegészítő szivattyú felhasználásával 800-900 liter/perc teljesítményre tudjuk növelni. Az eddig említett esetekben a permetezőgép maga keveri össze a vizet a kijuttatni kívánt növényvédő szerrel, de ezt az időt is ki tudjuk váltani a jelenlegi modern technológia alkalmazásával. Cél, hogy amíg a permetezés folyik, addig egy kiegészítő 600-1200 literes tartályban elkészítsük a törzsoldatot, amely a már bemutatott kiegészítő szivattyús rendszer segítségével kerül be a permetező tartályába. Ennek a rendszernek az alkalmazásával a töltés hatékonysága korábbi méréseink alapján mintegy 20 %-kal növelhető.

A leghatékonyabb rendszer, amikor a permetezőgép tartályában tiszta víz van és 2-5 kiegészítő növényvédő szeres tartályból történik meg a befecskendezés előre elkészített – elsősorban gyomborítottági - térképek alapján közvetlenül a szórókeretbe. Ez a rendszer a legnagyobb területteljesítményt tudja biztosítani, hátránya a nagy bekerülési költség mellett a nagy előkészítő munka követelmény.

Munkavégzésre alkalmas időszak megállapításához *Sulyok-Béres* (2014) alapján meghatározásra került a hagyományos körülmények közötti permetezhető órák száma a növényvédelem szempontjából fontos III-VI. hónapok közötti időszakban, figyelembe véve a korábbiakban már bemutatott peremfeltételeket (*1. ábra*).

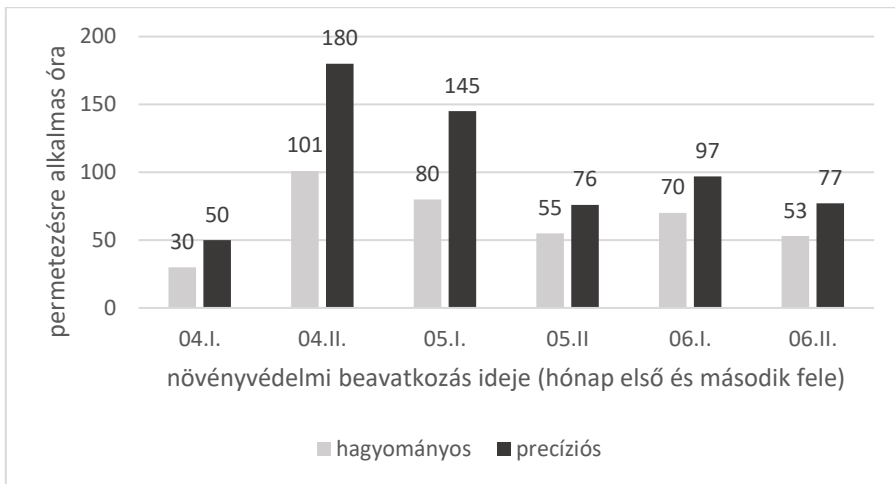


Forrás: Sulyok-Béres, 2014

1. ábra: Havi átlagos permetezhető órák száma hagyományos növényvédelmi tevékenység esetén

Figure 1: Average number of hours to spray during traditional plant protection activities

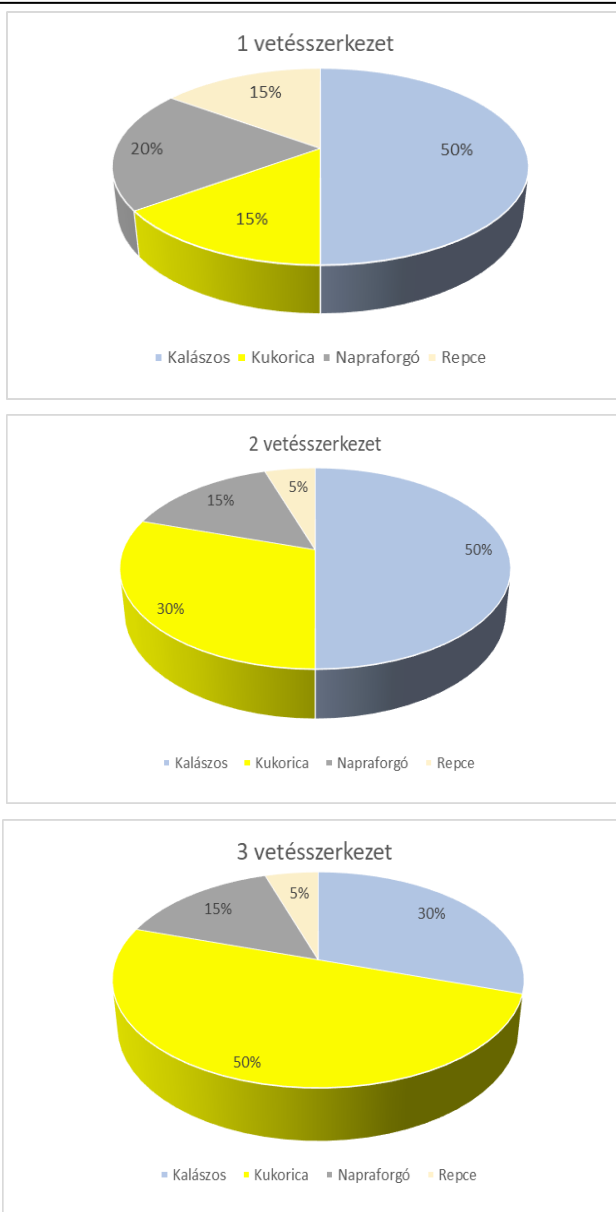
A precíziós technológia alkalmazásával oldható a tavaszi időszakban gyakran előforduló korai reggeli órákban megélénkülő, jellemzően a korai esti órákig tartó szeles periódus munkavégzésre jelentette korlátozó hatásának mértéke. Ugyanakkor a munkavégzésre alkalmas időt csökkentik az egyre gyakrabban előforduló 25 celsius fok feletti hőmérsékletű időszakok, akárcsak a május hónapban gyakori légköri aszály is, amelyet a permetezhető órák számának tervezésénél figyelembe szükséges venni. Mivel a növényvédelmi munkákat a precíziós megoldásokkal napkeltétől napnyugtáig tartó időszakon túl is végezhetjük, a hagyományoshoz képest mintegy 55-80 % többletjeljesítményt is jelenthetnek a munkavégzésben (*2. ábra*).



Forrás: Sulyok-Béres, 2014

2. ábra: Permetezésre alkalmas óraszám hagyományos és precíziós technológia esetén
 Figure 2: Number of spraying hours for traditional and precision crop protection

Egy 2000 hektár területtel rendelkező mintagazdaság különböző elméleti vetésszerkezeteit vizsgáltuk meg a növényvédelmi munkák kivitelezhetősége szempontjából. Három vetésszerkezet került elemzésre (3. ábra).



3. ábra: Vizsgált vetésszerkezetek
Figure 3: Crop structure of farming

Az első szerkezetben a kukorica aránya kicsi volt (15 %, 300 hektár), 50 %-on őszi búza (1000 hektár), 20 %-on napraforgó (400 hektár), 15 %-on (300 hektár) őszi káposztarepce került termesztésre. A második szerkezetben a kukorica területe 30 % (600 hektár), a kalászos gabonák továbbra is a terület 50 %-án (1000 hektár), a napraforgó 15 %-on (300

hektár), az őszi káposztarepce 5 %-on (100 hektár) került termesztésre. A harmadik szerkezetben a terület 50 %-án (1000 hektár) kukorica volt, a fennmaradó 1000 hektár terület 30 %-án őszi kalászos, 15 %-án napraforgó és 5 %-án őszi káposztarepce került termesztésre.

A szükséges növényvédelmi munkák végrehajtására kétféle technológiai változatot vizsgáltunk meg. Az első változat esetében 2 db vontatott permetezőgépre alapoztuk a megvalósítást. Ekkor szükségünk van a két vontatott permetezőgép mellé 2 db 100-200 lóerős kategóriájú traktorra és 2 db 12 köbméteres tartálykocsi és azokat vontató ugyancsak 100-200 lóerős traktor szerelvényekre. A másik változat esetében egy darab önjáró permetezőgépre alapoztuk a növényvédelmi tevékenységet. Az önjáró eszköz megfelelő működéséhez a területi kiterjedtségtől (milyen távolságból tudunk vizet biztosítani) egy-, vagy két kiszolgáló szerelvényre van szükség. Mindkét technológiai változat esetében a kiszolgáló traktorokra a törzsoldat keveréséhez tartályokat szerelnek fel a traktorok orrsúlya helyére, ezáltal a bekeverési idő csökkenthető, a permetezés hasznos időtartalma növelhető.

Korábbi mérések, illetve felhasznált telemetriai adatok alapján meghatároztuk az elméleti területteljesítményt mind a két bevont géprendszer esetében. Vontatott technológia alkalmazása mellett az elméleti területteljesítmény 28,8 ha/óra. A gépkapcsolatok a nappól az idő 63 %-át munkavégzésre, 11 %-ot közlekedésre 26 %-ot pedig újratöltésre fordítanak. Vontatott technológiával a tényleges teljesítmény 18 hektár óránként. Önjáró technológia alkalmazása mellett az elméleti területteljesítmény 40,5 hektár óránként. A telemetriai adatok felhasználása alapján a munkavégzés aránya 59 %, a vonulásé 6 %, a töltésidő 35 %. Az önjáró permetezőgép óránként 24 hektár növényvédelmi tevékenységet képes elvégezni. A 2000 hektáros mintagazdaság esetében meghatároztuk mind a három vetésszerkezeti változatnál (kevés-, átlagos és sok kukorica) szükséges kezelések számát a márciustól júliusig terjedő időszakban.

EREDMÉNYEK

A növénytermesztési technológia kidolgozása során kiemelt szerepet kap a növényvédelem, mint munkaművelet számának (1. táblázat) és kivitelezésének tervezése a vetésszerkezetbe került minden növény esetében. Ez szükséges ahhoz, hogy meghatározzuk, hogy telemetriai adatokra alapozott különböző technológiai változatok

(vontatott, önjáró) hány táblára (mekkora területre) képesek biztosítani a szükséges kapacitást optimális körülmények között. Ezáltal előre jelezhető a szükséges növényvédelmi kapacitás a tervezés szerinti időszakai bontásban a különböző vetésszerkezeti változatokban. Kukoricánál április első fele és július második fele között történnek a védekezéshez kapcsolt műveletek. Vannak olyan beavatkozások, melyeket nem szükséges a teljes területen végrehajtani, átlagosan 3,4 alkalommal kell a területet kezelni. Az őszi kalászosok növényvédelmét április második fele és június első fele közé időzítik és ebben az időszakban a termőterületre négy alkalommal szükséges permetezőgéppel visszatérni.

1. táblázat: Növényvédelmi beavatkozások (permetezés) száma

Table 1: Number of spraying predicted in the production structure

növények	3. hó		4. hó		5. hó		6. hó		7. hó		összes kezelés (alk)
	II	I	II	I	II	I	II	I	II		
kukorica	0	0,3	0,3	1	0,4	0	1	0,2	0,2	3,4	
kalászos	0	0	1	1,5	1	0,5	0	0	0	4	
napraforgó	0	0	1	1	1	1	0,5	0	0	4,5	
repce	1	1,5	1	0	0	0	0	0,5	0	4	
Összesen	1	1,8	3,3	3,5	2,4	1,5	1,5	0,7	0,2	15,9	

Április közepétől június végéig a napraforgóval vetett területre mintegy 4,5 alkalommal kell ezt a műveletet végezni, míg az őszi káposztarepcével hasznosított területen átlagosan 4 permetezési műveletre kerül sor.

Növényvédelmi beavatkozások különböző vetésszerkezetekben

Amennyiben a kalkulált igények összevetésre kerülnek a permetezőgép kapacitásokkal látható, hogy a 4000 hektár őszi kalászos, 1020 hektár kukorica, 1800 hektár napraforgó és 1200 hektár őszi káposztarepce optimális időben történő növényvédelmét szükséges (2. táblázat) kivitelezni.

2. táblázat: Kezelendő terület nagysága kis arányú kukoricával a vetésszerkezetben (ha)

Table 2: Sprayed area in hectares in low-portioned maize production structure

növények	3. hó		4. hó		5. hó		6. hó		7. hó		vetésterület ha	kezelendő terület ha
	II	I	II	I	II	I	II	I	II			
kukorica	0	90	90	300	120	0	300	60	60	300	1020	
kalászos	0	0	1000	1500	1000	500	0	0	0	1000	4000	
napraforgó	0	0	400	400	400	400	200	0	0	400	1800	
repce	300	450	300	0	0	0	0	150	0	300	1200	
Összesen	300	540	1790	2200	1520	900	500	210	60	2000	8020	

Tekintve, hogy a vizsgált időszakban a táblák többségét kezelni kell, így a kritikus időszak április közepe és május vége közötti időszakra esik (5510 hektár permetezés), ami az összes növényvédelmi munka 69 %-a.

Az átlagos vetésszerkezetnél az előzőekben meghatározottaknak megfelelően alakul a permetezés időzítése. Az összes növényvédelembe vont terület nagysága 230 hektárral csökken. Ennek oka, hogy a napraforgó és az őszi káposztarepce vetésszerkezeti aránya csökken (4,5-, illetve 4 permetezés a vizsgált időszakban). A kritikus időszakban (április közepe -május vége között) a permetezendő terület 5520 hektárra nőtt, az összes munkának a 71 %-a esik a kritikus időszakra (3. táblázat).

3. táblázat: Kezelendő terület nagysága átlagos vetésszerkezetben (ha)

Table 3: Sprayed area in hectares in average production structure

növények	3. hó		4. hó		5. hó		6. hó		7. hó		vetésterület ha	kezelendő terület ha
	II	I	II	I	II	I	II	I	II			
kukorica	0	180	180	600	240	0	600	120	120	600	2040	
kalászos	0	0	1000	1500	1000	500	0	0	0	1000	4000	
napraforgó	0	0	300	300	300	300	150	0	0	300	1350	
repce	100	150	100	0	0	0	0	50	0	100	400	
Összesen	100	330	1580	2400	1540	800	750	170	120	2000	7790	

A permetezett terület nagy arányú kukoricával a vetésszerkezetben 7550 hektárra csökkent. A kalászosok termesztése során a beavatkozások felülete 4000 hektárról 2400 hektárra csökkent. Kukorica esetében a vizsgált tavaszi-nyári időszakban növényvédelmi

kezeléseket 3400 hektáron szükséges végezni. A napraforgó és az őszi káposztarepce permetezési felülete az előző scenárióhoz hasonlóan alakult. Április második fele és május második fele között kerül kivitelezésre az összes növényvédelmi munka 64 %-a (4. táblázat)

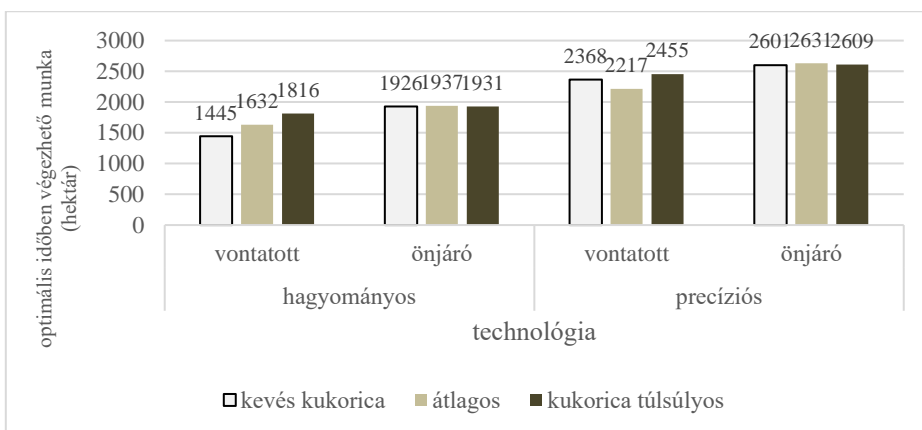
4. táblázat: Kezelendő terület nagysága nagyarányú kukoricával a vetésszerkezetben (ha)

Table 4: Sprayed area in hectares in high-portioned maize production structure

növények	3. hó		4. hó		5. hó		6. hó		7. hó		vetésterület ha	kezelendő terület ha
	II	I	II	I	II	I	II	I	II			
kukorica	0	300	300	1000	400	0	1000	200	200	1000	3400	
kalászos	0	0	600	900	600	300	0	0	0	600	2400	
napraforgó	0	0	300	300	300	300	150	0	0	300	1350	
repce	100	150	100	0	0	0	0	50	0	100	400	
Összesen	100	450	1300	2200	1300	600	1150	250	200	2000	7550	

Növényvédelmi technológia és géprendszer

Az optimálisan lepermetezhető felület nagyságának vizsgálata során összevetésre kerülnek a gépek tényleges területteljesítményei és a permetezésre tényleges alkalmas idő mind hagyományos, mind precíziós technológia alkalmazása esetében. A hagyományos technológia és vontatott géprendszer alkalmazása esetében nem minden esetben érünk oda a kritikus időszakban. Hagományos technológia és önjáró géprendszer scenárió esetében sem tudjuk optimális időben az összes növényvédelmi munkát elvégezni. Precíziós technológia és vontatott géprendszer scenáriója esetében odaérünk optimális időben a teljes felületre, hasonlóan a precíziós önjáró scenárióhoz (4. ábra).



4. ábra: Az egyes géprendszerekkel optimális időben elvégezhető növényvédelmi munkák (ha)

Figure 4: Plant protection works that can be carried out at the optimal time with each machine system (ha)

Az 5. táblázat adatainak elemzése során megállapítottuk, hogy a legkevesebb területet a hagyományos vontatott technológia mellett tudtuk kezelni (április első felében 600, második felében 2600 hektár). Amennyiben precíziós technológiával szereltük fel a vontatott permetezőgépek kapcsolatokat a területteljesítmény mintegy duplájára emelkedett (1000-, illetve 4600 hektárra). Hagyományos technológia önjáró géprendszer alkalmazása mellett április első felében 800 hektár, második felében 3500 hektár területteljesítményt tudunk elérni. Precíziós technológia alkalmazásával az önjáró permetezőgép (is) mintegy kétszeresére képes növelni a területteljesítményét (1440-, illetve 6168 hektár). Amennyiben a hagyományos technológiában az önjáró permetezőgépet kiegészítjük egy vontatott gépkapcsolattal, akkor április első felében ebben az esetben is nő (1000 hektár fölé), míg a második felében pedig közel 5000 hektárra emelkedik permetezhető terület nagysága.

5. táblázat: Permetezhető terület (ha)

Table 5: Area to spray (ha)

technológia	gépkapcsolat	4. hó		5. hó		6. hó	
		I	II	I	II	I	II
precíziós	vontatott	1080	4626	3726	1800	2430	1854
	önjáró	1440	6168	4968	2400	3240	2472
hagyományos	vontatott	594	2592	1980	1098	1602	1188
	önjáró	792	3456	2640	1464	2136	1584

Amennyiben az optimális körülmények között permetezhető területek nagyságát és az egyes vetésszerkezeti változatokban szükséges növényvédelmi munkák nagyságát összevetjük, akkor megállapítható a többlet kapacitás vagy a kapacitáshiány ténye. Kevés kukorica vetésszerkezeti változat és hagyományos technológia mellett alakulnak ki olyan időszakok, ahol nem érünk oda időben az optimálisnak tartott munkához. Két vontatott permetezőgép esetében május első felében 220 hektár területet nem tudunk optimumban kezelni (a terület 11 %-a). Május második felében 21 % (422 hektár) a kapacitáshiány. Önjáró szcenárió esetében május második felében alakul ki 4 %-os (56 hektár) kapacitáshiány (6. táblázat).

6. táblázat: Permetezési többletkapacitás kevés kukorica esetén (ha)

Table 6: Excess capacity available to spray for low-portioned maize production structure

technológia	gépkapcsolat	4. hó		5. hó		6. hó	
		I	II	I	II	I	II
precíziós	vontatott	791	3454	2639	1462	2135	1582
	önjáró	1079	4624	3725	1798	2429	1852
hagyományos	vontatott	54	802	-220	-422	702	688
	önjáró	252	1666	440	-56	1236	1084

Átlagos vetésszerkezet és hagyományos technológia alkalmazása mellett a vontatott permetezőgépek szcenáriója esetében május első felében 420 hektár felülethez (az összterület 21 %-a) szükséges kapacitás hiányzik. Május második felében 442 hektárt (összterület 22 %-a) nem tudunk optimális időben leállni a vontatott eszközrendszerrel,

míg önjáró szcenárió alkalmazása mellett 76 ha-t nem tudunk lepermetezni optimális időben (7. táblázat)

7. táblázat: Permetezési többletkapacitás átlagos vetésszerkezet esetén (ha)

Table 7: Excess capacity available to spray for average production structure

technológia	gépkapcsolat	4. hó		5.hó		6.hó	
		I	II	I	II	I	II
precíziós	vontatott	252	1666	440	-56	1236	1084
	önjáró	750	3046	1326	260	1630	1104
hagyományos	vontatott	264	1012	-420	-442	802	438
	önjáró	462	1876	240	-76	1336	834

A sok kukorica vetésszerkezet szcenáriójában alakulnak ki a legnagyobb többlet kapacitások. A hagyományos vontatott permetezőgépek szcenáriójában sem tudunk optimális időben permetezni május első felében, ami a terület 11 %-át (220 hektár) jelenti. Május második felében pedig a terület 10%-át (202 hektár) érinti ugyanez a helyzet. Önjáró szcenárióban 76 hektár felületre nem érünk oda optimális időben (8. táblázat).

8. táblázat: Permetezési többletkapacitás kukorica túlsúlyos vetésszerkezet esetén (ha)

Table 8: Excess capacity available to spray for high-portioned maize production structure

technológia	gépkapcsolat	4. hó		5.hó		6.hó	
		I	II	I	II	I	II
precíziós	vontatott	630	3326	1526	500	1830	704
	önjáró	990	4868	2768	1100	2640	1322
hagyományos	vontatott	144	1292	-220	-202	1002	38
	önjáró	462	1876	240	-76	1336	834

Kapacitáshiány és veszteség

Permetezési kapacitás hiányában kialakuló veszteségek miatt szakmai döntést kell hozni arról, hogy melyik táblát, illetve növényt soroljuk hátrébb a növényvédelmi munkák során. Egyik lehetőség, hogy először a kukorica gyomirtását adjuk fel, hiszen a

több évtizedes kutatási eredmények figyelembe vétele alapján valószínűleg ez jelenti a kisebbik rosszat, a kevesebb veszteséget. Ha a kapacitáshiányra adott válaszként nem lenne elegendő a kukorica gyomirtás későbbi időpontra halasztása, akkor a kalászosok következnek, hiszen a napraforgó és az őszi káposztarepce nagyon szenzitíven reagálnak a növényvédelmi beavatkozások elmaradására. A hagyományos technológia alkalmazása során permetezési kapacitás hiányában felmerülő veszteséget mutatja a 9. táblázat. Hagyományos technológiával és kis arányú kukoricával a vetésszerkezetben május második felében 300 hektár kukorica, valamint 122 hektár őszi búza növényvédelmi beavatkozása is veszélybe kerülhet. Önjáró eszköz esetében mindössze 56 hektár kukorica szenvedheti a beavatkozás hiányát. Átlagos vetésszerkezet mellett vontatott permetezőgépek használatával május első felében 300 hektár kukoricával és 120 hektár őszi búzával hasznosított területre nem érünk oda. Május második felében 283 hektár kukoricát nem tudunk időben megvédeni. Sok kukorica szcenáriónál hagyományos technológia vontatott géprendszer esetében május első felében 130 hektár területet, május második felében 119 hektárt nem tudunk megvédeni. Önjáró géprendszer alkalmazása mellett 45 hektár területre nem érünk oda hagyományos technológiában.

9. táblázat: Permetezési kapacitás hiányában fellépő veszteség (ha)

Table 9: Potential losses by lack of crop protection capacity (ha)

vetésszerkezet	gépkapcsolat	veszteség (ha)			
		5. hó I		5. hó II	
		kukorica	kalászos	kukorica	kalászos
kis arányú kukorica	vontatott	0	0	300	122
	önjáró	0	0	56	0
átlagos	vontatott	300	120	283	0
	önjáró	0	0	0	0
nagy arányú kukorica	vontatott	130	0	119	0
	önjáró	0	0	45	0

Valamennyi vizsgált szcenárió esetében a hagyományos technológia alkalmazása mellett mennyiségi és minőségi veszteségeket tapasztaltunk. Vontatott technológia esetében a termés kiesés kukoricánál 300 tonnát, őszi búza esetében pedig 47 tonnát jelent. Őszi búza esetében a minőségi romlás 122 hektáron, mintegy 610 tonnát fog

érinteni. Hagyományos technológia önjáró scenáriójában 56 tonna kukorica kieséssel kell számolnunk. Átlagos vetésszerkezeti scenárió esetében kukorica esetében szükséges 283 tonna terméskieséssel számolnunk, míg önjáró géprendszer alkalmazása mellett terméskieséssel nem kellett számolni. Kukorica túlsúlyos scenárió esetében vontatott permetezőgépekre alapozottan 119 tonna kukorica veszteség képződik, míg önjáró géprendszer esetében 45 tonna hozamkiesésre számíthatunk.

KÖVETKEZTETÉSEK

A növényvédelem, mint munkaművelet beavatkozásainak a számát, illetve a kezelendő területek nagyságát felhasználva tudjuk a kapacitásigényét és mértékét megállapítani, permetezési arányok segítségével tudjuk szemléltetni. A vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy minél több a kukorica, és minél kevesebb az olajos növények (napraforgó, őszi káposztarepce) aránya a vetésszerkezetben, annál kevesebb növényvédelmi munkára (lepermetezett hektárra) van szükség.

A munka elvégzése szempontjából kritikus időszakot vizsgálva megmutatta, hogy a növényvédelmi tevékenység jelentős része mind a három vizsgált vetésszerkezeti változatban ide esik.

A hazánkban hagyományosnak tekinthető technológia mellett a kritikusnak tekinthető április közepétől május végéig terjedő időszakban nem érünk oda minden területre optimális időben. Először a kukorica, majd az őszi búza növényvédelmi tevékenységében kényszerülünk csúszásokra. Ezek a csúszások a terület egy részén valamennyi vizsgált változat esetében terméskiesést, illetve az őszi búza esetében minőségromlást eredményeznek. Az egyes változatokban eltérő azon területek nagysága, amelyeken nem tudjuk a szükséges növényvédelmi műveletet végrehajtani. A legnagyobb ilyen területet az átlagos vetésszerkezetben, majd az átlagosnál kevesebb kukoricát magában foglaló vetésszerkezetben kaptunk. A legkisebb ilyen területtel az átlagoshoz képest több kukoricát magában foglaló vetésszerkezetben találkoztunk. Erre a kihívásra egyértelműen választ adhat a precíziós növényvédelem műszaki eszköztárának alkalmazása. Többlet permetezőgép és kiszolgáló gépek bevonásával a kapacitáshiányokat ki tudjuk küszöbölni, azonban ennek hatékonysága üzemszervezési, bekerülési érték és fenntartási költség oldalról egyaránt elmarad a precíziós növényvédelem alkalmazásából eredő előnyöktől.

**IMPROVING THE MECHANIZATION AND EFFICIENCY OF PLANT
PROTECTION OPERATIONS**

DÉNES SULYOK¹ – JÁNOS FELFÖLDI¹ – SZILVIA KOVÁCS¹ – IVÁN CZAKÓ²

¹University of Debrecen

²Discovery Center Nonprofit Ltd., Hungary

ABSTRACT

In addition to adapting to the changing EU and domestic regulatory systems, today's big challenge is how we can maintain chemical plant protection in the cultivation technology of field plants. It is a fundamental issue to protect the yields and quality of cultivated plants. The application of precision plant protection provides clear help for this challenge. During its application, the production and environmental protection aspects are synthesized, which can be the conditions for observing the technological optimums of the cultivation. The aim was to significantly increase the efficiency of the activity by replacing the currently used traditional spraying technology with precision plant protection technology. In order to complete all tasks in an optimal time, it is necessary to assess the available power and working machine capacity, as well as to plan the additional machine capacities essential for the implementation of the technology (own or rented form). The goal is to perform all work in optimal time and with minimal machine contact. With the application of precision technology in plant protection, we have the opportunity to work 24 hours a day instead of the traditional period from sunrise to sunset. In our present work, we examined the various theoretical sowing structures of a model farm with an area of 2000 hectares from the point of view of the feasibility of plant protection works. The three scenarios: low corn, average and high corn sowing structure, as well as the technological versions of two trailed sprayers and a self-propelled plant protection machine were examined in addition to traditional and precision technology. During the planning of crop production technology, the planning of the number and implementation of plant protection interventions is given special emphasis in the case of all crops included in the seeding structure.

In the case of the 2,000-hectare sample farm, we determined the number of treatments in the period from March to July for each of the three cropping structure versions (low,

medium and high corn). This is necessary in order to determine how many boards (how much area) the various technological versions based on the previously presented telemetry data (towed, self-propelled) can reach under optimal conditions. In this way, it is possible to predict the required capacity in terms of crop protection interventions in the individual cropping structure variants, broken down by decade. The amount of areas that we do not reach during the critical period is different in each version of the sowing structure. The lowest is in the corn-overweight scenario, followed by the low-corn scenario and the most (more than 10% of all sprays) in the average cropping pattern. The solution to this problem is clearly solved by the application of precision plant protection. Our tests also covered the case where we include the capacity of additional sprayers and service machines. With this solution, we can also eliminate capacity shortages, but its effectiveness in terms of plant organization, cost of ownership and maintenance costs is inferior to the benefits of using precision plant protection.

Keywords: plant protection, operation, mechanisation, efficiency, precision agriculture

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatás VP3-16.1.1-4.1.5-4.2.1-4.2.2-8.1.1-8.2.1-8.3.1-8.5.1-8.5.2-8.6.1-17 kódszámú felhívásra, a „Precíziós növényvédelmi rendszerfejlesztés és hatékonyság vizsgálat” című pályázat keretében valósult meg.

IRODALOM

Dimitrievits Gy., (2016) A biztonságos védekezések előfeltétele: a permetezőgépek gondos felkészítése, Gödöllő

Felföldi, J. (2013): Növénytermesztési ágazatok vállalkozásszintű versenyképessége. In: Szűcs, I (eds.) Mezőgazdasági ágazatok gazdaságtana : Elméleti jegyzet. Debrecen, Hungary : Debreceni Egyetem. Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma pp. 114-124. , 11 p.

Gerber G., (2011) Növényvédelemben használatos gépek megismerése, működésük, NSZFI

Husti I., (2007) Műszaki- beruházási ismeretek Debreceni Egyetem

- Huzsvai L. et al* (2012): Optimális erőgép és munkagép-szükséglet meghatározása a növénytermesztésben (Visual Basic és R alkalmazások). Agrárinformatika 2012 Konferencia. CD kiadvány. Debrecen
- Kalmár, S -Salamon, L. - Reisinger, P.-Nagy, S* (2004): Possibilities to apply precision weed control in Hungary: (A precíziós gyomszabályozás üzemi alkalmazhatóságának vizsgálata) *Gazdálkodás* 48 : Suppl 8 pp. 88-94. , 7 p. (2004)
- Kalmár, S.* (2009): A precíziós gazdálkodás terjedésének vizsgálata. *Gazdálkodás* 53 : 6 pp. 611-613 , 3 p.
- Kalmár, S.* (2010): Farm business relations of precision plant production. *Acta Agronomica Óváriensis* 52 : 2 p. 67
- Popp J.-Szenderák J.- Fróna D.-Felföldi J.-Oláh J. és Harangi-Rákos M.* (2019): A Magyar mezőgazdaság teljesítménye 2004-2017 között. Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok 13 (3-4):9-20.
- Sulyok D.* (2015): A növényvédelem gépesítésének optimalizálása, KITE Zrt, Nádudvar
- Sulyok D. –Béres A.* (2014): A növényvédelem gépüzemeltetés technológiai kérdései, KITE Zrt, Nádudvar
- Szűcs, I-Farkasné Fekete, M.* (2008): Hatékonyság a mezőgazdaságban. Elmélet és gyakorlat. Agroinform Kiadó, Budapest.
- Takács-György, K* (2008): Economic aspects of chemical reduction on farming: role of precision farming – will the production structure change. *Cereal Research Communications* 36 pp. 19-22. , 4 p. (2008)
- Teschner, G.-Kalmár, S.-Troján, Sz.* (2017): Munkaidő-felvételezés új utakon – Androidos környezetben és mobiltelefon applikációval. Magyar Regionális Tudományos társaság XV. Vándorgyűlés - Dualítások a regionális tudományban, Mosonmagyaróvár 2017.10.19-20., Country: Hungary,

A szerzők levélcíme – Address of the corresponding authors:

Dr. Sulyok Dénes
Debreceni Egyetem
4032 Debrecen Egyetem tér 1.
sulyok,denes@debrecenistudium.hu

Dr. Felföldi János
Debreceni Egyetem
4032 Debrecen Böszörményi út 138.
felfoldi.janos@econ.unideb.hu

Dr. Kovács Szilvia
Debreceni Egyetem
4032 Debrecen Böszörményi út 138.
szkovacs@agr.unideb.hu

Czakó Iván
Discovery Center Nonprofit KFT
2100 Gödöllő, Hársfa utca 1.
ivan,czako@agridron.hu



A PRECÍZIÓS BETAKARÍTÁS ÜZEMSZERVEZÉSÉNEK TECHNOLOGIA ÉS GAZDASÁGOSSÁGI KÉRDÉSEI

SULYOK DÉNES¹ – FÜZESI ISTVÁN¹ – CZAKÓ IVÁN²

¹Debreceni Egyetem

²Discovery Center Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság

ÖSSZEFOGLALÁS

A betakarítás mindig is fontos szerepet játszott a mezőgazdaságban. Ekkor realizálódik a gazdálkodó számára az egész termelési folyamatban elvégzett munkájának az eredménye. Fontos, hogy a megtermelt termés minél nagyobb részét képesek legyünk betakarítani, ennek vesztesége mind mennyiségben, mind minőségben minél kevesebb legyen. Napjaink mezőgazdasági gyakorlatában egyre nagyobb tért hódít a precíziós gazdálkodás. Ez a folyamat zajlik a szántóföldi növénytermesztési technológiában is, ezen belül a betakarításban is. Mind a külföldi, mind a hazai kutatások és gyakorlati fejlesztések a táblán belüli homogén (azonos termőképességgel rendelkező) foltok lehatárolása irányába mutatnak. Napjainkban valamennyi vezető mezőgépgyártó rendelkezik a precíziós gazdálkodás követelményeinek megfelelő géprendszerrel. Jelen munkánk céljaként fogalmazható meg, hogy a Magyarországon jellemző vetésszerkezeti változatok megvizsgálásán keresztül tervezzük meg a nyári- és az őszi időszakban szükséges betakarítási kapacitásokat egy mintagazdaság esetében. További célunk a technológia nem megfelelő alkalmazásából származó veszteségforrások számszerűsítése mind mennyiségi, mind minőségi oldalról valamennyi termesztett növény esetében. Jelen számításaink zárásaként beruházás gazdaságossági számításokat végeztünk. A különböző vetésszerkezetek vizsgálata során számszerűsítettük a veszteségeket és a bérszolgáltatás többletjövedelemtermelő hatását, a kettő összegzéséből és a ráépülő dinamikus

megtérülési mutatók elemzéséből megállapítható, hogy az általunk vizsgált 6 megtérülési változat mindegyikében a beruházás javasolt.

Kulcsszavak: betakarítás, gépesítés, átrakókocsi, megtérülés

BEVEZETÉS

Napjaink mezőgazdasági gyakorlatában egyre nagyobb teret hódít a precíziós gazdálkodás. Ez a folyamat zajlik a szántóföldi növénytermesztési technológiában is, ezen belül a betakarításban is. Mind a külföldi, mind a hazai kutatások és gyakorlati fejlesztések a táblán belüli homogén (azonos termőképességgel rendelkező) foltok lehatárolása irányába mutatnak.

Napjainkban valamennyi vezető mezőgépgyártó rendelkezik a precíziós gazdálkodás követelményeinek megfelelő géprendszerrel. A gyors, pontos, hatékony működtetés mellett egyre nagyobb jelentőséggel bír a helyspecifikus gazdálkodásban a helyes dokumentáció, hiszen az adatgyűjtésre alapozott termésképző elemeket meghatározó bonyolult összefüggésvizsgálatokat csak így képesek elvégezni a szaktanácsadó szervezetek.

A betakarítás mindig is fontos szerepet játszott a mezőgazdaságban. Ekkor realizálódik a gazdálkodó számára az egész termelési folyamatban elvégzett munkájának az eredménye. Fontos, hogy a megtermelt termés minél nagyobb részét képesek legyünk betakarítani, ennek vesztesége mind mennyiségben, mind minőségben minél kevesebb legyen

Jelen munkánk céljaként fogalmazható meg, hogy a Magyarországon jellemző vetésszerkezeti változatok megvizsgálásán keresztül tervezzük meg a nyári- és az őszi időszakban szükséges betakarítási kapacitásokat egy mintagazdaság esetében. További célunk a technológia nem megfelelő alkalmazásából származó veszteségforrások számszerűsítése mind mennyiségi, mind minőségi oldalról valamennyi termesztett növény esetében. Számításaink zárásaként beruházás gazdaságossági számításokat végeztünk.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A fenntartható fejlődés megköveteli az agrárágazat minden szereplőjétől az alkalmazkodást, mert ez az eredményesség és versenyképesség egyik záloga. Ennek a rugalmasabb működést is támogató állandó törekvésnek kell lennie a növénytermesztési ágazatok versenyképességének növeléséhez (*Felföldi, 2013*). A precíziós technológia diffúziója lelassult, a technológia egyes elemei - vélt vagy valós előnyök ellenére – lassan kerülnek be a gyakorlatba (*Takácsné György, 2015*). Ennek hazánkban különösen nagy jelentősége van, hiszen a magyar mezőgazdaság húzóágazata a növénytermesztés, így a teljesítményt nagyban meghatározza a növénytermesztési ágazat évenkénti kibocsátása és a növényi termékek áralakulása (*Popp et al., 2018*). A versenyképességi szempontok figyelembe vétele mellett a környezetterhelést is jelentős mértékben lehet csökkenteni a precíziós technológiával támogatott termesztéstechnológiai elemek alkalmazásával. Lehetőség nyílik az átfedések, kihagyások minimalizálására, valamint az igen-nem rendszerek alkalmazására, melynek keretében a már művelt, kezelt területek felülkezelését el tudjuk kerülni kedvezőtlen időjárási körülmények, vagy éjszakai munkavégzés esetében is (*Sulyok et al., 2013*).

A hagyományos szántóföldi gazdálkodásban a legkisebb egység a tábla. A GPS rendszer növénytermesztésben történő alkalmazásán keresztül lehetőségünk nyílik a táblán belüli kisebb egységek kezelésére. Külföldön és hazánkban is folyik a K+F ezzel kapcsolatban, amelyben a gyakorlat is komoly szerepet vállal. A precíziós gazdálkodás eredményességének mérésére a hozammérő rendszerrel szerelt betakarító gépek szolgálnak. Egyrészt a dokumentálásban, nyomonkövetésben játszanak jelentős szerepet, másrészt a táblán belüli adatok rögzítésével a mázsaházi adatoknál sokkal részletesebb bontásban állnak rendelkezésre adatok a termés mennyiségére, szemnedvességtartalmára vonatkozóan. A precíziós gazdálkodás végrehajtására alkalmas modern géprendszer számos műszaki paraméter monitorozását is elvégzi. Ennek keretében lehetőségünk van a pillanatnyi fogyasztási adatok mellett a különböző gépüzemeltetési adatok (pl. kerékcúszás, motorterhelés, sebesség stb.) elemzésén keresztül a növénytermesztési technológia optimalizálására annak érdekében, hogy az adott művelet minél nagyobb területen, optimális körülmények között kerüljön végrehajtásra (*Kemény et al. 2017*).

Ez fokozottan igaz a fő- és melléktermékek betakarítására is, hiszen az optimális időtől való eltérés mind a termés minőségében, mind a gépek igénybevételében, mind a költségekben jelentős kedvezőtlen tényezőként hatnak. A nem optimális időben végzett betakarítás káros hatása lehet emellett a nagy taposási kár, amely a későbbiekben csak nagy energiabefektetés árán javítható, talajszerkezet romboló hatása nehezen korrigálható (Huzsvai *et al.* 2012).

A hozamtérképezés a precíziós gazdálkodás egyik alapköve. A hozamtérképező rendszerek néhány másodpercenként rögzítik és földrajzi koordinátákhoz rendelik a termés és szemnedvesség adatokat. Hektáronként kb. 500-600 pont kerül rögzítésre (Mesterházi, 2013).

A hozamtérképek továbbá alapját képezik a precíziós gazdálkodást folytató növénytermesztési vállalkozások számára a különböző jövedelem- és jövedelmezőségi térképek elkészítésének. A hozamtérképekből szoftveres támogatással előállított jövedelemtérképek alkalmasak a terület jövedelemtermelő képességének elemzéséhez. Hosszabb idősor rendelkezésre állása esetén segíthetik a döntéshozókat (Smuk *et al.*, 2010).

Napjainkban a versenyképesség alapját képezi, hogy a gazdálkodó döntése megalapozott legyen abban, hogy a táblán belül milyen intenzitást kell elérnie az adott növény termesztése során. Magyarországon jelenleg a birtokszerkezet elaprózódott, a táblák közötti távolságok, illetve a táblák és a termények betárolási helye közötti távolságok nagyok. Sokszor előáll az a probléma, hogy hiába rendelkezünk nagy teljesítményre alkalmas betakarítógépekkel, amennyiben a logisztikai kapacitás nem áll rendelkezésre, és a cél gép hosszabb-rövidebb ideig kénytelen várakozni (Husti 2007). Ez jelentős költségnövekedést okoz a gazdálkodó szervezetek számára.

Jelenleg az informatikai háttér rendelkezésre áll, hogy segítségével a szántóföldi növénytermesztésben a gyűjtött (mért) adatok felhasználásával megalapozott agrotechnikai döntéseket hozzunk mind az adott termelési ciklusban (on-line döntéstámogatás) (pl terepi gyorsmérések), mind a jövőre nézve (off-line módszerek). A betakarítás során végzett mérések pontosabb adatokat szolgáltatnak a korábbi gyakorlathoz képest. A mai korszerű gépeken alapfelszerelésként megtalálhatók a hozam- és szemnedvesség szenzorok, amik egy GPS vevővel való utólagos felszereléssel alkalmassá tehetők a hozamtérképezésre, habár ehhez a kalibráció elengedhetetlen (Milics *et al.*, 2014).

A betakarítás optimális időben nagy hatékonysággal történő végrehajtására megoldási alternatívát biztosít. A jobb minőségű termékek előállításával mellett a hatékonyabb erőforrás gazdálkodás, ezen keresztül a versenyképesség növelése valósul meg. A hagyományos betakarítási technológiák esetében a visszacsatolás viszonylag szerény (mázsaházi adatok, korlátozott számú mérési eredmények pl. a szemnedvesség tartalomra). A precíziós betakarítás során a modern betakarítógépek nagymennyiségű adatot gyűjtenek, melyek alapján képezik a jövőben a hozam-, szemnedvesség- és jövedelemtérképeknek. Ezen kívül számos műszaki paraméterről kapunk valós képet, pl. munkaidő térképezést tudunk folytatni napon, vagy szezonon, éven belül a gép kihasználtságáról (pl. mikor végez munkát, mikor közlekedik, mikor van üresjárat), üzemeltetési adatairól (pl. üzemanyagfelhasználás, motorterheltség stb.).

Az optimális időben történő betakarítás alapvető feltétele a rendelkezésre álló megfelelő méretű szállítókapacitás. A növénytermesztési tevékenységet folytató vállalkozások esetében nagyon sok esetben fennáll az a probléma, hogy nagy távolságra kell a nagy mennyiségű terményt elszállítani, amely jelentős többletkapacitások beállítását követeli meg (Husti 2007).

Elsősorban az őszi betakarítási időszakban a kedvezőtlen időjárási körülmények (pl. hosszan tartó esőzések) is nehezítik a betakarítást. Ez egyrészt a munka hatékonyságát (hektárteljesítmény), másrészt a betakarított termény minőségét (pl. napraforgó) befolyásolja kedvezőtlenül. A kombájnok álló helyzetben történő ürítése kalászosok esetében (megfelelő szállító kapacitás rendelkezésre állása esetében is) 20-25 %-ot tesz ki az összes munkaidőből.

Más szakirodalmi források figyelembe vételével az álló helyzetben történő ürítés alkalmazásával 50-55 % volt a munkavégzés aránya (kb. 4-4,5 óra). Menet közben történő ürítés esetében a betakarítással töltött idő 30-40 %-kal (5,3-5,8 óra) nőtt. Ennek oka, hogy a kombájn nem ment ki a tábla szélére üríteni (3-5 % növekedés), jelentősen csökkent az üresjárat ideje tele magtartállyal, valamint megjelent a betakarítás és ürítés egy menetben munkaművelet. A menet közbeni ürítés segítségével a kukorica esetében 30-40 %-kal volt növelhető az optimális időben betakarított terület nagysága.

A hatékonyság további növelését jelenti, ha gépszinkronizálási rendszert alkalmazunk a kombájnok és a táblán közlekedő szállítójárművek (átrakókocsis szerelvények) között. A gépszinkronizálási rendszer a kombájn magtartályának telítettségét figyelembe véve a traktornak riasztást küld, azt az előre meghatározott nyomvonalak figyelembe vételével a

ábrán belül meghatározott helyre irányítja. A traktor eléri az előre meghatározott „kirakodási pontot” és megkezdődik a két gép között a szinkronizáció. A kombájn továbbra is betakarít, amellyel hogy a kombájn gépkezelője lehetőséget kap a traktor sebességének vezérlésére. A menet közbeni ürités során a két erőgép egy nyomvonalon közlekedik, így a melléürités lehetősége megszűnik. A gépszinkronizálási rendszer 0,5-16 km/h sebességtartományban működik, azaz a betakarítás teljes vertikumát képes lefedni. A kombájnos látja a kihordócsigára szerelt kamerarendszer segítségével az átrakókocsi töltöttségi állapotát, melynek segítségével az átrakókocsi töltöttségét is képesek vagyunk optimalizálni. A rendszer alkalmazása segítségével időt, üzemanyagot takaríthatunk meg, felesleges talajtaposást kerülhetünk el. Emellett javul a szállítójárművek telítettsége, amely a szükséges logisztikai kapacitás csökkenését is magában hordozza (Sulyok *et al.* 2013).

A nagymennyiségű adat (bigdata) feldolgozásából származó információk lehetőséget biztosítanak a vállalkozás hatékony működtetésére, valamint lehetőséget ad a cég piaci megítélésének javítására. A rendelkezésre álló múltbeli adatok segítségével a koncepciók kialakításában, illetve a jövőbeni tervek elkészítésében játszanak szerepet. Minden vállalkozás esetében szükséges a tárgyi eszközök folyamatos megújítása, beruházások megtétele. Ez lehet az alkalmazott technológiák megújítása, folyamatfejlesztés, a külső piaci szereplők változó igényeihez történő alkalmazkodás, vagy a meglévő piaci pozíciók megtartására való törekvés. A beruházások során tárgyi eszközök vásárlása történik meg, vagy létesítő komplex beruházások jönnek létre, mely egyrészt műszaki másrészt gazdasági, pénzügyi feladatokat ró a vállalkozás menedzsmentjére, könyvelésére és a konkrét kivitelezést végző elsősorban műszaki munkatársakra (Apáti 2013). A megtérülésszámítások jelentőségét, módját és mutatóit ismerteti a farmgazdálkodás kontextusába illesztve Kay *et al.* (1994). Kemény *et al.* (2017) alapján a precíziós eszközökkel való felszerelés megéri, mert annak költsége bőven megtérül a technológia eredményeként keletkező többletjövedelmekben.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Elemző munkánk során egy 2000 hektáros mintagazdaságot határoztunk meg. Kalmár *et al.* 2004-ben közölt írásában precíziós növényvédelmi technológia kapcsán kijelenti, hogy a technológia ténylegesen csak az 1000 ha-nál nagyobb gazdaságok számára

jelenthet alternatívát. *Smuk et al. (2009)* megállapították, hogy a precíziós gazdálkodás bevezetésére irányuló beruházások megtérülése és az üzemi méretek között szoros az összefüggés. A feltételezett öt- és hatéves megtérülés mellett a hozam- vagy az elvárt kamatszintváltozást a nagyobb területű üzemek képesek ellensúlyozni. *Kemény et al. (2017)* vizsgálataik kiterjedtek az 1000 hektárnál nagyobb és kisebb területeket művelő gazdaságokra is, hangsúlyozva, hogy a kisebb területeket művelők esetében is számíthatunk a megtérülésre.

Alapvetően statikus és dinamikus szemléletet, illetve mutatókat különböztetünk meg (*Brealey et al. (2006) Szűcs és Szöllősi (2008)*). Az előbbinél nem vesszük figyelembe az időt, mint számszerűsíthető tényezőt, a különböző időpontokban esedékes pénzáramokat korrekció nélkül vetjük össze, az utóbbinál figyelembe vesszük a pénzmozgások időbeliségét, alkalmazzuk az időpreferencia elvét. A vizsgálatba vont dinamikus megtérülési mutatók (*Szöllősi és Szűcs, 2007*) a következők voltak:

- Nettó jelenérték (NPV)
- Diszkontált megtérülési idő (DPP)
- Belső megtérülési ráta (IRR)

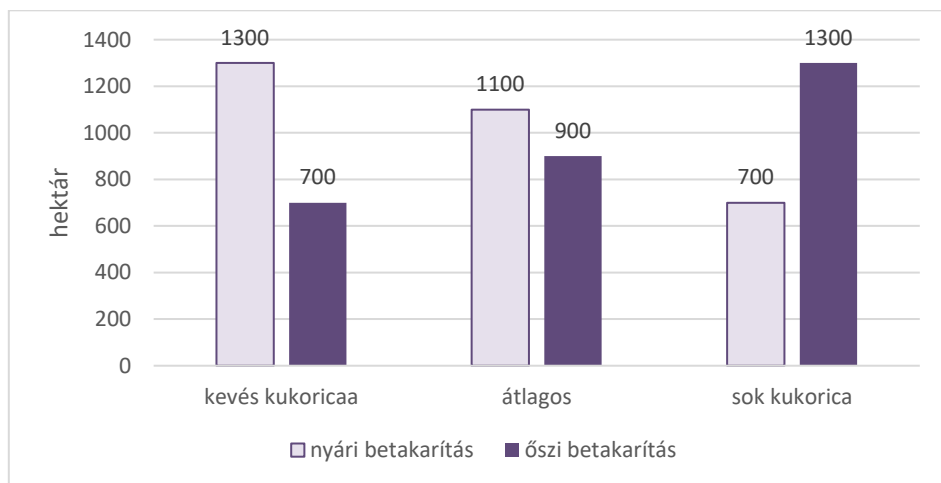
Figyelembe vettük a hazánkban jellemző vetésszerkezeti változatokat (*1. táblázat*). Először Magyarország északi területeire jellemző, kevés kukoricát, sok olajos növényt (napraforgó, őszi káposztarepce) és sok őszi kalászosot tartalmazó vetésszerkezetet vizsgáltunk. A következő változatban az őszi búza 50 %, az olajos növények aránya pedig csökken, a kukorica vetésszerkezetben belüli aránya 30 %-ra nő. A Hajdúsági- és Békés-Csanádi Lőszhátra és a Mezőföldre jellemző vetésszerkezetben pedig az őszi búza részaránya 30 %, az olajos növényeké változatlan, míg a kukorica részaránya 50 %-ra nő.

1. táblázat: A vizsgált vetésszerkezetek bemutatása (ha)

Table 1: Poduction structures examined (ha)

növény	keves kukorica	átlagos	sok kukorica
kukorica	300	600	1000
őszi kalászos	1000	1000	600
őszi káposztarepce	300	100	100
napraforgó	400	300	300
összesen	1700	1400	1000

Mindhárom elemzésbe vont mintagazdasági modellben meghatározásra került a nyári, illetve az őszi betakarítás nagysága. Az első szcenárióban a nyári időszakban 1300 hektárt, az őszi betakarítás szükséges optimális körülmények között aratni. A második szcenárió esetében nyáron 1100-, ősszel 900 hektár a betakarított terület nagysága. A harmadik változatban nyáron 700-, ősszel 1300 hektár területre kell odaérnünk optimális időben (*1. ábra*).



1. ábra: A betakarítás területe (ha) az egyes vetésszerkezetek esetében
Figure 1: Areas (ha) to harvest in the different production structures

Az elemzés következő pontja a műszakilag, technikailag egy nap alatt betakarítható terület nagyságának számszerűsítése volt. Két változatot vizsgáltunk, melyben a kombájnok (2 darab) azonosak voltak. A hagyományos változat esetében a magtartály ürítése a tábla végén álló helyzetben történik meg. A másik esetben gépszinkronizálási rendszert (Machine Sync) is bevontunk a betakarítás folyamatába. Ekkor a betakarítógépek folyamatosan haladnak, egy nyomon $n+5-10$ méter eltolással a mellettük haladó traktor-átrakókocsi szerelvényel. Mind a két betakarítás technológiai változat esetében a nyári és az őszi betakarítású növényekre a napi területteljesítményt meghatároztuk. Átlagos években a nyári és az őszi időszakban egyaránt 20-20 nap optimális betakarítási idővel számolhatunk. Ezek alapján kerültek számításra a mintagazdaság vetésszerkezeteinek betakarítási kapacitás hiányai-, illetve többletei. A

kapacitás többleteket bérszolgáltatás formájában a környező gazdálkodók területein lehet felhasználni.

Hagyományos (álló helyzetben való ürités) technológiában a vizsgált scenáriók mindegyikében kapacitáshiányok alakulnak ki. A nem optimális körülmények közti betakarítás esetében főként az őszi káposztarepce, de az őszi búza esetében is pergési veszteségek alakulnak ki. A pergési veszteség, valamint a megdőlésből adódóan őszi búzánál a betakarítás során nem kerül valamennyi termés a magtartályba, ezen keresztül szállítójárműre. Ennek a hozamkiesésnek a mértéke – természetesen a rövid- és középtávú agrometeorológiai körülményeket figyelembe véve – 5 és 50 % között változhat. Elemzéseink során 20 % kieséssel kalkuláltunk. Őszi káposztarepce esetében a biológiailag érettnak tekinthető becők felrepednek. Repce esetében 30 %-os veszteséggel számoltunk. Az elmúlt években a június-júliusi időszakban a többnapos esőzések gyakorisága nőtt. Ez kihatással van az őszi búza minőségére, az értékesítési ár szempontjából egyáltalán nem elhanyagolható, hogy jó minőségű malmi, vagy gyengébb minőségű takarmány búzának tudjuk eladni a megtermelt terményt. Elemző munkánk során 8 ezer Ft/tonna árkülönbözetet vettünk figyelembe. Az őszi betakarítások esetében, a nem optimális időben végrehajtott betakarítások következtében a kukorica lehetséges visszanedvesedéséből adódóan többlet szárítási költségek léphetnek fel. Ennek mértéke akár a 2-4 %-ot is elérheti. Elemző munkánk során 2 %-kal kalkuláltunk. A napraforgó aratását a szeptember eleji több napos esők nehezítik. Ilyenkor a betegségek bekövetkeztének kockázata hatványozottan emelkedik (pl. alternária, szeptória, tányértörés stb.), melyek jelentős, akár 10-60 %-os hozamkiesést is eredményezhetnek.

A hagyományos technológia végrehajtásához a mintagazdaságban rendelkezésre áll két darab nagyteljesítményű kombájn, valamint a betakarítás logisztikájának végrehajtásához szükséges traktor – pótkocsi szerelvények. Vizsgálataink során a menet közbeni ürités előnyeinek műszaki és agronómiai kérdéseit jártuk körbe. Ennek végrehajtásához szükséges pótlólagos beruházások megtétele, melynek keretében beszerzésre kerül 1 db átrakókocsi és 3 db gépszinkronizálási rendszer (2 db a kombájnokra, 1 db a traktorra szerelve).

Beruházás gazdaságossági számítások kerültek végrehajtásra, dinamikus megtérülési mutatók segítségével. 7 éves időszakra történt meg az elemzés, a mezőgazdasági gépekre vonatkozóan általánosan elfogadott lineáris leírás (amortizáció) figyelembe vétele mellett.

EREDMÉNYEK

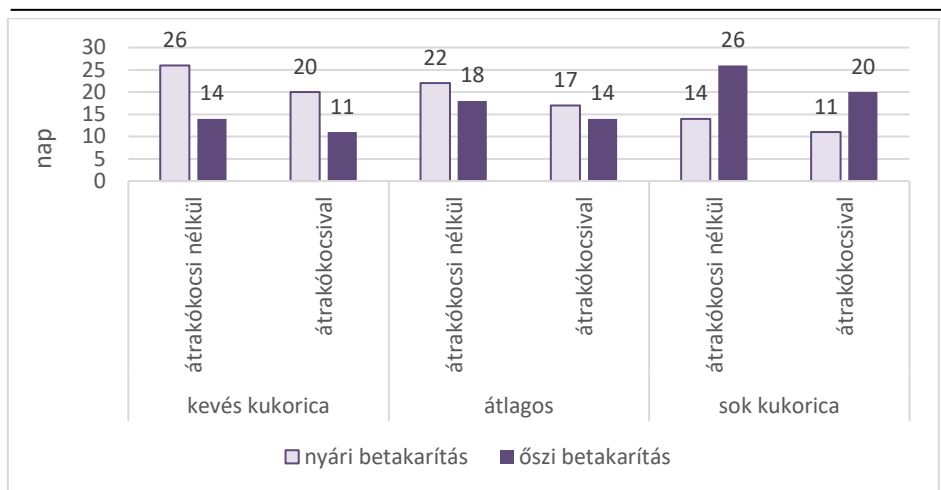
Tábla végén történő üritések alkalmazása mellett egy kombájn átlagosan 25 hektár learatására képes naponta (2. táblázat). Precíziós betakarítási rendszerre történt képességnövelés következtében ez a teljesítmény napi 32,5 hektárra nő. A két kombájn tehát az első scenárióban 50-, a másodikban 65 hektár betakarítását tudja elvégezni naponta.

2. táblázat: A különböző betakarítási technológiák napi területteljesítménye

Table 2: Productivity of different harvest technologies per day

betakarítási mód	területteljesítmény (ha/gép)	gépszám (db)	összes területteljesítmény (ha)
hagyományos	25	2	50
precíziós	32,5	2	65

A naponta elvégezhető munkamennyiség számszerűsítését követően meghatározásra került a nyári- és az őszi időszakban szükséges aratási napok száma (2. ábra). Az első scenárióban hagyományos (átrakókocsi nélküli) technológia alkalmazása mellett nyáron 26, ősszel 14 napig tart a betakarítás. Precíziós (átrakókocsival) technológia alkalmazása esetében nyáron 20-, ősszel 11 nap alatt lehet az aratást elvégezni. A második scenárióban hagyományos technológiával 22-, illetve 18 napra, míg átrakókocsira és gépszinkronizálásra alapozott esetben 18-, illetve 14 napra van szükség. Őszi betakarítású növények túlsúlya esetében hagyományos technológiában nyáron 14, ősszel 26 nap, precíziósban 11-, illetve 20 nap a technológiával szemben támasztott igény.



2. ábra: Betakarítási napok száma a nyári és őszi időszakban

Figure 2: Days of harvest in summer time and autumn time

Az eddigi számítások alapján megállapítható, hogy a precíziós betakarítás (átrakókocsival) technológia változattal sikerült a nyári időszakban fellépő kapacitáshiányos állapot helyett többletkapacitásokat elérni, melyek bérszolgáltatás nyújtásában hasznosításra kerülnek, ezáltal többlet árbevétel szerzésére nyílik lehetőség. Bérszolgáltatás nyújtása a kevés kukoricát tartalmazó vetésszerkezet esetében nyáron nem, de még ősszel sem lehetséges a kapacitáshiány miatt. Ez a hagyományos (átrakókocsi nélküli) technológiában 6 nap, a precíziós technológia alkalmazása mellett 9 nap. Átlagos vetésszerkezetet feltételezve megállapítottuk, hogy precíziós technológia alkalmazásával nyáron 2 nap, ősszel 6 nap, hagyományos technológiánál ősszel 3 nap többletkapacitással lehet számolni. A kukorica túlsúlyos vetésszerkezet esetében a nyári időszakban alakulnak ki kapacitás többletek. Hagyományos változatban 3, míg precíziósban 6 nap. A két technológiai változatban az elérhető napi 50-, valamint 65 hektár és hektáronként 27 ezer Ft bérszolgáltatási díj figyelembe vételével az első scenárióban hagyományos technológiánál 8100 ezer Ft-, precíziós technológiai változatban 15795 ezer Ft többlet árbevételt tudunk realizálni évente (3. táblázat). A második vetésszerkezeti scenárió esetében hagyományos technológiával 5265 ezer Ft, precízióssal 13230 ezer Ft a szolgáltatásból származó árbevétel. A harmadik esetben hagyományosan 4050 ezer Ft, precíziósan 8100 ezer Ft többletbevétel képződik.

3. táblázat: Bérszolgáltatásból származó árbevétel (ezer Ft)

Table 3: Custom work revenues (thousand HUF)

betakarítási szezon	kevés kukorica		átlagos		sok kukorica	
	1	2	1	2	1	2
nyári betakarítás	0	0	0	2 700	4 050	8 100
őszi betakarítás	8 100	15 795	5 265	10 530	0	0
összesen	8 100	15 795	5 265	13 230	4 050	8 100

1 átrakókocsi nélkül = not applying field transfer trailer

2 átrakókocsival = applying field transfer trailer

A többletbevételek mellett kalkulálni kell a képződő veszteségekből adódó hozam-, illetve bevételkieséssel is, mely abból következik, hogy a terület egy részének betakarítása nem optimális időben történik meg. Az első esetben hagyományos technológia alkalmazása esetében őszi búzánál 4, repcénél 2 nap az az idő, amikor nem optimumban történik az aratás. A második scenárióban őszi búzánál 2 nap az az idő, amikor kicsúszunk az optimális tartományból. A harmadik esetben hagyományos technológia alkalmazása mellett kukoricánál 4 nap, napraforgónál 2 nap kapacitáshiánnyal rendelkezünk (4. táblázat).

4. táblázat: Nem optimális időben történő betakarítás (nap)

Table 4: Harvest days in out of optimal harvest time

növény	kevés kukorica		átlagos		sok kukorica	
	1	2	1	2	1	2
kukorica	0	0	0	0	4	0
őszi kalászos	4	0	2	0	0	0
őszi káposztarepce	2	0	0	0	0	0
napraforgó	0	0	0	0	2	0
összesen	6	0	2	0	2	0

1 átrakókocsi nélkül = not applying field transfer trailer

2 átrakókocsival = applying field transfer trailer

Munkánk során a következő lépés a pergési veszteségek számszerűsítése volt a nyári betakarítású növények esetében. Az első esetben őszi búzánál 320-, míg repcénél 120

tonna veszteséget határoztunk meg. A második scenárióban 20 tonna volt a pergési veszteség (5. táblázat).

5. táblázat: Pergési veszteség (tonna)

Table 5: Drop loss (ton)

növény	kevés kukorica		átlagos		sok kukorica	
	1	2	1	2	1	2
kukorica	0	0	0	0	0	0
őszi kalászos	320	0	20	0	0	0
őszi káposztarepce	120	0	0	0	0	0
napraforgó	0	0	0	0	0	0
összesen	440	0	20	0	0	0

1 átrakókocsi nélkül = not applying field transfer trailer

2 átrakókocsival = applying field transfer trailer

A pergési veszteségek az első scenárió hagyományos technológia alkalmazása esetében 24080 ezer Ft, a második esetben 800 ezer Ft veszteséget eredményeztek (6. táblázat).

6. táblázat: Pergési veszteség (ezer Ft)

Table 6: Drop loss (thousand HUF)

növény	kevés kukorica		átlagos		sok kukorica	
	1	2	1	2	1	2
kukorica	0	0	0	0	0	0
őszi kalászos	12800	0	800	0	0	0
őszi káposztarepce	11280	0	0	0	0	0
napraforgó	0	0	0	0	0	0
összesen	24080	0	800	0	0	0

1 átrakókocsi nélkül = not applying field transfer trailer

2 átrakókocsival = applying field transfer trailer

Az eddig bemutatott veszteségek mellett őszi búza esetében az optimálistól eltérő időben történő betakarítás következtében fellépő minőségromlásnak is van árbevétel csökkentő hatása. Az első scenárióban hagyományos technológia mellett 4 nap alatt 200

hektáron 8 t/ha termés mellett 10240 ezer Ft veszteség keletkezik a minőségi osztály romlás következtében az őszi búza esetében. A második scenárióban is a hagyományos technológia mellett keletkezik veszteség, ennek mértéke 5120 ezer Ft (7. táblázat).

7. táblázat: Minőségi osztály romlásából adódó veszteség (ezer Ft)

Table 7: Loss by quality deterioration of maize (thousand HUF)

növény	kevés kukorica		átlagos		sok kukorica	
	1	2	1	2	1	2
kukorica	0	0	0	0	0	0
őszi kalászos	10240	0	5120	0	0	0
őszi káposztarepce	0	0	0	0	0	0
napraforgó	0	0	0	0	0	0
összesen	10240	0	5120	0	0	0

1 átrakókocsi nélkül = not applying field transfer trailer

2 átrakókocsival = applying field transfer trailer

Az őszi betakarítás túlsúlyos (3. scenárió) esetben hagyományos technológia mellett a kukorica aratásából 4 nap nem esik az optimális tartományba (8. táblázat). 4 nap alatt 200 hektár aratása történik meg, hektáronkénti 10 tonnás átlaghozammal, ez összesen 2000 tonna kukoricát jelent.

8. táblázat: Kukorica többletszárítást igénylő mennyisége (tonna)

Table 8: Loss by extra drying of maize (ton)

növény	kevés kukorica		átlagos		sok kukorica	
	1	2	1	2	1	2
kukorica	0	0	0	0	2 000	0
összesen	0	0	0	0	2000	0

1 átrakókocsi nélkül = not applying field transfer trailer

2 átrakókocsival = applying field transfer trailer

Ennek a 2000 tonna kukoricának az esetében kedvezőtlen folyamat játszódik le, mégpedig a már lábon száradó kukorica visszanedvesedése, amely többletszárítási

költségeket jelent. A mintegy 2 % többletnevesség elvonása esetünkben 2400 ezer Ft többletköltséget eredményez (9. táblázat).

9. táblázat: Kukorica többlet szárításából adódó veszteség (ezer Ft)

Table 9: Loss by extra drying of maize (thousand HUF)

növény	kevés kukorica		átlagos		sok kukorica	
	1	2	1	2	1	2
kukorica	0	0	0	0	2 400	0
összesen	0	0	0	0	2400	0

1 átrakókocsi nélkül = not applying field transfer trailer

2 átrakókocsival = applying field transfer trailer

A kukorica túlsúlyos vetésszerkezet alkalmazása mellett hagyományos technológiával a napraforgó aratásában 2 nappal csúszunk ki az optimális időből. Ez 100 hektár területet érint. Ezen a területen az optimális időben betakarított 4 t/ha-ról a termés mennyisége 3,2 t/ha-ra csökken, a veszteség 80 tonna összesen (10. táblázat).

10. táblázat: Napraforgó betegségekből adódó veszteség (tonna)

Table 10: Loss by diseases of sunflower (ton)

növény	kevés kukorica		átlagos		sok kukorica	
	1	2	1	2	1	2
napraforgó	0	0	0	0	80	0
összesen	0	0	0	0	80	0

1 átrakókocsi nélkül = not applying field transfer trailer

2 átrakókocsival = applying field transfer trailer

A kialakuló veszteség fő oka a betegségekből adódó szár- és tápanyértőrések miatti nehezebb betakaríthatóság. Ez a probléma gazdaság szintjén 8000 ezer Ft csökkenést okoz (11. táblázat).

11. táblázat: Napraforgó betegségekből adódó veszteség (ezer Ft)

Table 11: Loss by diseases of sunflower (thousand HUF)

növény	kevés kukorica		átlagos		sok kukorica	
	1	2	1	2	1	2
napraforgó	0	0	0	0	8 000	0
összesen	0	0	0	0	8 000	0

1 átrakókocsi nélkül = not applying field transfer trailer

2 átrakókocsival = applying field transfer trailer

Elemzési munkánk során megállapítottuk, hogy hagyományos betakarítási rendszer alkalmazása mellett az összes termesztett növény veszteséget szenved mind a három vetésszerkezeti változat esetében, míg ez a precíziós technológia mellett nem fordul elő ilyen mértékben. Az első scenárióban őszi búza esetében 23040 ezer Ft, őszi káposztarepcénél 11280 ezer Ft, összesen 34320 ezer Ft a veszteség (12. táblázat). A második esetben őszi búza esetében lép fel 5920 ezer Ft kiesés, a harmadik vetésszerkezeti változatban kukorica esetében 2400 ezer Ft, napraforgónál 8000 ezer Ft, összesen 10400 ezer Ft kiesés alakul ki.

12. táblázat: Összes veszteség (ezer Ft)

Table 12: Total loss (thousand HUF)

növény	kevés kukorica	átlagos	sok kukorica
kukorica	0	0	2400
őszi kalászos	23040	5920	0
őszi káposztarepce	11280	0	0
napraforgó	0	0	8000
összesen	34320	5920	10400

Az eddigiekben bemutatott többletbevételekből (bérszolgáltatás) és technológiai veszteségekből adódó kiesések összegzésével megállapítható, hogy az egyes vetésszerkezeti változatokban a precíziós technológia alkalmazása milyen jövedelemnövelő hatással rendelkezett (13. táblázat). Az első scenárióban 39585 ezer Ft, a másodikban 14695 ezer Ft, a harmadikban 15665 ezer Ft a többlet jött létre.

13. táblázat: A veszteségek elkerüléséből és a többlétszolgáltatásból származó többlet
(ezer Ft)

Table 13: Surplus coming from preventing loss and rendering custom work (thousand HUF)

betakarítási szezon	kevés kukorica	átlagos	sok kukorica
nyári betakarítás	34 320	9 430	5 265
őszi betakarítás	5 265	5 265	10 400
összesen	39 585	14 695	15 665

A hagyományosról precíziós betakarítási technológiára történő áttérés többlet beruházási költségekkel jár. Az előző fejezetben már bemutattuk a rendelkezésre álló, képességnövelésre alkalmas kombájnokokat, illetve a beszerezni szükséges áttöltőkocsit, gépszinkronizálási rendszereket. Ezen beruházás összértéke 23462 ezer Ft (14. táblázat).

14. táblázat: Beszerzésre kerülő géprendszer

Table 14: Machineries procured

beszerzések	egységár (ezer Ft/db)	menyiség (db)	érték (ezer Ft)
átrakókocsi	20 000	1	20 000
gépszinkronizálási rendszer	1 154	3	3 461
összesen	-	-	23 461

A dinamikus megtérülési mutatók számítása során 6 scenáriót elemeztünk. Figyelembe lett véve a három különböző vetésszerkezeti változat, valamint az a változó, hogy csupán a saját területeken történik meg az új betakarítási technológia alkalmazása, vagy bérszolgáltatást is végzünk. Bérszolgáltatással nyári betakarítási túlsúllyal rendelkező változatban elért nettó jelenérték (NPV) 197518 ezer Ft a hétéves ciklus folyamán (15. táblázat).

15. táblázat: Diszkontált többletbevétel számítása kevés kukorica esetében többlet bérszolgáltatás figyelembe vételével (2018-2025)

Table 15: Calculation of discounted additional income in the case of low-portioned maize in the production structure, considering additional custom work (2018-2025)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	összesen
többletbevétel (ezer Ft)		39585	39585	39585	39585	39585	39585	39585	
kamat (%)		1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	
kamattényező		1,06	1,12	1,19	1,26	1,34	1,42	1,50	
diszkontált többletbevétel (ezer Ft)	-23462	37344	35231	33236	31355	29580	27906	26326	197517

Amennyiben saját területre (2000 hektár) végezzük el a számítást a nettó jelenérték (NPV) 168126 ezer Ft (*16. táblázat*).

16. táblázat: Diszkontált többletbevétel számítása kevés kukorica esetében többlet bérszolgáltatás figyelembe vétele nélkül

Table 16: Calculation of discounted additional income in the case of low-portioned maize in the production structure, without additional custom work (2018-2025)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	összesen
többletbevétel (ezer Ft)		34320	34320	34320	34320	34320	34320	34320	
kamat (%)		1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	
kamattényező		1,06	1,12	1,19	1,26	1,34	1,42	1,50	
diszkontált többletbevétel (ezer Ft)	-23462	32377	30545	28816	27185	25646	24194	22825	168125

Átlagos vetésszerkezet és a bérszolgáltatás többletbevételének figyelembe vétele mellett megállapítható, hogy a nettó jelenérték 58572 ezer Ft (*17. táblázat*).

17. táblázat: Diszkontált többletbevétel számítása átlagos vetésszerkezet esetében
többlet bérszolgáltatás figyelembe vételével (2018-2025)

Table 17: Calculation of discounted additional income in the case of average production structure, considering additional custom work (2018-2025)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	összesen
többletbevétel (ezer Ft)		14695	14695	14695	14695	14695	14695	14695	
kamat (%)		1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	
kamattényező		1,06	1,12	1,19	1,26	1,34	1,42	1,50	
diszkontált többletbevétel (ezer Ft)	-23462	13863	13078	12338	11640	10981	10359	9773	58571

Bérszolgáltatás figyelembe vétele nélkül az NPV 9587 ezer Ft (18. táblázat).

18. táblázat: Diszkontált többletbevétel számítása átlagos vetésszerkezet esetében
többlet bérszolgáltatás figyelembe vétele nélkül

Table 18: Calculation of discounted additional income in the case of average production structure, without additional custom work (2018-2025)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Összesen
Többletbevétel (ezer Ft)		5920	5920	5920	5920	5920	5920	5920	
Kamat (%)		1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	
Kamattényező		1,06	1,12	1,19	1,26	1,34	1,42	1,50	
Diszkontált többletbevétel (ezer Ft)	-23462	5585	5269	4971	4689	4424	4173	3937	9586

Őszi betakarítás túlsúlyos vetésszerkezet és bérszolgáltatás nyújtása mellett a képződő nettó jelenérték 63987 ezer Ft (19. táblázat).

19. táblázat: Diszkontált többletbevétel számítása sok kukorica vetésszerkezet esetében
többlet bérszolgáltatás figyelembe vételével (2018-2025)

Table 19: Calculation of discounted additional income in the case of high-portioned
maize in the production structure, considering additional custom work (2018-2025)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Összesen
Többletbevétel (ezer Ft)		15665	15665	15665	15665	15665	15665	15665	
Kamat (%)		1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	
Kamattényező		1,06	1,12	1,19	1,26	1,34	1,42	1,50	
Diszkontált többletbevétel (ezer Ft)	-23462	14778	13942	13153	12408	11706	11043	10418	63986

Bérszolgáltatás nélkül a létrejövő NPV értéke a 7 éves időszak alatt 34596 ezer Ft (20.
táblázat).

20. táblázat: Diszkontált többletbevétel számítása átlagos vetésszerkezet esetében
többlet bérszolgáltatás figyelembe vétele nélkül (2018-2025)

Table 20: Calculation of discounted additional income in the case of high-portioned
maize in the production structure, without additional custom work (2018-2025)

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	összesen
többletbevétel (ezer Ft)		10400	10400	10400	10400	10400	10400	10400	
kamat (%)		1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	
kamattényező		1,06	1,12	1,19	1,26	1,34	1,42	1,50	
diszkontált többletbevétel (ezer Ft)	-23462	9811	9256	8732	8238	7771	7332	6917	34595

A dinamikus megtérülési mutatók vizsgálata során a már bemutatott nettó jelenérték (NPV) mellett a belső megtérülési ráta és a dinamikus megtérülési idő is számításra került. Az első vetésszerkezeti változat és bérszolgáltatás figyelembe vétele mellett a belső megtérülési ráta 153 %, a dinamikus megtérülési idő 1 év. Átlagos vetésszerkezet

és bérszolgáltatás mellett az IRR 51 %, a DPP 2 év. Kukorica túlsúlyos vetésszerkezet és bérszolgáltatás mellett az IRR 55 %, a DPP 2 év (21. táblázat).

21. táblázat: Megtérülési számítások szolgáltatás végzésével

Table 21: Return and payback measures considering custom work

	kevés kukorica	átlagos	sok kukorica
IRR (%)	153	51	55
NPV (ezer Ft)	197 517	58 571	63 986
DPP (év)	1	2	2

Bérszolgáltatás nyújtás nélkül az első esetben az IRR 132 %, a DPP 1 év. A második szcenárióban a belső megtérülési ráta 10 %, a dinamikus megtérülési idő 5 év. Sok kukorica esetében IRR 32 %, DPP 3 év (22. táblázat).

22. táblázat: Megtérülési számítások szolgáltatás végzése nélkül

Table 22: Return and payback measures without custom work

	kevés kukorica	átlagos	sok kukorica
IRR (%)	132	10	32
NPV (ezer Ft)	168 125	9 586	34 595
DPP (év)	1	5	3

KÖVETKEZTETÉSEK

Számításaink során a hagyományos – tábla végi állva üritéses betakarítási technológiát és az átrakókocsival és gépszinkronizálási rendszerrel szerelt precíziós technológiát hasonlítottuk össze. Három a magyarországi viszonyokra jellemző vetésszerkezeti változatot hasonlítottunk össze. A nyári és az őszi betakarítási időszakban is 20-20 nap áll rendelkezésre átlagosan az optimális körülmények közötti betakarításra. Mindezek ismertetében meghatároztuk a kapacitás többleteket-, illetve hiányokat. A többletkapacitások bérbeadásával a precíziós technológia alkalmazása mellett 5265 és 15795 ezer Ft/év közötti többletet realizáltunk.

A hagyományos technológiai változat alkalmazása mellett valamennyi vetésszerkezeti változat esetében a kapacitás hiányok mennyiségi és minőségi veszteségeket eredményeztek. Ennek mértéke évente 5920 és 34320 ezer Ft között változott a különböző vetésszerkezetek esetében.

A betakarítási technológia fejlesztése és a bérszolgáltatás nyújtása együttesen a különböző vetésszerkezeti változatok esetében 51 és 153 % közötti belső megtérülési rátát (IRR)-t, 58571 és 197517 ezer Ft közötti diszkontált többlet bevételt (NPV) és 1 és 2 év közötti dinamikus megtérülési időt (DPP) eredményezett. A technológia fejlesztése bérszolgáltatás nyújtása nélkül 10 és 132 % közötti IRR-t, 9586 és 168125 ezer Ft közötti NPV-t és 1 és 5 év közötti DPP-t eredményezett. A beruházás minden megtérülési változat esetében javasolt.

TECHNOLOGY AND ECONOMIC ISSUES OF PRECISION HARVESTING

DÉNES SULYOK¹ – ISTVÁN FÜZESI¹ – IVÁN CZAKÓ²

¹University of Debrecen

²Discovery Center Nonprofit Ltd., Hungary

ABSTRACT

Harvesting has always played an important role in agriculture. This is when the result of the work done in the entire production process is realized for the farmer. It is important to be able to harvest as much of the produced crop as possible, and the loss of this should be as small as possible, both in terms of quantity and quality. In today's agricultural practice, precision farming is gaining more and more ground. This process also takes place in field crop cultivation technology, including harvesting. Both foreign and domestic research and practical developments point in the direction of delimiting homogeneous spots (with the same productivity) within the field. Today, all leading agricultural machinery manufacturers have machine systems that meet the requirements of precision farming. The goal of our present work can be formulated to plan the harvesting capacities needed in the summer and autumn periods in the case of a model farm by examining the types of sowing structure typical in Hungary. Our tests also cover the screening of the on-the-go crop emptying (use of transfer truck) work process, which

can be treated as a priority based on work organization aspects. Our further goal is to quantify the sources of loss resulting from the inappropriate application of technology, both quantitatively and qualitatively, for all cultivated plants. To conclude our present calculations, we performed investment economics calculations. During the examination of the different sowing structures, we quantified the losses and the additional income-generating effect of the wage service, from the summation of the two and the analysis of the dynamic return indicators based on it, it can be concluded that the investment is recommended in all of the 6 return versions we examined.

Key words: harvesting, mechanization, transfer truck, return

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatás VP3-16.1.1-4.1.5-4.2.1-4.2.2-8.1.1-8.2.1-8.3.1-8.5.1-8.5.2-8.6.1-17 kódszámú felhívásra, a „Precíziós, erőforrás hatékony betakarítási rendszer fejlesztése” című pályázat keretében valósult meg.

IRODALOM

Apáti F. (2013): A szántóföldi növénytermelés üzemgazdasági sajátosságai. pp. 126-127. In: Vállalati és ágazati gazdaságtani ismeretek. (Szerk. Apáti F.). Debreceni Egyetem, AGTC Debrecen, 2013. 292 p. ISBN: 978-615-5183-52-2

Brealey, R. A., -Myers, S. C., -Allen, F. (2006): Corporate Finance. Eight Edition, McGraw-Hill, 84–143. p., 244–272. p.

Felföldi, J. (2013): Növénytermesztési ágazatok vállalkozásszintű versenyképessége. In: Szűcs, I (eds.) Mezőgazdasági ágazatok gazdaságtana : Elméleti jegyzet. Debrecen, Hungary : Debreceni Egyetem. Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma pp. 114-124. , 11 p.

Husti I. (2007): A gépesítés ökonómiája. [In: Üzemtan I. (Szerk: Nábrádi A. – Pupos T.-Takácsné Gy. K.). DE AMTC AVK . 141 p.

Huzsvai L. - Ferencsik S. – Sulyok D. (2012): Optimális erőgép és munkagép-szükséglet meghatározása a növénytermesztésben (Visual Basic és R alkalmazások). Agrárinformatika 2012 Konferencia. CD kiadvány. Debrecen

Kemény G. - Lámfalusi I. - Molnár A. (2017): A precíziós szántóföldi növénytermesztés összehasonlító vizsgálata. Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest, 170 p. ISBN: 978-963-491-601-7

Ronald D. Key, - William M. Edwards, - Patricia, Duffy (1994): Farm management, ninth edition, McGraw Hill

Sulyok D. – Ferencsik S. – Rátonyi T. – Huzsvai L. – Nagy J. (2013): Agronomical and agro-economical evaluation of maize production in various cultivation systems, Növénytermelés 62 .33-36. pp.

Milics G- - Smuk N. - Pörnecei A. (2014): Precíziós gazdálkodás 2. A hozamméréstől a hozamtérképig. Aroforum Extra 57: 90-93

Mesterházi P. Á. (2013): Development of measurement technique for GPS-aided plant protection. Doctoral dissertation. University of West Hungary. 143 p.

Popp J.-Szenderák J.- Fróna D.-Felföldi J.-Oláh J. és Harangi-Rákos M. (2019): A Magyar mezőgazdaság teljesítménye 2004-2017 között. Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok 13 (3-4):9-20.

Szűcs I. - Szöllősi L. (2008): A beruházások ökonómiai megítélése. In: Nábrádi, A; Pupos, T; Takácsné, Gy K (szerk.) Üzemtan I, Budapest, Magyarország : Szaktudás Kiadó (2008) 193 p. pp. 46-59. , 14 p.

Szöllősi L. - Szűcs I. (2007): Beruházások gazdasági értékelése. In: Nábrádi, A; Nagy, A (szerk.) Vállalkozások működtetése az Európai Unióban, Budapest, Magyarország : Szaktudás Kiadó (2007) 200 p. pp. 178-194. , 17 p

Smuk N. - Milics G. - Neményi M. (2010): Jövedelemtérképek a precíziós növénytermelésben. Gazdálkodás, 54 (2) 176-181

Smuk N. - Milics G. - Salamon L. - Neményi M. (2009): A precíziós gazdálkodás megtérüléseinek vizsgálata. Gazdálkodás 53 (3) 246-253

A szerzők levélcíme – Address of the corresponding authors:

Dr. Sulyok Dénes

Debreceni Egyetem

4032 Debrecen Egyetem tér 1.

sulyok.denes@debrecenistudium.hu

Dr. Füzesi István

Debreceni Egyetem

4032 Debrecen Böszörményi út 138.

fuzesi.istvan@econ.unideb.hu

Czakó Iván

Discovery Center Nonprofit KFT

2100 Gödöllő, Hársfa utca 1.

ivan,czako@agridron.hu



A HORGÁSZTURIZMUS HELYZETE ÉS LEHETŐSÉGEI HAZÁNKBAN A 2020-AS ÉVEK ELEJÉN

TIMÁR VILMOS – MIKLÓSNÉ VARGA ANITA – KALMÁR SÁNDOR

Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,

Agrárökonómiai Tanszék

ÖSSZEFOGLALÁS

A turizmus különböző megjelenési formái közül hazánkban turisztikai szempontból a horgászturizmusban jelentős potenciál rejlik hiszen Magyarország folyói, tavai és holtágai ezt lehetővé tennék. Kutatásunk célja feltérképezni a hazai horgászturizmus helyzetét, lehetőségeit kitérve a COVID19 vírus miatt elrendelt karantén hatásaira. Saját vizsgálatként kérdőíves kutatást készítettünk, amit online formában tettünk meg, hogy minél több emberhez eljuthasson. Kérdőívünk alapsokasága egy országos horgászegyesület tagsága, a kérdésekre 550 fő válaszolt az ország minden megyéjéből. A vizsgálati rész végén SWOT elemzés formájában foglaltuk össze strukturált módon tapasztalatainkat.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a megfelelően felépített marketingstratégiával több horgász figyelmét fel lehetne kelteni a horgászturizmus iránt. Elsősorban a horgászok számára megfelelő infrastrukturális háttérrel rendelkező helyeket kellene népszerűsíteni.

Kulcsszavak: horgászturisták motivációja, preferált desztináció, horgászati célú üdülés, horgászturizmus SWOT

BEVEZETÉS

Természeti adottságai alapján hazánk kiválóan alkalmas lehet a horgászturizmusra, hiszen két nagy folyó is kettészeli országunkat. A Magyarországot átszelő (vagy itt eredő) vízfolyások száma megközelíti a 10 ezret (a csatornákkal együtt), a tavak száma a

nyilvántartások szerint mintegy 4 ezer. Az utóbbiak zöme nem kereskedelmi szempontból számít jelentősnek, inkább a vízi turizmus (beleértve a horgászatot is) miatt, bár számuk a különféle hatások következtében folyamatosan csökken, ami a biológiai sokféleség csökkenésével jár együtt (*Jászberényi, 2019*). A turizmus különböző megjelenési formái közül hazánkban turisztikai szempontból a horgászturizmusban jelentős potenciál rejlik hiszen Magyarország folyói, tavai és holtágai ezt lehetővé tennék. A Duna, amelynek magyarországi szakasza 417 km, kiváló lehetőséget nyújt a horgászat iránt érdeklődőknek. A Tisza magyarországi szakasza 595 km, de a turizmus mégsem az élő folyón a népszerűbb inkább a Tisza-tó, hazánk második legnagyobb tava csalogatja a pihenni és sportolni vágyó embereket (*Molnár és Remenyik, 2017*).

A „horgász-halás” szektor a magyarországi halgazdálkodást, haltermelést, az ezzel kapcsolatos keresleti és kínálati igényeket, szakmai és társadalmi, rekreációs szolgáltatásokat nyújtó, igénybe vevő és támogató szervezetek és személyek, azok szellemi és gazdasági teljesítményének összessége. A szektor ágazatokra, azokon belül specializációkra (elkülöníthető részekre) és ágazatközi specifikumokra (sajátosságokra) osztható. Számítási metodikától függően 40-100 milliárd forint közvetlen gazdasági teljesítményt eredményez évente, 4 000 – 7 000 munkavállaló, alkalmazott dolgozik az ágazatban és 700 ezer – 1,5 millió fő érintett szolgáltatás és/vagy termékvásárlóként (*Dérer, 2021*).

A szektor társadalmi jelentősége messze túlmutat a GDP-hez való hozzájárulásán, sőt, nem is ez az elsődleges feladata, hanem a hanem a széles személyi kört érintő rekreációs szolgáltatások és az ökoszisztéma-szolgáltatások biztosítás, valamint a vízvízsszatartás, kapcsolatosan a mikroklíma támogatása, figyelemmel az évszázados halászati hagyományokra és a nemzeti horgászsporthoz jelen sikereire is (*Dérer, 2021*).

A horgászturizmus nagyszerű megoldást jelenthet a szezonális csökkenésére a turisztikai szektorban. A turizmus ezen ága jó lehetőség a gazdaságilag elmaradott területeknek, ezt Európában már több országban is felismerték. Irodalmi áttekintésünkben először az ágazat turisztikai besorolását mutatjuk be, kitérve hazánkban való jelentőségére. Elemezzük továbbá a társadalomra és a környezetre gyakorolt pozitív és negatív hatásait, amelyből kiderül, milyen előnyökkel jár az ágazat fejlesztése és népszerűsítése, valamint milyen veszélyeket hordoz magában. A tanulmányhoz összeállított kérdőív alapsokasága egy országos horgászegyesület tagsága. A válaszok alapján jól meg lehet határozni az általános igényeket és szokásokat, amelyek

feltérképezésével az ágazat hiányosságait és egyéb problémáit is megtudhatjuk. kérdőív kiértékelése előtt felállított hipotéziseket megvizsgálva és a kérdőíveket kiértékelve készítettünk egy SWOT elemzést, amellyel összefoglalva, jól szemléltetve tudjuk bemutatni az ágazat jellemzőit. Célunk a horgászturizmus lehetőségeinek ismertetése.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A turizmusnak több definícióját is megkülönböztethetjük, de a WTO és az Interparlamentáris Unió 1989-ben elfogadta a Hágai nyilatkozatot, amelyben definiálásra került a turizmus, amely meghatározás szerint „a turizmus magában foglalja a személyek lakó- és munkahelyen kívüli minden szabad helyváltoztatását, valamint, az azokból eredő szükségletek kielégítésére létrehozott szolgáltatásokat.” (Lengyel, 2014) A turizmus célja nem letelepedés vagy munkavállalás. A turistákat két kategóriába sorolhatjuk, az allocentrikus turisták inkább az ismeretlen iránt érdeklődnek, míg a pszichocentrikus turisták a jól megszokott helyeket részesítik előnyben (Fekete, 2005).

A horgászturizmus turisztikai besorolása




Számos esetben nehéz meghúzni a határvonalat az egyes turisztikai termékek közt, illetve nehéz eldönteni, hogy egy bizonyos turisztikai tevékenység melyik kategóriába tartozik. (URL9) Vannak olyan turisztikai tevékenységek, amelyek között viszonylag erősek a szinergikus hatások – ilyen többek között az aktív, az öko- és a horgászturizmus, mivel számos közös vonásuk van: az öko- és horgászturizmus kizárólagosan, az aktív turizmus pedig jelentős részben természeti erőforrásokra épül; egyik sem tömegturizmus; és mindegyikhez egyfajta elhivatottság, alázat szükséges. Raffay (2022) az 1. táblázatban mutatja meg a horgászturizmus szinergikai kapcsolatait más turisztikai termékekkel.

1. táblázat: A horgászturizmus szinergikai kapcsolatai más turisztikai termékekkel

Table 1: Synergistic relations of fishing tourism with other tourist products

	Városi turizmus	Falusi turizmus	Egészségturizmus	Kulturális turizmus	Aktív turizmus	Ökoturizmus	Horgászturizmus	Tematikus parkok, utak	MICE turizmus	VFR turizmus	3 vagy 4 S turizmus
Városi turizmus		X									
Falusi turizmus											
Egészségturizmus											
Kulturális turizmus											
Aktív turizmus											
Ökoturizmus											
Horgászturizmus											
Tematikus parkok, utak											
MICE turizmus											
VFR turizmus											
3 vagy 4 S turizmus											

Jelmagyarázat:

X	egymást kizáró tényezők
	erős kapcsolat
	közepesen erős kapcsolat
	gyenge kapcsolat

Forrás: MICHALKÓ et al. (2011) in Raffay

„Nincs kapcsolat” kategória szándékosan nem szerepel; bármely turisztikai motivációval érkező vendégérdeklődhet olyan turisztikai termékek iránt is, amelyek közt a kapcsolat nem evidens. Ma már létezik „urban fishing”, vagyis városi horgászat nevű kategória is (Amszterdam Párizs, London, Budapest, hogy csak néhány példát

említsünk), de jellemzően nem generál horgászturizmust, sokkal inkább a helyi horgászok kedvteléséről. (Raffay, 2022)

Az *aktív turizmus* gyűjtőfogalmat képez, különböző formáinak a közös pontja valamilyen természeti erőforráshoz köthető. Ez alapján elmondható, hogy a termék bázisa lehet a természeti környezet valamely eleme (például: folyó vagy állóvíz, ide vonatkozóan: a vízi turizmus, horgászturizmus, vagy egyéb kaland- és extrém turizmus.) *Fleischer és Pizam* (1997) a *falusi turizmust* a „vidéki vakációval” társítják, ahol a turista nyaralásának túlnyomó részét rekreációs tevékenységgel tölti vidéki környezetben egy farmon, tanyán, vidéki otthonban vagy a környező területeken. Más meghatározás szerint a „*falusi turizmus* nem városi és nem kiemelt gyógy- és üdülőhelyeken, hanem a falusi és tanyai térségekben folytatott vendéglátás, amely általában a vendéggel azonos épületben való együttlakás mellett valósul meg és magában foglalja a vendég részére rendszeresen nyújtott étkeztetés szolgáltatásait is” (Raffay, 2022). A *falusi- és agroturizmus* a vidék gazdaságának diverzifikációs lehetősége. A *falusi turizmus* tágabb értelmezésben pedig a vidéken folyó összes turisztikai tevékenység, szolgáltatás és intézmény. Általában jövedelemkiegészítő tevékenységként jelenik meg a szolgáltatók életében ez a fajta turizmus. A falusi turizmus fenntartható, nem tömegturizmus, amely többnyire az egész vidéki közösség érdekeit szolgálja.

A falusi turizmus megjelenési formái szerint lehet *agroturizmus*, amely azt jelenti, hogy a mezőgazdasági tevékenységet hozzákapcsolják a turisztikai szolgáltatáshoz. Az *ökoturizmus* is egy megjelenési formája, amely a természet megismeréséről és természeti értékek bemutatásáról szól. Ebbe az alcsoportba már besorolhatjuk a *horgászturizmust*, de nem minden formában lenne igaz, így a horgászturizmust az aktív- és az ökoturizmus közé helyezhetjük el, mert az aktív turizmusba minden olyan sport beletartozik, amelyet főként vidéki térségekben végzünk, ilyenek a hegymászás, lovas turizmus és kerékpározás (Belügyminisztérium Vízügyi Főigazgatóság, 2020)

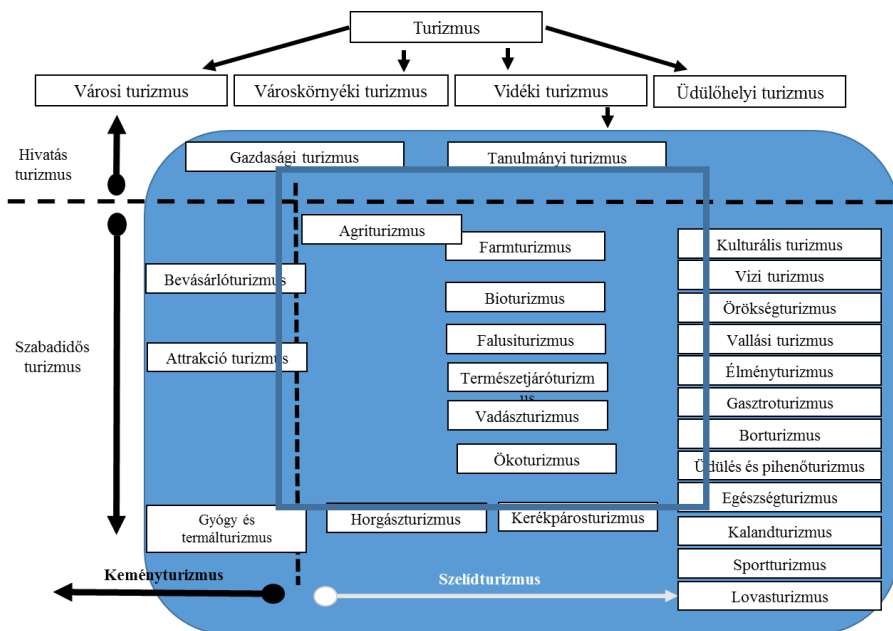
A jelenlegi nemzetközi trendek azt mutatják, hogy az ökoturizmus, a természeti értékek és a természetben végezhető tevékenységek, valamint a természet megismerése iránti vágy folyamatosan növekszik. (Gonda, 2022)

Más csoportosítás szerint megkülönböztethetünk tömegturizmust és alternatív turizmust. A tömegturizmushoz olyan szolgáltatások tartoznak, amelyek nem egyéncentrikusak, nagy tételben közel azonos élményt nyújtanak. A tömegturizmus sokkal inkább egy standard turizmus, ezáltal napjainkra kezdi elveszteni jelentőségét, és

helyébe lép az alternatív turizmus. Az alternatív turizmus lényege, hogy a vendéglátók sokkal jobban figyeljenek az egyéni igényekre. Közvetlenebb viszony alakul ki a vendég és a szolgáltató között. Az alternatív turizmusba tartozik többek között a *falusi turizmus* és az *ökoturizmus*. A horgászturizmust is az alternatív turizmushoz sorolhatjuk. A horgászat teljes mértékben egyéni igényeket elégít ki. Rengeteg tényező figyelembevételével dönthet az egyén, és maga alakíthatja ezeket. Ilyen tényező lehet a horgászat módszere, készségei, célzottan horgászott halfaj vagy bármilyen kiegészítő program. Az alternatív turizmus egyik speciális tulajdonsága, hogy nem előre eltervezett, nem menetrend szerint megy végbe. Ez kifejezetten igaz a horgászatra, hiszen sok tényező függvényében változtathatunk horgász helyet vagy horgász módszert. Befolyásolhat minket a helyválasztásban az évszak, az időjárás, illetve a víz adottságai (Székely, 2016).

A falusi turizmusban is fontos szerepe van a vizek jelenlétének, mert a szolgáltatás diverzifikációját segíti elő. Az ökoturizmusnak is egyik fő része a vizek jelenléte. A vízi turizmus fajtáit lehet területileg csoportosítani, motiváció alapján és igénybe vett eszközök szerint is. A megkülönböztethető formái alapján a következőképpen kerültek besorolásra: *fürdőturizmus*, vízi túrázás, vízi sportturizmus, vízi *kalandturizmus*, horgászturizmus és személyhajózás (Csapó és Darabos, 2011).

A különböző turizmusfajtáknak Fehér-Kóródi, 2008 szerinti rendszerezését, csoportosítását az 1. ábrán szemléltetjük. A szerzők a fogalmi ellentmondások elkerülésére a turizmusfajták halmazaként határozták meg a vidéki turizmust a hivatás-szabadidős és a kemény-szelíd turizmus dimenzióiban.



1. ábra: A vidéki turizmus lehatárolása, összefüggései az egyes turizmuscsoportokkal, turizmuságakkal és turizmusfajtákkal

Figure 1: Delimitation of rural tourism and its connections with individual tourism groups, tourism types of tourism

Forrás: Fehér és Kóródi ábrája alapján saját szerkesztés, 2022

Az 1. ábra által meghatározott vidékiturizmus fogalom, mint halmaz határai annyira rugalmasak, hogy a következő években önálló turizmusfajták és termékek is bekerülhetnek a fogalom által átfogott körbe (Fehér-Kóródi, 2008).

A horgászturizmus definiálása

A horgászturizmusra nehéz definíciót találni, főleg hazai irodalmakban (Székely, 2016). Pölös Mihály alkotott egy definíciót, mely a horgászturizmus megfogására, mérhetőségére helyezi a hangsúlyt:

„A horgászturizmus olyan, az állandó tartózkodási helyen (helyeken) kívül, vízen vagy vízparton történő aktív szabadidős tevékenység, mely egyetlen célja a halfogás és általában kapcsolódik hozzá helyszíni szolgáltatások igénybevétele.” (Pölös, 2015). Az Európai Parlament 2015. október 29-i állásfoglalása értelmében a fenntartható horgászturizmus jelentősen hozzájárulhat a vidéki térségek fejlődéséhez, továbbá

hangsúlyozza, hogy a turizmus formája csak akkor maradhat fenn, ha az európai vizek veszélyeztetett halfajaival fenntarthatóan gazdálkodnak (*Európai Parlament, 2015*).

A szakirodalmakban megismertek szerint a következőképpen definiálhatnánk a horgászturizmust: minden olyan horgászati célú, vízen vagy vízparton történő aktív szabadidős tevékenység, amely az egyén életvitelén és a munkarendjén (lakóhely és munkahely) kívüli szabad helyváltoztatás, amihez kapcsolódik helyi szolgáltatások igénybevétele.

A helyi szolgáltatások igénybevételét elengedhetetlennek tartjuk a definíció megalkotásakor, mert a horgászturizmus nem csak a horgászturistából áll, hanem a helyi szolgáltatókból, mint a horgászbolt tulajdonosok, szállásadók, kikötők, ahol csónak, vagy felszerelés bérlésére van lehetőség, és a helyi vízgazdálkodóknak nagy bevételt jelentenek a napi vagy hetijegyes horgászok.

Michalkó Gábor (2012) a „Turizmológia” című könyvében szemléletesen leírja a turizmus transzdiszciplináris jellemzőit. A horgászturizmusban is értelmezni lehet a transzdiszciplinaritást, ha egy település horgászturizmusának fejlesztését szeretnénk feltárni egy kutatás által, akkor a kutató mellett számos szakemberre szükség van a precíz megállapításokhoz. A részterületek megfelelő ismerete elengedhetetlen, egyidejűleg szükség van hidrobiológusra, geográfusra, vízgazdálkodási szakemberre és a horgászpiac sajátos területeinek szakembereire is (*Székelly, 2016*). A sikeres turizmus alapja a tudományágakon átívelő gondolkodás (*Michalkó, 2012*).

A horgászturizmus helyzete hazánkban

Magyarországon 130.000 hektár természetes vízterületen van lehetőség horgászni, (2200 halgazdálkodási területen) a sporthorgászat 1960-as évektől kezdett népszerű lenni (*Magyar Országos Horgász Szövetség, 2021*). Az 1970-es években jelentős mennyiségű vízterület került egyesületek és horgászszervezetek kezelésé alá. A természetben eltöltött szabadidő és a rekreáció iránti igény növekedése elősegítette a horgászat népszerűsítését. A horgászat és a horgászturisztikai szektor a családtagokkal együtt 1 millió embert érint. 2019-ben Magyarországon több mint 549.000 horgászt tartottak nyilván, és évente több ezer külföldi horgászturista is érkezik hazánkba. Az ágazat számos munkahelyet teremt és tart fent, a kikötőüzemeltetőktől kezdve a horgászbolt tulajdonosokon át a halörökig. Hatása nemzetgazdasági értelemben is jelentős. A horgász célú halgazdálkodás hozzájárul a környezet megóvásához, a vízterületek fenntarthatóságának fennmaradásához. A természetes hazai vizek halállományának bővítéséhez, minőségi fejlesztéséhez 5-10 év

szükséges, különös tekintettel a horgászturisták igényeire. A halállomány és vizeink természeti környezetének fejlesztése mellett fontos a minőségi horgásztatás, és horgászturisztikai szolgáltatások megteremtése és ezek szervezett üzemeltetése (*URL*¹).

Az urbanizációs folyamatok miatt egyre nagyobb az igény a korlátozottan rendelkezésre álló szabadidő természetközeli helyen történő eltöltésére. Az Egyesült Királyságban folyamatosan hozzák létre a városközeli, könnyen megközelíthető horgásztavakat, ahol a horgászat mellett egyéb szolgáltatások is rendelkezésre állnak. Hazánkban is folyamatosan létesülnek horgásztavak és a ráépülő turizmus, de az igazi eredményt a horgászegyesületek kezelésében lévő természetes vizeken kialakított horgászturizmus jelentené. Ehhez a horgászatnak komplex terméként kellene megjelennie, amely az attrakciót, a megközelíthetőséget, az ellátást és a vendégszeretetet foglalja magába. Példaként lehet említeni a Maconkai-víztározót, ahol évente átlagosan 10.000 vendég horgász tölt el megközelítőleg 26.000 napot. A helyi horgászegyesület kiegészítő szolgáltatásokat biztosít a családoknak. (*Ivancsó és Ercsey, 2017*).

A horgászturizmus közvetlenül és közvetetten is munkahelyet teremt. Nélkülözhetetlen elemei a vízparti szállás és adott esetben a horgászvezető. Vezetők jelenléte vadvizeinken szükséges, a vendégek helyismeretének hiánya miatt. A vezetők idegennyelv ismerete elvárt a vezető és a vendégek zökkenőmentes kommunikációja érdekében. A turistákat minél több információval kell ellátni a helyi szabályrendszerek és a környék horgászati lehetőségeinek tekintetében. Kiegészítő programok szervezése javasolt a horgászok családtagjai részére. (*URL*²).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Primer kutatásunk során online kérdőívet készítettünk, amelyet egy országos horgásszövetség tagjai körében osztottunk meg. A kvantitatív kutatás során célul tűztük ki megismerni a többség magatartását, horgászturizmushoz való viszonyát. Az eredményekből alátámaszthatjuk a szakirodalom által jónak vélt turisztikai lehetőségeinket és feltárhatjuk a hiányosságainkat, amelyek hátráltatják a horgászturizmus fejlődését hazánkban. A kérdőív kitöltése anonim módon történt. A kérdőíves megkérdezés 2021. október 6. és október 14. között zajlott. Összesen 550 fő töltötte ki a kérdőívet, amelyben 20 kötelező kérdés és 9 nem kötelezően kitöltendő kérdés kapott helyet. Az ország minden megyéjéből volt több kitöltő, ezáltal országos

szinten vizsgálhatjuk az eredményeket. A legtöbben Győr-Moson-Sopron és Pest megyében éltek a válaszadás lehetőségével (2. táblázat). Összesen 29 kérdést fogalmaztunk meg, amelyet 3 szakaszra osztottunk. Az első szakaszban a válaszadó személyével kapcsolatban tettünk fel kérdéseket. A második szakaszban a válaszadó környezetében található vízterületeknek a megítélése volt a fő szempont. Harmadsorban a horgászturizmussal kapcsolatos kérdések szerepeltek.

2. táblázat: A válaszadók számának megoszlása megyék szerint

Table 2: Distribution of the number of respondents by county

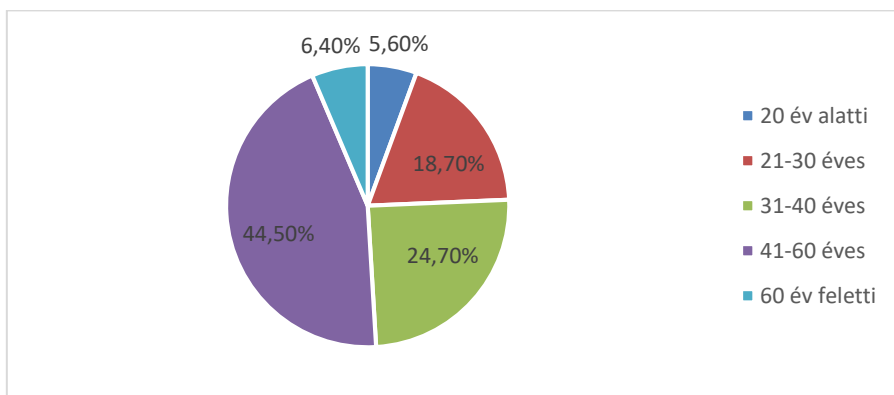
	Megye	Kitöltők száma (fő)	%
1.	Bács-Kiskun	23	4,2
2.	Baranya	11	2
3.	Békés	44	8
4.	Borsod-Abaúj-Zemplén	13	2,4
5.	Csongrád-Csanád	14	2,5
6.	Fejér	8	1,5
7.	Győr-Moson-Sopron	145	26,4
8.	Hajdú-Bihar	17	3,1
9.	Heves	11	2
10.	Jász-Nagykun-Szolnok	27	4,9
11.	Komárom-Esztergom	13	2,4
12.	Nógrád	7	1,3
13.	Pest	103	18,7
14.	Somogy	18	3,3
15.	Szabolcs-Szatmár-Bereg	13	2,4
16.	Tolna	5	0,9
17.	Vas	40	7,3
18.	Veszprém	19	3,5
19.	Zala	8	1,2
20.	Egyéb	11	2

Forrás: a kérdőíves felmérés válaszai alapján, 2021

EREDMÉNYEK

A vizsgálat alapsokasága egy országos horgászegyesület tagsága. A saját vizsgálatunk alapjául szolgáló kérdőívet összesen 550 fő töltötte ki (melyből, mind az $n=550$ db értékelhető volt.) Néhány kérdés tekintetében a nem kötelező válaszadási lehetőség miatt a válaszok száma alacsonyabb. Kérdőívünk kiértékelését a demográfiai kérdésekre adott válaszokkal kezdtük. Az 1-2. kérdésekben a **válaszadó nemére és korosztályára** vonatkozóan gyűjtöttünk adatokat. A válaszadók (93,8%-a) $n=516$ fő férfi, $n=34$ fő (7%) alatt van a hölgyek aránya.

A második kérdés a kitöltők korára vonatkozott (3. ábra). A kérdőívet kitöltők majdnem fele $n=245$ fő (44,5%) a 41-60 év közötti korosztályból kerül ki, ők azok, akik már kialakítottak egy edzéstencsiát, így több időt tudnak fordítani a hobbijukra, kikapcsolódásra. A másik nagy csoport a 40 év alatti fiatalok csoportja $n=270$ fő (49%).



3. ábra: A válaszadók életkora

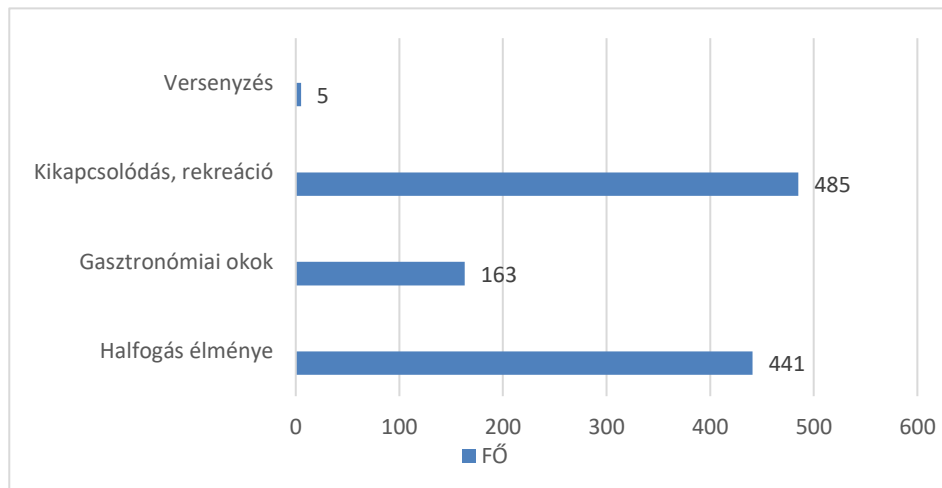
Figure 3: Age of respondents

Forrás: saját szerkesztés a kérdőíves felmérés válaszai alapján, 2021

A harmadik kérdéssel arra kerestük a választ, hogy **mióta horgászik** a kérdőív kitöltője. A korosztályi besorolás alapján feltételezhetjük, hogy a kitöltők nagy része gyermekkorától horgászik ugyanis $n=324$ fő (58,9%) több, mint 20 éve, $n=97$ fő 17,6% 11-20 éve.

A horgászat **motivációjára** vonatkozó kérdésekre adott válaszok alapján első helyen a kikapcsolódás, rekreáció szerepel, 2. helyen a halfogás élménye, 3. leggyakoribb

motivációs tényező a gasztronómia (4. ábra). A többi motivációs faktor aránya szinte elhanyagolható, de említésre méltó a versenysport, ők rendszeresen utaznak horgászati tevékenység miatt belföldön és külföldön egyaránt.

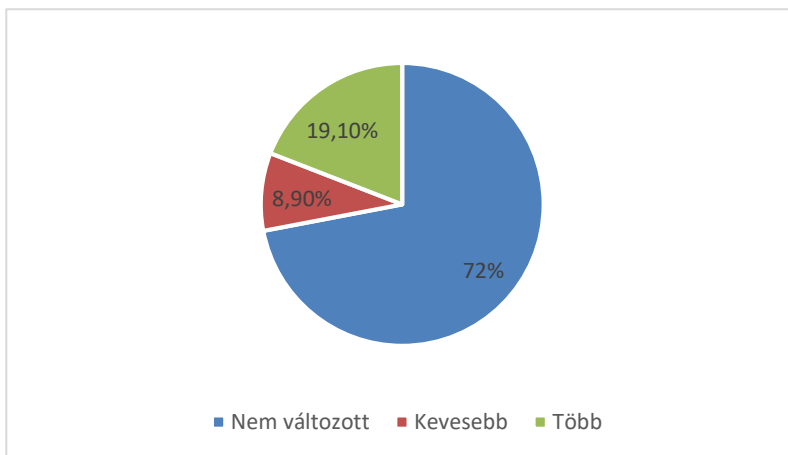


4. ábra: A horgászat célja, a horgász motivációja

Figure 4: The goal of fishing is the angler's motivation

Forrás: saját szerkesztés a kérdőíves felmérés válaszai alapján, 2021

Kérdőívünkben kitértünk a *járványhelyzet hatásaira* is. Arra kerestük a választ, hogy megváltoztatta-e a kialakult járványhelyzet a horgászati szokásokat. Azt feltételeztük, hogy a horgászok több időt töltenek a járványhelyzet hatására a hobbijukkal, de ezt a kitöltők több, mint 80%-a cáfolta meg. A kitöltők 72 százalékának nem változott a horgászattal töltött napok száma, 8,9% pedig kevesebb időt töltött horgászattal, mint a járványhelyzet előtt. Csupán 19,1% igazolta az állításunkat (5. ábra).



5. ábra: A járványhelyzet kialakulása óta horgászattal töltött napok száma

Figure 5: Number of days spent fishing since the outbreak of the epidemic

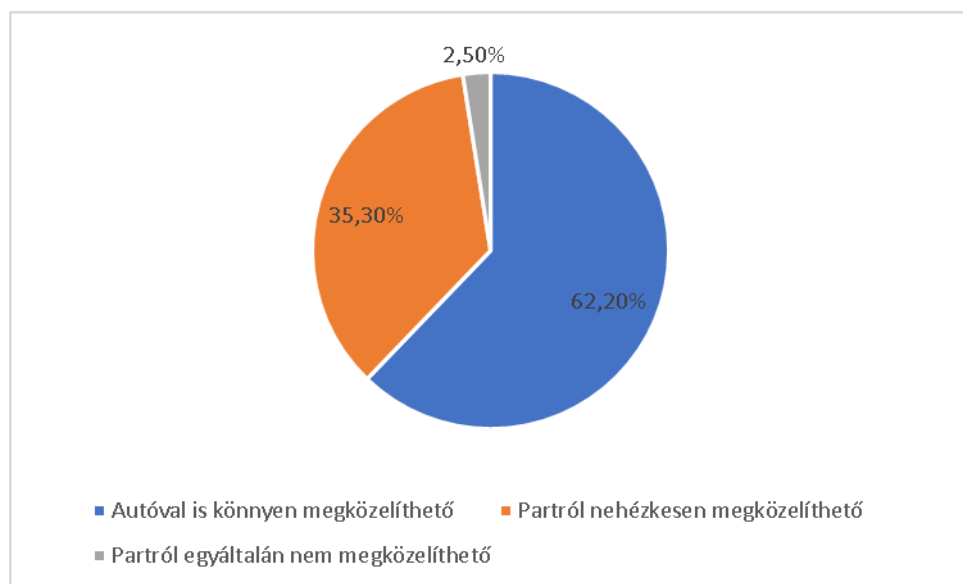
Forrás: saját szerkesztés a kérdőíves felmérés válaszai alapján, 2021

A 7. kérdéssel arra kerestük a választ, hogy **hova helyezné magát a válaszadó az átlagkeresethez képest**. A válaszadók döntő többsége több, mint 80%-a (n=402 fő) átlag feletti vagy átlaghoz közeli jövedelműnek vallotta magát. Az eredmény arra enged következtetni, hogy az átlag feletti, illetve az átlaghoz közeli jövedelemmel rendelkezők jelentik a horgászturizmus egyik meghatározó célcsoportját.

A 8. kérdésben **az átlagosan horgászati célú tevékenységre költött jövedelemre** voltunk kíváncsiak, az eredmény azt mutatja, hogy a válaszadók közel 20%-a (n=109 fő) költi el a jövedelmének több, mint 10 százalékát a horgászatra. Ez egy hónapra vetítve az átlagkereset vonatkozásában több, mint 28.840 Ft. A kitöltők elhanyagolható része nem rendelkezik jövedelemmel. 5-10%-át költi horgászati célú tevékenységre a megkérdezettek 38,5 százaléka (n=212 fő). Ez általánosságban arra enged következtetni, hogy a horgásztúráknak nem feltétlenül az anyagi okok szabnak gátat.

A 9. kérdésben az **előnyben részesített horgászati területek, a preferált desztinációk** érdekeltek. A vadvizek vagy a mesterséges halastavakon szeretnek-e horgászni. Vadvízként tekinthetjük a folyókat, holtágakat, természetes tavakat és csatornákat. A kitöltők 84%-a (n=462 fő) preferálja a vadvízi területeket. Ez azt jelenti, hogy a horgászturizmus szempontjából a folyók, holtágak és természetes tavaink partjain érdemesebb fejleszteni a horgászati infrastruktúrát.

A horgászturizmus szempontjából fontos kérdés **a partszakasz megközelíthetősége**. Három opciót adtunk meg választási lehetőségként, először a legkönnyebben hozzáférhető horgász helyet, amit autóval is könnyen meg lehet közelíteni. Másodsorban a partról nehézkesen megközelíthető helyeket és utoljára azokat, amelyek partról egyáltalán nem megközelíthető (6. ábra).



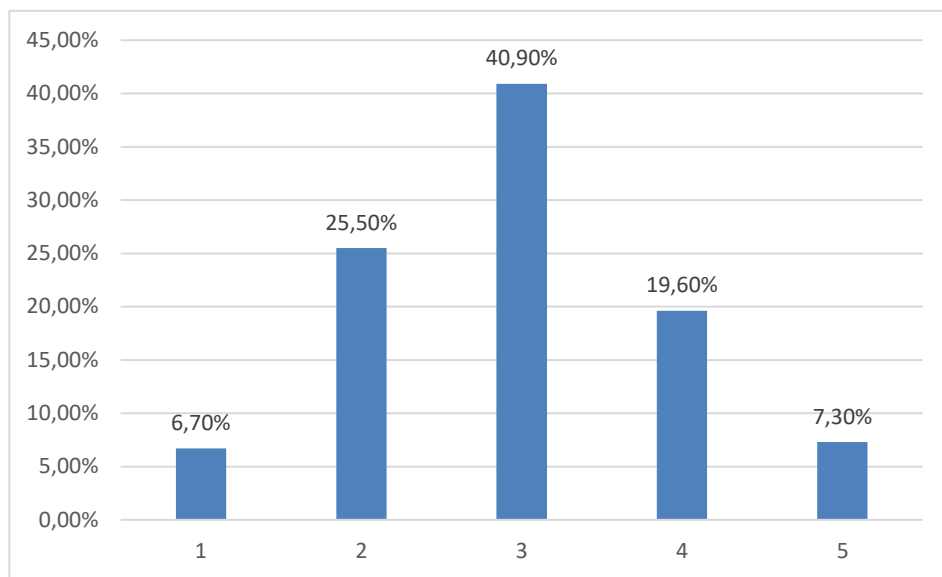
6. ábra: A horgászhelyek, partszakasz megközelíthetősége

Figure 6: Access to fishing spots and beaches

Forrás: saját szerkesztés a kérdőíves felmérés válaszai alapján, 2021

A kitöltők több, mint 62%-a (n=342 fő) választotta a legkönnyebben megközelíthetőséget, ami mindenképp pozitív eredmény. A partról nehézkesen megközelíthetőség sem okoz gondot a legtöbb horgásznak, ugyanakkor nem a legkényelmesebb opció.

A következő kérdésben **a környezetszennyezés mértékét** szeretnénk volna megtudni, amelyet 1-5-ig skáláztunk, ahol az 1-es az egyáltalán nem szennyezett, az 5-ös a nagyon szennyezett kategóriába tartozik (7. ábra).



7. ábra: Környezetszennyezés mértéke

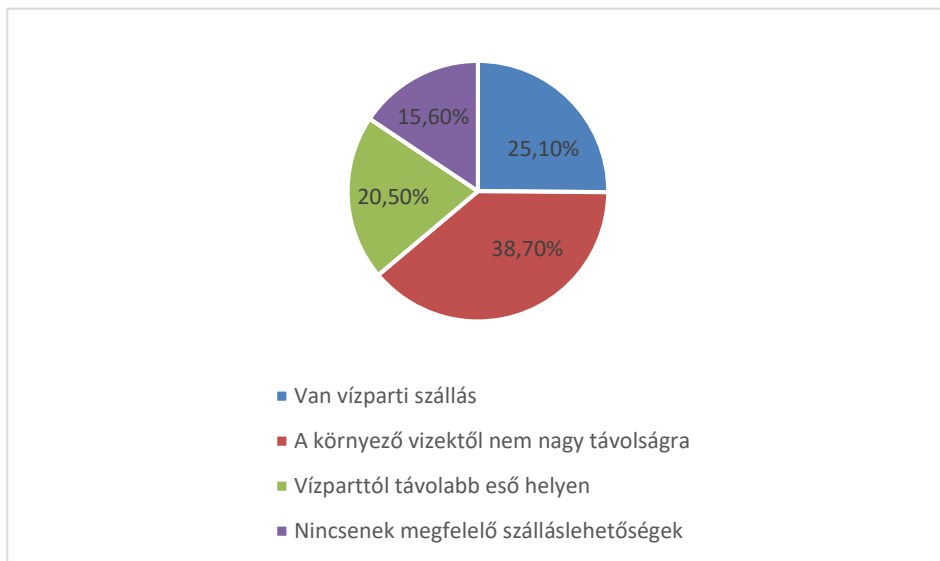
Figure 7: Level of environmental pollution

Forrás: saját szerkesztés a kérdőíves felmérés válaszai alapján, 2021

A válaszadók többsége, majdnem 70%-a (n=343 fő) 3 vagy annál nagyobb értéket jelölt meg, ami a környezetszennyezés nagymértékű jelenlétét mutatja. Ez a vízpartot és környezetét hatalmas mértékben szennyezi, nem mellesleg a horgászat élményét is rontják, ezzel együtt a horgászturizmus arculatát is tönkretelheti. Ez ellen természetesen a szemétszedéssel lehet tenni, illetve prevencióval, ami a legjobb megoldás lehet.

A 15. kérdésben **a környékbeli szálláslehetőségekről** kérdeztünk a kitöltőktől, különös tekintettel arra, hogy mennyire alkalmas a szállás egy horgász számára. 4 csoportot képeztünk, elsőként a vízparti szállás válaszlehetőséget adtuk meg, másodikként a vízparthoz közeli szállást (8. ábra). Ezt a két szállástípust tekinthetjük ideálisnak a horgászturizmus szempontjából.

A kérdőívet kitöltők 63,8%-a (n=351 fő) válaszolta a kedvező feltételeket. Az emberek egynegyede szerint, van vízparti szálláslehetőség a környéken. Ezt a hazai horgászturizmus előnyeként jegyezhetjük fel.



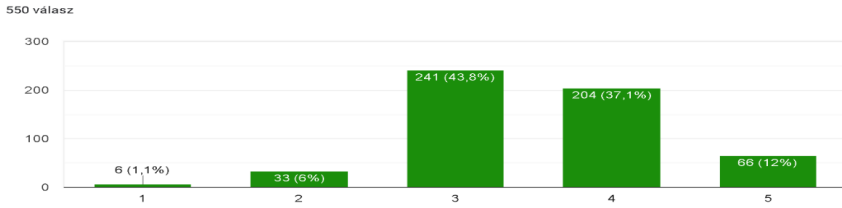
8. *ábra*: A környékbeli szálláslehetőségek megítélése

Figure 8: Assessment of accommodation options in the area

Forrás: saját szerkesztés a kérdőíves felmérés válaszai alapján, 2021

A **kiegészítő tevékenységeknek** nagy szerepe van a horgászturizmus tekintetében. Amennyiben nincs megfelelő infrastrukturális háttér, illetve nem megfelelőek a természeti adottságok akkor nem lesz elég vonzó a turisták számára. A kérdőívet kitöltők 76%-a (n=418 fő) válaszolta azt, hogy a családok is találnak programot maguknak, tehát megfelelő kiegészítő tevékenységgel rendelkeznek az ország jelentős részében a horgászturisták által potenciálisan célzott területek.

A 18. kérdésben a környékbeli **horgászat anyagi vonzatát** kérdeztük meg. Egytől ötig terjedő skálát adtunk meg válaszlehetőségként, ahol az 1-es a nagyon olcsót, az 5-ös a nagyon drága választ jelenti (9. *ábra*).



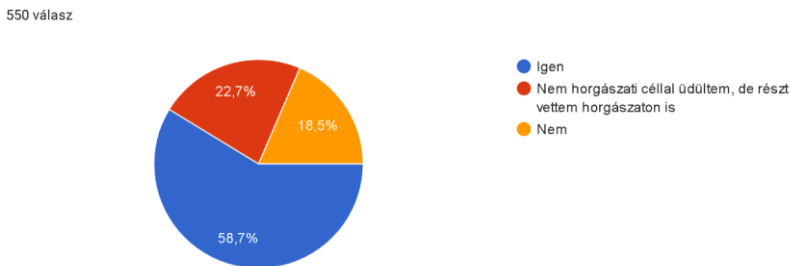
9. ábra: A környékbeli horgászat megítélése anyagi szempontból
(1-nagyon olcsó, 5-nagyon drága)

Figure 9: Assessment of fishing in the area from a financial point of view

Forrás: Saját szerkesztés a kérdőíves felmérés válaszai alapján, 2021

A 9. ábrán jól látható a fő problémák egyike. A horgászatnak jelentős anyagi vonzata van, amelyet főként az horgászengedélyek ára és a felszerelés tesz ki. A kitöltők mindössze hét százaléka véli olcsónak, illetve nagyon kedvező árúnak a horgászatot a környező vízterületeken.

A következő szakaszban a horgászturisztikai szokásokról szól a kérdőív. Első kérdésként azt tettük fel, hogy **volt-e már horgászati céllal üdülni** a kitöltő? (10. ábra)



10. ábra: Horgászati célú üdülésen való részvétel

Figure 10: Participation in a fishing holiday

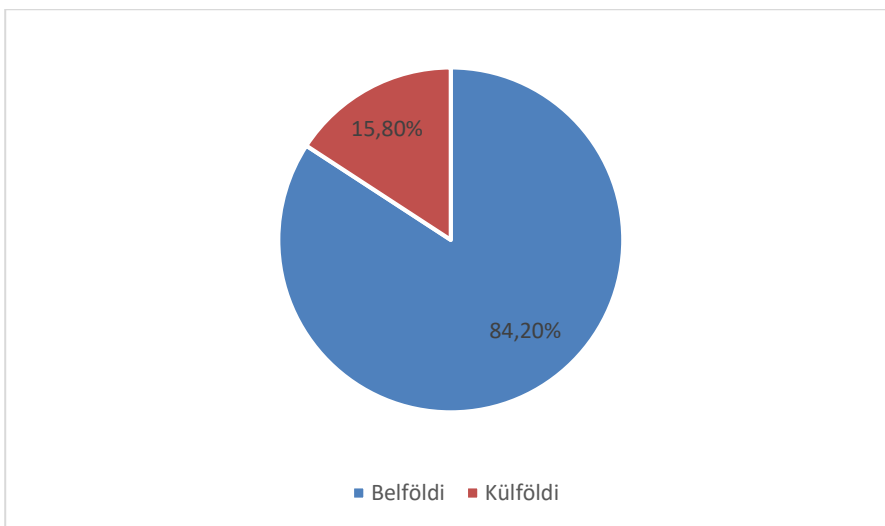
Forrás: Saját szerkesztés a kérdőíves felmérés válaszai alapján, 2021

A kördiagram jól szemlélteti, hogy többen voltak úgy nyaralni, hogy nem is horgászati céllal indultak, de az adott helyen éltek a lehetőséggel. Ehhez természetesen szükséges a jó marketing és a megfelelően kiépített infrastruktúra a horgászok számára, amelyet a

későbbiekben részletesebben próbálunk feltárni. A kitöltők 58,7%-a (n=323 fő) volt már horgászati céllal üdülni, ami nagyszerű eredmény az ágazat szempontjából. A 18,5 százaléka a kitöltőknek (n=102 fő) nem volt még horgásztúrán, ennek okát a 20. kérdésben próbáltuk megfejteni, amelyben három válaszlehetőséget és egy egyéb opciót adtunk meg, hogy mindenki ki tudja fejteni a véleményét. A megadott válaszok a következők: anyagi okok, kevés szabadidő és az érdeklődés hiánya. Elsősorban az anyagi okokra gondolhatnánk, de a kitöltők több, mint 61%-a (n=152 fő) válaszolta a kevés szabadidőt. Anyagi okok miatt 27,9% (n=69 fő) és az érdeklődés hiányát csak 11 százaléka (n=28 fő) válaszolta. Egyéb válaszok között főként a család szó szerepel, tehát a horgászok a családjukkal együtt kívánnak élni a horgászturizmus lehetőségével.

A következő kérdés *a nem horgászati célú üdülőkhöz* szólt, akik mégis éltek a lehetőséggel. Elsősorban arra gondoltunk, hogy a jó marketing, a kedvező adottságok, illetve a megfelelően kiépített infrastruktúra lehetnek a fő szempontok, de egy egyéb opció is bekerült a válaszlehetőségek közé. Az eredmények jól rávilágítanak a problémára. A jó marketing válaszlehetőséget a kitöltők 6%-a (n=20 fő) válaszolta. A marketing hiánya nagyban befolyásolja a horgászturizmus népszerűtlenségét. Külföldön a tengerpartokon standokkal állnak, hogy horgászati szolgáltatásukat reklámozzák, hazánkban sajnos nyoma sincs a megfelelő marketingnek. A válaszadók több, mint 76%-a (n=253 fő) válaszolta a kedvező körülményeket és 27 százaléka (92 fő) a jól kiépített infrastrukturális hátteret. A horgászturizmusban a kiemelkedő eredmények eléréséhez mind a háromnak egyszerre kellene teljesülnie. Az egyéb opcióban írtak többsége a ritkább halfajok miatt horgászott üdülése során.

A 22. kérdésben azt kérdeztük meg, hogy *külföldi vagy belföldi horgászati célú üdülés a preferált*. A belföldi lehetőségre érkezett a több válasz, amelyet a kitöltők 84,2 százaléka (n=463 fő) választott (11. ábra).



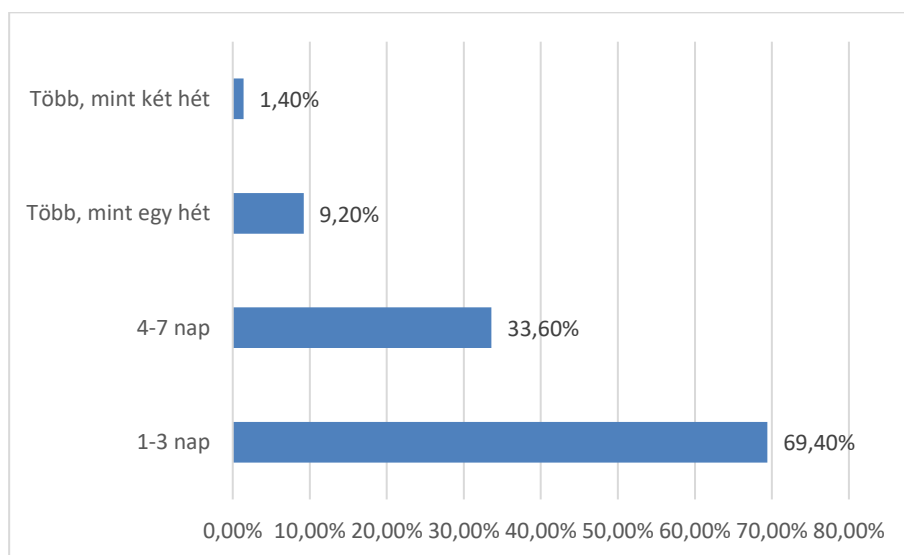
11. ábra: Belföldi és külföldi utazás preferálása

Figure 11: Preference for domestic and foreign travel

Forrás: saját szerkesztés a kérdőíves felmérés válaszai alapján, 2021

A válaszadók 15,8%-a ($n=87$ fő) a külföldi horgásztúrát részesítene előnyben. A 23. kérdésben arra voltunk kíváncsiak, hogy mely országok a legnépszerűbbek. Az általunk vélt 3 legnépszerűbb országot neveztük meg választási lehetőségként, és az egyéb opcióban azok számára is volt lehetőség más országot megjelölni, akik a felsorolt hárommal nem tudtak azonosulni. Az általunk megadott Olaszországra érkezett a legtöbb szavazat, amelyet 47,4 százalék (183 fő) választott. Másodikként említhető Spanyolország 39,4 százalékkal ($n=152$ fő) és harmadik helyen Franciaország 22,3%-kal ($n=86$ fő). Az általunk feltételezett országok egyértelműen a legnépszerűbbek. Ezeket az országokat követte az egyéb válaszlehetőségek között Svédország, illetve szomszédos országaink közül Szlovákia, Románia és Horvátország. A világ számos országa felsorolásra került, mint potenciális horgászturizmus célpontok. A legnépszerűbb országokat sikerült feltérképezni, a 24. kérdésben szeretnénk volna megtudni, hogy miért választották az adott országot. 296 válasz érkezett erre a kérdésre, amelynek nagy része egyértelműen a szürkeharcsa horgászatához köthető okokból választotta az adott országot. Sokan kimondottan a halfajt írták, volt aki a halfaj által népszerű folyót nevezte meg, amelyek nem voltak mások mint a Pó és az Ebró folyó. A válaszok között sokan a halbőséget és a sokszínűséget írták, mert a biodiverzitás is vonzó a horgászok számára.

A 26. kérdésben *egy átlagos horgásztúra időtartamát* szerettük volna megtudni. Előre megadott időintervallumok közül választhattak a kitöltők. A felépítése az 1-3 nap közötti opcióval kezdődött, amelyet a kitöltők 69,4%-a (n=347 fő) választott. Egyértelműen a hétvégékre, illetve a hosszúhétvégére korlátozódik a horgászturisták többségének ideje. A 4-7 napos horgásztúrákat a kitöltők 33,6 százalékuk (n=168 fő) választotta. Az egy hétnél hosszabb túrákat már csak 9,2% (n=46 fő), a két hétnél hosszabbat már csak 1,4% (n=7 fő) választotta, (12. ábra) oka valószínűleg a szabadidő hiánya.



12. ábra: Horgásztúrák átlagos időtartama

Figure12: Average duration of fishing trips

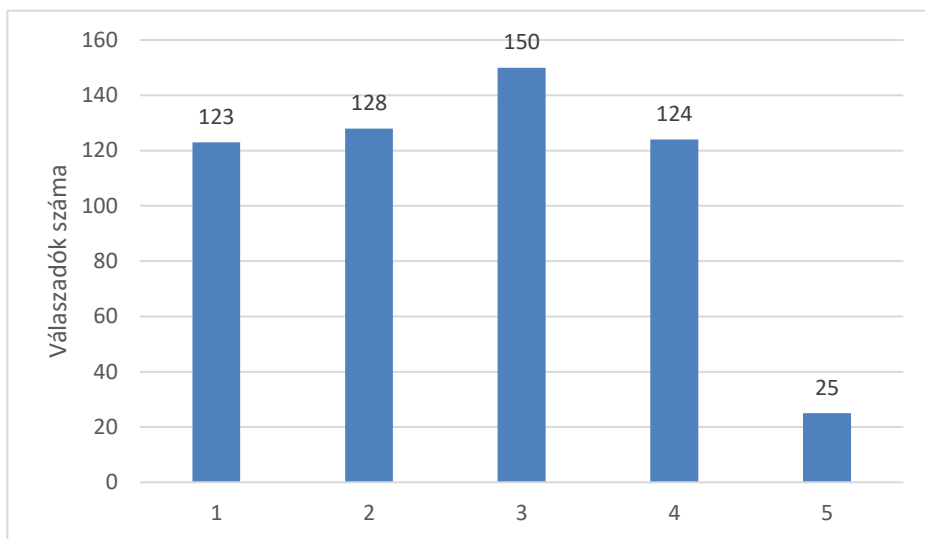
Forrás: saját szerkesztés a kérdőíves felmérés válaszai alapján, 2021

A 27. kérdésünkben *a horgászati célú üdülésen résztvevő személyekre* voltunk kíváncsiak. Előzetesen feltételeztük, hogy a családdal mennek ilyen jellegű túrákra a horgászok. A kitöltők válaszai alapján egyértelműen cáfolásra került a hipotézis. A horgászok 61,1%-a (n=306 fő) a barátját választja útitársként a horgásztúrára. A családjukkal 35,1% (n=176 fő) és egyedül 3,8 százaléka (n=19 fő) utazik horgásztúrára a válaszadóknak.

A következő kérdésben *egy adott vízterületről való információszerzés módját* kérdeztük meg. A felsorolt válaszlehetőségek között szerepelt az internet, barátok és ismerősök, illetve van aki egyedül szereti felfedezni az ismeretlen területet. A válaszadók

55,8%-a (n=307 fő) választotta az internetet. Megfelelő mennyiségű és minőségű tájékoztatás esetén jó megoldásnak tartjuk, de sok helyen nem áll rendelkezésünkre elég információ az internet használatával a véleményünk szerint. Több, mint 32%-a (n=177 fő) a válaszadóknak megkérdezi ismerőseit, és 10,2 százalékuk (n=56 fő) saját maguk által fedezik fel a területet.

Az utolsó kérdés *A horgászturizmus szezonálitása*. A válaszlehetőségeket skáláztuk, 1-től 5-ig választhattak a kitöltők (13. ábra).



13. ábra: Horgászturizmus szezonálitása

Figure 13: Seasonalization of fishing tourism

Forrás: saját szerkesztés a kérdőíves felmérés válaszai alapján, 2021

- 1-es: egyáltalán nem szezonális, télre is kiterjedhet
- 2-es: a hidegebb téli időszakot leszámítva bármikor
- 3-as: már melegebb időben, tavasz elejétől vagy közepétől ősz végéig
- 4-es: tavasz végétől ősz elejéig
- 5-ös: csak nyáron

A kitöltők által egyértelművé vált, hogy a horgászturizmus szezonhosszabbító hatással bír. A szezonálitás teljes kizárására is lehetőség van a megfelelő adottságok mellett. A kitöltők 4,5 százaléka szerint szezonális a horgászturizmus. A szezonálitás főként a

személyek komfortján múlik, hisz a téli időszakokban is nagyszerű horgászlehetőségek vannak.

SWOT analízis

A SWOT analízissel szeretnénk összefoglalóan bemutatni a horgászturizmus általános jellemzőit külön kitérve hazánkra, a szakirodalmakból és a kutatás eredményeiből megismertek alapján. A SWOT elemzés kiváló módszer a helyzetértékelésre, amelyet összefoglalt módon, jól strukturáltan lehet bemutatni.

3.táblázat: A horgászturizmus SWOT analízise

Table 3: SWOT analysis of fishing tourism

<p><u>Erősségek</u> <i>Általánosságban:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pótlólagos jövedelemforrás, kiegészítő jövedelem ➤ Munkalehetőséget teremt ➤ Turizmus szezonhosszabbító szerepe ➤ Vízparti települések népszerűsítése ➤ Átlagosan sok helyi szolgáltatás igénybevétele ➤ Népszerűsíti az öko-, az aktív-, a gasztro- és a vízi turizmus szerepét és az üdülőturizmus vendégeinek számához is hozzájárul ➤ Kikapcsolódás és rekreáció ➤ Fellendíti a vidéki területek gazdaságát ➤ Szociális kapcsolatok kiépítése és fenntartása ➤ Rekreációs és sporttevékenység is lehet <p><i>Hazánkban:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sok vízterület ➤ Szép környezet ➤ Népszerű úticéloknek megfelelően kiépített infrastruktúrája van ➤ Nemzetközi horgászversenyek ➤ Hazánk rendelkezik vízpart közeli utakkal és töltesekkel, amelyek könnyítik a közlekedést 	<p><u>Gyengeségek</u> <i>Általánosságban:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Környezet- és vízszennyezés ➤ A horgászturizmus függ a környezeti változásoktól (vízszint változása, időjárás, légnomás, telihold stb.) ➤ Szezonális hatása ➤ Nagyban befolyásolja a strandturizmus egyes helyeken, mert ellehetleníti a vízparti horgászatot ➤ Általánosságban véve drága tevékenység <p><i>Hazánkban:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Közkedvelt halfajokból gyér állomány a természetes vizeinkben ➤ Nincs megfelelően kiépített infrastruktúra a kevésbé népszerű helyeken ➤ Nem elég fejlett a vízparti úthálózatunk, nincs megfelelően karbantartva ➤ Megfelelő marketing hiánya ➤ Nincs elég nagy jelentősége a támogatáspolitikában
--	---

<u>Lehetőségek</u>	<u>Veszélyek</u>
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diverzifikációs lehetőségek, kiegészítő tevékenységek szervezése ➤ Elmaradottabb régiók felzárkózása ➤ A szezonális teljes kizárása ➤ A C&R (catch and release), azaz a fogd meg és engedd vissza gondolkodásmód nagyban befolyásolhatja a halállományt ➤ Sok kiépítetlen terület, amelyeken szálláslehetőséget lehetne adni a horgászoknak ➤ Elszakadás a digitális környezettől <p><i>Hazánkban:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nagyobb tavaink és folyóink rengeteg lehetőséget nyújtanak ➤ Hazánk turizmusának fellendítésében szerepet játszhatna ➤ Kiegészítő tevékenységek rendelkezésre állnak 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Az ellenőrizetlen horgászturizmus és horgászat komoly kárt tehet a természetben és a halállományban ➤ Szemetelés ➤ A turizmus által népszerűsített helyeken nagyobb eséllyel jelennek meg orvhorgászok és orvhalászok ➤ Nem megfelelő bánásmód a halakkal, amelyek nélkül nem létezhet a horgászturizmus ➤ Helyi lakosok és helyi horgászok ellenszenvét kiválthatja <p><i>Hazánkban:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Más országok versenyképesebbek horgászturisztikai értelemben ➤ Az így sem bő halállományunkban további károk keletkezhetnek

Forrás: Saját vizsgálat alapján, 2021

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Vizsgálataink alapján a horgászturizmusra vonatkozóan a következő javaslatokat célszerű szem előtt tartani. Elsősorban a marketing fontosságát fogalmazzuk meg. Hazánkban a horgászvizeink marketingje néhány közösségi oldalon tett bejegyzés, illetve egy horgászattal foglalkozó televíziós csatornában kimerül. A megfelelően felépített marketingstratégiával több horgász figyelmét fel lehetne kelteni a horgászturizmus iránt. Elsősorban a horgászok számára megfelelő infrastrukturális háttérrel kiépített helyeket kellene népszerűsíteni. A Tisza-tó horgászturisztikája példaértékű lehet, nem a marketing, hanem a kiépített infrastruktúra miatt. Már ezzel sok horgászt vonzanak a környékre, hiszen természeti adottságok kiválóak és több kikötővel, illetve csónakbérleti lehetőséggel próbálják megteremteni az infrastrukturális háttérrel. A halállomány növeléséhez szükségesek a haltelepítések. A horgászat főként a férfiak hobbiája, de a nők körében is népszerűsíteni kellene kedvezményes horgászjegyekkel. Javasolnánk még a

környezetszennyezés minimalizálását szemétszedéssel, illetve megelőző tevékenységekkel, amelyek keretén belül a szennyezés negatív hatásaira kellene felhívni a figyelmet különböző marketingstratégiákkal.

THE SITUATION AND OPPORTUNITIES OF FISHING TOURISM IN HUNGARY AT THE BEGINNING OF THE 2020S

VILMOS TIMÁR – ANITA MIKLOSNÉ VARGA – SÁNDOR KALMÁR

Széchenyi István University, Albert Kázmér Agricultural Faculty, Mosonmagyaróvár

SUMMARY

Among the various forms of tourism in Hungary, fishing tourism has significant potential from a tourist point of view, as the rivers, lakes and backwaters of Hungary would make this possible. The aim of our research is to map the situation of domestic fishing tourism, focusing on its possibilities and effects of the quarantine ordered due to the COVID 19 virus. As our own investigation, we created a questionnaire research online in order to reach as many people as possible. The basic population of our questionnaire is membership of a national fishing association. 550 people from all counties of the country answered the questions. At the end of the investigation part, we summarized our experiences in the form of a SWOT analysis. Based on the results, it can be said that with a properly structured marketing strategy, the attention of more fishermen could be raised towards fishing tourism.

Keywords: motivation of fishing tourists, preferred destination, fishing holiday, fishing tourism SWOT

IRODALOM

Belügyminisztérium Vízügyi Főigazgatóság (2020): Magyarország felszíni vizei. <https://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=9> Letöltés dátuma: 2020.02.28.

Bourion-Bédés S. – Tarrquinio C.- Batt M.- Tarquinio P. – Lebreuilly R. – Sorsana C.- Legrand K. – Rousseau H.- Baumann C.(2021): Psychological impact of the COVID-19

outbreak on students in a French region severely affected by the disease: results of the PIMS-CoV 19 study

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165178120332200> Letöltés dátuma: 2022.05.20.

Csapó J. - Darabos F. (2011): Turizmus és közlekedés. Vizi közlekedés. Pécsi Tudományegyetem

Dérer, I. (2021): Erkölc, erő, egyetértés: a „szektor” jövőképe Magyarországon. Előadás a „A jövő kihívásai a horgászat és haltermelés területén” MOHOSZ – MA-HAL – MATE szakkonferencián, Hungexpo, Budapest, 2021.10.03. Forrás: <https://nyito.mohosz.hu/index.php/szovetseg/9-hirek/823-a-jovo-kihivasai-a-horgaszat-es-haltermeles-teruleten>, Letöltés dátuma:2022.11.22.

Európai Parlament (2015): Az európai turizmus előmozdításának új kihívásai és elképzelései. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2015-0391_HU.html, Letöltés dátuma: 2021.10.19.

Fehér I.-Kóródi M.(2008): A vidéki turizmus fejlesztése, Szaktudás Kiadó Ház, p.29-31

Fekete M. (2005): Hétköznapi turizmus: a turizmuselmélettől a gyakorlatig. Doktori Értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem Közgazdaságtudományi Kar. Sopron

Fleischer A. – Pizam A.: Tourism Management, 1997

Gonda T. (2022): Alternatív turizmus, Akadémiai Kiadó ISBN: 978 963 454 768 6

Ivancsó Zs. – Ercsey I. (2017): Horgászturizmus, mint transzformáció Letöltés dátuma: 2021.09.01.

Kocsondi J. (): Idegenforgalmi ismeretek – Falusi turizmus előadás vázlat. <https://docplayer.hu/4088764-Falusi-turizmus-idegenforgalmi-ismeretek-falusi-turizmus-fogalma-eloadas-vazlat.html> Letöltés dátuma:2020.02.28.

Lengyel M. (2004): A turizmus általános elmélete. Heller Farkas Gazdaságtudományi és Turisztikai Szolgáltatások Főiskolája, Budapest

Magyar Országos Horgász Szövetség (2021): Nagy István agrárminiszter köszöntője. <https://nyito.mohosz.hu/index.php/szovetseg/629-tisztelt-horgaszars>. Letöltés dátuma: 2021.10.02.

Michalkó G. (2012): Turizmológia. Akadémia Kiadó. Budapest

Molnár Cs. – Remenyik B. (2017): A falusi turizmus helyzete és fejlesztési lehetőségei, Studia Mundi – Economica Vol.4. No.5. Letöltés dátuma: 2020.03.23.

Pölös M. (2015): A horgászturizmus helyzete, jelentősége és fejlesztési lehetőségei Magyarországon, különös tekintettel Csongrád településre. BSc. szakdolgozat Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Szeged

Raffay Z. (2022): A horgászturizmus pozíciójának erősítése Magyarország Turizmusában. Turisztikai és Vidékfejlesztési Tanulmányok 2022. VII. évf. 1. szám DOI: 10.15170/TVT.2022.07.01.07.

Székely A. (2016): A horgászturizmus: lehetőségek és dilemmák. Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok. XI. évfolyam, 1–2. szám, p. 35–46

Timár V. (2021): A horgászturizmus helyzete és lehetőségei. BSc. szakdolgozat, Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

URL¹:https://hu.wesslinggroup.com/fileadmin/user_upload/wessling_hu/Egyeb/HappyFish/02_HappyFish_Zaro_Konferencia_20191003_A_horgaszat_mint_rekreacios_tevekenyseg_jelene_es_jovoje.pdf Letöltés dátuma: 2020.12.18.

URL²:https://www.georgikon.hu/tanszekek/agrargaz/Tananyagok/T%C3%B3th%20C3%89va/Idegenforgalmi%20ismeretek/Nappali/9_horgaszatizmus.pdf Letöltés dátuma: 2020.02.28.

A szerzők levélcíme – Address of the corresponding authors:

TIMÁR VILMOS

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar

9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

MIKLÓSNÉ VARGA ANITA

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Agrárökonómiai

Tanszék

9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

miklosne.varga.anita@sze.hu

KALMÁR SÁNDOR

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Agrárökonómiai

Tanszék

9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

kalmar.sandor@sze.hu

SZEMLE



A HŐSTRESSZ KIHÍVÁSAI TEJELŐ SZARVASMARHÁK ÉLETTANI, TERMELÉSI ÉS SZAPORODÁSBIOLOGIAI MUTATÓIBAN

SZALAI SZILVIA – VARGA FERENC BENCE – PAJOR FERENC – BODNÁR
ÁKOS – KOVÁCS LEVENTE

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás következtében hazánkban is egyre nagyobb figyelmet kap a hőstressz, melynek negatív gazdasági hatásait az agrárium minden területén, így az állattenyésztésben is tapasztalhatjuk. Különösen igaz ez a nagy tejtermelésű szarvasmarha fajtákra, amelyek kifejezetten érzékenyen reagálnak az optimálisnál magasabb hőmérsékletre. Különböző élettani problémák merülhetnek fel a magas hőmérsékletű időszakokban, amelyek negatívan befolyásolják a szaporodásbiológiai és termelési eredményeket, ezáltal a gazdasági mutatókat. A cél, hogy olyan feltételeket teremtsünk, amelyek elősegítik a termelési és reprodukciós teljesítmény szinten tartását ezekben az időszakokban, ehhez azonban nélkülözhetetlen az állatok élettani szükségleteinek ismerete. A termelési és élettani paraméterek összefüggései alapján számos innovatív megoldás kínálkozik, amelyek a fenntartható állattenyésztésbe illeszthetők.

Kulcsszavak: hőstressz, tejelő szarvasmarha, HSP, THI, termelési-szaporodásbiológiai problémák

BEVEZETÉS

A klímaváltozás következtében hazánkban is egyre nagyobb figyelmet kap a hőstressz, amelynek negatív gazdasági hatásait az agrárium minden területén, így az

állattenyésztésben közvetve és közvetlenül is tapasztalhatjuk. Különösen igaz ez a nagy tejtermelésű szarvasmarha fajtákra, amelyek érzékenyen reagálnak az optimálisnál magasabb hőmérsékletre. Évtizedek óta folynak kutatások annak érdekében, hogy hőstresszes időszakokban minél hatékonyabb termelést tudjanak folytatni a tejtermelő tehenészetek. Az innováció, a tudomány több különböző oldalról is vizsgálja a problémát, melyek közös célja a hőstressz okozta káros hatások mérséklése és az abból származó gazdasági károk csökkentése. Ahhoz, hogy a tejelő szarvasmarha ágazatban fejlesztéseket hajtsunk végre az említett cél érdekében, ismernünk kell az alapvető élettani, fiziológiás folyamatokat és azok zavarai következtében fellépő kedvezőtlen változásokat. Az innovatív megoldásoknak és a genetikai előrehaladásnak köszönhetően az elmúlt évtizedekben a fajlagos hozamok hatalmas növekedést mutatnak (pl. laktációs tejtermelés). A nagyobb termelés következtében fokozódik az anyagcsere és ezzel párhuzamosan a stressz-érzékenység is. Éppen ezért, a kedvezőtlen környezeti tényezők, mint pl. az optimálisnál magasabb hőmérséklet, kritikusak lehetnek termelési és súlyosabb esetben életfenntartási szempontból is. A kutatók úgy jósolják, hogy 2100-ra a globális átlagos felszíni hőmérséklet 1,8 és 4,0 °C közé fog növekedni (IPCC, 2007), tehát a hőstressz állattenyésztésre gyakorolt negatív hatásai a jövőben egyre súlyosbodhatnak. A környezet kedvezőtlen változásával párhuzamosan a világ népességének az élelmiszer-ellátási igénye továbbra is gyorsan növekszik, többszörös teherként nehezedve az állattenyésztési ágazatra (Renaudeau et al., 2012).

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A hőstressz élettani hatásai

A kutatók elmélete szerint a hőstressz a hőtermelés és a hőleadás egyensúlyának olyan irányú eltolódása, amikor az állatot ért hőterhelés nagyobb, mint amennyi hőt leadni képes (Wagner, 2001; Chatterjee et al., 2012). Azt, hogy milyen mértékben és formában jelentkezik a hőstressz káros következménye, nagymértékben befolyásolja az egyed komfortzónája és az adott tartástechnológia színvonala (Bernabucci et al., 2010).

A testhőmérséklet emelkedése olyan sejten belüli és szervezeti szintű változásokat idéz elő, melyek rövid és hosszú távon is csökkentik a hőtermeléssel járó anyagcsere- és termelési folyamatok intenzitását. Az alkalmazkodásra fordított és a termelési

folyamatoktól elvont energia, az állomány egészségügyi és termelési mutatóinak visszaesésében mutatkozik meg (Bakony *et al.*, 2019).

Az állati szervezet sejtjei különböző stresszorok hatására hősokkfehérjéket (heat shock protein, HSP) termelnek, melyek jelentős feladatokat töltenek be a homeosztázis fenntartásában, a szervezet- és sejtszintű stresszfolyamatokban. Intracellulárisan jelen vannak a sejtplazmában, a sejtmagban, a mitokondriumban, illetve az extracelluláris térben is mérhetőek. Dajkafehérjeként a feladatuk más fehérjék kedvező szerkezetének kialakítása, védelem a káros aggregáció és denaturáció ellen. A HSP70 sejten belüli akkumulációja számos stresszorként ható inger hatására létrejöhet túl magas hőmérséklet, oxigénhiány, szabadgyökök jelenléte, energiahány és acidózis következtében. Az emlős sejtek citoplazmájában kimutatható HSP40 komplexet alkot a HSP70-nel és közösen segítik, hogy a denaturált fehérjék a hősokk után visszanyerjék működőképes állapotukat, vagy lebontásra kerüljenek, ha a károsodás már nem helyrehozható (Pál *et al.*, 2012). A teljes test felmelegedéséből adódó morbiditás és mortalitás néhány létfontosságú célszövet funkciójának károsodásából adódik. Ezek a szövetek valószínűleg egyszerre hőérzékenyek és létfontosságúak az állat számára (Hall *et al.*, 2000). Flanagan *et al.* (1995) szerint a bél és a máj elsőként reagálnak a HSP70 fehérjék akkumulációjával a teljes szervezetet ért hipertermiára.

A hőstresszhez való rövidtávú alkalmazkodásra a szimpatikus idegrendszer fokozott aktivitása jellemző. A test különböző pontjain lévő hőreceptorok a hipotalamuszba közvetítik az információt, ezáltal a hőleadás fokozása és a hőtermelés csökkentése érdekében viselkedésszerű és élettani változások következnek be. A hipotalamuszban termelődő, a mellékvese aktivitását fokozó hormon (ACTH) heveny stresszválaszt vált ki, nő az adrenalin és a kortizol szint a vérben (Moberg, 2000). Ennek hatására a szervezeten belül olyan változások mennek végbe, melyek lehetővé teszik a hirtelen jelentkező, nem várt, kellemetlen hatások elhárítását: energiatartalékok mozgósítása (emelkedő vércukor és szabad zsírsavszint a vérben), a szív működés és légzés fokozódik, javul az oxigénellátás stb. Azonban ez a fajta reakció tartósan nem maradhat fenn, mert a szervezet nagyon gyorsan kimerülne. A tartós ideig ható vagy ismétlődően jelentkező stresszorokkal szemben a szervezet a Selye-féle általános adaptációs szindrómával (general adaptation syndrome, GAS) reagál, melynek háttérében a hipotalamusz-hipofízis-mellékvesekéreg tengely aktiválódása áll. Ennek három fázisát különítjük el: 1) az alarm-reakció (sokk), amelyet az ACTH és következményesen a kortizolszekréció

fokozódása jellemez; 2) az ellenállási szakasz, melyben tartósan magas ACTH és kortizolszint jellemző; 3) a kortizol ellenálló képességet gyengítő hatása miatt (másodlagos megbetegedések, fertőzések kialakulását segíti) fellép az ún. kimerülési szakasz, mely a hipofízis, a mellékvesekéreg, a nyirok- és vérképzőrendszer regressziója, az energiatartalékok kimerülése miatt az állat elhullásához vezethet (*Húsvéth et al.*, 2000).

Oxidatív stresszről akkor beszélhetünk, amikor a szervezetben a reaktív oxigénformák mennyisége olyan mértékben megemelkedik, hogy a védekező mechanizmusok már nem bizonyulnak elegendőnek a reaktív oxigénformák kiküszöbölésére. A reaktív oxigénformák károsíthatják a létfontosságú makromolekulákat: a lipideket, a fehérjéket és a nukleinsavakat (*Renaudeau et al.*, 2012).

Hőmérséklet-páratartalom index (THI)

A hőstresszt a környezeti tényezők (hőmérséklet, relatív páratartalom, napsugárzás, légmozgás és csapadék) kombinációja okozza. A kérődző fajok esetében gyakran hőmérséklet-páratartalom indexet (temperature humidity index, THI), vagy fekete gömb hőindexet használnak az adott környezeti hőterhelés mértékének felmérésére (*Wiersma és Armstrong*, 1989). Az utóbbi esetében szorosabb összefüggést találtak a rektális hőmérséklet emelkedése, valamint a tejhozam csökkenése esetén, mint amit a THI-nél tapasztalni lehetett (*Ji et al.*, 2017), ennek ellenére a THI alkalmazása terjedt el inkább. A THI különböző kategóriákra osztható, melyek jelzik a hőstressz szintjeit, azonban a definíciót és a körülményeket egyes szerzők eltérően határozzák meg. *Armstrong* (1994) 71 THI alatt határozta meg a termikus komfortzónát, míg a 72-79 THI közötti értéket enyhe, a 80-90 THI közöttit mérsékelt és a 90 THI fölötti értéket súlyos hőstressznek nevezte. *De Rensis et al.*, (2015) szerint a 68 THI alatti érték a tehenek termikus veszélyzónáján kívül esik, a hőstressz enyhe jelei figyelhetők meg 68 és 74 THI között, és a 75 THI érték fölötti hőstressz drasztikus csökkenést okoz a termelésben. Más kutatók eredményei alapján ezzel ellentétben már 60 és 65 közötti THI értékek esetén csökkent a tejtermelés és a tejösszetétel mérsékelt és kontinentális éghajlaton (*Brügemann et al.*, 2011; *Hammami et al.*, 2013), valamint 52-es THI érték fölött a kérődzési idő csökkenését tapasztalták (*Müschner-Siemens et al.*, 2020). *Berman* (2005) kutatási eredménye alapján a tejtermelés 35kg/nap-ról 45kg/nap-ra történő emelkedésével a hőstressz küszöbértéke 5

°C fokkal csökken. *Zimbleman et al.*, (2009) szerint a stressz küszöbérték nagy termelésű tehenek (>35 kg tej/nap) esetében már 68 THI értéknél megfigyelhető, hiszen ezek az állatok kevésbé tűrik az optimálisnál magasabb hőmérsékletet (*1. táblázat*).

1. táblázat: THI értékhatárok és hatásuk a légzésszámra és a rektális hőmérsékletre
Table 1: Intervals of THI and their effect on respiratory rate and rectal temperature

STRESSZ	THI	Légzésszám (BPM)	Rektális hőmérséklet (°C)	Egyéb
Küszöbérték	68	60	38,5	tejhozam- és reprodukciós teljesítmény↓
Enyhe-Mérsékelt	72-79	75	39	
Mérsékelt-Súlyos	80-89	85	40	
Súlyos	90<	120-140	41	

(*Zimbleman et al.*, 2009)

A szakirodalomban leírt THI képleteknél nem csak a számítás módja lehet különböző, hanem ugyanazon képlet használata esetén eltérhetnek a küszöbértékek is, melyek felett már hőstresszről beszélünk. Az eltérő számítási módok és küszöbértékek közül pedig nehéz kiválasztani azt, amelyik a legmegbízhatóbban alkalmazható az adott éghajlati körülmények között (*Reiczigel et al.*, 2009).

A különböző klimatikus körülmények között más-más hőstressz elleni védekezési technikát kell alkalmazni. Ahol a magas levegő hőmérséklet magas páratartalommal párosul, ott a párologtatásos hőleadás jelentősen gátolt. Ilyen helyeken nem a párologtatásos hőleadáson alapuló módszereket érdemes bevezetni (*Bohmanova*, 2007). Ha a hőmérséklet eléri a 33 °C -ot - amely közel azonos a tehen felületi hőmérsékletével - a nedves hőleadás aránya tovább nő és elérheti a 80-90%-ot. Ez egyenes utat jelent a hőstressz kialakulásához, hiszen az istállóban a megnövekedett páratartalom gátolja a tehenek nedves hőleadását (*Takács*, 2003). *Orosz és Latos* (2006) megfigyelték, hogy a tehenek intenzívebb légmozgást igyekeznek produkálni azért, hogy egy helyre csoportosulnak, ugyanis így az összegyűlt felmelegedett levegő felszáll, aminek helyébe hűvösebb érkezik. Egy kísérletben nem laktáló, valamint laktáló alacsony és magas tejhozamú teheneket hasonlítottak össze és azt tapasztalták, hogy az alacsony tejhozamú tehenek 27%-kal, a magas tejhozamú tehenek 48%-kal több hőt termeltek, mint nem laktáló társaik (*Ríos-Utrera et al.*, 2013).

A hőstressz tejelő szarvasmarhákra gyakorolt hatásai

A tejelő szarvasmarhák megfelelő körülmények között 3-5 órát töltenek takarmányfelvétellel, 7-10 órát kérődzéssel, 30 percet vízfelvétellel, 2-3 órát a fejési folyamattal, és körülbelül 10 óra pihenő időt igényelnek (*Grant és Albright, 2001*).

A hőstressz közvetlen és közvetett hatással van az állatok normál élettani, anyagforgalmi, hormonális működésére és immunrendszerére. Közvetlen hatás alatt a hőmérséklet-növekedéssel közvetlenül összefüggő betegségeket, illetve az elhullást értjük. Közvetett hatás, pedig a csökkent takarmányfelvétel, a mikrobák felgyorsult szaporodása, a vektorok által közvetített betegségek terjedése, valamint a gazdaszervezet csökkent védekezőképessége (*Bernabucci, 2010*).

A szarvasmarhák állandó szinten tudják tartani testhőmérsékletüket, amíg bőrfelületükön mért hőmérsékletük el nem éri a 35 °C -ot. E fölött az állati szervezet hőleadási képessége csökken, a testhőmérséklet emelkedik és aktiválódik a hőstresszválasz (*Berman, 2005*).

A *Bos taurus* eredetű tejtermelő tehenek már megnövekedett belső hőterheléssel rendelkeznek a magas tejtermelés miatt (*Chebel et al., 2004*), ami a növekvő hő hatására fokozódik, amikor a hőmérséklet és a páratartalom értékei nőnek az állatot körülvevő környezetben (*West, 2003*).

A hőstressz látható jelei közül a legszembetűnőbb a lihegés. *Collier et al., (2003)* úgy találták, hogy ha a légzésszám tehen esetében 85/perc fölé emelkedik, akkor az állat erős hőstresszes állapotban van, míg *Orosz és Latos (2006)* 75/perc fölötti értékről számolt be. Először a gyors, felületes légzéssel a légutak felső részén áthaladó levegő mennyisége növekedik, majd a hőmérséklet további emelkedésével egy lassabb, mélyebb alveoláris légzés alakul ki, ami javítja a párolgási hővesztéséget, növelve a légzés térfogatát. Ez azonban respirációs alkalózist eredményezhet a vérben és mérsékelt-súlyos kiszáradáshoz vezethet (*Renaudeau et al., 2012*). Az alkalózist a vizeletben megnövekedett bikarbonát kiválasztás kompenzálja, ami a vér bikarbonát koncentrációjának csökkenéséhez vezet. Ez veszélyezteti a puffer rendszert, ami acidózishoz vezethet, különösen a nyári meleg időszakban, amikor az alacsony szárazanyagfelvételt koncentráltabb takarmányozással próbálják kompenzálni (*West, 2003*).

Hőstressz esetében a takarmányfelvétel és a kérődzés intenzitása, valamint a nyáltermelés is csökken, ami kisebb pufferoló hatást fejt ki a bendőben. Az állatok

ritkábban esznek, de akkor nagyobb mennyiséget, és ha tehetik, a könnyebben lebomló szénhidrátot tartalmazó összetevőket válogatják ki. A csökkent, illetve kiegyensúlyozatlan takarmányfelvétel viszont kedvezőtlenül vagy negatívan befolyásolja a bendőben zajló fermentációt: csökken az illózsírsavak koncentrációja és nő a tejsav-koncentráció, ami bendőacidózishoz vezethet (Collier et al., 2008).

Amikor az állatot hőstressz éri, az első azonnali reakció a szárazanyag felvétel csökkenése, mely csökkenti a tejtermeléshez szükséges elérhető tápanyagok mennyiségét (West, 2003; Rhoads et al., 2009). Kadzere et al. (2002) szerint laktáló teheneknél a takarmány felvétel 25 - 26 °C fok küszöbértéknél kezd hanyatlani. A kisebb energiabevitel, illetve a hőszabályozás megnövekedett energiaszükséglete negatív energiamérleget eredményez (Bajagai, 2011). A hőstressznek kitett teheneknél a kiegyensúlyozatlan takarmányfelvétel miatt éhségérzet és energiadeficit jelentkezhet (Roche et al., 2009). Bár a tejelő szarvasmarhák hőstresszes időszakban mérsékelten negatív energiamérleget produkálnak, Rhoads et al. (2009) és Shwartz et al. (2009) eredményei azt mutatják, hogy ennek ellenére nem mozgósítják a zsírtartalékaikat.

Másik nagyon fontos tényező az elérhető jó minőségű, friss ivóvíz, hiszen a vízfelvétel a tejelő szarvasmarha komfortzónáját meghaladó környezeti hőmérséklet felett 1,2 kg/ °C értékkel növekedhet, azaz a napi vízigény akár 1,2-2-szeres is lehet (West, 2003). Néhány emlősállat, testsúlyának 30-40%-os vízvesztését is túléli, ezzel szemben a tejelő tehenek testsúlyának 12%-os vízvesztése esetén már súlyos kiszáradás jeleit tapasztalhatjuk (Roussel, 1999). Több szerző véleménye alátámasztja, hogy a tejelő tehenek védekezésének élettani stratégiái magukba foglalják a megnövekedett vízfelvételt, a táplálkozási idők áthelyezését a hűvösebb időszakokra a nap folyamán, a megnövekedett állásidőt – árnyékkeresést, valamint a csökkent aktivitást és mozgást (De Rensis és Scaramuzzi, 2003; Schütz et al., 2008; West, 2003). Számos kutatás vizsgálja a tehenek fekvési idejét kötetlen istállóban, ahol ez az érték 11-14 óra között változik. Hőselemes időszakban ez akár 30%-kal is csökkenhet, ahogy a környezeti hőmérséklet emelkedik. Így nem meglepő, ha a hőstresszt a sántaság egyik fő kockázati tényezőjének tekintik (Cook et al., 2007).

A hőstressz következtében fellépő tejtermelési problémák

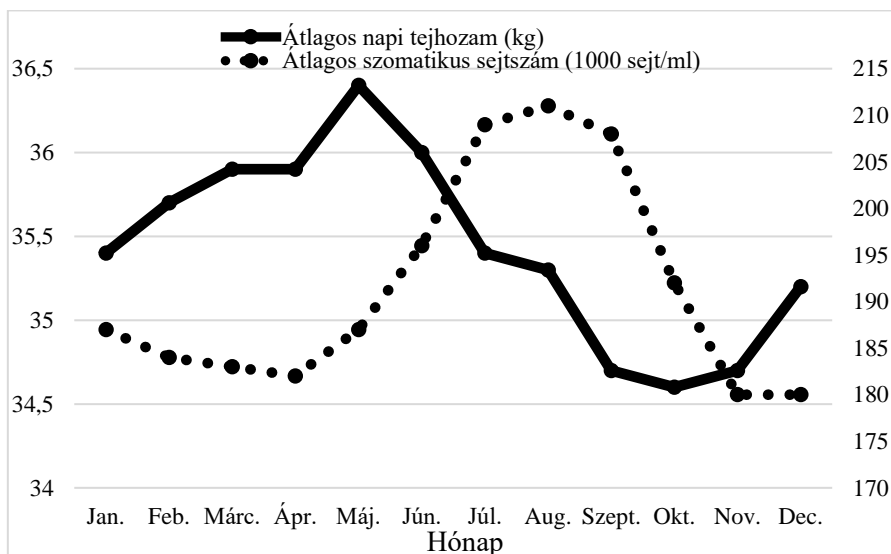
A tejtermelés csökkenéséhez vezető legfőbb változások a csökkent takarmányfelvétel miatt kialakuló energiahány, a bendőemésztés zavara, és a következményes anyagcserezavarok, amelyeket respiratorikus alkalózis és oxidatív stressz is súlyosbíthat. Továbbá -feltételezhetően endotoxinhatás miatt- megemelkedik az inzulinkoncentráció, aminek következtében megváltozik a szénhidrát- és zsíryanagcsere (*Bakony et al., 2019*).

Mivel a véráramlás hűtési célból a perifériás szövetekre tolódik, ez befolyásolhatja az anyagcserét, mely hozzájárulhat a tejtermelés, valamint a tejfehérje tartalom csökkenéshez (*Bernabucci et al., 2002*). A hőstressz hatására bekövetkező tejtermelés csökkenés a korai laktációban 14%, a laktáció középső szakaszában 35% is lehet (*Bernabucci et al., 2010*). *Rhoads et al., (2009)* kutatásai azt mutatják, hogy a hőstressz következtében fellépő tejtermelés csökkenés körülbelül 50%-kal nagyobb, mint az önmagában a takarmányfelvétel csökkenésből várható.

A stressz állapot következtében a vér kortizol koncentrációja növekedik, ami gátolja az oxitocin felszabadulást, ezáltal tejszűrés eredményez (*Chatterjee et al., 2012*). *Rushen et al. (2001)* azt találták, hogy a tejhozam azonnal csökken, ha az állat stresszes vagy idegen környezetnek van kitéve. Ennek eredményeként gyakran feltételezik, hogy a tejtermelés egy közvetlen jólléti mutató, amely lehetővé teszi a termelők számára, hogy figyelemmel kísérjék az állataik egyéni válaszát egy kihívást jelentő eseményre (pl. növekvő környezeti hőmérséklet vagy takarmányváltozás). Azonban más kutatók megkérdőjelezték a tejtermelés jólléti mutatóként való alkalmazását (*Keyserlingk et al., 2009*). Különösen igaz ez a hőstressz alatt álló tehenek esetében, a csökkent szárazanyagfelvétel zavaró hatásai, valamint a megemelkedett környezeti hőmérsékletet követő késleltetett tejtermelés csökkenés miatt. *Collier et al., (1981)* és *Spiers et al., (2004)* vizsgálata alapján 24-48 órás késés van az emelkedett környezeti hőmérséklet és a tejtermelés csökkenés között. *West (2003)* kutatása alapján a tejtermelés-változás előrejelzésére a 48 órával korábbi THI napi átlagértékek használhatók fel leginkább, ugyanis vizsgálataikban a termoneutrális zóna tartományon felül a levegő hőmérsékletének minden 1 °C -kal való emelkedése a napi szárazanyag felvétel 0,85 kilogrammal való csökkenését okozta. Ugyanazon hőmérsékleten, de eltérő páratartalom mellett még szignifikánsabb a különbség: 29 °C és 40%-os relatív páratartalom mellett egy holstein-fríz az ideális termelési szint 97%-át, míg 90%-os páratartalom mellett már

csak 69%-át képes produkálni. A késleltetett hatás magyarázata lehet a megváltozott takarmányfelvétel és takarmányhasznosítás, aminek háttérében a tehen megváltozott endokrin állapota állhat. *Hu et al.*, (2016) megállapították, hogy a hőstresszben lévő tehenek felmérésében a hőstressz következtében fellépő tej beltartalmi változás hasznosabb mutató lehet, mint önmagában a tejmenyiség csökkenése. A hőség közvetlenül is befolyásolhatja a tejmirigy működését, ugyanis a megnövekedett kortizol szint hatására aktiválódik egy tejtermelést szabályzó negatív visszacsatolási folyamat, melynek eredményeként a K^+ -csatornák működésének gátlásával a tejelválasztás csökken, azonban az esti órákban a hőmérséklet csökkenésével a tejtermelés ismét növekszik (*Silanikove et al.*, 2009).

A szomatikus sejtszám csúcsa a nyári hónapokra tehető, ami növelheti a tőgygyulladás előfordulását (*Haas et al.*, 2002; *Lievaart et al.*, 2007). *Tao* (2018) vizsgálataik során megállapították, hogy a napi átlagos THI érték növekedésével a tejhozam csökkent, a szomatikus sejtszám pedig növekedett. *Norman et al.*, (2019) havi bontásban ábrázolja a tejhozam és a szomatikus sejtszám alakulását, ahol szintén megfigyelhető a más szerzők által leírt tendencia (1. ábra).



(*Norman et al.*, 2019)

1. ábra: A hőstressz hatása a tejhozam és a szomatikus sejtszám alakulására
 Figure 1: The effect of heat stress on milk production and somatic cell count

A hőstressz következtében felborul a hormonháztartás egyensúlya, aminek eredményeképpen a tejelválasztásért felelős prolaktin szintje is változik a vérben. A szárazonállási időszakban a prolaktin szintben bekövetkező változás szintén negatív hatást gyakorolhat a későbbi tejtermelésre (*Pragna et al.*, 2017).

Gaughan et al., (2009) arról számoltak be, hogy hőstresszes időszakban gyakrabban fordul elő tőgygyulladás. Azt feltételezték, hogy a meleg környezet kedvező a tőgygyulladást okozó kórokozóknak, valamint negatív hatással van az állatok immunválaszára. Az ilyenkor jelentkező immunszuppresszió következtében az állatok fogékonyabbak a betegségekre (*Das et al.*, 2016; *Pragna et al.*, 2017).

A hőstressz kedvezőtlen hatásai a szaporodásbiológiai folyamatokra

A hőstressz két általános mechanizmus révén zavarhatja a szaporodási folyamatokat. A testhőmérséklet szabályozására szolgáló homeokinetikai változások veszélyeztethetik a reprodukív funkciókat. Ilyen például a véráramlás eloszlása a testmag felől a perifériára, a hővesztés fokozása érdekében. Másik mechanizmus a csökkent takarmányfelvétel, ami csökkenti a metabolikus hőtermelést, ugyanakkor ez az energiaegyensúlyban és a tápanyag elérhetőségében is változást okoz, ez pedig jelentős hatással lehet a nemi ciklusra, a vemhesülésre és a magzat fejlődésére (*Hansen*, 2009).

A hőstressz kihat a tüszőérésre, a sárgatest fejlődésére, a petesejt és az embrió minőségére. Kevésbé érett domináns tüszők alakulnak ki, ami miatt a theca és granulosa sejtek szexuál-szteroid termelése is zavart szenved. A vérben egyrészt kisebb lesz az ösztrogénszint, másrészt pedig a plazma progeszteron szintje annak függvényében nő vagy csökken, hogy a hőstressz heveny vagy idült formában van jelen, valamint, hogy milyen az állat anyagcsere állapota. Ezek a hormonális változások csökkentik a tüszőaktivitást, ezáltal befolyásolják az ovulációt. A méhbeli környezet is változik, ami szintén rontja az embrió minőségét. A hőstressz termékenyülésre gyakorolt hatása nemcsak a nyári gyengébb vemhesülési eredményekben mutatkozik meg, de a kora őszi hónapokra is kihathat. Ez annak az elhúzóó hatásnak az eredménye, amit a nyári meleg okozott azokban a tüszőkben, melyek 49-50 nap múlva válnak domináns tüszővé (*Novotniné et al.*, 2017).

A hőstressz következtében a csökkent fejlődésű kis- és közepes méretű tüszők száma megnövekedik, melynek oka a csökkent inhibin koncentráció és a megnövekedett FSH

elválasztás a preovulációs időszakokban (*De Rensis és Scaramuzzi, 2003*). Emellett a hőstresszes időszakokban az LH (*Hansen, 2009*), valamint az ösztadiol 17 β kiválasztás is csökken (*Roth et al., 2000*). A hormonok visszafogott termelődése mellett a petefészek gonadotrop hormonok iránt való érzékenysége is mérséklődik (*Ahmed et al., 2015*), továbbá a petesejt sérülékenyebbé válik, ezáltal kevésbé lesz alkalmas a megtermékenyülésre (*Kovács és Kovács, 2012*).

Wolfenson, (2009) kutatási eredményei alátámasztják, hogy a termékenyülési problémák hátterében a károsodott petefészek működés, a petesejtek funkcionális zavarai és a gyengébb embrionális fejlődés áll. Az emelkedett környezeti hőmérséklet negatív hatást gyakorol a tehenek természetes ivarzási viselkedésére, azaz csökken az ivarzás kifejeződésének hossza és intenzitása (*Orihuela, 2000*). Egyes szerzők szerint ez a csökkent szárazanyagfelvétel és az azt követő hormonális hatások együttes eredménye (*Westwood et al., 2002*). A még nem termelő üszöknél és az alacsony tejtermelésű teheneknél kevésbé figyelhető meg a fertilitás csökkenése, szemben a magas tejtermelésű egyedekkel, amelyek a magasabb metabolikus hőtermelés miatt nehezebben tudják szabályozni a testhőmérsékletüket (*Sartori et al., 2002*). *Pereira et al., (2013)* kutatása alapján a rektális hőmérséklet érzékeny jóléti indikátor a mesterséges termékenyítés napján, ugyanis azon tehenek esetében, ahol a termékenyítéskor mért rektális hőmérséklet 39,1 °C -nál magasabb volt, a 60 napos vemhesülési arány 21%-ról 15%-ra csökkent.

Az ivarzás megfigyelés problémájára fejlesztették ki a programozott mesterséges termékenyítést, de ezek a programok sem nyújtanak kellő biztonságot a vemhesülésre. Egy izraeli kutatás során a vemhesülési arány az átlagos téli 39%-ról 3-12%-ra esett vissza a nyári időszakban, és még az állatok intenzív hűtése mellett is csak 19-25% volt. Észak-Floridában egy szabad tartású, árnyékolat, vízpermettel felszerelt istállóban lévő csoport esetében a hűvös hónapokban elért 38-46% vemhesülés a nyári meleg hónapokban már csak 11-26% volt. A vemhesülés elmaradásának fő oka a hőstressz káros hatásaként bekövetkező petesejt károsodás és korai embrió elhalás (*Hansen, 2019*).

De Rensis és Scaramuzzi (2003) kutatási eredményei szerint a vemhesülési arány 20-30%-kal csökkenhet a nyári időszakban. A hőstressznek kitett tehenek méhének vérellátottsága romlik és emelkedik a hőmérséklete, ami kedvezőtlen az embrió fejlődése szempontjából (*Mellado et al., 2012*). Egy kutatás során 28-60. napos vemhes teheneket állítottak kísérletbe, mely során a magzatfelszívódást és a vetélés előfordulásának a gyakoriságát vizsgálták. Bizonyított, hogy a hőstressz hatására nagyobb eséllyel fordul

elő ilyen veszteség. A vemhesség 34-45. napja között és a vemhesség 90. napjáig a vetélések aránya 2% volt a hűvös évszakban, szemben a meleg idősakkal, ahol 12% volt ez az érték (*García-Ispuerto et al.*, 2006).

Pragna et al., (2017) azt tapasztalták, hogy ha a vemhesség első 6 napja alatt a testhőmérséklet 39 °C fölé emelkedik, akkor nő az embrióelhalás esélye. A vemhesség előrehaladtával azonban az embrió magas hőmérséklettel szembeni ellenállóképessége jelentősen javul.

KÖVETKEZTETÉSEK

Tartástechnológiai megoldások

A rosszul kialakított környezeti feltételek 20-50%-kal is csökkenthetik a termelési eredményeket, éppen ezért nagy jelentősége van minden olyan hőleadást segítő technikai beavatkozásnak, amely – az istálló környezetében várható időjárási viszonyokhoz igazodva – a termelőistállóban, a pihenőtéren vagy az elővárakozóban a tehenek komfortzónájához leginkább közelálló mikroklimát biztosítja (*Bak és Pazsiczki*, 2004). Különböző hűtési megoldások léteznek a tejtermelő tehenészetek számára, melyek a konvekció, a kondukción, tehát a sugárzás és a párolgás elvein alapulnak. A ventilátorok megkönnyítik a levegő mozgását és fokozzák a hőáramlást, amit a környezeti hőmérséklet csökkentésére és a hőstressz enyhítésére alkalmaznak. Használatuk révén csökkenthető a légzésszám és a rektális hőmérséklet, valamint növekszik a szárazanyagfelvétel (*Armstrong*, 1994).

Bak és Pazsiczki (2008) kutatásukban alátámasztják az adiabatikus hűtés jelentőségét, melynek lényege, hogy szórófejekkel benedvesítik a tehen testfelületét, miközben ventilátorok segítik a víz elpárolgását, ami hőt von el és mérsékli a hőstressz kedvezőtlen állatjóléti hatásait. Ez a rendszer bizonyítottan csökkenti a rektális hőmérsékletet, javítja a szárazanyagfelvételt, a vemhesülési eredményeket és a borjak születési testsúlyát (*West*, 2003).

Takarmányozási stratégia

A hőstressz negatív hatásait a tehen mikrokörnyezetének módosítása mellett takarmányozás-technológiai módszerek segítségével is csökkenthetjük. Költségek szempontjából a legnagyobb befektetést a tartástechnológiai beruházások jelentik, mégis,

a legtöbb eredmény ezen a területen érhető el (*Bak és Pazsiczki, 2004*). A takarmányozás-technológiával kapcsolatos módszerek is hasznosak lehetnek, azonban a legtöbb tanulmány szerint viszonylag kis hatékonyságúak a környezet módosításán alapuló módszerekhez képest (*Orosz és Latos, 2006*).

Takarmány-adalékanyagok alkalmazásával az egyes élettani folyamatokat célzottan segíthetjük, illetve a kedvezőtlen hatásokat mérsékelhetjük. Míg a hűtési technológia alkalmazása az állatok hőleadásának támogatására irányul, a takarmányozási stratégia változtatásának célja elsősorban az energiaellátottság javítása, továbbá az emésztési folyamatok során felszabaduló hő minimalizálása. Ezen megoldások egyrészt a szárazanyagra számított energiabevitel növelésére, másrészt az inzulinhatás és a glükóz hasznosulásának támogatására irányulhatnak. A fejadag nyersrosttartalmának csökkentésével és az abrakhányad növelésével, illetve zsírkiegészítéssel egyaránt csökkenthető a rostbontással járó bendőbeli hőtermelés, valamint nő az energiabevitel mértéke (*Bakony et al., 2019*). Azonban az egészséges bendőműködés és illózsírsavtermelés fenntartása érdekében a napi nyersrost felvétel aránya csak bizonyos mértékig csökkenthető [minimum 19% ADF (acid detergent fibre, savdetergens rost), és 27–33% NDF (neutral detergent fibre, neutrális detergens rost)], továbbá a zsírtartalom szintén csak szűk korlátok között növelhető (maximum 3-5%) (*NRC, 2001*).

A takarmányadagok megváltoztatása esetében szem előtt kell tartani azt is, hogy ezek a módosítások nem elsősorban a hőstressz mérséklését, hanem a káros hatások csökkentését, a homeosztázis fenntartását hivatottak szolgálni. A megelőzési eljárások célja, hogy csökkentsék, vagy meggátolják a szárazanyag-felvétel visszaesését és ezáltal a termelési mutatók romlását (*Bakony et al., 2019*).

Precíziós eszközökben rejlő lehetőségek

A haszonállatok egyedszáma világszerte növekszik, hiszen a népesség növekedésével egyre nagyobb mennyiségű állati fehérje szükséglet merül fel. Ugyanakkor a termelő gazdaságok száma csökken, ami azt jelenti, hogy nagyobb létszámú állatcsoportokkal kell dolgozni. Ezáltal egyre nehezebb követni az állatok egészségi és termelési állapotát. A Mezőgazdaság 4.0 program megjelenésével a precíziós állattenyésztés technológiák elterjedése egyre nagyobb mértékűvé vált. Nagy mennyiségű, valós idejű (ún. real time) adatokat és döntéstámogató rendszereket kínálva a gazdák számára, mint például az istállóklíma szabályozása számítógép-vezérelt automatikus rendszerek segítségével. A

megfigyelés történhet kamerával (valós idejű kép elemzés), mikrofonnal (valós idejű hang elemzés), valamint különféle szenzorokkal (*Berckmans, 2013*). A szenzorokat helyezhetjük az állatokra vagy azok környezetébe, melyek a nap 24 órájában pontos adatokat szolgáltatnak (*Berckmans, 2017*).

A technológia támogatja a döntéshozók munkáját, azonban a biológiai folyamatok elég bonyolultak ahhoz, hogy helyettesítse az embert. Hatékonyabb munkavégzést tesz lehetővé olyan megfigyelési és irányítási rendszer segítségével, mellyel jobban megközelíthetjük a mai állatfajták genetikai potenciálját (*Berckmans, 2017*). Az elmúlt években jelentős előrelépés történt a szenzorok fejlesztésében, melyek lehetővé teszik az állatok aktivitásának, viselkedésének, jóllétének, egészségi és termelési állapotának, valamint az őket körülvevő környezeti feltételek figyelemmel kísérését. Minél több ponton ellenőrizhetjük az állatokat, annál könnyebben észlelhetők a váratlan viselkedésformák és hozhatunk racionális döntéseket (*Meniuer et al., 2018*).

A piacon már elérhetőek a fenti célokat szolgáló eszközök, mint például a fülchipek, transzponderek, lépésszámlálók, bendőbólszok, és az ezek által szolgáltatott adatokat kiértékelő szoftverek. A rendszert irányító programok egyedi szinten határozzák meg a különböző viselkedési formák alapvető paramétereit, és a normál viselkedéstől való bármilyen eltérés esetén a program riasztást küld (*Lokhorst et al., 2019*).

Szaporodásbiológiát támogató eszközök

Számos kísérlet folyik annak kiderítésére, hogy az időzített mesterséges termékenyítési protokollok jobban működnek-e hőstresszes tehenek esetében, mint a nem hőstresszes állatoknál. Ezen időszakokban a GnRH aktívabb analógjainak alkalmazásával csökkenthető az ovulációs problémák előfordulása (*García-Isperto et al., 2019*).

Friedman et al., (2012) azt értékelték, hogy a progeszteron koncentráció növekedése milyen hatással van a hőstresszben lévő tehenek termékenységre. A gesztagén hatású, progeszteron tartalmú készítmény (CIDR) alkalmazása a termékenyítést követő 5. és 18. nap között nem okozott javulást a vemhesülésben, de a kezelésnek pozitív hatásai voltak a gyenge kondíciójú vagy ellés utáni méhbetegségben szenvedő teheneknél. *Shabankareh et al., (2010)* szerint a humán korion-gonadotropinnal (hCG) végzett kezelés az inszeminációt követő 5. napon növelte a vemhesülési arányt nyáron (24%-ról 38%-ra) és télen (35%-ról 47%-ra) egyaránt, azonban *Zolini et al., (2019)* kutatásukban javulást csak

az elsőborjas teheneknél tapasztaltak. *Mendonça* (2016) GnRH-val végzett kezelése a termékenyítést követő 5. napon vagy a 0. és 5. napon alkalmazva egyaránt növelte a vemhesülési eredményeket, de csak a harmadik vagy nagyobb laktációs sorszámú teheneknél.

Egyes szerzők szerint a kulcs az, hogy az embrió mihamarabb rezisztensé váljon az anyai hipertermia ellen (*Edwards és Hansen, 1997; Krininger et al., 2002; Sakatani et al., 2004*). A tüsző érése kb. 120 napig tart, ez idő alatt – legalább az ovulációt megelőző 105 napban – a hőstressz károsíthatja a petesejtet (*Hansen, 2013*) A megtermékenyülést követően az embrió 1-4 sejtes állapotban van, tehát a genom -amely megvédené a hőstressz negatív hatásaitól- még nem aktiválódott. A termékenyülést követő 3-4. napon, az embrió 8-16 sejtes állapotában már aktiválódik a gén, így 3, 5 vagy 7 nap múltán kevésbé van hatással a hőstressz az embrió túlélésére (*Graf et al., 2014*). *Pragna* (2017) eredményei is alátámasztják, hogy ha a hőstressz a termékenyülést követő 7. napon túl jelentkezik, kevésbé van káros hatással, mint a vemhesség korábbi szakaszában vagy az ovuláció előtti időszakban. Erre a problémára lehet jó eszköz az embrió transzfer (ET), mellyel az embrió az ivarzást követő 7-8. napon kerül beültetésre. Az embrió erre az időpontra megszerezheti az ellenálló képességet, hogy túléljen és képes legyen fejlődni a hőstresszel terhelt anyaméhben. Az ET hatékonysága a nyári időszakban abban keresendő, hogy míg a petesejtek tág időintervallumban hajlamosak a hőstressz okozta károsodásra, addig a korai embrió szintén érzékeny ugyan, de a hőérzékenysége rövidebb ideig tart (*Edwards és Hansen, 1997*). A kutatási eredmények alapján elmondható, hogy embrió transzferrel kétszer jobb vemhesülési arányt lehet elérni a hagyományos mesterséges termékenyítéshez képest hőstresszes időszakban, azonban amikor a hőstressz nem olyan súlyos, hogy károsan befolyásolja a reprodukciós folyamatokat, akkor embrió transzferrel is csak hasonló eredményt lehet elérni, mint a hagyományos mesterséges termékenyítéssel (*Hansen, 2019*).

A hőstressz reprodukcióra gyakorolt negatív hatását genetikai szelekcióval is lehet csökkenteni, ugyanis holstein-fríz fajtában a hőstressz alatti testhőmérséklet öröklődhetőségi értéke 0,17 (*Dikmen et al., 2012*), míg a hőstressz alatti tejhozamcsökkenés öröklődhetőségi értéke 0,19 (*Nguyen et al., 2016*). Ausztráliai adatok alapján a genetikailag hőtoleránsabb tehenek nagyobb fertilitási tenyésztéssel rendelkeznek. Ugyanakkor a tejhozamra való genetikai képességük alacsonyabb, ezért

olyan tenyésztési stratégiákat kell kidolgozni, amelyek lehetővé teszik a kiváló hőtoleranciát biztosító gének kiválasztását a tejhozam veszélyeztetése nélkül.

Nem egyszerű döntés, hogy milyen stratégiát alkalmazzunk a hőstressz vemhesülési eredményekre gyakorolt negatív hatásainak csökkentésére. Az ET hatékony lehet, azonban költséges, így nem biztos, hogy gazdasági szempontból megéri az adott gazdaságnak. Emellett a nyáron, hőstressz-időszakban történő vemhesülés hosszú távú negatív következményekkel járhat a borjúra nézve (Hansen, 2019). Pinedo és DeVries (2017) szerint a nyári időszakban fogant üszők idősebb korukban ellenek először, kevesebb eséllyel élnek meg a második ellésüket, ellést követően kitolódik az első termékenyítés és vemhesülés ideje, valamint kisebb tejhozamot produkálnak a télen fogant társaikhoz képest. Allen *et al.*, (2015) kiemelte, hogy a csökkenő tejtermelés és a gyengébb szaporodásbiológiai eredmények a leggyakrabban vizsgált mutatók a hőstresszben szenvedő tejelő tehének egészségi állapotát tekintve. Az ezekkel kapcsolatos mutatók állomány szinten könnyen mérhetők és ráadásul közvetlen kapcsolatban állnak az ágazat jövedelmezőségével. A fejlesztésekre fordított összegek azonban nem mindig térülnek meg, aminek okait fel kell tárni. Ehhez adott esetben a környezeti stresszorokhoz való alkalmazkodás élettani mechanizmusának magasabb szintű megértése szükséges.

HEAT STRESS CHALLENGES IN PHYSIOLOGICAL, PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF DAIRY CATTLE

SZALAI SZILVIA – VARGA FERENC BENCE – PAJOR FERENC – BODNÁR
ÁKOS – KOVÁCS LEVENTE

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő

SUMMARY

Due to the ongoing climate change, heat stress is getting more and more attention in Hungary. Its negative economic effects can be experienced in all areas of agriculture, including animal husbandry. This is especially true for high-producing dairy farms due to the genetic progress, as high-yielding Holstein cows are sensitive to temperature extremes. Various physiological problems may arise during heat stress episodes in

summer, which negatively affect the effectiveness of production and reproduction. Producers should fit the conditions to the animals' needs that help to maintain milk production and herd reproductive performance during these periods. Consequently, it is essential to know the physiological needs of the animals. A number of innovative technological solutions are available, which can serve as a basis for sustainable animal husbandry.

Keywords: heat stress, dairy cow, HSP, THI, production-reproduction problems

IRODALOMJEGYZÉK

Ahmed, A. - Tiwari, R. - Mishra, G. - Jena, B. - Dar, M. - Bhat, A. (2015): Effect of Environmental Heat Stress on Reproduction Performance of Dairy Cows - A Review. *International Journal of Livestock Research*, 5, 10-18.

Allen, J. D. - Hall, L.W. - Collier, R. J. - Smith, J. F. (2015): Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science* 98, 118–127.

Armstrong, D. V. (1994): Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77:2044–2050.

Bajagai, Y. S. (2011): Global Climate Change And Its Impacts On Dairy Cattle. *Nepalese Veterinary Journal*. 30, 2-16.

Bak J. - Pazsiczki I. (2004): Szarvasmarha istállók természetes szellőztetése. FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Szaktanácsadási füzetek, Gödöllő 27.

Bak J. - Pazsiczki I. (2008): Tehénedvesítéses hőstresszmérés, módszerek, hatékonyság. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 4: 69-77.

Bakony M. - Könyves L. - Hejel P. - Kovács L. - Jurkovich V. (2019.): Hőstressz tejelő tehenekben I. A tejtermelés-csökkenés háttérében álló élettani tényezők Irodalmi összefoglaló. *Magy. Állatorvosok Lapja*, 141. 341–350.

Berckmans, D. (2013): Basic principles of PLF: Gold standard, labelling and field data. In: *Proceedings of the 6th European Conference on Precision Livestock Farming*, Leuven. p. 21–29.

Berckmans, D. (2017): General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 7, 6-11.

- Berman, A. J.* (2005): Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *J. Anim. Sci.* 83:1377-1384.
- Bernabucci, U.- Lacetera, N.- Baumgard, L.H.- Rhoads, R. P.- Ronchi, B.- Nardone, A.* (2010): Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4, 1167–1183.
- Bernabucci, U.- Lacetera, N.- Ronchi, B.- Nardone, A.* (2002): Effects of the hot season on milk protein fractions in Holstein cows. *Animal Research* 51, 25–33.
- Bohmanova, J. - Misztal, I. - Cole, J. B.* (2007): Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. *Journal of Dairy Science*, 90, 1947–1956.
- Brügemann, K. - Gernand, E. - von Borstel, U. U. - König, S.* (2011): Genetic analyses of protein yield in dairy cows applying random regression models with time-dependent and temperature x humidity- dependent covariates. *J. Dairy Sci.* 94, 4129–4139.
- Chatterjee, A. - Thirumeignanam, D. - Singh, A. K.* (2012): Heat stress in dairy: heat stress takes toll on dairy animal. <http://en.engormix.com/MA-dairy-cattle/management/articles/heat-stressin-dairy-t2165/124-p0.htm>
- Chebel, R. C., Santos, J. E. P. - Reynolds, J. P. - Cerri, R. L. A. - Juchem, S. O. - Overton, M.* (2004): Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 84:239–255.
- Collier, R. J. – Collier, J. L.* (2008): Genes involved in the bovine heat stress response. *J. Dairy Sci.*, 91. 445–454.
- Collier, R. J. – Coppola, C. – Wolfgram, A.* (2003): Novel approaches for the alleviation of climatic stress in farm animals. In: Lacetera, N. – Bernabucci, U. et al., (ed): Interactions between climate and animal production. EAAP Technical Series vol. 7. Wageningen Academic Publisher, The Netherlands, 61–72.
- Collier, R. J. - Eley, R. M. - Sharma, A. K. - Pereira, R. M. - Buffington, D. E.* (1981): Shade management in subtropical environment for milk yield and composition in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 64:844 849.
- Cook, N. B. - Mentink, R. L. - Bennett, T. B. – Burgi, K.* (2007): The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:1674–1682.
- Das, R. - Sailo, L. - Verma, N. - Bharti, P. - Saikia, J. - Imtiwati, Kumar, R.* (2016): Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*, 9, 260–268.

De Rensis, F. - García-Ispierto, I. - López-Gatius, F. (2015): Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. *Theriogenology* 84:659–666.

De Rensis, F. - Scaramuzzi, R. J. (2003): Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—A review. *Theriogenology* 60, 1139–1151.

Dikmen, S. – Cole, J. B. – Null, D. J. – Hansen, P. J. (2012): Heritability of rectal temperature and genetic correlations with production and reproduction traits in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 95:3401-3405.

Edwards, J. L. & Hansen, P. J. (1997): Differential responses of bovine oocytes and preimplantation embryos to heat shock. *Mol. Reprod. Dev.* 46, 138–145.

Flanagan S. W. - Ryan A. J. - Gisolfi C. V. - Moseley P. L. (1995): Tissue-specific HSP70 response in animals undergoing heat stress. *Am J Physiol.* (1 Pt 2): R28-32

Friedman, E. – Roth, Z. – Voet, H. – Lavon, Y. - Wolfenson D. (2012): Progesterone supplementation postinsemination improves fertility of cooled dairy cows during the summer. *J Dairy Sci*, 95:3092-3099.

García-Ispierto, I. - De Rensis, F. - Pérez-Salas, J. A. – Nunes, J. M. – Pradés, B. - Serrano-Pérez, B. - López-Gatius, F. (2019): The GnRH analogue dephereline given in a fixed-time AI protocol improves ovulation and embryo survival in dairy cows. *Res Vet Sci*, 122:170-174.

García-Ispierto, I. - López-Gatius, F. - Santolaria, P. - Yániz, J. L. - Nogareda, C. - López-Béjar, M. - De Rensis, F. (2006): Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. *Theriogenology*, 65: 799-807.

Gaughan, J. – Lacetera, N. – Valtora, E. – Khalifah, H. H. - Hahn, L. – Mader, T. (2009): Response of domestic animals to climate challenges. In *Biometeorology for adaptation to climate variability and change* (ed. KL Ebi, I Burton and GR McGregor), pp. 131–170. Springer, Auckland, New Zealand.

Graf, A. – Krebs, S. – Zakhartchenko, V. – Schwalb, B. – Blum, H. - Wolf E. (2014): Fine mapping of genome activation in bovine embryos by RNA sequencing. *Proc Natl Acad Sci USA*, 111:4139-4144.

Grant, R. - Albright, J. (2001): Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 84, E156–E163

- Haas, Y. – Barkema, H. W. – Veerkamp, R. F.* (2002): The effect of pathogen-specific clinical mastitis on the lactation curve for somatic cell count J. Dairy Sci., 85 pp. 1314-1323
- Hall, D. M. – Oberley, T. D. – Moseley, P. M. – Buettner, G. R. – Oberley, L. W. – Weindruch, R. – Kregel, K. C.* (2000): Caloric restriction improves thermotolerance and reduces hyperthermia-induced cellular damage in old rats. FASEB J. (1):78-86
- Hammami, H. - Bormann, J. - M'hamdi, N. - Montaldo, H. H. - Gengler, N.* (2013): Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of holsteins in a temperate environment. J. Dairy Sci. 96,1844–1855.
- Hansen P. J.* (2009): Effects of heat stress on mammalian reproduction, Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 364 (1534), p 3341-3350
- Hansen, P. J.* (2013): Cellular and molecular basis of therapies to ameliorate effects of heat stress on embryonic development in cattle. Anim Reprod; 10:322-333.
- Hansen P. J.* (2019): Reproductive physiology of the heat-stressed dairy cow: implications for fertility and assisted reproduction, Anim. Reprod., Vol 16, No. 3, p.497-507
- Hu, H. - Zhang, Y. - Zheng, N. - Cheng, J. - Wang, J.* (2016): The effect of heat stress on gene expression and synthesis of heat-shock and milk proteins in bovine mammary epithelial cells. Anim. Sci. J. 87:84–91.
- Húsvéth F. (szerk.)(2000): A gazdasági állatok élettana az anatómia alapjaival, Mezőgazda Kiadó, 109-110.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (2007): Palaeoclimate. In Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (ed. S Solomon, D Qin, M Manning, Z Chen, M Marquis, KB Averyt, M Tignor and HL Miller). pp. 433–497. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Ji, Boyu. - Wang, C. - Banhazi, T. M., Li, B.* (2017): PLF technologies: model development for solving heat stress problems on dairy farms. Conference: 8th European Conference on Precision Livestock Farming, Nantes, France
- Kadzere, C. T. – Murphy, M. R. – Silznikove, N. – Maltz, E.* (2002): Heat stress in lactating dairy cows: a review. Livestock Production Science 77, 59–91.

- Keyserlingk, M. A. G. - Rushen, J. - de Passillé, A. M. - Weary, D. M.* (2009): Invited review: The welfare of dairy cattle—Key concepts and the role of science. *J. Dairy Sci.* 92:4101–4111.
- Kovács, L., Kovács, A.* (2012): A hőstressz megelőzésének és mérséklésének módszerei a tejelő szarvasmarhatartásban. *Animal welfare, ethology and housing systems.* 8. 1. 44-59.
- Krinninger III, C. E. - Stephens, S. H. - Hansen, P. J.* (2002): Developmental changes in inhibitory effects of arsenic and heat shock on growth of preimplantation bovine embryos. *Mol. Reprod. Dev.* 63, 335–340.
- Lievaart J. J. – Barkema, H. W. – Kremer, W. D. J. - van den Broek J. – Verheijden, J. H. M. – Heesterbeek, J. A. P.* (2007): Effect of herd characteristics, management practices, and season on different categories of the herd somatic cell count *J. Dairy Sci.*, 90 pp. 4137-4144
- Lokhorst, C. - de Mol, R. M. - Kamphuis, C.* (2019): Invited review: Big data in precision dairy farming. *Animal*, 13, 1519–1528
- Mendonça, L. G. D.* (2016): Treatment of lactating dairy cows with gonadotropin-releasing hormone before first insemination during summer heat stress. *J Dairy Sci*, 99:7612-7623
- Moberg, G. P.* (2000): Biological response to stress: Implications for animal welfare. In: Moberg, G. P. – Mench, J. A. (ed.): *The biology of animal stress.* CABI, Wallingford, UK, 1–21.
- Müschner - Siemens, - T. Hoffmann, G. - Ammon, C. - Amon, T.* (2020): Daily rumination time of lactating dairy cows under heat stress conditions. *J. Therm. Biol.* 88:102484
- National Research Council (NRC) (2001): *Nutrient requirements of dairy cattle.* 7th ed. National Academy Press. Washington, D.C., USA.
- Nguyen, T. T. T. – Bowman, P. J. - Haile-Mariam, M. – Pryce, J. E. – Hayes, B. J.* (2016): Genomic selection for tolerance to heat stress in Australian dairy cattle. *J Dairy Sci*, 99:2849-2862.
- Norman, H. D. - Guinan, F. L. Walton, L. M. - Dürr, J.* (2019): Somatic cell counts of milk from Dairy Herd Improvement herds during 2019. Council on Dairy Cattle Breeding, Beltsville, MD
- Novotniné Dankó Gabriella - Rónai Ákos - Tóth Péter Pál - Szabó Dávid - Balogh Péter - Kovácsné Koncz Nóra* (2017): Nyári meleg okozta hőstressz hatásának vizsgálata a

tejelő szarvasmarha szaporodásbiológiai mutatóira, Magyar Állatorvosok Lapja 139 (12) 717-727.

Orihuela, A. (2000): Some factors affecting the behavioral manifestation of oestrus in cattle: A review. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70:1–16.

Orosz Sz.- Latos, S. (2006): A hőstressz hatása tejelő szarvasmarhában. *Holstein Magazin*, 14:43-49.

Pál L. – Nagy Sz. – Bercsényi M. – Husvéth F. (2012): Hősokkféherjék jelentősége az élettani stresszválasz folyamatában. *Proceedings of 54. Georgikon Napok*, 371–379.

Pereira, M. H. C. - Rodrigues, A. D. P. Martins, T. - Oliveira, W. V. C. - Silveira, P. S. A. Wiltbank, M. C. – Vasconcelos, J. L. M. (2013): Timed artificial insemination programs during the summer in lactating dairy cows: Comparison of the 5-d Cosynch protocol with an estrogen/progesterone-based protocol. *J. Dairy Sci.* 96:6904–6914.

Pinedo P. J. - De Vries, A. (2017): Season of conception is associated with future survival, fertility, and milk yield of Holstein cows. *J Dairy Sci*, 100:6631-6639.

Pragna, P. - Archana, P.R. - Aleena, J. - Sejian, V. - Krishnan, G. - Bagath, M. - Manimaran, A. - Beena, V. - Kurien, E. K. - Varma, G. - Bhatta, R. (2017) :Heat Stress and Dairy Cow: Impact on Both Milk Yield and Composition. *International Journal of Dairy Science* 12, 1–11.

Reiczigel J. - Solymosi N. - Könyves L. - Maróti-Agóts A. - Kern, A. - Bartyi J. (2009): A hőstressz okozta tejtermelés-kiesés vizsgálata hőmérséklet-páratartalom indexek alkalmazásával. *Magyar Állatorvosok Lapja* 131 (3):137–144.

Renaudeau, D.- Collin, A.- Basilio, de V.- Gourdine, J. L.- Collier, R. J. (2012): Adaption to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production, *Animal* V 6, I 5: 707-728.

Rhoads, M. L. - Rhoads, R. P. - VanBaale, M. J. - Collier, R. J. - Sanders, S. R. - Weber, W. J. Crooker, B. A. - Baumgard, L. H. (2009): Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.* 92:1986–1997.

Ríos-Utrera, Á. - Calderón-Robles, R. C. - Galavíz-Rodríguez, J. R. - Vega-Murillo, V.E. - Lagunes-Lagunes, J. (2013): Effects of Breed, Calving Season and Parity on Milk Yield, Body Weight and Efficiency of Dairy Cows under Subtropical Conditions. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5 (6): 226-232.

Roche, J. R. - Friggens, N. C. Kay, J. K. - Fisher, M. W. - Stafford, K. J. – Berry, D. P. (2009): Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 92:5769–5801.

Roth, Z. – Meidan, R. - Braw-Tal, R. – Wolfenson, D. (2000): Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *J Reprod Fertil*, 120:83-90

Roussel, A. J. (1999): Fluid therapy in mature cattle. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 15:545–557.

Rushen, J. - Munksgaard, L. - Marnet, P. G. - De Passillé, A. M. (2001): Human contact and the effects of acute stress on cows at milking. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73:1–14.

Sakatani, M. - Kobayashi, S. - Takahashi, M. (2004): Effects of heat shock on in vitro development and intracellular oxidative state of bovine preimplantation embryos. *Mol. Reprod. Dev.* 67, 77–82.

Sartori, R. - Sartor-Bergfeld, R. – Mertens, S. A. – Guenther, J. N. – Parrish, J. J. - Wiltbank, M. C. (2002): Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J Dairy Sci*, 85:2803-2812

Shabankareh, H. K. – Zandi, M. – Ganjali, M. (2010): First service pregnancy rates following post-AI use of HCG in Ovsynch and Heatsynch programmes in lactating dairy cows. *Reprod Domest Anim*, 45:711-716.

Shwartz, G. - Rhoads, M. L. - VanBaale, M. J. - Rhoads, R. P. – Baumgard, L. H. (2009): Effects of a supplemental yeast culture on heatstressed lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 92:935–942.

Spiers, D. E. - Spain, J. N. - Sampson, J. D. - Rhoads, R. P. (2004): Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology* 29, 759–764.

Takács D. (2003): Istálló klimatechnikai vizsgálata. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Áramlástan Tanszék. 20. <http://www.mm.bme.hu/~takacs/tudomany/istallo.pdf>

Tao, S. – Orellana, R. – Weng, X. – Marins, T. – Dahl, G. - Bernard J. (2018): Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function *J. Dairy Sci.*, 101, pp. 5642-5654

Wagner, P.E. (2001): Heat stress on dairy cows. Dairy Franklin Country Publishers, USA.

West J. W. (2003): Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86, 2131–2144.

Westwood, C. T. - Lean, I. J. – Garvin, J. K. (2002): Factors influencing fertility of Holstein dairy cows: a multivariate description. *J. Dairy Sci.* 85:3225–3237.

Wiersma, F. – Armstrong, D. V. (1989): Microclimate modification to improve milk production in hot arid climates. In *Proceedings of the 11th International Congress on Agricultural Engineering*. Agricultural Engineering (ed. VA Dodd and PM Grace), pp. 1433–1440. A. Balkema Publishers, Rotterdam, the Netherlands.

Wolfenson, D. (2009): Impact of heat stress on production and fertility of dairy cattle. In *Proceedings of the 18th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference*, Fort Wayne, IN, USA, 21–22 April 2009, pp. 55–59.

Zimbleman, R. B. – Rhoads, R. P. – Rhoads, M. L. - Duff G. C. – Baumgard, L. H. and Collier, R. J. (2009): A re-valuation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. *Proceedings of the 24th Annual Southwest Nutrition and Management Conference*, pp. 158–168.

Zolini, A. M. - Ortiz, W. G. - Estrada-Cortes, E. – Ortega, M. S. – Dikmen, S. – Sosa, F. - Giordano J. O. - Hansen P. J. (2019): Interactions of human chorionic gonadotropin with genotype and parity on fertility responses of lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 102:846-856.

A szerzők levélcíme – Address of authors:

Szalai Szilvia

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Szalai.Szilvia.2@phd.uni-mate.hu

Varga Ferenc Bence

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Varga.Ferenc.Bence@phd.uni-mate.hu

Pajor Ferenc

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Pajor.Ferenc@uni-mate.hu

Bodnár Ákos

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Bodnar.Akos@uni-mate.hu

Kovács Levente

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Kovacs.Levente@uni-mate.hu



KÉPALKOTÁSI ELJÁRÁSOK A PRECÍZIÓS GAZDÁLKODÁSBAN

ZSEBŐ SÁNDOR¹ – MILICS GÁBOR² – KOVÁCS ATTILA¹

¹Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Mosonmagyaróvár

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

ÖSSZEFOGLALÁS

A növénytermesztés sikerének egyik kulcsfontosságú lépése a megfelelő gyomszabályozás. Cikkünkben a precíziós gazdálkodás adta gyomdetektálási és osztályozási módszereket vesszük sorra, kiemelten foglalkozva a gyomok által visszavert elektromágneses hullámok detektálásával. Ismertetjük a különböző kultúrnövényekben végzett szabadföldi és mesterséges környezetben végrehajtott kísérleteket, valamint bemutatjuk azok eredményeit. Megmutatjuk az alkalmazott kiértékelési módszereket, azok hiányosságait és ismertetjük a mesterséges intelligenciával kapcsolatos eredményeket, amelyek a jövőben áttörést jelenthetnek a gyomok detektálása és osztályozása tekintetében. Az összeállításban bemutatjuk a precíziós gyomszabályozás aktuális helyzetét, jövőbeli kihívásait és megoldásait.

Kulcsszavak: precíziós (helyspecifikus) gyomszabályozás, detektálás, osztályozás, mesterséges intelligencia

BEVEZETÉS

Napjainkban komoly aggályok merülnek fel a talajjal és a vízellátottsággal kapcsolatban, mivel ezen erőforrásokat többé már nem tekintjük kimeríthetetlennek (*Sun et al., 2017; Zhang et al., 2020*). A precíziós gazdálkodás éppen ezen erőforrások megőrzésében nyújthat segítséget, emellett alkalmazásával növelhetjük a terméshozamokat és csökkenteni tudjuk a vetésterületek változatosságát, valamint a

kijutatott inputanyagok mennyiségét (Yost *et al.*, 2017). Röviden kifejezve a precíziós gazdálkodás nem szól másról, mint a „megfelelő helyen, a megfelelő időben, a megfelelő termék előállítását” (Pivoto *et al.*, 2018).

Jelen cikkünk célja, hogy betekintést nyerjünk a precíziós gazdálkodás, azon belül pedig a gyomszabályozás aktuális helyzetébe, bemutassuk a rendelkezésre álló eszközöket, elvégzett kísérleteket, publikált eredményeket, valamint a gyomok detektálását és osztályozását hátráltató problémákat.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Precíziós gazdálkodás

De Clercq et al. (2018) szerint a precíziós gazdálkodásra tekinthetünk úgy is, mint a mezőgazdaság 4.0 korszaka, amely ígérete szerint forradalmasítja a mezőgazdasági termelést a monitoring és intervenció technológiák által. Célja a termelés hatékonyságának növelése és a környezeti hatások csökkentése. A precíziós gazdálkodás során használt informatikai technológiák (Information Technologies - IT) alkalmazásával különböző adatok gyűjthetők össze a táblákról, amelyek segítik a gazdákat, hogy könnyebben felismerhessék a termelési erőforrások térbeli és időbeli változásait (Aubert *et al.*, 2012). Paxton *et al.* (2011) szerint az IT-k hozzájárulnak a megfelelő döntéshozáshoz műszaki, gazdasági és környezetvédelmi szempontból is. A fejlett információfeldolgozási technológiáknak köszönhetően, olyan innovatív, a precíziós gazdálkodás alapjául szolgáló rendszerszemléletek segítik a gazdálkodók termelését, mint a különböző mennyiségű kijuttatási technológiák, a légi és műholdas távérzékelés, a multispektrális és hiperspektrális földközeli eszközök, számítógépes modellezések, globális helymeghatározó rendszerek (GPS), valamint a földrajzi információs rendszerek (GIS) (Waheed *et al.*, 2006). A számítógépes látási technikák (Computer vision technologies) digitális képeket használnak a világ észlelésére és megértésére, képesek pontos, helyspecifikus információkat szolgáltatni a növényekről és azok környezetéről. Alkalmazástól függően a számítógépes látórendszer (Computer vision system) különböző érzékelési módokat használ, mint például a színes vagy RGB (red, green, blue) képalkotást, amely vizuális szemrevételezés céljából szimulálja az emberi látást, míg a közeli infravörös (NIR), multispektrális vagy hiperspektrális képalkotást a nehezebben megfogható biológiai folyamatok érzékeléséhez, a távolságmérő érzékelőket pedig a

geometriai méréseknél veszi igénybe. A hiperspektrális képeken közvetlen értékelést végezhetünk a vizsgált anyagon, valamint a kiválasztott paraméter földrajzi eloszlását is megtudhatjuk (Lodhi et al., 2019). Több kutató is hiperspektrális képek segítségével vizsgálta a növények klorofill tartalmát, gombás betegségeit vagy éppen a szárazságtűrő képességüket (Yang et al., 2015; Bauriegel et al., 2014; Gerhards et al., 2019). Napjainkban a gépi látást széles körben használják a precíziós mezőgazdasági feladatoknál, mint például a növények monitorozása, valamint fenotípus vizsgálata, a gyomirtás, a betakarítás, a járművezetés és a hozamtérképezés (Bulanon et al., 2020; Mavridou et al., 2019; Patrício et al., 2018; Wang et al., 2019; Wang et al., 2022).

Helyspecifikus gyomszabályozás

A növényvédelem egy viszonylag új alkalmazási iránya a helyspecifikus gyomszabályozás (Site Specific Weed Management - SSWM). A gyomok veszélyforrást jelenthetnek a környezetre, az emberi egészségre, a mezőgazdasági termelékenységre, környezetvédelmi szempontból pedig megzavarják az ökológiai társulások egyensúlyát és csökkentik a fajok sokszínűségét (Adkins et al., 2014; Gharde et al., 2018). A hagyományos kijuttatáshoz képest - ami a tábla teljes területén történik - a helyspecifikus gyomszabályozásnál csak a gyomokkal borított területre juttatunk ki növényvédő szert, mellyel jelentősen csökkentjük a herbicidek által okozott környezeti terhelést (Lottes et al., 2018). Haug et al. (2014) szerint a helyspecifikus növényvédelem sikere a gyomok és kultúrnövények pontos megkülönböztetésén alapul. A gyomnövények kimutatásában nagy segítséget jelenthet a pilóta nélküli légi jármű (UAV-Unmanned Aerial Vehicle) alkalmazása, ahol két különböző megközelítés létezik. Egyik módszer a spektrális különbözőség, mivel a gyom- és kultúrnövény által visszavert elektromágneses hullámok spektrumai között különbségek mutathatók ki, amely már hosszú múltra tekint vissza a nem UAV távérzékelés tekintetében is (López-Granados, 2011). A másik eljárást a gyomnövények tenyésztésének kezdetén, röviddel a csírázás után használják. Ennél a megoldásnál nagy felbontású képekre van szükség, amelyekhez az UAV-k egyedülálló lehetőséget kínálnak. Az objektum alapú képelemzési (OBIA - Object-Based Image Analysis) módszerek felülműlják a hagyományos pixel-alapú módszereket. Az OBIA módszerben az elemzések nem egyedi pixeleken, hanem hasonló spektrális tulajdonságú objektumokon, szomszédos pixelcsoportokon történik. Jó eredmények érhetők el (módosított) RGB kamerákkal, mivel ezen eszközök térbeli felbontása meghaladja a

spektrális felbontást. A jelenlegi kutatások biztató eredményeket mutatnak a gyomok soron belüli kimutatásával kapcsolatban (*De Castro*, 2018), valamint a félig automatizált módszereknél is, ahol a gépi tanulási technológiákat (Machine learning technology) használják a gyomok-kultúrnövények kiszűrésére, amelyek jelentősen csökkentik a gyomok kézi osztályozásának időigényes munkáját a tanuló adatbázis elkészítése során (*Gao et al.*, 2018; *Khan et al.*, 2022). A precíziós gyomszabályozásban a hozamnövekedés tekintetében is nagy potenciál rejlik, azonban a rendszer legfőbb akadályát egy olyan gyomdetektáló algoritmus kifejlesztésével lehetne megszüntetni, amelyet komplex növénytermesztési környezetben is lehetne alkalmazni (*Olsen et al.*, 2019).

Elektromágneses hullámhossztartományok és az azokat mérő érzékelők

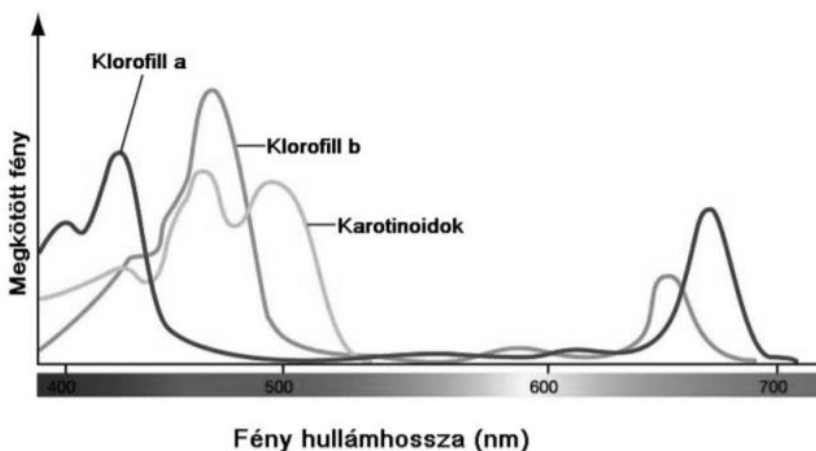
A leggyakrabban használt felszínközeli valós idejű szenzorok a spektrometrikus, optoelektronikus és RGB-NIR képérzékelők. A spektrometrikus érzékelők több hullámhosszon mérik a visszaverődés intenzitását, ezáltal elegendő információt szolgáltatnak a vegetáció és a talajok megkülönböztetéséhez, ellenben ez a módszer a fajok differenciálásához már kevés, különösen a korai fejlődési stádiumban, amikor a kultúrnövényeknek és a gyomoknak nagyon hasonlóak a visszaverődési tulajdonságaik (*López-Granados*, 2011; *Peteinatos et al.*, 2014).

Számos esetben a VIS-NIR (Visible-Near Infrared) spektroszkópia segítségével különítik el a gyomnövényeket a kultúrnövényektől, azonban ezek a kutatások rendszerint laboratóriumi vizsgálatokra korlátozódnak, gyakran kemometriás módszerek segítségével választják ki a megfelelő hullámhosszokat, valamint állapítják meg a kalibrációs modelleket (*Che'Ya*, 2016; *Dammer et al.*, 2013; *de Castro et al.*, 2012).

Az elektromágneses spektrum kiemelt (gyomdetektálás szempontjából fontos) tartományai (1. ábra):

- Látható fénytartomány (VIS-Visible; 380–720 nm) (2. ábra): A látható hullámhossz 380-tól 720 nm-ig terjed. A zöld növények fő fotoszintetikus pigmentje - a klorofill - ami csak a látható fényt (380–500 nm) képes megkötni. Ezt a sugárzási tartományt nevezzük fotoszintetikusan aktív radiációnak (PAR) (*Turcsányi et al.*, 2005). Elsősorban az élő növényzetnél alacsony a visszaturközödés, ami 5-10%-nál kevesebb is lehet, viszont a zöld csúcsonál (green peak ~550 nm) a visszaverődés akár több mint kétszerese lehet a környező

hullámhosszokhoz viszonyítva. A növények levélpigmentjei fontos tényezők a megkülönböztethetőség szempontjából (*Fernandes et al., 2013*), annak ellenére is, hogy a látható fény hullámhosszai általában kevésbé összehasonlíthatók, mint a hosszabb hullámhosszok (*Asner, 1998; Ollinger, 2011*). A pigmentek közül a klorofill A és B befolyásolja legnagyobb mértékben az abszorpciót. A legtöbb osztályozás a látható fénytartományban történik, ebből is a vizsgálatok során csak bizonyos sávokat választanak ki. A látható fénytartomány három nagy sávra osztható fel, amelyek azt szinte teljesen lefedik: a kék / kék-zöld szélé (400–499 nm), a zöld csúcspontja 550 nm körül, és a vörös minimum (650–700 nm) (*Thenkabail et al., 1999*).

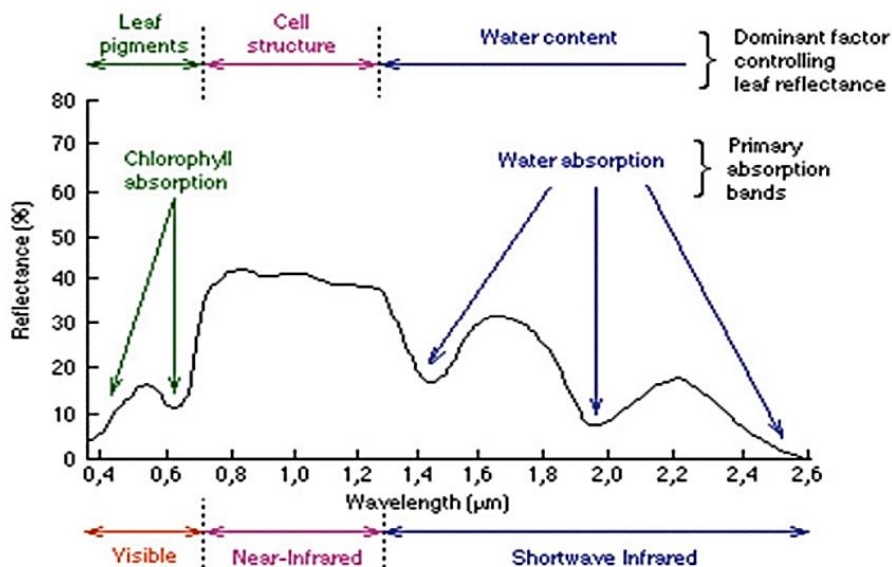


1. ábra: Egyedi levél fénymegkötése a klorofill a, klorofill b és karotinoidok tekintetében (*Anda et al., 2010*)

Figure 1: Individual leaf light fixation with respect to chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids (Anda et al., 2010)

- Közeli infravörös (NIR–Near Infrared; 680–1327 nm) (2. ábra): Vannak szerzők, akik a NIR tartományt úgy definiálják, hogy az a vörös részen belüli hullámhosszakat (680–780 nm) is tartalmazza (*Jonas et al., 2010*), azonban a legtöbb szerző a vörös vállon, vagy vörös élen túli tartományt tekinti csak annak (*Cortés et al., 2019; Chen et al., 2020*). Ezek alapján a NIR a 780–1327 nm közé tehető. A nagy visszaverődés oka a levélszerkezeten belül található fotonok

szétszóródása, mivel a folyékony vízből a levegőbe kerülés során törésmutató változás történik a sejtközötti terekben (Knipflin, 1970). Az abszorpció mértéke a levélvastagságtól függően változhat (Clark, 2005). Magas szintű intraspecifikus (fajon belüli) variabilitást állapítottak meg a NIR-ben és összefüggéseket találtak a levelek életkorával, valamint a víz és a klorofill koncentrációjával kapcsolatban (Dat, 2000).



2. ábra: Különböző anyagok visszaverődési spektrumai az elektromágneses hullámok függvényében (Ashraf et al., 2011)

Figure 2: Reflectance spectrum of different materials (Ashraf et al., 2011)

Ezen tulajdonságok figyelembevételével alkották meg az optoelektronikus szenzorokat is, bár ezek kevés spektrális sávban mérik a visszaverődés erősségét, rendszerint egyben vagy kettőben a vörös/közeli infravörös (R/NIR) régióban. Az eszközök nagyon gyorsan, eredményesen és költséghatékonyan különböztetik meg a vegetációt a háttértől (talajtól). A WeedSeeker®, GreenSeeker® (Trimble Agriculture, Sunnyvale, CA, USA) és WEED-it (Romotron, CJ Steenderen, Hollandia) nagyon népszerű növényérzékelő eszközök a piacon (Peteinatos et al., 2014; Tremblay et al., 2009).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatók számos érzékelési módszert vizsgáltak, mint a gépi látás (machine vision) (García-Santillán et al., 2018, Li et al., 2022), látható és közeli infravörös (VIS-NIR) spektroszkópia (Shapira et al., 2013; Zwiggelaar, 1998), multi-/hiper-spektrális képek (Huang et al., 2016), fluoreszcencia (Longchamps et al., 2009) és távolság érzékelő technikák (fény-, távolság-LiDAR [Light Detection and Ranging] és ultrahang érzékelés) (Andújar et al., 2013; Reiser et al., 2017). Ezeket a módszereket kétféle módon kategorizálhatjuk: légi távérzékelés és földi(közeli) technikák (Lin, 2009).

A légi távérzékelés eszközei közé tartoznak a különböző műholdak, léggömbök, repülőgépek és a pilóta nélküli légi járművek (UAV). Ezen eszközök felhasználási területe rendkívül széles, de ha csak az utóbbi éveket vesszük figyelembe, akkor a pilóta nélküli légi járművek vagy másnéven drónok térhódítása és azok alkalmazása robbanásszerű növekedést ért el (Padró et al., 2019; Li et al., 2020; Kumar et al., 2022). Megjelenésükkel új fejezetet nyitottak a távérzékelésben, mivel példátlan mértékű térbeli, spektrális és időbeli felbontású adatokat szolgáltatnak (Colomina et al., 2014). További előnyük, hogy nagyon rugalmasak, könnyen kezelhetők és igény szerint történhet az adatgyűjtés. Emiatt az UAV-re tekinthetünk úgy is, mint egy új technikai eszköz, amellyel gyorsan és taposásmentesen nyerhetjük ki a szántóföldi növények fenotípus információit (Liu et al., 2016). A drónok használatával lehetőségünk nyílik területi térképek felfrissítésére vagy készítésére, 3D-s modellek előállítására. Létrehozhatjuk a talaj, a növények és az öntözés monitoring rendszerét, vegetációs indexeket számolhatunk ki, előrejelezhetjük a várható terméshozamot, kimutathatjuk az eróziós, száraz vagy extrudált részeket, valamint nyomon követhetjük a termékek minőségét a betakarítás során. Térképkészítésnél az összes objektum pontos koordinátájának segítségével lehetőségünk nyílik vizuális elemzések elkészítésére legfeljebb néhány pixel pontosságig (Mogili et al., 2018). Azonban érdemes megjegyezni, hogy ezek az eszközök csak „hordozók”, az adatok minősége és mennyisége a rajtuk lévő szenzoroktól vagy kameráktól függ.

A földi(közeli) technikai eszközök is csak egy „hordozók”. A mérések általában földhöz közeli vagy fixen telepített állomásokra felszerelt érzékelők segítségével valósulnak meg. Andújar et al. (2013) egy quadra szerelt LIDAR szenzorral végeztek földközeli érzékelést, míg Ranjan et al., (2019) bab földön növényi stresszt vizsgáltak, valamint

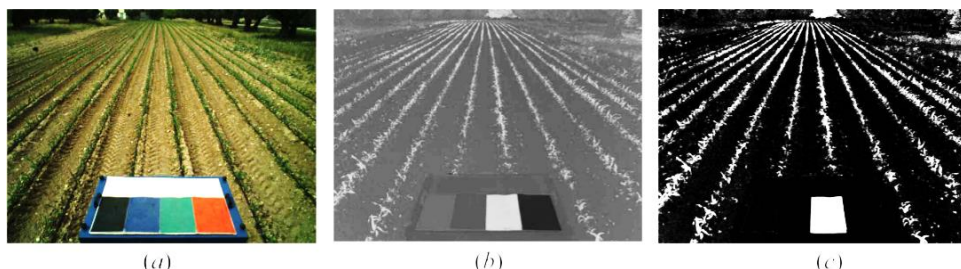
hozambecslést végeztek ugyanezzel a technológiával. A távérzékelési technikák kiválóan alkalmazhatók térképkészítés vagy nagy területek vizsgálatánál, hátrányuk viszont, hogy nem használhatók valós idejű folyamatoknál, valamint a képek térbeli felbontása is alacsonyabb, mint a földközeli technikáké (López-Granados, 2011).

RGB érzékelők

A gyomdetektálás során számtalan módszert és eszközt alkalmaznak a kutatók. A legelterjedtebb mind közül az RGB kamera, amely a többi készülékhez képest olcsóbb és bárhol könnyen elérhető (Gao *et al.*, 2018). További előnye, hogy nagy a képek felbontása és gyors a detektálás sebessége, amelyek mind elengedhetetlenek a precíziós gazdálkodás eszközeinek használata során. Ezen felül az elkészített képeket könnyen be lehet tölteni a gépi tanulási algoritmusokba és fel lehet használni az olyan számítógépes látási megoldásoknál, mint az osztályozás vagy a tárgyfelismerés. Hátránya viszont, hogy igen érzékeny a terepi fényviszonyváltozásokra, amelyek a képek szegmentálásánál és az objektumok felismerésénél lenne fontos. A probléma megoldására egy mesterséges világítással ellátott zárt képalkotó teret kell kialakítani (Giselsson *et al.*, 2017).

Meng *et al.* (2015) HSI (Hue Saturation Intensity) színmodellt alkalmazott a változó fényviszonyok színes képekre gyakorolt hatásának csökkentésére és szürkeárnyalatos képet állított elő H komponensekkel. A kísérlet során szétválasztotta a színes és a monokromatikus (egyszínű) komponenseket, ezáltal lehetősége nyílt a fekete-fehér képekre alkalmazott algoritmusok használatára.

Guerrero *et al.* (2017) három különböző fejlődésű stádiumban lévő kukoricában végeztek állomány- és gyomdetektálást (3. ábra). A kutatásaikat két fő részre lehet osztani. Először a vetési sorok felismerését végezték a kiváló minőségű képek szegmentálása alapján, ahol a növények fehér képpontként jelentek meg, a fennmaradó rész pedig feketeként. Ezt követően a vetési sorok alapján számították ki a gyomsűrűséget és végezték a traktor irányítását.



3. ábra: (a) Eredeti RGB kép, (b) COM index az (a)-ból, (c) Bináris kép Otsu módszere után (Guerrero et al., 2017)

Figure 3: (a) Original image; (b) COM index from (a); (c) Binary image after Otsu thresholding (Guerrero et al., 2017)

Multispektrális érzékelők

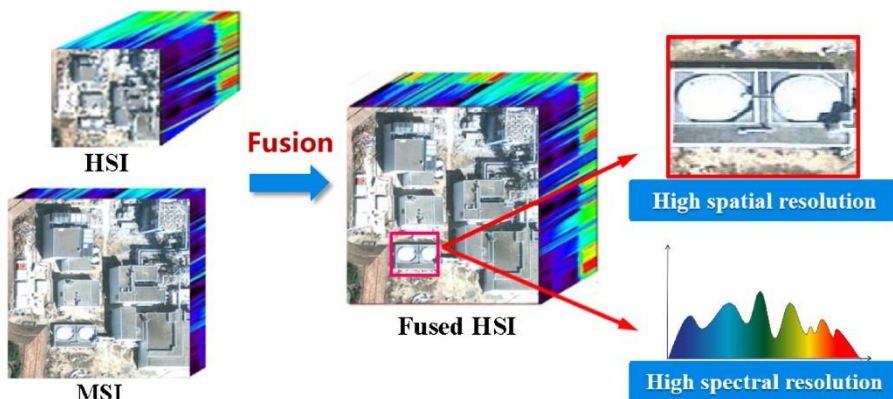
Az RGB kamerákkal összevetve a multispektrális képkészítő eszközök nem korlátozódnak csak a látható fénytartományra, hanem az ultraibolya, a közeli infravörös és az infravörös spektrumokban is használhatók, attól függően, hogy milyen tartományt tudnak mérni a szenzorok (Bi et al., 2019). A hiperspektrális érzékelőkkel ellentétben, a képalkotó szenzorok által készített képek (RGB képek, multispektrális képek - MSI) nagy térbeli felbontással rendelkeznek, ellenben kisszámú spektrális sávot tartalmaznak (Goshtasby et al., 2007).

Matese et al. (2013) egy szőlőültetvényt térképeztek fel és multispektrális kamera képeiből számolták az NDVI indexet. Shendryk et al. (2020) Ausztrália nedves trópusi régiójában két cukornád ültetvényen végeztek kísérletet, ahol multispektrális képek és LiDAR segítségével próbálták meghatározni a biomassza és a levelek nitrogéntartalmának mennyiségét.

Hiperspektrális érzékelők

A hiperspektrális képalkotás egy olyan technika, ahol a fény széles spektrumát képpontonként (pixelenként) mérjük és ezáltal kapjuk az elemzésekhez szükséges információkat (Moshou et al., 2005). A hiperspektrális képérzékelők több tucat vagy akár több száz spektrális sávot is képesek összegyűjteni a spektrumok széles tartományából. Az anyagoknak különböző hullámhosszokon eltérő reflektanciájuk van, ezért a hiperspektrális képeknél (HSI) képesek vagyunk pontosan meghatározni az anyagokhoz

tartozó széles spektrumtartományú egyedi spektrumokat. Ily módon a hiperspektrális képalkotás széleskörűen alkalmazható a távérzékelési feladatok során (*Bioucas-Dias et al., 2013*). Azonban meg van ennek a hátránya is, mivel a hiperspektrális képek általában sok sávval rendelkeznek, ellenben alacsony a térbeli felbontásuk. A hiperspektrális képek térbeli felbontásának javítására egy hatékony és gazdaság megoldás a képfúzió (4. ábra). Egyre több érzékelő képes egyszerre begyűjteni a HSI-t és a nagy felbontású MSI-t ugyanarról a helyről, ezáltal a nagy spektrális és a nagy térbeli felbontás is elérhető, amelyet HSI-MSI fúzióknak (Fused HSI) neveznek (*Goshtasby et al., 2007*). A hibák elkerülése végett, azonban mindig érdemes vizuális ellenőrzést tartani, mivel a képek egyesítése során előfordulhat, hogy a szimulált adatfúzió és a valós fúzió nem pontosan egyezik egymással (*Dian et al., 2020*).



4. ábra: HSI (Hiperspektrális képek) és MSI (multispektrális képek) fúziójának illusztrációja (*Dian et al., 2020*)

Figure 4: The illustration of the HSI (Hyperspectral image) and MSI (Multispectral image) fusion (*Dian et al., 2020*)

Waheed et al. (2006) szerint a hiperspektrális távérzékelési adatok sokrétűbb információkat szolgáltatnak a mezőgazdasági termelésnél. A hiperspektrális képfeldolgozás felhasználható mindenfajta új és hatékony mezőgazdasági célra (*Teke et al., 2013*), mint például a levélben történő nitrogénfelhalmozódás (*Wei et al., 2008*), nitrogénhiány, valamint az invazív gyomfajok megállapítására (*Goel et al., 2003*), levélterület index (LAI) számításra (*Liu et al., 2016*), és növényi betegségek kimutatására (*Zhang et al., 2003*). *Moshou et al. (2005)* vizsgálataik során megállapították, hogy a

hiperspektrális és multispektrális képekből az előtt lehet azonosítani egy betegséget, hogy annak látható tünetei lennének, és ez alapján 94,5%-os pontossággal meg lehet különböztetni őket az egészséges növényektől.

Hőérzékelők

A hőképképzés egy non-destruktív technika a hőmérséklet vizsgálatára az objektum által kibocsátott infravörös sugárzás alapján. A hőtérképek értékelésével adatokat tudhatunk meg a dimenzióról, a hőeloszlásról, valamint a struktúráról. A hőkamerák jellemzően alacsony felbontású kamerák (maximális felbontása 640×512 pixel vagy 0,33 MP), és csak egy sávot képesek mérni a mikrobolométer szenzorokkal a hosszú hullámú infravörös régióban. Ezekkel az eszközökkel a levélzet hőmérsékletét is lehet mérni (*Ali et al., 2020*). *Mangus et al. (2016)* szerint számos kutatás bizonyította, hogy a termikus infravörös hullámhossz sokkal érzékenyebb a vízstresszre, mint más hullámhossz régiók (látható és infravörös tartomány). Érdekes módon külön-külön a hiperspektrális, valamint a hőadatok kiegészítő információkat szolgáltatnak a fertőzések állapotáról és stádiumáról, ezek kombinálásával viszont sokkal összetettebb képet kaphatunk a növényi kórokozók állapotának és stádiumának vizsgálatánál (*Mahlein, 2016*). *López-López et al. (2016)* megállapították, hogy a betegségek korai stádiumban történő felderítésére során a termikus indexek ugyanolyan erősnek bizonyultak, mint a hiperspektrális indexek. Egy táblázatban összefoglalva (*1. táblázat*) tekinthetjük meg a különböző szenzorok felhasználási területeit.

I. táblázat: Különböző szenzorok és azok alkalmazási területeik (Maes et al., 2019)

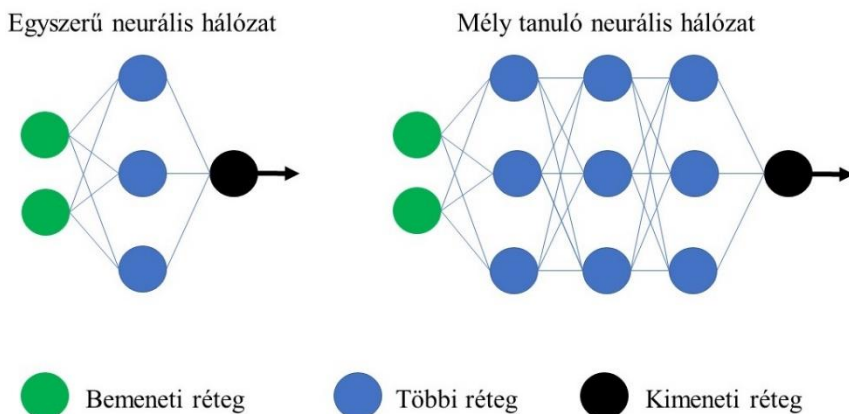
Table 1: Overview of Applications and Suitability of Different Sensors (Maes et al., 2019)

Alkalmazás		Szenzorok/kamera típusai			
		RGB	Multispektrális	Hiperspektrális	Hő
Szárasság stressz	Detektálás korai stádiumban	-	-	A ^a	NA
	Hosszútávú következmények	-	NA	NA	A
Kórokozók kimutatása	Detektálás korai stádiumban	-	-	NA	NA
	Fertőzés súlyossága	NA	NA	NA	A
Gyom detektálás	Spektrális különbség	-	A	NA	-
	Objektum alapú	NA	NA	-	-
Tápanyag		A	NA	NA	A
Növekedési erély	Növekedési stádium	NA	-	-	-
	Levélmennyiség és biomassza	NA	NA	-	-
	Megdőlés	NA	-	-	A
Hozam		A	NA	-	-

NA – nagyon alkalmas; A – alkalmas; a, – A hiperspektrális adatokból ki kell számítani a nap okozta fluoreszcenciát

Mesterséges intelligencia

Leegyszerűsített megközelítés szerint a mesterséges intelligencia nem más, mint létrehozunk egy számítógépet, egy robotot vagy bármilyen eszközt, amely az emberi gondolkodás mintájára megoldja a problémákat (*Sukhadia et al., 2020; Kundalia et al., 2020*). A mesterséges intelligencia fő alkalmazási területe a gépi tanulás (Machine learning), ahol a fejlődés gyors és jelentős (*Kakkad et al., 2019; Sakthipriya et al., 2022*). A gépi tanulás a döntéshozás során algoritmusokat alakít ki, így oldja meg az emberek számára túl komplex problémákat (*Panchiwala et al., 2020; Talaviya et al., 2020*). A gépi tanulás egyik iránya az úgynevezett mély tanulás (Deep learning), amely rengeteg időt és energiát spórol meg a programozóknak azáltal, hogy a feladatokat nem kell specifikálni vagy optimalizálni (*Jha et al., 2019; Ahir et al., 2020*). A mély tanulás ezzel forradalmasította a mesterséges intelligencia világát (5. ábra). A mesterséges neurális hálózatok (ANN - Artificial Neural Networks) nagyon rugalmasak a három réteggel - bemeneti réteg, többi réteg és a kimeneti réteg -, amelyek a mély tanuló neurális hálózatokat (deep learning neural network) is alkotják. A mesterséges neurális hálózatokat az agyi idegrendszer mintájára építették fel és az információfeldolgozás is ehhez hasonlóan történik (*Sladojevic et al., 2016; Pandya et al., 2020*).



5. ábra: Folyamatábra a neurális hálózatokról. Az egyszerű neurális hálózatoknál nem épül ki összeköttetés a többi réteg között, míg a mély tanuló neurális hálózatoknál kapcsolatban állnak egymással (Yanga et al., 2019)

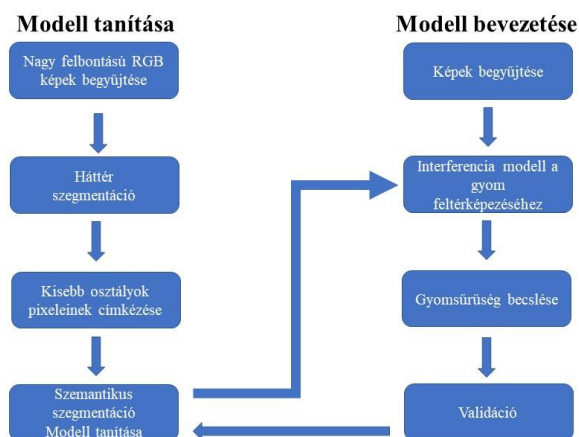
Figure 5: Flow diagram of neural networks. In simple neural networks, no connection is established between the other layers, while in deep learning neural networks they are connected to each other (Yanga et al., 2019)

Mesterséges intelligencia a mezőgazdaságban

A mesterséges intelligencia mezőgazdaságban történő alkalmazása megoldásokat szolgáltat az olyan fontos kérdésekre - csak néhányat említve -, mint a kártevők és betegségek megjelenése, a vegyszerek nem megfelelő alkalmazása, a helytelen vízelvezetés és öntözés, gyomirtás, valamint a hozambecslés (Bannerjee et al., 2018).

A gépi (mesterséges) látástechnikával történő képalkotás nagyon ígéretes eszköznek tűnik a precíziós gazdálkodás során, sok vizsgálat folyik ezzel kapcsolatban (Taghadomi-Saberi, 2015; Wang et al., 2022; McCarthy et al., 2022). A mesterséges intelligenciát a gépi látásnál is használják és közös cél minden számítógépes látás alapú (computer vision-based) precíziós mezőgazdasági feladatban, hogy azonosítani tudjuk a kívánt objektumot (pl. mag vagy gyom), valamint meg tudjuk különböztetni a környezetétől. A mesterséges intelligencia bevezetése segíthet felgyorsítani ezen folyamatokat, mivel különböző modellek bevezetésére és tanítására (6. ábra) kerül sor (Lobet, 2017). A Konvolúciós Neurális Hálózatok (CNN - Convolutional Neural Network) automatikusan kinyerik a szükséges tulajdonságokat, mielőtt elkezdenék osztályozási és detektálási feladatukat (Asad et al., 2019). Olsen et al. (2019) a mély tanulós struktúrát

alkalmazták, mely során 16 különböző gyomnövény képeit osztályozták sikeresen. *Asad et al.* (2019) repcében végezték kutatásukat ugyanezzel az eljárással. A mély tanulási technikák megjelenésével a gyomtulajdonságok kinyerésének lépése, valamint az osztályozási lépés egybeolvad.



6. ábra: Folyamatábra a javasolt gyomdetektálási módszertanhoz (*Asad et al.*, 2019)
Figure 6: Flow diagram for proposed weed detection methodology (*Asad et al.*, 2019)

EREDMÉNYEK

Adatbázisok

A precíziós gazdálkodás legkisebb és legfontosabb építőelemei az adatok. Az adatok begyűjtéséből építhetjük fel a szükséges adatbázisokat, amelyekre tekinthetünk úgy is, mint a gazdálkodók döntéstámogatói rendszere. Azonban nem elég, hogy begyűjtjük a szükséges adatbázisokat, azokat használni is kell. Ha még gyorsabb fejlődést szeretnénk elérni, akkor kölcsönös adatmegosztást kellene kialakítani egymás között, de a gazdálkodók jelenleg erre még nem gondolnak. Pedig számos előnnyel járna. Az adatkészletek nyilvánosan hozzáférhetővé tételével jelentős erőforrásokat spórolhatunk meg az adatok előkészítésénél, és ezzel lehetővé tesszük a képi elemzések, valamint a gépi tanulási algoritmusok fejlesztését a különböző kutatócsoportok számára (*Lobet*, 2017). A számítógépes látással foglalkozók már használnak olyan képi adatbázisokat,

mint a COCO vagy a PASCAL VOC, amely figyelemreméltó sikereket ér el az objektumok detektálási, szegmentálási feladatainál, valamint a modellek kiépítésében. Azonban ezeknek az adathalmazoknak a képei az internetről származnak, illetve természeti képeket vagy tárgyakat ábrázolnak, amelyeket nem lehet integrálni a precíziós gazdálkodásba. Ellenben vannak olyan növényeket tartalmazó képi adatbázisok, mint a Leafsnap (*Redmon et al., 2018*), vagy a PlantVillage (*Mohanty et al., 2016*) ahol a gyűjtés elsősorban botanikai taxonómiára vagy növényi fenológiára irányul és ezeket a képeket laboratóriumi körülmények között gyűjtik össze. A számítógépes látású precíziós gazdálkodás sokkal speciálisabb adatbázist kíván meg az olyan feladatoknál, mint a robotirányítás vagy a növényvizsgálat, különös tekintettel a terepi körülmények között történő adatgyűjtés során, mint például a növények fejlődési stádiuma, a talajfelszín jellemzői és a változó fényviszonyok (*Sun et al., 2017*). A kutatók már sikeresen kialakították az ehhez kapcsolódó különböző adatbázisokat, mint például a CWFI-t vagy a gyomtérkép adatbázist.

CWFI (crop/weed field image) adatbázis

Haug et al., (2015) az elsők között publikálták a gyomszabályozásra szánt terepi adatbázisukat. Egy Bonirob (*Ruchelshausen et al., 2009*) autonóm terepi robotra szerelt multispektrális kamerával gyűjtöttek képeket egy répafieldön. A kamerát beárnyékolták és mesterséges megvilágítást alkalmaztak, hogy kiküszöböljék a változó fényviszonyokat, valamint csak a fényképezőgép vörös (R) és a NIR csatornáit használták fel a képalkotáshoz (de az adatbázisban lévő képek 3 csatornás R-NIR-R formátumban mentődtek). Az adatbázist összesen 60 nyers kép alkotta, amelyeken vegetációs átfedések is láthatók és pixel szinten meghatározható a gyom, a növény és háttérben a talaj. Annak ellenére, hogy ez az adatkészlet viszonylag kicsinek mondható, mégis felhasználható a gyomokon végzett gépi tanulás modellek értékeléséhez (*McCool et al., 2017; Fawakherji et al., 2019*).

Gyomtérkép adatbázis

A Gyomtérkép adatbázis (Weed Map Dataset) (*Sa et al., 2018*) és a weedNet adatbázis (*Sa et al., 2017*) létrehozása is egy kutatócsoport nevéhez köthető. Feltehetőleg ez a legnagyobb nyilvánosan elérhető multispektrális légi adatbázis a cukorrépa gyomjainak szegmentálása és térképezése tekintetében. Két drónt, egy négy (550 nm, 660 nm, 735

nm, 790 nm) és egy ötcsatornás (475 nm, 560 nm, 668 nm, 717 nm, 840 nm) multispektrális kamerával szereltek fel, a repülés pedig 10 méteren történt a cukorrépatábla felett. A repülés magába foglal nyolc nagy felbontású ortomozaikos képet, pixel szintű gyom-, növény- és háttér-azonosítást. Ez az adatbázis egy új mércét jelenthet a nagy felbontású ortomozaikos gyomtérképek gépi tanulás algoritmusának kialakításához, mivel rengeteg kép áll rendelkezésre a detektálási és tanulási folyamathoz.

Képek feldolgozása

A képfeldolgozás sikerességét döntően befolyásolja a gyomok sűrűsége és a rájuk jellemző tulajdonságok, a változó fényviszonyok az adott területen, a kultúrnövények és gyomnövények leveleinek átfedése, a növények különböző növekedési szakaszai stb. (Lin, 2009; López-Granados, 2011; Romeo *et al.*, 2013). A megfelelő képfeldolgozási módszerekkel azonban kiszűrhetőek a kedvezőtlen környezeti tényezők. A talajokat és egyéb nem zöld színű jellemzőket csökkenteni tudjuk kameraszűrőkkel és különböző típusú kamerákkal (Astrand *et al.*, 2005).

A hiperspektrális képosztályozási problémák megoldására számos osztályozási módszerrel próbálkoznak a kutatók, mint a tartóvektor gép (support vector machine - SVM) (Melgani *et al.*, 2004), K-legközelebbi szomszéd (K-nearest neighbour method) (Blanzieri *et al.*, 2008), döntési fa (decision tree) (Delalieux *et al.*, 2012), extrém tanuló gép (extreme learning machine - ELM) (Su *et al.*, 2017) és még sok más (Vijayalakshmi *et al.*, 2020). Golhani *et al.* (2018) kutatásukban neurális hálózati technikákat használtak a hiperspektrális adatok feldolgozásához, különleges hangsúlyt fektetve a növénybetegségek kimutatására.

Indexek

A képek feldolgozása, osztályozása a legtöbb esetben valamilyen indexszám alapján történik, hogy könnyebben lehessen dolgozni a rendelkezésre álló adatokkal. Az indexszámok elemzésénél kiemelkedő jelentősége van az összehasonlíthatóságnak. Az azonos jellegű, azonos mértékegységű adatoknál ez egyszerű módon megoldható, például viszonyszámokkal. Gyakran azonban szükség van a közvetlenül nem összesíthető adatokra vonatkozó átlagos változás meghatározására (Havasy *et al.*, 1996). Ezeket a módszereket a precíziós gazdálkodásnál is alkalmazzák.

1969-ben az első vegetációs index megalkotását követően napjainkban már jóval több, mint 100 található belőlük (*Jinru et al.*, 2017). A vegetációs indexeket a képek szegmentálásánál használják, amikor detektálni szeretnék a mezőgazdasági táblákon található gyomokat (*Montalvo et al.*, 2012). A nyers RGB csatornákat és a kinyert vegetációs indexeket elsősorban a növényzet háttértől való kiszűrésére használják (*Kazmi et al.*, 2015). A vegetációs indexek segítségével az élő növények könnyen elkülöníthetőek az elhalt, élettelen dolgoktól, így azokat már nem veszik figyelembe a képfeldolgozás során, ezáltal szűrni tudják a vizsgálandó adatmennyiséget (*Jinru et al.*, 2017). Az összes vegetációs index közül az NDVI-t használják a legszélesebb körben. Az NDVI vegetációs index egy dimenziómentes mérőszám, amely egy adott terület vegetációs aktivitását fejezi ki. Értékét a növényzet által a közeli infravörös (NIR) és a látható vörös (RED) sugárzási tartományban visszavert intenzitások különbségének és összegének hányadosa szolgáltatja, az NDVI korrelál a területet takaró növényzet fajlagos klorofill tartalmával (*Mika et al.*, 2011).

A zöld indexek vagy *Otsu* (1979) módszerének a használata egy klasszikus megoldás a gyomnyomás és a környezeti fényváltozások által okozott hatások csökkentésére.

Bár számos növényt és feltételt tanulmányoztak a légi felvételezések során, a legtöbb kutatásnál az alábbi négy változót vizsgálták a leggyakrabban:

- Vegetációs indexek (NDVI, GNDVI stb.) *Espinoza et al.*, (2017); *Soubry et al.*, (2017) kutatásaikban bizonyos vegetációs tulajdonság változatosságát elemezték.
- Fotokémiai reflektációs index (Photochemical reflectance index - PRI) *Delalieux et al.*, (2014); *Stagakis et al.*, (2012) a levelekben található karotinoid pigmentek visszatükröződési változásait kutatták.
- A levélzet és a levegő hőmérséklete közötti különbséget vizsgálta *Gonzalez-Dugo et al.* (2013), néhány tanulmány pedig közvetlenül a levélzet hőmérsékletét vizsgálta, mint például *Espinoza et al.* (2017).
- A növény vízstressz indexel (crop water stress index – CWSI) kapcsolatban sok kutatást végeztek, mint *Park et al.* (2017); *Poblete et al.* (2018), amely a levél hőmérséklete és a levegő hőmérséklete közti különbségen alapszik, amit a párányomás hiánya (vapor pressure deficit - VPD) szabályoz (*Zarco-Tejada et al.*, 2013).

Azért ezt a négy változót vizsgálták a leggyakrabban a kutatók, mert a vegetációs indexek segítségével sikerült kiszűrni az élő-élettelen dolgokat, ráadásul bizonyos

esetekben már a zöld szín reflektancia alapján elkülöníthetőek voltak a gyomok a kultúrnövénytől. Ha ezzel a detektálási móddal nem lehetett valid eredményeket kapni, akkor további indexek vizsgálatával próbáltak különbségeket találni a növények között. Erre megfelelő megoldást jelenthetett a fotokémiai reflektációs index, a vízstressz index vagy éppen a levélzet-levegő közti különbség vizsgálata (*Gonzalez-Dugo et al.* 2013; *Delalieux et al.*, 2014; *Espinoza et al.*, 2017; *Poblete et al.* 2018).

Egyéb gyomfelismerési módszerek

A gyomok kimutatására és osztályozására újabb technika a fluoreszcens markerek használata, melyet magára a magra vagy az aktuális kultúrnövényre juttatnak ki. *Raja et al.* (2019) négy különböző technikával foglalkoztak, melyek a következők: szisztematikus markerek, fluoreszcens fehérjék, növényjelölések és topical markerek.

A LiDAR (Light Detection and Ranging) egy távérzékelési technika, ahol a távolságok mérésére kerül sor az érzékelő és a detektálandó objektum között. *Andújar et al.* (2013) a LiDAR alapú detektálási eljárással a kukorica sorközökben található négy fűgyomot (*Sorghum halepense*, *Cyperus rotundus*, *Datura ferox* és *Xanthium strumarium*) vizsgálták.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS ÖSSZEGFOGLALÁS

A gyomok pontos feltérképezése alapvető fontosságú a gyomsűrűség becsléséhez, valamint a precíziós gyomszabályozás megvalósításához. A mély tanuláshoz szemantikus szegmentálás ígéretes technikának tűnik, azonban szűk keresztmetszete, hogy a mezőgazdasági képeket pixelszintre nem lehet lebontani. Ebből is látszik, hogy a precíziós gyomfelismerés legkritikusabb szakasza az adatok feldolgozása, mivel a begyűjtött képekből tudjuk a gyomok elhelyezkedését meghatározni, valamint az eltérő visszaverődési értékek alapján végezhetjük a szegmentálási folyamatot (*Asad et al.*, 2019).

Ideális körülmények között és a gyomok fejlődésének egy bizonyos időpontját figyelembe véve a jelenlegi képfeldolgozási technikák nagyon reménytelen osztályozási eredményeket mutatnak. Azonban sok kihívással is szembe kell nézni ezzel kapcsolatban. A növények levelei és a gyomok a késői fejlődési szakaszban gyakran átfedik egymást, emiatt megkülönböztethetetlenekké válnak. *Lottes et al.* (2016), *Dyrmann et al.* (2017),

Ahmad et al. (2018), kutatásaiknál kisebb-nagyobb sikerrel az átfedéseket okozta problémák megoldására különböző osztályozási eljárásokat alkalmaztak.

Néha bizonyos anyagok vagy károsítók változtathatják meg a levelek morfológiai, texturális vagy spektrális tulajdonságait, a különböző növekedési szakaszokban is ez történik (*Shaner et al.*, 2014). Ez a feladat továbbra is megoldásra vár, mivel a mai napig kevés kutatás foglalkozott ezzel a kérdéssel. Egy általánosan elfogadott megközelítés az osztályozási modell képzése különböző növekedési fázisokban (*Hassanein et al.*, 2018; *Rumpf et al.*, 2012).

További fejlődést okoz a természetes fényviszonyok változása. A különböző megvilágítási viszonyok eltérő színekhez, árnyékokhoz, tükröződésekhez stb. vezetnek, ami nagyban megnehezíti a szegmentálási, osztályozási algoritmusok kialakítását. *Tang et al.* (2016), *Zheng et al.* (2009), *Hamuda et al.* (2018) az algoritmusok hatékonyságának növelése érdekében különböző szintérmodelleket használtak.

Azonban minden lehetséges opciót figyelembe véve új dimenziót jelenthet a mesterséges intelligencia mezőgazdaságban történő megjelenése. Előnye, hogy kiválthatja az élő munkaerőt, az emberek számára komplex, bonyolult feladatokat is pillanatok alatt képes elvégezni, folyamatos tanulásra képes és nagy segítséget jelenthet a gyomfelismerési feladatoknál (*Patrício et al.*, 2018; *Pathan et al.*, 2020; *Tripathi et al.*, 2022).

Bár még mindig számos megválaszolatlan kérdés vetődik fel, ígéretes jövőnek nézünk elébe a gyomdetektálás és osztályozás terén, mivel számtalan kutató és kutatócsoport összpontosítja erre a tématerületre az erejét.

IMAGE ANALYSIS METHODS IN PRECISION FARMING

SÁNDOR ZSEBŐ¹ – GÁBOR MILICS² – ATILA KOVÁCS¹

¹Széchenyi István University, Albert Kázmér Agricultural Faculty, Mosonmagyaróvár

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő

SUMMARY

One of the keys to success in crop production is adequate weed management. In this article, we have a look at the weed detection and classification methods provided by

precision farming, with special attention to the spectral reflectance by weeds. We review and discuss experiments in different cultivated plants in the field and in an artificial environment. The used evaluation methods along with their advantages and disadvantages are presented. Results obtained by the use of artificial intelligence are also examined, representing a potential breakthrough technology in the future for weed detection and classification. The goal of this review is to explore the current state, future challenges, and solutions of precision weed control.

Keywords: precision (site-specific) weed management, weed detection, classification, artificial intelligence

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Ezen felül a szerzők köszönetüket fejezik ki a Tématerületi Kiválósági Program 2020 (2020-4.1.1-TKP2020) – Nemzeti Kihívások alprogram – Autonóm Közlekedési Rendszerek Kiválósági Központ létrehozása a Széchenyi István Egyetemen (TKP2020-NKA-14) támogatásának is.

IRODALOMJEGYZÉK

- Adkins, S. – Shabbir, A. (2014):* Biology, ecology and management of the invasive parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.). *Pest Manag. Sci.* 70 (7), 1023–1029.
- Ahir, K. – Govani, K. – Gajera, R. – Shah, M. (2020):* Application on virtual reality for enhanced education learning, military training and sports. *Augmented Human Research* 5, 7.
- Ahmad, J. – Muhammad, K. – Ahmad, I. – Ahmad, W. – Smith, M.L. – Smith, L.N. – Jain, D.K. – Wang, H. – Mehmood, I. (2018):* Visual features based boosted classification of weeds for real-time selective herbicide sprayer systems. *Comput. Ind.* 98, 23–33.
- Ali, M.M. – Hashim, N. – Aziz, S.A. – Lasekan, O. (2020):* Emerging non-destructive thermal imaging technique coupled with chemometrics on quality and safety inspection in food and agriculture. *Trends in Food Science & Technology.* 105. 176-185.

- Anda, A. – Kocsis, T. – Kovács, A. – Tőkei, L. – Varga, Z. (2010):* Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. Mezőgazda kiadó. 70-76.
- Andújar, D. – Escolà, A. – Rosell-Polo, J. R. – Fernández-Quintanilla, C. – Dorado, J. (2013):* Potential of a terrestrial LiDAR-based system to characterise weed vegetation in maize crops. *Com. and El. in Agriculture* 92.11-15.
- Aubert, B.A. – Schroeder, A. – Grimaudo, J. (2012):* IT as enabler of sustainable farming: Anempirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems* 54 (1), 510–520.
- Asad, M.H. – Bais, A. (2019):* Weed detection in canola fields using maximum likelihood classification and deep convolutional neural network. *Information Processing in Agriculture*.
- Ashraf, M. A. – Maah, M. J. – Yusoff, I. (2011):* Introduction to Remote Sensing of Biomass. *Biomass and Remote Sensing of Biomass. Rijeka Croatia InTech*.129-171.
- Asner, G.P. (1998):* Biophysical and biochemical sources of variability in canopy reflectance. *Remote Sens. Environ*, 64, 234–253.
- Astrand, B. – Baerveldt, A.J. (2005):* A vision based row-following system for agricultural field machinery. *Mechatronics* 15, 251–269.
- Bai, X. – Cao, Z. – Wang, Y. – Yu, Z. – Hu, Z. – Zhang, X. – Li, C. (2014):* Vegetation segmentation robust to illumination variations based on clustering and morphology modelling. *Biosyst. Eng.* 125, 80–97.
- Bannerjee, G. – Sarkar, U. – Das, S. – Ghosh, I. (2018):* Artificial intelligence in agriculture: a literature survey. *International Journal of Scientific Research in Computer Science Applications and Management Studies* 7 (3), 1–6.
- Bauriegel, E. – Herppich, W.B. (2014):* Hyperspectral and chlorophyll fluorescence imaging for early detection of plant diseases, with special reference to fusarium spec. *Infect. Wheat.* 32–57.
- Bi, F.K. – Hou, J.Y. – Wang, Y.T. – Chen, Y. – Wang, Y.P. (2019):* Land cover classification of multispectral remote sensing images based on time-spectrum association features and multikernel boosting incremental learning, *J. Appl. Sens.* 13 (4) 044510,
- Bioucas-Dias, J. – Plaza, A. – Camps-Valls, G. – Scheunders, P. – Nasrabadi, N. – Chanussot, J. (2013):* Hyperspectral remote sensing data analysis and future challenges, *IEEE Geosci. Remote Sens. Mag.* 1 (2) 6–36.

- Blanzieri, E. – Melgani, F.* (2008): Nearest neighbor classification of remote sensing images with the maximal margin principle, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 46 (6) 1804–1811.
- Bulanon, D.M. – Hestand, T. – Nogales, C. – Allen, B. – Colwell, J.* (2020): Machine vision system for orchard management. In: Sergiyenko, O., Flores-Fuentes, W., Mercorelli, P. (Eds.), *Machine Vision and Navigation*. Springer, Switzerland, pp. 197–240.
- Chen, H. – Chen, A. – Xu, L. – Xie, H. – Qiao, H. – Lin, Q. – Cai, K.* (2020): A deep learning CNN architecture applied in smart near-infrared analysis of water pollution for agricultural irrigation resources. *Agricultural Water Management*, 240, 106303.
- Che'Ya, N.N.* (2016): *Site-Specific Weed Management Using Remote Sensing*. University of Queensland.
- Clark, M.L. – Roberts, D.A. – Clark, D.B.* (2005): Hyperspectral discrimination of tropical rain forest tree species at leaf to crown scales. *Remote Sens. Environ.* 96, 375–398.
- Colomina, I. – Molina, P.* (2014) Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: a review. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 92, 79–97.
- Cortés, V. – Blasco, J. – Aleixos, N. – Cubero, S. – Talens, P.* (2019): Monitoring strategies for quality control of agricultural products using visible and near-infrared spectroscopy: A review. *Trends in Food Science & Technology* 85. 138–148.
- Dammer, K.H. – Intress, J. – Beuche, H. – Selbeck, J. – Dworak, V.* (2013): Discrimination of *Ambrosia artemisiifolia* and *Artemisia vulgaris* by hyperspectral image analysis during the growing season. *Weed Res.* 53, 146–156.
- Datt, B.* (2000): Recognition of eucalyptus forest species using hyperspectral reflectance data. In *Proceedings of the IGARSS. IEEE 2000 International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Honolulu, HI, USA, 24–28 July 2000; 1405–1407.
- De Castro, A. I. – Jurado-Expósito, M. – Gómez-Casero, M.T. – López-Granados, F.* (2012): Applying neural networks to hyperspectral and multispectral field data for discrimination of cruciferous weeds in winter crops. *Sci. World J.*, 1–11.
- De Castro, A.I. – Torres-Sánchez, J. – Peña J.N. – Jiménez-Brenes, F.M. – Csillik, O. – López-Granados, F.* (2018): An automatic random forest-OBIA algorithm for early weed mapping between and within crop rows using UAV Imagery. *Remote Sens.* 10, 285.
- De Clercq, M. – Vats, A. – Biel, A.* (2018): Agriculture 4.0: the future of farming technology. In: *Proceedings of the World Government Summit*, Dubai, UAE.

- Delalieux, S. – Somers, B. – Haest, B. – Spanhove, T. – Vanden, B.J. – Múcher, C.A.* (2012): Heathland conservation status mapping through integration of hyperspectral mixture analysis and decision tree classifiers, *Remote Sens. Environ.* 222–231.
- Delalieux, S. – Zarco-Tejada, P.J. – Tits, L. – Bello, M.Á.J. – Intrigliolo, D.S. – Somers, B.* (2014): Unmixing-Based Fusion of Hyperspatial and Hyperspectral Airborne Imagery for Early Detection of Vegetation Stress. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 7, 2571–2582.
- Dian, R. – Li, S. – Sun, B. – Guo, A.* (2020): Recent advances and new guidelines on hyperspectral and multispectral image fusion. *Information Fusion*. Available online 13 November 2020.
- Dyrmann, M. – Karstoft, H. – Midtiby, H.S.* (2016): Plant species classification using deep convolutional neural network. *Biosyst. Eng.* 151, 72–80.
- Espinoza, C.Z. – Khot, L.R. – Sankaran, S. – Jacoby, P.W.* (2017): High Resolution Multispectral and Thermal Remote Sensing-Based Water Stress assessment In Subsurface Irrigated Grapevines. *Remote Sens.*, 9, 961.
- Fawakherji, M. – Bloisi, D. – Pretto, A. – Nardi, D.* (2019): Crop and weeds classification for precision agriculture using context-independent pixel-wise segmentation. 2019 Third IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC), 146–152.
- Fernandes, M.R. – Aguiar, F.C. – Silva, J.M. – Ferreira, M.T. – Pereira, J.M.* (2013): Spectral discrimination of giant reed (*Arundo donax* L.): A seasonal study in riparian areas. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 80, 80–90.
- Gao, J. – Liao, W. – Nuytens, D. – Lootens, P. – Vangeyte, J. – Pizurica, A. – He, Y. – Pieters, J. G.* (2018): Fusion of pixel and object-based features for weed mapping using unmanned aerial vehicle imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 67, 43-53.
- García-Santillán, I.D. – Pajares, G.* (2018): On-line crop/weed discrimination through the Mahalanobis distance from images in maize fields. *Biosyst. Eng.* 166, 28–43.
- Gerhards, M. – Schlerf, M. – Mallick, K.* (2019): Challenges and Future Perspectives of Multi-/ Hyperspectral Thermal Infrared Remote Sensing for Crop Water-Stress Detection: A Review.
- Gharde, Y. – Singh, P. – Dubey, R. – Gupta, P.* (2018): Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India. *Crop Protection* 107, 12–18.

- Giselsson, T.M. – Jørgensen, R.N. – Jensen, P.J. – Dyrmann, M. – Midtby, H.S.* (2017): A public image database for benchmark of plant seedling classification algorithms. Available from: arXiv preprint < arxiv.org/abs/1711.05458 >
- Goel, P. – Prasher, S. – Landry, J. – Patel, R. – Bonnell, R. – Viau, A. – Miller, J.* (2003): Potential of airborne hyperspectral remote sensing to detect nitrogen deficiency and weed infestation in corn. *Comput. Electron. Agric.* 38 (2), 99–124.
- Golhani, K. – Balasundram, S.K. – Vadamalai, G. – Pradhan, B.* (2018): A review of neural networks in plant disease detection using hyperspectral data. *Information Processing in Agriculture* 5, 354–371.
- Gonzalez-Dugo, V. – Zarco-Tejada, P. – Nicolás, E. – Nortes, P.A. – Alarcón, J.J. – Intrigliolo, D.S. – Fereres, E.* (2013): Using High Resolution UAV Thermal Imagery to assess The Variability In The Water Status of Five Fruit Tree Species within A Commercial Orchard. *Precis. Agric.* 14, 660–678.
- Goshtasby, A.A. – Nikolov, S.* (2007): Image fusion: Advances in the state of the art, *Inf. Fus.* 8 (2) 114–118.
- Guerrero, J.M. – Ruzb, J.J. – Pajares, G.* (2017): Crop rows and weeds detection in maize fields applying a computer vision system based on geometry. *Com. and El. in Agriculture* Vol. 142, 461-472.
- Hamuda, E. – Mc Ginley, B. – Glavin, M. – Jones, E.* (2018): Improved image processing-based crop detection using Kalman filtering and the Hungarian algorithm. *Comput. Electron. Agric.* 148, 37–44.
- Haug, S. – Michaels, A. – Biber, P. – Ostermann, J.* (2014): Plant classification system for crop /weed discrimination without segmentation. In: 2014 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV). IEEE, pp. 1142–1149.
- Haug, S. – Ostermann, J.* (2015): A crop/weed field image dataset for the evaluation of computer vision based precision agriculture tasks. In: Agapito, L., Bronstein, M., Rother, C. (Eds.), *Computer Vision - ECCV 2014 Workshops*. Springer, Switzerland, pp. 105–116.
- Hassanein, M. – Lari, Z. – El-Sheimy, N. – Hassanein, M. – Lari, Z. – El-Sheimy, N.* (2018): A new vegetation segmentation approach for cropped fields based on threshold detection from hue histograms. *Sensors* 18, 1253.
- Havasy, Gy. – Molnár, M. – Szunyogh, Zs. – Tóth, M. – Korpás, A. – Csernyák, L.* (1996): *Általános statisztika I.* Budapest. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt. 209-218.

- Huang, Y. – Lee, M.A. – Thomson, S.J. – Reddy, K.N.* (2016): Ground-based hyperspectral remote sensing for weed management in crop production. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 9, 98–109.
- Jha, K. – Doshi, A. – Patel, P. – Shah, M.* (2019): A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2, 1–12.
- Jinru, X. – Su, B.* (2017): Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*. Article ID 1353691.
- Jones, T.G. – Coops, N.C. – Sharma, T.* (2010): Employing ground-based spectroscopy for tree-species differentiation in the Gulf Islands National Park Reserve. *Int. J. Remote Sens.* 31, 1121–1127.
- Kakkad, V. – Patel, M. – Shah, M.* (2019): Biometric authentication and image encryption for image security in cloud framework. *Multiscale and Multidiscip. Model. Exp. and Des.*, 1–16.
- Kazmi, W. – Garcia-Ruizb, F.J. – Nielsen, J. – Rasmussen, J. – Andersen, H.J.* (2015): Detecting creeping thistle in sugar beet fields using vegetation indices. *Com. El. Agriculture*. 112, 10–19.
- Khan, A. – Vibhute, A.D. – Mali, S. – Patil, C.H.* (2022): A systematic review on hyperspectral imaging technology with a machine and deep learning methodology for agricultural applications. *Ecol. Info.* 69, 101678.
- Knipling, E.B.* (1970): Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. *Remote Sens. Environ.* 1970, 1, 155–159.
- Kumar, A. – Pacheco, D.A.D.J. – Kaushik, K. – Rodrigues, J.J.P.C.* (2022): Futuristic view of the Internet of Quantum Drones: Review, challenges and research agenda. *Vehicular Communications* 36. 100487.
- Kundalia, K. – Patel, Y. – Shah, M.* (2020): Multi-label movie genre detection from a movie poster using knowledge transfer learning. *Augment Hum Res* 5, 11.
- Li, X. – Levin, N. – Xie, J. – Li, D.* (2020): Monitoring hourly night-time light by an unmanned aerial vehicle and its implications to satellite remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 247, 111942.
- Li, Y. – Guo, Z. – Shuang, F. – Zhang, M. – Li, X.* (2022): Key technologies of machine vision for weeding robots: A review and benchmark. *Comput. Electron. Agric.* 196. 106880.

- Lin, C.* (2009): A support vector machine embedded weed identification system. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Liu, K. – Zhou, Q. – Wu, W. – Xia, T. – Tang, H.* (2016): Estimating the crop leaf area index using hyperspectral remote sensing. *J. Integr. Agric.* 15 (2), 475–491.
- Lobet, G.* (2017): Image analysis in plant sciences: publish then perish. *Trends Plant Sci.* 22, 559–566.
- Lodhi, V. – Chakravarty, D. – Mitra, P.* (2019): Hyperspectral imaging system: development aspects and recent trends. *Sens Imaging.*
- Longchamps, L. – Panneton, B. – Samson, G. – Leroux, G.D. – Thériault, R.* (2009): Discrimination of corn, grasses and dicot weeds by their UV-induced fluorescence spectral signature. *Precis. Agric.* 11, 181–197.
- López-Granados, F.* (2011): Weed detection for site-specific weed management: mapping and real-time approaches. *Weed Res.* 51, 1–11.
- Lottes, P. – Behley, J. – Chebroly, N. – Milioto, A. – Stachniss, C.* (2018): Joint stem detection and crop-weed classification for plant-specific treatment in precision farming. In: 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems IEEE, pp. 8233–8238.
- Lottes, P. – Hoferlin, M. – Sander, S. – Muter, M. – Schulze, P. – Stachniss, L.C.* (2016): An effective classification system for separating sugar beets and weeds for precision farming applications. In: 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, pp. 5157–5163.
- Maes, W.H. – Steppe, K.* (2019): Perspectives for Remote Sensing with Unmanned Aerial Vehicles in Precision Agriculture Volume 24, Issue 2, 152-164.
- Mahlein, A.K.* (2016): Plant disease detection by imaging sensors – parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. *Plant Dis.* 100, 241–251.
- Matese, A. – Capraro, F. – Primicerio, J. – Gualato, G. – Di Gennaro, S.F. – Agati, G.* (2013): Mapping of vine vigor by UAV and anthocyanin content by a non-destructive fluorescence technique. In *Precision Agriculture*; Wageningen Academic Publishers: Lleida, Spain, pp. 201–208.
- Mavridou, E. – Vriochidou, E. – Papakostas, G.A. – Pachidis, T. – Kaburlasos, V.G.* (2019): Machine vision systems in precision agriculture for crop farming. *J. Imaging* 5, 59.

- McCarthy, A. – Raine S.* (2022): Automated variety trial plot growth and flowering detection for maize and soybean using machine vision. *Com. El. Agriculture*. 194, 106727
- McCool, C. – Perez, T. – Upcroft, B.* (2017): Mixtures of lightweight deep convolutional neural networks: Applied to agricultural robotics. *IEEE Rob. Autom. Lett.* 2 (3), 1344–1351.
- Melgani, F. – Bruzzone L.* (2004): Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machines, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 42 (8) 1778–1790.
- Meng, Q.K. – Qiu, R.C. – He, J. – Zhang, M. – Ma, X.D. – Liu, G.* (2015): Development of agricultural implement system based on machine vision and fuzzy control. *Com. El. Agriculture*. 112, 128–138.
- Mika, J. – Utasi, Z. – Biró, Cs.P. – Kónya E.* (2011): Műholdakról távérzékelt adatok feldolgozása és hasznosítása. *EKF TTK 71-74*.
- Mogili U.R. – Deepak B.B.V.L.* (2018): Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. *Procedia Computer Science* 133. 502–509.
- Mohanty, S.P. – Hughes, D.P. – Salathé, M.* (2016): Using deep learning for image-based plant disease detection. *Front. Plant Sci.* 22.
- Montalvo, M. – Pajares, G. – Guerrero, J.M. – Romeo, J. – Guijarro, M. – Ribeiro, A. – Ruz, J.J. – Cruz, J.M.* (2012): Automatic detection of crop rows in maize fields with high weeds pressure. *Expert Syst. Appl.* 39, 11889–11897.
- Moshou, D. – Bravo, C. – Oberti, R. – West, J. – Bodria, L. – McCartney, A. – Ramon, H.* (2005): Plant disease detection based on data fusion of hyper-spectral and multi-spectral fluorescence imaging using Kohonen maps. *Real-Time Imaging* 11 (2), 75–83.
- Ollinger, S.V.* (2011): Sources of variability in canopy reflectance and the convergent properties of plants. *New Phytol.*, 189, 375–394.
- Olsen, A. – Konovalov, D.A. – Philippa, B. – Ridd, P. – Wood, J.C., – Johns, J., et al.* (2019): Deepweeds: a multiclass weed species image dataset for deep learning. *Sci Rep*;9(1):2058.
- Otsu, N.*, (1979): A threshold selection method from gray-level histogram. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* 9, 62–66.
- Padró, J.C. – Muñoz, F.J. – Planas, J. – Pons, X.* (2019): Comparison of four UAV georeferencing methods for environmental monitoring purposes focusing on the combined use with airborne and satellite remote sensing platforms. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 75, 130–140.

- Panchiwala, S. – Shah, M.* (2020): A comprehensive study on critical security issues and challenges of the IoT world. *J. of Data, Inf. and Manag.*
- Pandya, R. – Nadiadwala, S. – Shah, R. – Shah, M.* (2020): Buildout of methodology for meticulous diagnosis of K-complex in EEG for aiding the detection of Alzheimer's by artificial intelligence. *Augmented Human Research* 5. 3.
- Park, S. – Ryu, D. – Fuentes, S. – Chung, H. – Hernández-Montes, E. – O'Connell, M.* (2017): Adaptive Estimation of Crop Water Stress In Nectarine and Peach Orchards Using High-Resolution Imagery From An Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Remote Sens.* 9, 828.
- Pathan, M. – Patel, N. – Yagnik, H. – Shah, M.* (2020): Artificial cognition for applications in smart agriculture: A comprehensive review. *Artificial Intelligence in Agriculture.*
- Patrício, D.I. – Rieder, R.* (2018): Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: a systematic review. *Comput. Electron. Agric.* 153, 69–81.
- Paxton, K.W. – Mishra, A.K. – Chintawar, S. – Roberts, R.K. – Larson, J.A. – English, B.C. – Lambert, D.M. – Marra, M.C. – Larkin, S.L. – Reeves, J.M. – Martin, S.W.* (2011): Intensity of Precision Agriculture Technology Adoption by Cotton Producers. *Agricultural and Resource Economics Review* 40 (01), 133–144.
- Peteinatos, G.G. – Weis, M. – Andújar, D. – Rueda Ayala, V. – Gerhards, R.* (2014): Potential use of ground-based sensor technologies for weed detection. *Pest Manag. Sci.* 70, 190–199.
- Pivoto, D. – Waquil, P.D. – Talamini, E. – Finocchio, C.P.S. – Corte, V.F.D. – Mores, G.D.V.* (2018): Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Information Processing in Agriculture* 5 (1), 21–32.
- Poblete, T. – Ortega-Farias, S. – Ryu, D.* (2018): Automatic Coregistration Algorithm to Remove Canopy Shaded Pixels in UAV-Borne Thermal Images to Improve The Estimation of Crop Water Stress Index of A Drip-Irrigated Cabernet Sauvignon Vineyard. *Sensors.* 18, 397.
- Raja, R. – Slaughter, D.C. – Fennimore, S.A. – Nguyen, T.T. – Vuong, V.L. – Sinha, N. – Tourte, L. – Smith, R.F. – Siemens M.C.* (2019): Crop signalling: A novel crop recognition technique for robotic weed control *Biosystems Engineering* 187. 278-291.

- Ranjan, R. – Chandel, A. K. – Khot, L. R. – Bahlol, H. Y. – Zhou, J. – Boydston, R. A. – Miklas, P. N.* (2019): Irrigated pinto bean crop stress and yield assessment using ground based low altitude remote sensing technology. *Information Processing in Agriculture*.
- Redmon, J. – Farhadi, A.* (2018): YOLOv3: An Incremental Improvement. Available from arXiv preprint < <https://arxiv.org/abs/1804.02767> > .
- Reiser, D. – Martín-López, J. – Memic, E. – Vázquez-Arellano, M. – Brandner, S. – Griepentrog, H.* (2017): 3D imaging with a sonar sensor and an automated 3-axes frame for selective spraying in controlled conditions. *J. Imag.* 3, 9. <https://doi.org/10.3390/jimaging3010009>.
- Romeo, J. – Pajares, G. – Montalvo, M. – Guerrero, J.M. – Guijarro, M. – de la Cruz, J.M.* (2013): A new Expert System for greenness identification in agricultural images. *Expert Syst. Appl.* 40, 2275–2286.
- Ruchelshausen, A. – Biber, P. – Dorna, M. – Gremmes, H. – Klose, R. – Linz, A. – Rahe, R. – Resch, R. – Thiel, M. – Trautz, D. – Weiss, U.* (2009): BoniRob: an autonomous field robot platform for individual plant phenotyping. *Precis. Agric.* 09, 841–847.
- Rumpf, T. – Roemer, C. – Weis, M. – Sokefeld, M. – Gerhards, R. – Pluemer, L.* (2012): Sequential support vector machine classification for small-grain weed species discrimination with special regard to *Cirsium arvense* and *Galium aparine*. *Comput. Electron. Agric.* 80, 89–96.
- Sa, I. – Chen, Z. – Popovic, M. – Khanna, R. – Liebisch, F. – Nieto, J. – Siegwart, R.* (2017): weedNet: dense semantic weed classification using multispectral images and MAV for smart farming. *IEEE Rob. Autom. Lett.* 3, 588–595.
- Sa, I. – Popovic, M. – Khanna, R. – Chen, Z. – Lottes, P. – Liebisch, F. – Nieto, J. – Stachniss, C. – Walter, A. – Siegwart, R.* (2018): WeedMap: a large-scale semantic weed mapping framework using aerial multispectral imaging and deep neural network for precision farming. *Remote Sensing* 10, 1423.
- Sakthipriya, D. – Chandrakumar, T.* (2022): A study on agriculture engineering implements using machine learning. *Materialstoday: Proceedings*. Available online 28 April 2022.
- Shaner, D.L. – Beckie, H.J.* (2014): The future for weed control and technology. *Pest Manag. Sci.* 70, 1329–1339.
- Shapira, U. – Herrmann, I. – Karnieli, A. – Bonfil, D.J.* (2013): Field spectroscopy for weed detection in wheat and chickpea fields. *Int. J. Remote Sens.* 34, 6094–6108.

- Shendryk, Y. – Sofonia, J. – Garrard, R. – Rist, J. – Skocaj, D. – Thorburn, P.* (2020): Fine-scale prediction of biomass and leaf nitrogen content in sugarcane using UAV LiDAR and multispectral imaging, *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation*, 92 (2020), p. 102177,
- Sladojevic, S. – Arsenovic, M. – Anderla, A. – Culibrk, D. – Stefanovic, D.* (2016): Deep neural networks based recognition of plant diseases by leaf image classification. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 1–11.
- Soubry, I. – Patias, P. – Tsioukas, V.* (2017): Monitoring Vineyards with UAV and Multi-sensors for the assessment of Water Stress and Grape Maturity. *J. Unmanned Veh. Syst.* 5, 37–50.
- Stagakis, S. – Gonzalez-Dugo, V. – Cid, P. – Guillen-Climent, M. – Zarco-Tejada, P.* (2012): Monitoring Water Stress and Fruit Quality In An Orange Orchard Under Regulated Deficit Irrigation Using Narrow-band Structural and Physiological Remote Sensing Indices *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 71, 47–61.
- Su, H. – Cai, Y. – Du, Q.* (2017): Firefly-algorithm-inspired framework with band selection and extreme learning machine for hyperspectral image classification, *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 10 (1) 309–320.
- Sukhadia, A. – Upadhyay, K. – Gundeti, M. – Shah, S. – Shah, M.* (2020): Optimization of smart traffic governance system using artificial intelligence. *Augment Hum Res* 5, 13.
- Sun, C. – Shrivastava, A. – Singh, S. – Gupta, A.* (2017): Revisiting unreasonable effectiveness of data in deep learning era. In: *The IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, Venice, Italy, pp. 843–852.
- Sun, J. – Li, Y. P. – Zhuang, X. W. – Jin, S. W. – Huang, G. H. – Feng, R. F.* (2017): Identifying water resources management strategies in adaptation to climate change under uncertainty. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 23(4), 553–578.
- Talaviya, T. – Shah, D. – Patel, N. – Yagnik, H. – Shah, M.* (2020): Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*. 4- 58-73.
- Tang, J. – Chen, X.Q. – Miao, R.H. – Wang, D.* (2016): Weed detection using image processing under different illumination for site-specific areas spraying. *Comput. Electron. Agric.* 122, 103–111.

- Teke, M. – Deveci, H.S. – Haliloglu, O. – Gurbuz, S.Z. – Sakarya, U. (2013):* A short survey of hyperspectral remote sensing applications in agriculture. 2013 6th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST).
- Thenkabail, P. – Smith, R. – De Pauw, E. (1999):* Hyperspectral Vegetation Indices for Determining Agricultural Crop Characteristics, CEO Research Publication Series No. 1; Center for Earth Observation, Yale University Press: New Haven, CT, USA.
- Tremblay, N. – Wang, Z. – Ma, B.L. – Belec, C. – Vigneault, P. (2009):* A comparison of crop data measured by two commercial sensors for variable-rate nitrogen application. *Precis. Agric.* 10, 145–161.
- Tripathi, S.P. – Yadav, R.K. – Rai, H. (2022):* A deep neural net for weed identification. *Deep Learning for Sustainable Agriculture.* 223-236.
- Turcsányi, G. – Siller, I. (2005):* Növénytan. Budapest, Kossuth Kiadó. (Csak CD formátumban jelent meg)
- Vijayalakshmi, S. – Kumar, M. – Arun, M. (2020):* A study of various classification techniques used for very high-resolution remote sensing [VHRRS] images. *Materials Today: Proceedings* Volume 37, Part 2, 2021, Pages 2947-2951
- Waheed, T. – Bonnell, R.B. – Prasher, S.O. – Paulet, E. (2006):* Measuring performance in precision agriculture: CART—A decision tree approach. *Agriculture Water Management* 84, 173–185.
- Wang, A. – Zhang, W. – Wei, X. (2019):* A review on weed detection using ground-based machine vision and image processing techniques. *Comput. Electron. Agric.* 158, 226–240.
- Wang, T. – Chen, B. – Zhang, Z. – Li, H. – Zhang, M. (2022):* Applications of machine vision in agricultural robot navigation: A review. *Comput. Electron. Agric.* 198, 107085.
- Wei, F. – Yan, Z. – Yongchao, T. – Weixing, C. – Xia, Y. – Yingxue, L. (2008):* Monitoring leaf nitrogen accumulation in wheat with hyper-spectral remote sensing. *Acta Ecol. Sin.* 28 (1), 23–32.
- Yang, X. – Yu, Y. – Fan, W. (2015):* Chlorophyll Content Retrieval from Hyperspectral Remote Sensing Imagery Chlorophyll Content Retrieval from Hyperspectral Remote Sensing Imagery
- Yanga, Y. – Ye, Z. – Su, Y. – Zhao, Q. – Li, X. – Ouyang, D. (2019):* Deep learning for in vitro prediction of pharmaceutical formulations *Acta Pharmaceutica Sinica B* Volume 9, Issue 1, 177-185.

- Yost, M. – Kitchen, N. – Sudduth, K. – Sadler, E. – Drummond, S. – Volkmann, M. (2017):* Long-term impact of a precision agriculture system on grain crop production. *Precision Agriculture* 18 (5), 823–842.
- Zarco-Tejada, P. – González-Dugo, V. – Williams, L. – Suárez, L. – Berni, J. – Goldhamer, D. – Fereres, E. (2013):* A PRI-based Water Stress Index Combining Structural and Chlorophyll Effects: Assessment Using Diurnal Narrow-band Airborne Imagery and The CWSI Thermal Index. *Remote Sens. Environ.* 138, 38–50.
- Zhang, M. – Qin, Z. – Liu, X. – Ustin, S.L. (2003):* Detection of stress in tomatoes induced by late blight disease in California, USA, using hyperspectral remote sensing. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 4 (4), 295–310.
- Zhang, T. – Tan, Q. – Zhang, S. – Wang, S. – Gou, T. (2020):* A robust multi-objective model for supporting agricultural water management with uncertain preferences. *Journal of Cleaner Production*, 120204.
- Zheng, L. – Zhang, J. – Wang, Q. (2009):* Mean-shift-based color segmentation of images containing green vegetation. *Comput. Electron. Agric.* 65, 93–98.
- Zwiggelaar, R. (1998):* A review of spectral properties of plants and their potential use for crop/weed discrimination in row-crops. *Crop Prot.* 17, 189–206.

A szerzők címe – Adress of the author:

ZSEBŐ SÁNDOR

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Biológiai Rendszerek és Precíziós Technológiai Tanszék
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.
zsebo.sandor@gmail.com

MILICS GÁBOR

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő Precíziós Gazdálkodási és Agrárdigitalizációs Tanszék 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
milics.gabor@uni-mate.hu

KOVÁCS ATTILA JÓZSEF

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,

Biológiai Rendszerek és Precíziós Technológiai Tanszék

9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

kovacs.attila@sze.hu



**A KENDER (*CANNABIS SATIVA L.*) DOMESZTIKÁCIÓJA,
NEMESÍTÉSÉNEK MÚLTJA, JELENE ÉS JÖVŐJE**

SOMODY GERGŐ – MOLNÁR ZOLTÁN – LAKATOS ERIKA

Széchenyi István Egyetem

Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÁS

A kender (*Cannabis sativa L.*) kutatása és nemesítése a hosszú ideig tartó mellőzöttség és tiltás után, napjainkban reneszánszát éli. A számtalan amatőr termesztő által összegyűjtött megfigyelés és információ tudományos igényességű vizsgálata és rendszerezése napjainkban is zajlik.

A cikkünkben igyekszünk áttekintést nyújtani a kender korai domesztikációjától kezdődően a legújabb nemesítési eredmények bemutatásáig. A XXI. századi széles körű érdeklődés középpontjában a gyógyászati és terápiás célú hasznosítás áll, ezért a leghangsúlyosabb elem a kenderben található speciális hatóanyagok, a kannabinoidok ismertetése, valamint az eltérő kemotípusok létrejöttének, további nemesítési lehetőségének vizsgálata.

Az ipari kender iránt érdeklődő kutatók korábban szándékosan elhatárolódtak a drog típusú változatoktól, ezért fontosnak tartottuk a különböző felhasználási területhez tartozó változatok eredetét, fejlődéstörténetét, hiszen egyetlen fajról beszélünk, amelynek eltérő típusait az ember kulturális, földrajzi, valamint gazdasági tényezői alakították ki.

Kulcsszavak: kender, kedernemesítés, kannabinoidok, CBD, THC

A KENDER RENDSZERTANA KÜLÖNBÖZŐ MEGKÖZELÍTÉSŐL

A kender (*Cannabis sativa* L.) az egyik legkorábban domesztikált mezőgazdasági növényünk, amelyet rekreációs, gyógyászati, valamint ipari célra is felhasználunk (Kovalchuk et al. 2020). A kinyerhető rostok a textil vagy építőipar számára jelentenek alapanyagot, a magtermés magas telítetlen zsírsavakban gazdag, értékes olajforrás; a virágzatból kinyerhető kannabinoid hatóanyagok rekreációs és gyógyászati célokat szolgálnak (Robert és Mark 2020; Chandra et al. 2017; Small 2017).

A *Cannabis* nemzetség rendszertanilag a *Cannabaceae* család tagja, amely a Rózsavirágúak (*Rosales*) rend tagja. Linnaeus (1753) *Species Plantarum* c. munkájában említi a *Cannabis sativa* fajt, mint magas, rostos növényt. Lamarck eredetileg két interfertilis fajt, a perzsa eredetű *C. sativa* és az indiai *C. indica*. elkülönítését írta le (Lamarck 1808).

De Candolle (1896) speciális megközelítéssel 4 csoportra osztotta az egyetlen, *C. sativa* fajt. Az α Kif csoportba az erősen pszichoaktív, déli kenderek kerültek, a β Vulgaris intermedier, minden más csoport tulajdonságait hordozó növényeket jelöl, a γ Pedemontana és δ Chinensis északi, rost előállításra alkalmas változatokat tartalmaz.

Small és Cronquist 1976-ban a *C. sativa subsp. sativa* és *C. sativa subsp. indica* alfajokról tett említést.

A *Cannabis* nemzetség rendszertani felosztása azóta is forrásonként eltérő. Hillig (2005) különböző földrajzi eredetű növényeket vizsgálva megkülönböztette a *Cannabis sativa*, *Cannabis indica*, valamint a *Cannabis ruderalis* fajokat.

Nagyrészt Hillig (2005) kemotaxonómiai kutatására építve Clarke és Merlin (2013) földrajzi és kulturális megközelítésből állított össze egy nevezéktant, amely rávilágít az eltérő génállományok szerepére a kender termesztésének és szelekciójának történetében. Öt biotípus csoportot neveztek meg. A keskenylevelű kender (NLH – narrow-leaf hemp), a széleslevelű kender (BLH – broad-leaf hemp), a keskenylevelű droggkender (NLD – narrow-leaf drug), a széles levelű droggkender (BLD – broad-leaf drug), valamint a keskenylevelű és széleslevelű droggkender hibridek (NLD/BLD) alkotják a négy természetesen előforduló *Cannabis* tájfajtákat, valamint a mesterségesen előállított magnélküli állományokat - a spanyol „sin semilla” (magtalan) kifejezés a szakirodalomban is általánosan előforduló megnevezés. Arra utal, hogy a nővirágú egyedek megporzása elmarad, (a hím növényeket eltávolítják, vagy kizárólag termő

egyedeket vetnek) így megtermékenyítetlenül érik be a virágzat, a murvalevelek elhúsosodnak, a kannabinoid tartalom sokszorososa lesz a magot érlelő egyedekhez képest.

A gyakorlati növénynemesítés oldaláról megközelítve azonban nem szerencsés külön fajokról beszélni. Ugyanakkor Hillig (2005) munkájában fontos különbségtétel a kelet-ázsiai NLH említése, mint *Cannabis sativa ssp. chinensis*, valamint az európai NLH, mint *Cannabis sativa ssp. sativa*. A heterózishatás, amely a szülőpárok genetikai különbségének magas fokából adódik, rendkívül fontos tényező az ipari kenderfajták létrehozása során. A kannabinoid és terpenoid profil alapján is végeztek egyetlen fajra alapozott felosztást (Hazekamp et al. 2016).

A *Cannabis* nemzetség földrajzi rasszok szerint is felosztható. Szerebrjakov 5 rasszt említ. Az északi kender (*prol. borealis*) csoportba tartoznak az alacsony, igen korai észak-orosz és finnországi fajták. A közép-orosz (*prol. medioruthenica*) alakkör termesztési körzetére (Oroszország, Ukrajna, Fehéroroszország, Németország, Lengyelország) jellemzőek a hosszú nappalok, valamint a hűvös, csapadékos időjárás. A rassz esetében a közepes tenyészidő és növénymagasság, valamint a kismértékű elágazás és a közepes méretű és levélkeszámú (5-9) egyedek figyelhetők meg. A mediterrán kender (*prol. australis*) hosszú tenyészidejű, 3-4,5 m magasságot elérő alakkör, magtermesztése az 50. északi szélességi foktól délre lehetséges, ettől északabbra csak rostkenderként hasznosítható. A kelet-ázsiai kender (*prol. asiatica*) jellemzői az alacsony, elágazódásra hajlamos szár. A levelek nagyok, 9-13 levélkéből állnak. Hosszú tenyészidejűek (Bócsa 2004).

A különböző rendszertani felosztásokat az 1. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: A Cannabis nemzetség taxonómiai felosztása különböző források nyomán

Table 1: : A comparison of taxonomic terminology for *Cannabis* genus based on different authors

Small és Cronquist (1976)	Hillig (2004)	McPartland és Guy (2004)	Clarke és Merlin (2013)	Eredet	Hasznosítás
Termesztett kender					
<i>C. sativa</i> ssp. <i>sativa</i> var. <i>sativa</i>	<i>C. sativa</i> kender biotípus	<i>C. sativa</i> ssp. <i>sativa</i>	<i>C. sativa</i> ssp. <i>sativa</i> NLH	Európa	Rost és mag
	<i>C. indica</i> kender biotípus	<i>C. indica</i> ssp. <i>chinensis</i>	<i>C. indica</i> ssp. <i>chinensis</i> BLH	Kelet-Ázsia	Rost és mag
<i>C. sativa</i> ssp. <i>indica</i> var. <i>indica</i>	<i>C. indica</i> NLD	<i>C. indica</i> ssp. <i>indica</i>	<i>C. sativa</i> ssp. <i>indica</i> NLD	Dél-Ázsia	Drog
	<i>C. indica</i> BLD	<i>C. sativa</i> ssp. <i>afghanica</i>	<i>C. sativa</i> ssp. <i>afghanica</i> BLD	Afganisztán (Közép-Ázsia)	Drog
Vadon növe kender					
<i>C. sativa</i> ssp. <i>sativa</i> var. <i>spontanea</i>	<i>C. sativa</i> vad változat	<i>C. sativa</i> ssp. <i>spontanea</i> + <i>C. ruderalis</i>	<i>C. sativa</i> ssp. <i>spontanea</i> + <i>C. ruderalis</i> NLHA	Európa	Elvadult, meghonosodott rost és mag
<i>C. sativa</i> ssp. <i>indica</i> var. <i>kafiristanica</i>	<i>C. ruderalis</i> + <i>C. indica</i> vad változat	<i>C. indica</i> ssp. <i>kafiristanica</i>	<i>C. indica</i> ssp. <i>kafiristanica</i> NLDA	Dél-Ázsia	Elvadult, meghonosodott drog

A KENDERBEN ELŐFORDULÓ SPECIÁLIS HATÓANYAGOK

A kender sajátos tulajdonsága a kannabinoidok, mint másodlagos anyagcseretermékek termelése. A kannabinoidokon kívül terpének és fenolos vegyületek is szintetizálódnak (Flores-Sanchez és Verpoorte 2008). 90 felett van a szakirodalomban fellelhető

kannabinoidok száma, jöllehet, ezek némelyike bomlástermék (*Elsohly és Slade 2005; Brenneisen 2007; Radwan et al. 2009; Fishedick et al. 2010.*) A legnagyobb mértékben előforduló kannabinoidok a tetrahidrokannabinol-sav (THCA), a kannabidiol-sav (CBDA), a kannabinol-sav (CBNA), a kannabigerol-sav (CBGA), a kannabikromén-sav (CBCA) és a kannabinodiol-sav (CBNDA) (*Elsohly és Slade 2005*). A THCA a drog típusú kenderek meghatározó fitokannabinoidja, míg a rost típusú, ipari kenderekből döntően CBDA mutatható ki, a CBCA a fiatal növényekre jellemző vegyület, éréskor a mennyisége csökken (*de Meijer et al. 2009*). A farmakológiailag inaktív, savas forma nem enzimatis úton alakul át neutrális formává (dekarboxiláció), ez megtörténhet már a növényben az érés során, illetve betakarítás után melegítés hatására (*Flores-Sanches és Verpoorte 2008*). A fitokannabinoidok fő akkumulációs területe a mirigyszőrök szekréciós üregeiben található, amelyek a virágzatban lelhetőek fel a legnagyobb számban. Kisebb mennyiségben a magokból (*Ross et al. 2000*), a gyökérszövetből (*Stout et al. 2012*) vagy a pollenből (*Ross et al. 2005*) is kimutathatóak. A levelek kannabinoid tartalma is csökken az érés során, a legnagyobb mennyiségben a felső levélzetből mutatható ki (*Pacifico et al. 2008*). Azonban ezen vegyületek mennyiségét nagyban befolyásolja a szövet típusa, kora, a fajta, a termesztési körülmények, a betakarítás ideje és a tárolás módja (*Khan et al. 2014*).

A kannabinoidok bioszintéziséhez szükséges prekursorok két különböző módon keletkeznek. A poliketid útvonalon jön létre az olivetol-sav (OLA), a 2-C-metil-D-eritritol-4-foszfát (MEP) vezet a geranil-difoszfát (GPP) szintéziséhez (*Sirikantaramas et al. 2007*). A geranilpirofoszfát-olivetolat-geraniltranszferáz katalizálja az OLA és a GPP alkilációját, amely a CBGA létrejöttéhez vezet (*Fellermeier és Zenk 1998*). A THCA-szintáz, a CBDA-szintáz vagy a CBCA-szintáz oxidociklázok pedig létrehozzák a három leggyakrabban előforduló kannabinoidot (*Sirikantaramas et al. 2004*).

A propil-kannabinoidok, (C3-propil oldallánccal rendelkeznek, az előzőekben bemutatott C5-pentil oldallánc helyett) mint pl. a tetrahidrokannabivarin-sav (THCVA) más úton, a divarinol-savból szintetizálódik (*Flores-Sanchez és Verpoorte 2008*).

Ezek a vegyületek elsősorban az állati endokannabinoid rendszerre vannak hatással, melynek fő összetevője a CB1 és CB2 kannabinoid receptorok, valamint az ezekhez kapcsolódó endogén ligandumok (anandamid és a 2-arachidonoil-glicerol) amelyek számos fiziológiai folyamatért felelősek, így az étvágy, fájdalom, gyulladás, inzulin-érzékenység, zsír és energia háztartás, hangulat és emlékezet működését is befolyásolják

(*De Petrocellis et al.* 2011; *Di Marzo és Piscitelli* 2015). Az anandamidot utánzó, dekarboxilált THC molekulának a CB1 receptorhoz van nagyobb affinitása, így jön létre a pszichoaktív hatása, de ismert gyulladáscsökkentő, fájdalomcsillapító, izomlazító, valamint rákellenes szerepe is (*De Petrocellis et al.*,2011), míg a dekarboxilált CBD egészen más farmakológiai hatással rendelkezik, többek között a THC mellékhatásait (szorongás, immunszuppresszió) mérsékli, valamint szorongás csökkentő, émelygés csillapító, ízületi gyulladást mérséklő, gyulladáscsökkentő és immuno-modulációs hatása is bizonyított, jó terápiás képessége van az epilepszia, a sclerosis multiplex, skizofrénia, különböző neurodegeneratív betegségek, valamint az étvágy szabályozásnak terén (*Burstein*, 2015; *Englund et al.* 2012; *Hill et al.* 2012). A CBD rendkívül perspektivikus antibakteriális, valamint gombaellenes hatású vegyület (*Appendino et al.* 2008). A harmadik legnagyobb mértékben detektálható kannabionoid a CBC, amely gyulladáscsökkentő, nyugtató, fájdalomcsillapító és antibakteriális hatású (*Delong et al.* 2010; *Davis és Hatoum* 1983; *Eisohly et al.* 1982). A CBN a THC bomlásterméke, jóval kisebb affinitása van a CB1 receptorokhoz, így nem a központi idegrendszerrel fejt ki a hatását, hanem az immunrendszer sejtjeinél (*McPartland és Russo* 2001).

A kannabinoidok káros hatásait nézve megállapítható, hogy a THC tartalom és a rövid vagy hosszú távú kockázatok összefüggenek. A memóriazavarok, a kognitív képességek csökkenése, a függőség kialakulása, valamint krónikus pszichózisok pl. skizofrénia megjelenése mind a THC tartalomhoz köthető állapotok, ugyanakkor a CBD mérsékli ezeket a negatív hatásokat (*Volkow et al.* 2014; *van Amsterdam et al.* 2015; *Iseger és Bossong* 2015).

A kannabinoidokon kívül, már több, mint 100 terpént mutattak ki a kenderből, amelyek az illatért és ízért felelősek (*Rothschild et al.* 2005; *Brenneisen* 2007). A monoterpének, az illékony frakció meghatározó elemei, ide tartozik a D-limonén, β -mircén, α - és β -pinén, terpinolén és linalol. A szeszkviterpének pl. a β -kariofillén vagy az α -humulén is kimutatható a kender extraktumokból (*Fischedick et al.* 2010). A gyökérszövetből a friedelin és epifriedelanol triterpének (*Slatkin et al.* 1971), a rostokból a β -amyrin (*Gutiérrez és del Rio* 2005), a magolajból a cikloartenol, β -amyrin és a dammaradienol is kinyerhető (*Paz et al.* 2014). A terpének és a kannabinoidok mennyisége pozitív korrelációt mutat, hiszen a mono- és szeszkviterpének ugyanazokban a mirigyszőrökben szintetizálódnak, ahol a kannabinoidok is termelődnek (*Fischedick et al.* 2010; *Meier és Mediavilla* 1998).

A polifenolok, szűkebben véve a fenilpropanoidok gyakori másodlagos anyagcseretermékek a növényvilágban. A kenderben 20 flavonoidot detektáltak (*Flores-Sanches és Verpoorte* 2008). Ezek a vegyületek a növényben elsősorban antioxidánsként funkcionálnak, az oxidatív stressztől védik az egyedeket. Az ember esetében a flavonok és flavonolok gyulladáscsökkentő, rákellenes, idegvédő hatással rendelkeznek (*Andre et al.* 2010).

A kannabinoidok, terpének és polifenolok antagonistá és szinergikus hatását több szerzőnél is nyomon követhetjük (*Wright et al.* 2013; *Klein et al.* 2011; *Smith* 2015; *McPartland és Russo* 2001).

A KENDER EREDETE, A KEMOTÍPUSOK FEJLŐDÉSTÖRTÉNETE

A kulturális vagy földrajzi hatások miatt a kender hasznosítása sokféleképpen alakult az emberiség történetében. Ennek megfelelően az alkalmazott agrotechnika, valamint a szelekció iránya is eltérően alakult. Ezen körülmények egyenes következménye a XX. századi fajtanemesítés rostcélú, magtermesztési célú, vagy pszichoaktív irányú fejlődése (*Clarke és Merlin* 2016).

A fenotípusos változások is tetten érhetőek az évezredes szelekciónak köszönhetően. A rosttípusú (NLH és BLH) fajták hosszabb internódiummal és kevesebb elágazással rendelkeznek, a magcélú kenderek ezzel szemben rövidebb szártagokkal és több oldalhajtással bírnak. A hagyományos erősen pszichoaktív tájfajták akár 20% THC tartalommal rendelkeznek, míg az európai fajták ennek alig 1%-val (*Small és Marcus*, 2003). Ugyanakkor, a vad és a nemesített egyedek között akár hússzoros különbség is megfigyelhető az ezermagtömeg tekintetében (*Clarke és Merlin* 2013).

A morfológiai változások mellett, hangsúlyosak a fiziológiai eltérések is. A kendermag olajtartalma és zsírsavösszetétele jelentősen módosult a domesztikáció hatására (*Mölleken és Theimer* 1997).

A szár rosttartalmában és rostminőségében is jelentős változás figyelhető meg, néhány kivételes genetikai állományú fajtában a rosttartalom akár 35% is lehet (*Bócsa* 1994).

A virágzat morfológiai változása is a tudatos szelekciónak köszönhető. A tudatmódosító hatásra szelektált, főként NLD/BLD „sinsemilla” hibridek virágzata nagyobb, sűrűbben helyezkednek el az egyedi virágok és a felső levelek, a magok biztos beérése teljesen

lényegtelen szempont, hiszen ezek a tövek vegetatív úton tarthatóak fenn (*Clarke és Merlin* 2013).

A természetes és mesterséges két irányú evolúció is megfigyelhető a kender esetében. A Pleisztocén időszakában az eredeti kender géncentrum szétszakadt, eltérő fotoperiódus igényű ökotípusok jelentek meg és stabilizálódtak a földrajzi izoláció következtében. Az ezt követő domesztikációnak köszönhetően létrejött a két teljesen eltérő, északi, rövid tenyészidejű NLH fajták, valamint a késői virágzású NLD (kolumbiai, indiai, thaiföldi) változatok (*Clarke és Merlin* 2016).

A THC és CBD szintézisért felelős allélek magas örökölhetőségi értékkel bírnak, kitartó szelekcióval egyik, vagy másik irányban szétválaszthatóak a populációk (*McPartland és Guy* 2010).

A kender a természetes szelekció következtében kemotípusát tekintve a II. csoportba tartozik, tehát a kinyerhető THC:CBD aránya közel azonos, intermedier forma, akárcsak az afgán hasis típusú növények. A mesterséges szelekció következtében magas THC tartalmú, tudatmódosító hatású populációk jöttek létre, amelyeket érzékszervi vizsgálattal ki tudtak válogatni, létrehozva az I. kemotípusba tartozó magas THC:CBD arányú növényeket. Ezzel szemben az északi termesztési környezetben a magas THC tartalom eléréséhez nem kedvezőek a hosszú nappalok, valamint a relatíve rövid nyarak, hiszen a virágzási idő lerövidül. Ezáltal a természetes szelekció is alacsonyabb szinten tartotta a kelet-ázsiai BLH és az európai NLH tájfajták THC tartalmát. A teljes kétirányú szelekció a modern fajták szisztematikus, jogszabályok által megkövetelt, extrém alacsony THC tartalmú elit növények kiválogatásával vált teljessé. A III. kemotípus magas kannabidiol tartalmú egyedein - lévén a pontos CBD tartalom csak analitikai háttérrel igazolható, a modernkori szelekció eredményei (*Clarke és Merlin* 2016).

A tiszta kemotípusok beltenyésztéses vonalai döntően vagy THC (I. típus) vagy CBD (III. típus) domináns egyedeket tartalmaznak. A tiszta vonalak egymással történő keresztezésének hatására intermedier utódok jönnek létre (II. típus). A második generációban, a mendeli szegregáció mintájára 1:2:1 arányban hasadnak I., II. és a III. típusba tartozó tövek. Ez azt sugallja, hogy a kannabinoid szintézisért felelős THCA és CBDA szintézisért felelős enzimek génjei kodominánsak, egyetlen lókuszon (*de Meijer et. al.* 2003).

Kojoma et al. (2006), valamint *Bakel et al.* (2011) genetikai vizsgálatai ennél árnyaltabb képet mutatnak, több homológ allélt feltételeznek, külön lókuszonon, valamint ezek

egymással való kapcsolata, esetleg az allélek eltérő enzimatisus hatásfoka magyarázhatja az utódnemzedékek eltérő szegregációját.

Weiblen et al. (2015) a két legfontosabb kannabinoid bioszintézise kapcsán felismerte, hogy a CBDA szintáz nagyobb affinitással rendelkezik a prekursor CBGA molekula átalakításához, mint a THCA szintáz. Amikor mind a két enzim aktív, sokkal több kannabidiol-sav szintetizálódik a kannabigerol-sav molekulából. Ezért az alacsony pszichoaktív kannabinoidot tartalmazó ipari kenderben is található aktív THCA szintáz enzim, viszont, elsődlegesen CBDA szintézisére kerül sor. Az I. kemotípusba tartozó drogekendernek egy nem funkcionáló CBDA szintáz alléllal rendelkeznek, így nincs kompetíció a két enzim között, tisztán THCA keletkezik a prekurborból. Genetikai szempontból a marijuána típusú THCA szintáz allél a domináns. Az egyébként recesszív, nem funkcionáló CBDA szintáz enzim egyértelmű előjele annak, hogy a kender növény drog típusú.

Így összességében a különálló lókuszok heterozigotizása, a génkettőződés, a CBD szintáz gének szelekciója (nem funkcionális enzim), a fenotípusát tekintve nagyobb méretű és mennyiségű mirigyszórt tartalmazó egyedek kiválogatása, valamint a hibrid vigor (NLD és BLD hibridek) vezettek a modern pszichoaktív marihuánák megjelenéséhez.

Az ázsiai NLD egyedek magas THC tartalmát elitnövények kiemelésével biztosították.

Az intermedierek tekinthető afgán kenderekről a pszichoaktív hasis begyűjtése nem egyedileg történt, hanem állomány szinten. Ez nem tette lehetővé az elitnövények szelekcióját, ezért a populációban egyaránt jelen vannak a magas THC tartalmú és a magas CBD tartalmú növények. Ez a tendencia a kelet-ázsiai BLH tájfajtákhoz hasonlít, amelyeknek a hatóanyag tartalma alacsonyabb, lévén nem volt szelekciós szempont a nagy virágzati tömeg, és a mirigyszőrök magas száma. A modern „sinsemilla” hibridek ötvözik az extrém magas THC tartalmat az NLD szülőtől, valamint az alig kimutatható CBD tartalmat a BLD felmenőtől (*Clarke és Merlin* 2016).

A kannabinoid tartalomra nemesített hibridek előállításának sémája a megfelelő anyanövények kiválasztásával kezdődik, lehetőleg genetikailag sokszínű eredettel. Ezeket a nővirágú egyedeket öntermékenyítik, méghozzá olyan módon, hogy a hormonháztartást befolyásoló vegyi anyagokkal hím virágokat indukálnak. Ezt ismétlik több generáción keresztül, a homozigotizáció eléréséig. Legvégül, az így nyert vonalat

kereszteznek a genetikailag legkevésbé rokon beltenyészett vonallal, a vigor helyreállítása céljából (*de Meijer* 2014).

A KENDERNEMESÍTÉS MÉRFÖLDKÖVEI

A XX. század folyamán az európai kendernemesítők igyekeztek továbbfejleszteni a helyben elérhető tájfajtákat, valamint keresztezéssel magasabb rosttartalmat és maghozamot akartak biztosítani. Az európai kenderfajták többsége közös felmenőkkel rendelkezik, kevésbé különbözőek genetikailag, mint a velük rokon tájfajták (*de Meijer* 1995; *Hillig* 2004).

A kender természetes módon kétlaki növény, az egyivarú hím és nővirágok különböző növényeken találhatóak. Azonban a szexuális fenotípus flexibilitást mutathat, egylaki vagy hermafrodita növények is megjelenhetnek. A 9 pár autoszomális kromoszóma mellett 1 pár nemi kromoszóma is megtalálható, a hím egyedek esetén heterogametikus (XY), a nővirágú egyedeknél homogametikus (XX). Stresszt okozó környezeti hatások vagy hormonális kezelés hatására a nemi kromoszómák ellenére kialakulhatnak az eltérő ivarhoz tartozó virágok is (*Molteni et al.* 2004).

Tehát a kender alapvetően kétlaki növény, a nővirágú egyedeket számtalan hím egyed megporozhatja, ezért nagy kihívás a kontrollált körülmények között végrehajtott, irányított beporzás. Az egylaki fajták öntermékenyülésre is képesek az idegentermékenyülésen kívül. A mesterségesen kialakított, tisztán nőegyedekből álló populációk alkalmasak hibrid anyavonalak előállításra. Az ilyen tisztán uniszexuális állományokat egylaki és kétlaki állományok keresztezésével lehet elérni (*Hoffmann* 1944).

Az ipari kender populációk három fő csoportba sorolhatóak. A legrégebben domesztikáltak a tájfajták, amelyek ismétlődő tömegszelekciós eljárás eredményei. A szintetikus fajták általában a tájfajták bizonyos egyedeinek keresztezéséből alakultak ki. Európában ezek az ősök az északi, a közép-ország, a dél-európai, valamint a kelet-ázsiai ökotípus populációiból származnak (*de Meijer* 1995). A XX. század első évtizedeiben az érésidő, a magasság, a szárkörméret, valamint a vegetatív tömeg alapján válogattak. A kórótömeg és a vegetációs idő hossza pozitív korrelációban állnak egymással, e tekintetben viszonylag gyorsan létrejöttek a homogén populációk. A minőségi

tulajdonságok azonban összetettebbek. A családtenyésztés révén alakultak ki az első magyar, román és olasz fajták a Carmagnola tájfajtából (*Ranalli* 2004).

A harmadik csoportba a két szintetikus fajta keresztezéséből származó fajták tartoznak. A legalapvetőbb nemesítési módszerek közé sorolhatjuk a szelekciót, a kombinációs nemesítést, a heterózis nemesítést, valamint a marker alapú szelekciót. Ugyanakkor az indukált mutációs- valamint a poliploid nemesítésre is találunk példát (*de Meijer et al.*, 2003; *Di Candilo et al.* 2000; *Hoffmann*, 1953; *Mandolino et al.*, 2003; *Parsons et al.*, 2019).

A legelső szintetikus kendernemesítési eredmények között tartjuk számon a Kymington, Chington és Arlington fajtákat, amelyeket *Dewey* (1927) hozott létre kínai tájfajtákból.

A rostkender nemesítésének történetében mérföldkőnek számít *Bredemann* munkássága, aki felismerte, hogy a rosttartalom növelésében mindkét szülő tulajdonságai meghatározóak, így a hím kenderek bírálatát még a virágzás előtt elvégezte, hogy csak a legkiválóbbak termékenyíthessenek. A szabályozott megporzás révén jóval hatékonyabban tudták javítani e tulajdonságot (*Bredemann* 1924, 1937, 1953; *Bredemann et al.* 1961).

A legelső klasszikus keresztezéses eredmény *Dewey* (1927) munkájához köthető, aki a Kymington és Ferrara keresztezésével hozott létre jobb rostkihozatali paraméterekkel rendelkező fajtát. Ugyanakkor a legsikeresebb heterózis-nemesítéssel előállított hibridek Magyarországhoz köthetők (*Bócsa és Karus* 1998).

A genetikai marker alapú szelekció hasznos a hím egyedek korai felismerése szempontjából, valamint az egylaki nemesítési programokban (*Mandolino et al.* 1999). A kemotípusok azonosítása során is megkerülhetetlenné váltak a markerek (*de Meijer et al.* 2003; *Mandolino et al.* 2003).

Napjainkban a legtöbb európai fajta egylaki. A francia Fibrimon fajtát közvetlenül egy beltenyésztett egylaki vonalból állították elő. Ez a vonal egyetlen, hím és nővirágzatot egyaránt hordozó egyedből került felszaporításra, amelyet egy közép-oroszországi NLH populációból izoláltak. A pszeudo-egylaki fajtákat a Fibrimon, mint pollenadó és egy magas rosttartalmú német NLH populáció, vagy egy késői olasz, török tájfajta keresztezésével, majd az utódok Fibrimonnal történő visszakeresztezésével hozták létre. Az egylakiak genetikai homogenitását minden évben biztosítani kell, hiszen szelekció

nélkül a következő generációkban visszarendeződik a természetes kétlakiség (*de Meijer* 1995).

Az olasz fajták többsége kétlaki, a legismertebb és legősibb a Carmagnola, amely a híres olasz textilipar alapfajtája volt (*Allavena* 1967). Ebből alakították ki a Carmagnola Selezionata fajtát. A tömegszelekció módszerével hozták létre a termesztési körzetnek megfelelő ökotípust: Bolognese, Toscana, Ferrarese. Magas rosttartalmú német törzsek keresztezésével készült az Eletta Campana és a Fibranova fajta (*Allavena*, 1967; *Barbieri és Tedeschi*, 1968). 1995-ben kezdődött egy új nemesítési program, melyben célul tűzték ki a magasabb termést, a rost minőség javulását, valamint az alacsony THC tartalmat. Ennek eredményeként született meg a Red Petiole, Asso, Fibrimor kétlaki fajták, valamint az Ermes, Carmono, Carma, Codimono egylaki fajták (*Di Candilo et al.* 2002; *Ranalli* 1998).

A magyar kendertermesztés szintén a kétlaki kenderformákat preferálta, lévén a rostelőállítás volt a mérvadó. Magyarországon *Fleischmann* (1931, 1934) munkája számít úttörőnek. A Kompolti kender magas rosttartalomra válogatták ki egy olasz eredetű fajtából. A hibridek előállításának gyakorlata, így az uniszexuális populációk termesztési megvalósítása magyar gyökerekkel rendelkezik. A Kompolti és az egylaki Fibrimon keresztezésével létrehozott Uniko-B egy uniszexuális hibrid, elhanyagolható pollentermelésre képes, nagy részben nővirágú egyedekből áll, így magtermése kiemelkedő. A második generációban elveszti ezt a tulajdonságát, nagy számban megjelennek valódi hímvirágú egyedek is. A Kompolti Hibrid TC egy háromvonalas hibrid, előállításának első lépcsője az uniszexuális (kínai eredetű BLH egylaki és kétlaki keresztezés) nemzedék, a Kínai Uniszex létrehozása volt. Ezután a Kínai Uniszex és a pollenadó Kompolti keresztezéséből létrejön a háromvonalas hibrid, 50% nő- és hímvirág aránnyal, hibrid vigorral, valamint megnövekedett rosttartalommal. A hazai nemesítés következő érdekessége, elsősorban a papíripari feldolgozásra szánt Kompolti sárgaszárú, amely egy klorofill-hiányossá váló, virágzaskor sárga szárszínű fajta. A kiinduló mutáns egyedek egy korai finn NLH és egy olasz késői NLH/BLH kender keresztezésével jöttek létre. Ezt többször visszakeresztették a Kompoltival, hogy az új szárszín homozigóta formában rögzüljön (*Bócsa és Karus* 1998).

A lengyel fajták egylakiak. A Bialobrzieskie fajta több orosz eredetű NLH sorozatos keresztezésének terméke, amelyet végül Fibrimonnal kereszteztek, majd magas

rosttartalomra válogattak. Egy másik Fibrimon hibrid egyedi utódszelekciójának eredménye a Beniko fajta (*de Meijer, 1995*).

Romániában kettő kutatóintézetben folyik kendernemesítő munka. Az SCDA Seuieni főleg egylaki fajtákat, míg az SCDA Lovrin kétlaki fajtákat állít elő. Tevékenységüket fémjelzik a közelmúltban nemesített egylaki Olivia és Successiv fajták (*Popa et al. 2022; Popa et al. 2019*).

A francia fajták, lévén a kettős hasznosítású kender az elterjedt, döntően egylakiak. A fajták egy részét a Fibrimomból válogatták ki, amely keresztezéses nemesítés eredménye, von Sengbusch egy közép-orosz eredetű vonalban előforduló spontán egylaki egyedekből, valamint magas rosttartalmú kétlaki szelektált vonalokból és késői, olasz és török eredetű tájfajtákból hozott létre az 1950-es években. Ilyen valódi egylakinak mondható szelekciók a Fibrimon 21, Fibrimon 24, Fibrimon 56, valamint a korai Ferimon 12. A pseudo-egylaki fajták a Fibrimon és valamely kétlaki keresztezésének termékei. Ide sorolható a Fedora 19, Felina 34 vagy a Futura 77 is (*de Meijer 1995*). Ugyanakkor az új generációs kannabinoid profilra nemesített fajták képviselője a Santhica, amelyet magas CBG tartalomra szelektáltak (*de Meijer 2004*).

A Finola finn kétlaki fajtát 1999-ben regisztrálták. Ez egy korai, az északi régiókban termesztendő, alacsony fajta. Kanadában elsősorban a magjáért és az olajáért termesztik (*Small és Marcus 2002*).

Az egykori Szovjetunió területén is nagy múltra tekint vissza a kender nemesítése. A korábbi fajtáik vagy a déli, késői érésű csoportba tartoztak, vagy a közép-orosz és mediterrán eredetű kender hibridjei voltak. A híres dél-orosz Kuban fajta egy tíz cikluson keresztül folytatott családselekció eredménye, amelyben a szülőfajták a Szegedi 9 és a Krasnodarskaya 56 voltak. A Szegedi 9 egy magyar eredetű, a Tiborszállásból szelektált fajta (*Serebriakova 1940; de Meijer 1995*). Az USO-11 egylaki fajta a déli alakköre jellemző növekedési ütemet produkál, azonban északi területeken természetesen a hosszabb vegetatív szakasz hosszabb szárát, magasabb rosttermést eredményez. A neve is erre utal, az orosz rövidítés a déli egylaki kifejezést takarja (*de Meijer 1995*).

Napjainkban is aktívan folyik a kender nemesítése Ukrajnában is, jó példa erre a magas rostminőségű és magolaj tartalmú Artemida fajta (*Mishchenko et al 2021a*), valamint a magas CBG tartalmú Vik 2020 (*Mishchenko et al. 2021b*).

Szerbiában 1992-ben reaktiválták a nemesítési munkát. Regisztrálták a kétlaki Marina, az egylaki Helena és a hibrid Diana fajtákat (Sikora és Koren 2020).

A drog típusú kenderek elterjedése kezdetben a dél-ázsiai NLD tájfajták különböző földrajzi övezetekben történő honosítását jelentette. Az 1960-as és 1970-es években az Európába és Észak-Amerikába relatíve nagy mennyiségben elérhető NLD tájfajták jelentették a genetikai alapot. A kolumbiai és thai marihuána egyenlítői elterjedése miatt az északi területeken nem tudtak beérni szabadföldi körülmények között, ellenben a mexikói és jamaikai fajták korábbiak, így a virágzat beérése még a tél beállta előtt lehetséges. Az 1970-es évek elejétől az NLD hibridek a mexikói-jamaikai, valamint a jóval termőképesebb, de késői kolumbiai, indiai, panamai és thai keresztezéseket jelentették. Kezdetben, eltávolították az összes hím virágú egyedeket, így csak a megtermékenyítetlen nővirágú példányok maradtak (sinsemilla tövek), amelyeknek potenciális kannabinoid tartalma jóval meghaladja a megtermékenyített töveknél mérhető értékeket.

Később, néhány hím tövet izoláltak, néhány anyatövet megtermékenyítettek a saját vetőmagellátásuk biztosítása érdekében. Az importált NLD tájfajták multihibrid utódainak köszönhetően az 1980-as évekre az észak-amerikai sinsemilla kenderek váltak a legértékesebb drog típusú változatokká. A korai NLD törzsek közé tartozik pl. az Original Haze.

A széles-levelű drog típusú kender (BLD) Afganisztánból került Észak-Amerikába és Európába az 1970-es években. Jellegzetességük közé tartozik az elágazások magas száma, valamint a mindössze 1-2 méteres magasság. Alacsonyabbak és sűrűbb habitusúak, levelük szélesebb, sötétebb színű, mint az NLD példányoknak. Ezért hívják tévesen az NLD törzseket „sativának”, a BLD afgán hasis kendereket, pedig „indicának”. Az NLD és BLD hibridek korábban értek, mint a tiszta NLD vonalak, alacsonyabb, kompaktabb benyomást keltettek, valamint a heterózishatás következtében a kinyerhető kannabinoid tartalmuk is magasabbnak bizonyult. Azonban hosszútávon a hibridek meg gondolatlan előállítás, a szelekció elhanyagolása mellett, jelentősen rontott a korábbi hatóanyagtartalom és minőségen.

Az NLD/BLD hibridek jelentősen megváltoztatták a drognak termesztett kender agrotechnikáját, hiszen a hidegtűrőségük, gyors érésük miatt az északi mérsékelt éghajlaton termesztették szabadföldön is.

A beltéri termesztés az egyre nagyobb arányú tiltások, a megvilágító rendszerek fejlődése, valamint az alacsonyabb, kompaktabb méretű hibridek térhódítása miatt terjedhetett el. Ez a termesztési modell beszűkítette az elérhető genetikai forrásokat, a környezeti feltételekkel szembeni érzékenység nem volt többé szelekciós szempont (Clarke és Merlin 2016).

A KENDERNEMESÍTÉS JELENKORI PROBLÉMÁI ÉS JÖVŐKÉPE

Összegzésként elmondható, hogy a *Cannabis* növények a természetes és mesterséges szelekciónak köszönhetően nagy genetikai változatosságot mutatnak, mely a fenotípusok sokféleségén is tetten érhető. Mindazonáltal a nemesítői szándékot befolyásolták a jogszabályi előírások, a tiltások, így a genetikai diverzitás egyre inkább csökkent. Az európai ipari kender fajták nagy része néhány közös szelekciós anyagból származik. A kétlakiak orosz és kínai tájfajták keresztezésének eredményei, az egylakiak a Fibrimon fajtából származnak. A drog változatok génkészlete ehhez hasonlóan jelentősen beszűkült, a beltenyésztés, a szándékos, vagy véletlen öntermékenyítés miatt, valamint a vegetatív szaporításból származó kereskedelmi klónok túlsúlyából adódóan. Ha ez a folyamat továbbra is ebbe az irányba tart, a szexuális rekombináció hiányából adódóan az állati károsítókkal, kórokozókkal szembeni fogékonyság, valamint a klimatikus érzékenység növekedhet.

A múltban találunk példát hasonló jelenségekre, mint pl. az 1845-ös burgonyavész járvány Írországbán, ahol a burgonyaterületek jelentős részén egyetlen fajta, az „Irish Lumper” termett, ami a magas virulenciával rendelkező, új HERB-1 *Phytophthora infestans* törzsnek nem tudott ellenállni, így a következmények katasztrofálisak voltak (Kelly 2012).

A szőlő szaporítóanyag előállítás korábban gyökeres dugványokon alapult, akárcsak a modern „sinsemilla” kendertővek. A XIX. század közepén az amerikai eredetű filoxéra (*Daktulosphaira vitifoliae*) letarolta az európai szőlőültetvények jelentős részét. A megoldást kezdetben az észak-amerikai *Vitis aestivalis* és európai *Vitis vinifera* tövek keresztezésében keresték, de sem a kártevő elleni rezisztencia, sem a korábbi termésminőség feltétele nem teljesült. A megoldást az amerikai alanyok bevonása jelentette, melyekre ráoltották az európai fajtákat. Mysles et al. (2011) felhívja a figyelmet a vegetatív szaporítás kockázataira a károsítók egyre nagyobb nyomásának

függvényében, hiszen ez a fajtafenntartási módszer eredményes a valódi, homogén vonalak kialakítása szempontjából, viszont a szőlő természetes genetikai diverzitását oly módon beszűkíti, hogy a szőlőtermesztés hosszútávú fenntarthatóságát veszélyezteti.

A XX. század közepén a kender mesterséges szelekciója, nemesítése új irányba terelődött. A hagyományos rost, mag vagy drog típusú tájfajták termesztésével felhagytak, modern fajták termesztésére álltak át, vagy keresztezések révén egyesítették azokat. *Watson és Clarke (1997)* arra figyelmeztetett, hogy a genetikai erőforrások nem megfelelő megőrzése, a jogszabályi előírások a különféle kenderellenes rendelkezések miatt, a tájfajták teljes eltűnéséhez vezetnek. A génbankokban tárolt különféle, nagy genetikai értékkel bíró szaporítóanyagok kitermesztése, felszaporítása nehézkes. Arról nem is beszélve, hogy a kétlaki állományoknak megfelelő méretűeknek kell lennie ahhoz (akár 2000 egyed), hogy a lehetséges allélok reprodukálhatóak legyenek, megőrizhessük azokat a magban (*Crossa et al. 1993*).

A jövőben a kendernemesítés kihívásai egyrészt a minőségi és mennyiségi fejlődést szolgálják, cél a magasabb és jobb minőségű rosttartalom, a megfelelő kannabinoidok mellett (alacsony THC és magasabb CBD), jobb feldolgozhatóság, károsítókkal szembeni ellenállóképesség. A textil és papíripari hasznosíthatóság feltételeinek javítása érdekében a szárban található cellulóz, lignin és pektintartalomért felelős gének szekvenálása új irányt jelenthet (*Mandolino és Carboni 2004*).

A magtermés megfelelő protein és zsírsavtartalmára történő nemesítés, valamint a feldolgozhatóság optimalizálása az élelmiszeripari hasznosítást segíti (*Salentijn et al. 2014*). A rostminőség sokkal összetettebb tulajdonság, ellenben a magok zsírsav és fehérje bioszintéziséért felelős gének száma alacsonyabb, így az erre irányuló nemesítés hatékonyabb lehet (*Weightman és Kindred 2005*).

A hagyományos ipari kenderek egy új hasznosítási formája is terjedőben van. A cséplési aljban, vagy egyéb nem hasznosított biomasszában található kannabinoidokat kivonják, azt táplálékkiegészítőként, gyógyászati segédanyagként értékesítik. Erre adott válaszként a nemesítők igyekeznek olyan fajtákat előállítani, amelyeknél a magas CBD, alacsony THC tartalommal társul. Kínában nagy hagyománya van a kender többcélú felhasználásának, így a rost vagy magtermelés mellett gyógynövényként is termesztették. Az elmúlt évtizedben magas CBD tartalmú ipari kenderfajtákat is regisztráltak (*Salentijn et al. 2015*).

Nagy érdeklődés övezi a ritka, egyébként kis mennyiségben előforduló kannabinoidokat (CBC, CBG). Az ezekre történő nemesítésre is találunk példát (*Mishchenko et al.* 2021b).

A gyógyszerészeti alapanyagként felhasználható magas CBD tartalmú populációk létrehozása gyakran követi a hagyományosnak mondható „sinsemilla” droggkender előállítását. Első lépésben néhány ígéretes keresztezést hajtanak végre, majd sorozatosan öntermékenyítik a kiválogatott egyedeket, vagy visszakereszteznek valamely szülővel. A hibrid vigort a kiválasztott, különböző beltenyésztéses vonalak keresztezésével hozzák helyre (*de Meijer* 2004).

A jövőben a biotechnológiai eredmények bevonásával egészül ki a kendernemesítés. Ennek egyik első lépéseként Japánban sikerrel vittek át THC-szintáz géneket dohány (*Nicotiana tabacum L.*) növényekbe (*Sirikantaramas et al.* 2005). A legelső kender genom szekvenciát 2011-ben publikálták (*van Bakel et al.* 2011).

Génszerkesztéssel, indukált mutációval új olajkender fajták létrehozására is lehetőség nyílik (*Bielecka et al.* 2014).

A kannabinoid bioszintézist kódoló gének átvihetők egyéb organizmusokba, például mikrobákba (*Luo et al.* 2019). Igaz, a mag nélküli szárított kender virágzat önmagában is képes 20% THC vagy CBD tartalmat felhalmozni, mégis konkurenciát jelenthetnek a transzgenikus mikroorganizmusokat tartalmazó bioreaktorok.

A molekuláris markerek nagyarányú alkalmazása felgyorsíthatja a nemesítési folyamatot. A kívánatos tulajdonságokat hordozó egyedek már egészen korai fenológiai fázisban kijelölhetőek (*de Meijer* 2004). A komplex tulajdonságok is rövidebb idő alatt fejleszthetőek, az előnyös, ritka génmutációk detektálhatóak (*Salentijn et al.* 2014).

ÖSSZEGZÉS

Összességében elmondható, hogy a kender az egyik legrégebben hasznosított mezőgazdasági növényünk. Kulturális, földrajzi okokból sokféle alfaj és változat alakult ki, döntően emberi közreműködéssel. A növényfaj modern kori reneszánszát éli, ennek köszönhetően tudományos kutatása is megélné. Különösen a magas kannabinoid-tartalomra nemesített változatok esetén megfigyelhető tendencia a „kedvetlenségből” termesztők által összegyűjtött technológiai, növényélettani információk tudományos igényű rendszerezése, publikálása. Sajnos a legtöbb országban a jogi szabályozás gátat

szab a kutatómunkának is, amely nemcsak a megismerést korlátozza, hanem nagyon sok, kiváló adaptív tulajdonsággal rendelkező tájfajtát, növényanyagot elveszítünk, konzerválásuk az utókor számára kitermesztés nélkül igencsak korlátozott. Jelen munkámmal igyekeztem a drog típusú változatokat is bemutatni, annak ellenére, hogy az ipari kenderrel foglalkozó szakirodalmak igyekeznek elhatárolódnni ettől a hasznosítási körtől, pedig akárhonnán is közelítjük meg, egyetlen rendkívül változatos fajról beszélünk, közös géncentrummal, melynek diverzitását az emberiség kulturális igényei nagyban befolyásolták.

A *C. sativa* nemesítésének módszerei hatalmas fejlődés elé néznek. Amennyiben nagy területen visszatalálunk ehhez a multifunkcionális növényhez, úgy a biotechnológiai, molekuláris genetikai ismeretanyag bővülésével is feltétlenül számolnunk kell, amely valamennyi hasznosítási módjára kedvezően hathat. De a jelen korban elérhető fajták is nagyobb figyelmet érdemelnek, hiszen a kenderből számos olyan nyersanyag kinyerhető (építőipar, textilipar, vegyipar, papíripar stb.) amelyből aktuálisan hiányt szenvedünk, vagy legalábbis jóval fenntarthatóbb, a környezetre nézve minimális kockázatot jelentő alternatívát nyújthatnak.

THE PAST, PRESENT AND FUTURE OF BREEDING AND DOMESTICATION OF HEMP (*CANNABIS SATIVA* L.)

GERGŐ SOMODY – ZOLTÁN MOLNÁR – ERIKA LAKATOS

Széchenyi István University

Albert Kazmer Agricultural Faculty

SUMMARY

The research and breeding of hemp (*Cannabis sativa* L.) is experiencing a renewal after a long period of neglect and prohibition. The observations and information collected by countless amateur growers is still being scientifically analyzed and systematized today.

Our article tries to provide an overview from the early domestication of hemp to the presentation of the latest breeding results. The widespread interest in the 20th century is the utilization for medicinal and therapeutic purposes, therefore the most important element is the description of the special active substances found in hemp: the

cannabinoids, as well as the investigation of the creation and further breeding of the different chemotypes.

Previously, researchers interested in industrial hemp deliberately distanced themselves from drug-type varieties, so we considered the origin and development history of the plants belonging to that field of use to be important, since we are talking about a single species, the different types of which have been shaped by human cultural, geographical and economic factors.

Keywords: hemp, hemp breeding, cannabinoids, CBD, THC

IRODALOMJEGYZÉK

Allavena D. (1967): CS, eine neue Sorte des zweihausigen Hanfes. *Fibra*, 12, 17-24.

Andre C. M. - Larondelle Y. - Evers D. (2010): Dietary antioxidants and oxidative stress from a human and plant perspective: a review. *Current Nutrition & Food Science*, 6(1), 2-12.

Appendino G. - Gibbons S. - Giana A. - Pagani A. - Grassi G. - Stavri M. - Smith E. - Rahman M. M. (2008): Antibacterial cannabinoids from *Cannabis sativa*: a structure-activity study. *Journal of natural products*, 71(8), 1427-1430.

Barbieri R. - Tedeschi P. (1968): Eletta campana e T4, nuove cultivar di canapa per l'ambiente campano. *Sementi Elette*, 6, 412-417.

Bielecka M. - Kaminski F. - Adams I. - Poulson H. - Sloan R. - Li Y. - Larson T. R. - Winzer T. - Graham I. A. (2014): Targeted mutation of $\Delta 12$ and $\Delta 15$ desaturase genes in hemp produce major alterations in seed fatty acid composition including a high oleic hemp oil. *Plant Biotechnol J*, 12(5), 613-623. doi:10.1111/pbi.12167

Bócsa I. (1994): *Professor Dr. Ivan Bócsa, the breeder of Kompolti hemp (interview by the JIHA)*. (Vol 1), J. Int. Hemp Assoc.

Bócsa I. (2004): *A kender és termesztése*: AGROINFORM KIADÓ.

Bócsa I. - Karus M. - Hemptech. (1998): *The Cultivation of Hemp: Botany, Varieties, Cultivation and Harvesting*: Hemptech.

Bredemann G. (1924): Beitrage zur Hanfzüchtung II. Anslese faserreicher. Mannchen zur Befruchtung durch Faser-bestimmung an der lebeden Pflanze vor deu Blüte. *Angew Bot*, 6, 348-360.

Bredemann G. (1937): Züchtung des hanfes auf Fasergehalt. *Z Pflanzen*, 12, 259-268.

- Bredemann G.* (1953): Verdreifachung des Fasergehalts bei Hanf durch fortgesetzte Maanthen und Weib-chenauslese. *Mater Veg*, 2, 167-187.
- Bredemann G. - Garber K. - Huhnke W. - von Sengbusch R.* (1961): Die Züchtung von monöozischen und diöozischen, faserertragreichen Hanfsorten Fibrimon und Fibridia. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 46, 235-245.
- Brenneisen R.* (2007): Chemistry and Analysis of Phytocannabinoids and Other *Cannabis* Constituents. In *ElSohly M. A.* (szerk.), *Marijuana and the Cannabinoids* (pp. 17-49). Totowa, NJ: Humana Press.
- Burstein S.* (2015): Cannabidiol (CBD) and its analogs: a review of their effects on inflammation. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 23(7), 1377-1385.
- Candolle A. d. - International Botanical Congress Paris F.* (1867): *Lois de la nomenclature botanique*. Paris: V. Masson et fils.
- Chandra S. - Lata H. - ElSohly M. A. - Walker L. A. - Potter D.* (2017): *Cannabis* cultivation: Methodological issues for obtaining medical-grade product. *Epilepsy Behav*, 70(Pt B), 302-312. doi:10.1016/j.yebeh.2016.11.029
- Clarke R. C. - Merlin M. D.* (2013): *Cannabis Evolution and Ethnobotany* (1 ed.): University of California Press.
- Crossa J. - Hernandez C. - Bretting P. - Eberhart S. - Taba S.* (1993): Statistical genetic considerations for maintaining germ plasm collections. *Theoretical and Applied Genetics*, 86(6), 673-678.
- Davis W. M. - Hatoum N. S.* (1983): Neurobehavioral actions of cannabichromene and interactions with delta 9-tetrahydrocannabinol. *General pharmacology*, 14(2), 247-252.
- de Meijer E.* (2004): The breeding of *Cannabis* cultivars for pharmaceutical end uses. *Medicinal Uses of Cannabis and Cannabinoids*. Pharmaceutical Press: London, 55-70.
- de Meijer E.* (2014): 89The Chemical Phenotypes (Chemotypes) of *Cannabis*. In *Pertwee R.* (szerk.), *Handbook of Cannabis* (pp. 0): Oxford University Press.
- de Meijer E. P.* (1995): Fibre hemp cultivars: a survey of origin, ancestry, availability and brief agronomic characteristics. *J. Int. Hemp Assoc.*, 2(2), 66-73.
- de Meijer E. P. - Bagatta M. - Carboni A. - Crucitti P. - Moliterni V. M. - Ranalli P. - Mandolino G.* (2003): The inheritance of chemical phenotype in *Cannabis sativa* L. *Genetics*, 163(1), 335-346. doi:10.1093/genetics/163.1.335

de Meijer E. P. M. - Hammond K. M. - Sutton A. (2009): The inheritance of chemical phenotype in *Cannabissativa* L. (IV): cannabinoid-free plants. *Euphytica*, 168(1), 95-112. doi:10.1007/s10681-009-9894-7

de Monet de Lamarck J. B. P. A. - Poiret J. L. M. (1808): *Encyclopédie méthodique botanique: pt. 2, p. 345-752 (1 Aug. 1785)*; Panckoucke.

De Petrocellis L. - Ligresti A. - Moriello A. S. - Allarà M. - Bisogno T. - Petrosino S. - Stott C. G. - Di Marzo V. (2011): Effects of cannabinoids and cannabinoid-enriched *Cannabis* extracts on TRP channels and endocannabinoid metabolic enzymes. *Br J Pharmacol*, 163(7), 1479-1494. doi:10.1111/j.1476-5381.2010.01166.x

DeLong G. T. - Wolf C. E. - Poklis A. - Lichtman A. H. (2010): Pharmacological evaluation of the natural constituent of *Cannabis sativa*, cannabichromene and its modulation by Δ^9 -tetrahydrocannabinol. *Drug and alcohol dependence*, 112(1-2), 126-133.

Dewey L. H. (1927): Hemp varieties of improved type are result of selection.

Di Candilo M. - Ranalli P. - Diozzi M. - Gianpaolo G. (2002): Attività di miglioramento genetico per la costituzione di nuove varietà di canapa dioiche. *Agroindustria*, 1, 14-18.

Di Marzo V. - Piscitelli F. (2015): The Endocannabinoid System and its Modulation by Phytocannabinoids. *Neurotherapeutics*, 12(4), 692-698. doi:10.1007/s13311-015-0374-6

Eisohly H. N. - Turner C. E. - Clark A. M. - Eisohly M. A. (1982): Synthesis and antimicrobial activities of certain cannabichromene and cannabigerol related compounds. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 71(12), 1319-1323.

Englund A. - M Stone J. - D Morrison P. (2012): *Cannabis* in the arm: what can we learn from intravenous cannabinoid studies? *Current pharmaceutical design*, 18(32), 4906-4914.

Fellermeier M. - Zenk M. H. (1998): Prenylation of olivetolate by a hemp transferase yields cannabigerolic acid, the precursor of tetrahydrocannabinol. *FEBS Lett*, 427(2), 283-285. doi:10.1016/s0014-5793(98)00450-5

Fishedick J. T. - Hazekamp A. - Erkelens T. - Choi Y. H. - Verpoorte R. (2010): Metabolic fingerprinting of *Cannabis sativa* L., cannabinoids and terpenoids for chemotaxonomic and drug standardization purposes. *Phytochemistry*, 71(17-18), 2058-2073. doi:10.1016/j.phytochem.2010.10.001

Fleischmann R. (1931): Hanf- und Flachskultur in Ungarn. *Faserforsch*, 9, 143-149.

Fleischmann R. (1934): Beitrage zur Hanfzüchtung. *Faserforsch*, 11, 156-161.

- Flores-Sanchez I. - Verpoorte R. (2008): Secondary metabolism in Cannabis., 7, 615-639. doi:10.1007/s11101-008-9094-4*
- Gutiérrez A. - Jose C. (2005): Chemical characterization of pitch deposits produced in the manufacturing of high-quality paper pulps from hemp fibers. Bioresource technology, 96(13), 1445-1450.*
- Hazekamp A. (2016): Cannabis: From Cultivar to Chemovar II—A Metabolomics Approach to Cannabis Classification. Cannabis and Cannabinoid Research, 1(1), 202-215. doi:10.1089/can.2016.0017*
- Hill A. J. - Williams C. M. - Whalley B. J. - Stephens G. J. (2012): Phytocannabinoids as novel therapeutic agents in CNS disorders. Pharmacology & therapeutics, 133(1), 79-97.*
- Hillig K. W. (2004): A chemotaxonomic analysis of terpenoid variation in Cannabis. Biochemical Systematics and Ecology, 32(10), 875-891. doi:https://doi.org/10.1016/j.bse.2004.04.004*
- Hillig K. W. (2005): Genetic evidence for speciation in Cannabis (Cannabaceae). Genetic Resources and Crop Evolution, 52(2), 161-180. doi:10.1007/s10722-003-4452-y*
- Hoffmann W. (1944): Hanf, Cannabis sativa L. in Roemer-Rudorf. In: Paul Parey Berlin.*
- Iseger T. A. - Bossong M. G. (2015): A systematic review of the antipsychotic properties of cannabidiol in humans. Schizophrenia research, 162(1-3), 153-161.*
- JM McPartland G. G. (2010): THC synthase in Cannabis has undergone accelerated evolution and positive selection pressure. Paper presented at the Proceedings of the 20th Annual Symposium on the Cannabinoids., Research Triangle Park.*
- Kelly J. (2012): The Graves Are Walking: The Great Famine and the Saga of the Irish People: Henry Holt and Company.*
- Khan B. A. - Warner P. - Wang H. (2014): Antibacterial Properties of Hemp and Other Natural Fibre Plants: A Review. BioResources; Vol 9, No 2 (2014). Retrieved from https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_09_2_Khan_Antibacterial_Hemp_Fibre_Review*
- Klein C. - Karanges E. - Spiro A. - Wong A. - Spencer J. - Huynh T. - Gunasekaran N. - Karl T. - Long L. E. - Huang X.-F. (2011): Cannabidiol potentiates Δ^9 -tetrahydrocannabinol (THC) behavioural effects and alters THC pharmacokinetics during acute and chronic treatment in adolescent rats. Psychopharmacology, 218(2), 443-457.*
- Kojoma M. - Seki H. - Yoshida S. - Muranaka T. (2006): DNA polymorphisms in the tetrahydrocannabinolic acid (THCA) synthase gene in "drug-type" and "fiber-type"*

Cannabis sativa L. Forensic Sci Int, 159(2-3), 132-140. doi:10.1016/j.forsciint.2005.07.005

Kovalchuk I. - Pellino M. - Rigault P. - van Velzen R. - Ebersbach J. - Ashnest J. R. - Mau M. - Schranz M. E. - Alcorn J. - Laprairie R. B. - McKay J. K. - Burbridge C. - Schneider D. - Vergara D. - Kane N. C. - Sharbel T. F. (2020): The Genomics of *Cannabis* and Its Close Relatives. Annu Rev Plant Biol, 71, 713-739. doi:10.1146/annurev-arplant-081519-040203

Luo X. - Reiter M. A. - d'Espaux L. - Wong J. - Denby C. M. - Lechner A. - Zhang Y. - Grzybowski A. T. - Harth S. - Lin W. - Lee H. - Yu C. - Shin J. - Deng K. - Benites V. T. - Wang G. - Baidoo E. E. K. - Chen Y. - Dev I. - Petzold C. J. - Keasling J. D. (2019): Complete biosynthesis of cannabinoids and their unnatural analogues in yeast. Nature, 567(7746), 123-126. doi:10.1038/s41586-019-0978-9

Mahmoud A. E. - Desmond S. (2005): Chemical constituents of marijuana: The complex mixture of natural cannabinoids. Life Sciences, 78(5), 539-548. doi:https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.09.011

Mandolino G. - Bagatta M. - Carboni A. - Ranalli P. - de Meijer E. (2003): Qualitative and quantitative aspects of the inheritance of chemical phenotype in *Cannabis*. Journal of Industrial Hemp, 8(2), 51-72.

Mandolino G. - Carboni A. (2004): Potential of marker-assisted selection in hemp genetic improvement. Euphytica, 140(1), 107-120.

Mandolino G. - Carboni A. - Forapani S. - Faeti V. - Ranalli P. (1999): Identification of DNA markers linked to the male sex in dioecious hemp (*Cannabis sativa* L.). Theoretical and Applied Genetics, 98(1), 86-92.

McPartland J. M. - Russo E. B. (2001): *Cannabis* and *Cannabis* extracts: greater than the sum of their parts? Journal of Cannabis Therapeutics, 1(3-4), 103-132.

Meier C. - Mediavilla V. (1998): Factors influencing the yield and the quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) essential oil. J. Int. Hemp Assoc, 5(1), 16-20.

Mishchenko S. - Kyrychenko H. - Laiko I. (2021): A new multiple purposes variety of industrial hemp 'Artemida' with a high oil content and fiber quality. Plant Varieties Studying and Protection, 17, 43-50. doi:10.21498/2518-1017.17.1.2021.228208

Mishchenko S. - Laiko I. - Kyrychenko H. (2021): Breeding of industrial hemp with a high content of cannabigerol by the case of 'Vik 2020' cultivar. Plant Varieties Studying and Protection, 17, 105-112. doi:10.21498/2518-1017.17.2.2021.236514

- Moliterni V. M. C. - Cattivelli L. - Ranalli, P. - Mandolino G. (2004): The sexual differentiation of *Cannabis sativa* L.: a morphological and molecular study. *Euphytica* 140, 95–106. doi: 10.1007/s10681-004-4758-7
- Montserrat-de la Paz S. - Marín-Aguilar F. - García-Gimenez M. D. - Fernández-Arche M. (2014): Hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil: analytical and phytochemical characterization of the unsaponifiable fraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(5), 1105-1110.
- Mölleken H. - Theimer R. (1997): Survey of minor fatty acids in *Cannabis sativa* L. fruits of various origins. *Journal of the International Hemp Association*, 4(1), 13-17.
- Myles S. - Boyko A. R. - Owens C. L. - Brown P. J. - Grassi F. - Aradhya M. K. - Prins B. - Reynolds A. - Chia J.-M. - Ware D. - Bustamante C. D. - Buckler E. S. (2011): Genetic structure and domestication history of the grape. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(9), 3530-3535. doi:doi:10.1073/pnas.1009363108
- Pacifico D. - Miselli F. - Carboni A. - Moschella A. - Mandolino G. (2007): Time course of cannabinoid accumulation and chemotype development during the growth of *Cannabis sativa* L. *Euphytica*, 160, 231-240. doi:10.1007/s10681-007-9543-y
- Parsons J. - Martin S. - James T. - Golenia G. - Boudko E. - Hepworth S. (2019): Polyploidization for the Genetic Improvement of *Cannabis sativa*. *Front. Plant Sci.* 10:476. doi: 10.3389/fpls.2019.00476
- Popa L. D. - Buburuz A. A. - Isticioaia S. F. - Gauca C. - C T. G. (2019): "Succesiv" - A new monoecious hemp cultivar created at ARDS Secuieni, Neamt County. *Romanian agricultural research*, 36, 79-84.
- Popa L. D. B., A A - Trotus, E - Vladut, N C - Teliban G. C. A., A L - Puiu I. B., M Meluca, C - Pintille P. L. - Matei G. (2022): Recent progress in monoecious hemp variety for seed, obtained in Romania. *Romanian agricultural research*, 39, 1-8.
- Radwan M. M. - Elsohly M. A. - Slade D. - Ahmed S. A. - Khan I. A. - Ross S. A. (2009): Biologically active cannabinoids from high-potency *Cannabis sativa*. *J Nat Prod*, 72(5), 906-911. doi:10.1021/np900067k
- Ranalli P. (1998): Hemp. In *Pagnotta G. T. S. M. M. A.* (szerk.), *Italian Contribution to Plant Genetics and Breeding* (pp. 803-811). Tuscia: University of Tuscia.
- Ranalli P. (2004): Current status and future scenarios of hemp breeding. *Euphytica*, 140(1), 121-131. doi:10.1007/s10681-004-4760-0

- Robert C. C. - Mark D. M. (2016): *Cannabis* Domestication, Breeding History, Present-day Genetic Diversity, and Future Prospects. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 35(5-6), 293-327. doi:10.1080/07352689.2016.1267498
- Ross S. - Mehmedic Z. - Murphy T. - Elsohly M. (2000): GC-MS analysis of the total Δ^9 -THC content of both drug- and fiber-type *Cannabis* seeds. *Journal of analytical toxicology*, 24, 715-717. doi:10.1093/jat/24.8.715
- Ross S. A. - ElSohly M. A. - Sultana G. N. - Mehmedic Z. - Hossain C. F. - Chandra S. (2005): Flavonoid glycosides and cannabinoids from the pollen of *Cannabis sativa* L. *Phytochem Anal*, 16(1), 45-48. doi:10.1002/pca.809
- Rothschild M. - BERGSTRÖM G. - WÄNGBERG S.-Å. (2005): *Cannabis sativa*: volatile compounds from pollen and entire male and female plants of two variants, Northern Lights and Hawaiian Indica. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 147(4), 387-397.
- Salentijn E. M. - Zhang Q. - Amaducci S. - Yang M. - Trindade L. M. (2015): New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. *Industrial crops and products*, 68, 32-41.
- Serebriakova T. I. (1940): Fiber plants. In Wulff E. V. (szerk.), *Flora of Cultivated Plants*. Moszkva: State Printing Office.
- Sikora V. - Koren A. (2020): Achievements in the improvement of industrial hemp production in the Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad. *Alternative Crops and Cultivation Practices*, 2, 9-15.
- Sirikantaramas S. - Taura F. - Tanaka Y. - Ishikawa Y. - Morimoto S. - Shoyama Y. (2005): Tetrahydrocannabinolic Acid Synthase, the Enzyme Controlling Marijuana Psychoactivity, is Secreted into the Storage Cavity of the Glandular Trichomes. *Plant & cell physiology*, 46, 1578-1582. doi:10.1093/pcp/pci166
- Slatkin D. J. - Doorenbos N. J. - Harris L. S. - Masoud A. N. - Quimby M. W. - Schiff P. L. (1971): Chemical constituents of *Cannabis sativa* L. root. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 60(12), 1891-1892.
- Small E. (2017): Classification of *Cannabis sativa* L. in Relation to Agricultural, Biotechnological, Medical and Recreational Utilization. In Chandra S., Lata H., & ElSohly M. A. (Eds.): *Cannabis sativa* L. - Botany and Biotechnology (pp. 1-62). Cham: Springer International Publishing.
- Small E. - Cronquist A. (1976): A PRACTICAL AND NATURAL TAXONOMY FOR *CANNABIS*. *TAXON*, 25(4), 405-435. doi:https://doi.org/10.2307/1220524

- Small E. - Marcus D. (2002):* Hemp: A new crop with new uses for North America. Trends in new crops and new uses, 24(5), 284-326.
- Small E. - Marcus D. (2003):* Tetrahydrocannabinol Levels in Hemp (*Cannabis sativa*) Germplasm Resources. Economic Botany, 57(4), 545-558. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/4256739>
- Stout J. M. - Boubakir Z. - Ambrose S. J. - Purves R. W. - Page J. E. (2012):* The hexanoyl-CoA precursor for cannabinoid biosynthesis is formed by an acyl-activating enzyme in *Cannabis sativa* trichomes. Plant J, 71(3), 353-365. doi:10.1111/j.1365-313X.2012.04949.x
- Taura F. - Sirikantaramas S. - Shoyama Y. - Yoshikai K. - Shoyama Y. - Morimoto S. (2007):* Cannabidiolic-acid synthase, the chemotype-determining enzyme in the fiber-type *Cannabis sativa*. FEBS Letters, 581(16), 2929-2934. doi:<https://doi.org/10.1016/j.febslet.2007.05.043>
- Van Amsterdam J. - Brunt T. - van den Brink W. (2015):* The adverse health effects of synthetic cannabinoids with emphasis on psychosis-like effects. Journal of psychopharmacology, 29(3), 254-263.
- Van Bakel H. - Stout J. M. - Cote A. G. - Tallon C. M. - Sharpe A. G. - Hughes T. R. - Page J. E. (2011):* The draft genome and transcriptome of *Cannabis sativa*. Genome Biology, 12(10), 1-18.
- Volkow N. D. - Baler R. D. - Compton W. M. - Weiss S. R. (2014):* Adverse health effects of marijuana use. New England Journal of Medicine, 370(23), 2219-2227.
- Von Linne C. (1753):* *Species plantarum*.
- Watson D. P. - Clarke R. C. (1997).* *The genetic future of hemp*. Paper presented at the Nova Institute, Bioresource Hemp Symposium Proceedings, Frankfurt am Main.
- Weiblen G. D. - Wenger J. P. - Craft K. J. - ElSohly M. A. - Mehmedic Z. - Treiber E. L. - Marks M. D. (2015):* Gene duplication and divergence affecting drug content in *Cannabis sativa*. New Phytologist, 208(4), 1241-1250. doi:<https://doi.org/10.1111/nph.13562>
- Weightman R. - Kindred D. (2005):* Review and analysis of breeding and regulation of hemp and flax varieties available for growing in the UK. Project NF0530. Final report for the Department for Environment, Food and Rural Affairs. London, UK: ADAS Centre for Sustainable Crop Management.

Wright Jr M. J. - Vandewater S. A. - Taffe M. A. (2013): Cannabidiol attenuates deficits of visuospatial associative memory induced by Δ^9 tetrahydrocannabinol. *British journal of pharmacology*, 170(7), 1365-1373.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

SOMODY GERGŐ

Széchenyi István Egyetem,
Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,
Növénytudományi Tanszék
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.
somodygergo@gmail.com

MOLNÁR ZOLTÁN

Széchenyi István Egyetem,
Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,
Növénytudományi Tanszék
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.
molnar.zoltan@sze.hu

LAKATOS ERIKA

Széchenyi István Egyetem,
Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,
Élelmiszertudományi Tanszék
9200 Mosonmagyaróvár, Lucsony utca 15-17.
lakatos.erika@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 10 pt betűmérettel, körben 2 cm-es margót hagyva. A gépirás fekete betűkkel, 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:

- Összefoglalás
- Bevezetés
- Irodalmi áttekintés
- Anyag és módszer
- Eredmények
- Következtetések
- Angol cím és angol 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 egynyári szélfű előfordulása a Fertő-Hanság-medence
kukoricavetéseiben

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

Felvételezési hely (1)		Egynyári 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 keresztnévének 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 küldjék, 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 szempontokban* 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

Süle J. - Varga L. - Varha K. - Hatvan Z. - Szafner G. - Buzás H. - Kerényi Z.: Probiotikus baktériumtörzsek szelektálására alkalmas kísérleti rendszer egyes elemeinek kidolgozása	4
Sulyok D. - Fellöldi J. - Kovács Sz. - Czakó I.: A növényvédelmi munkaművelet gépesítésének és hatékonyságának javítása.....	26
Sulyok D. - Füzesi I. - Czakó I.: A precíziós betakarítás üzemszervezésének technológiai és gazdaságossági kérdései.....	47
Timár V. - Miklósné Varga A. - Kalmár S.: A horgászturizmus helyzete és lehetőségei hazánkban a 2020-as évek elején.....	72
Szemle	99
Szalai Sz. - Varga F. B. - Pajor F. - Bodnár Á. - Kovács L.: A hőstressz kihívásai tejelő szarvasmarhák élettani, termelési és szaporodásbiológiai mutatóiban.....	100
Zsebő S. - Milics G. - Kovács A.: Képzési eljárások a precíziós gazdálkodásban.....	125
Somody G. - Molnár Z. - Lakatos E.: A kender (<i>Cannabis sativa</i> L.) domesztikációja, nemesítésének múltja, jelene és jövője.....	158
Tájékoztató és útmutató a szerzők részére	185