



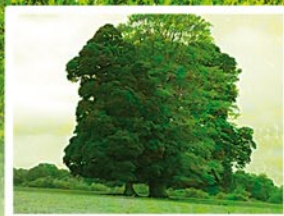
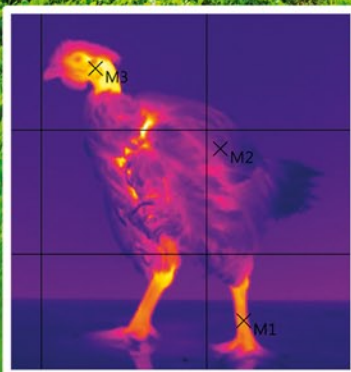
Magyar Tudományos Akadémia Pécsi Területi Bizottsága

IV. Agrártudományok Szakbizottsága

ÉGHAJLATVÁLTOZÁS AZ AGRÁRIUMBAN

KIHÍVÁSOK ÉS MEGOLDÁSOK

SZERKESZTETTE
HOLLÓ GABRIELLA – PEKÁR ANITA



ÉGHAJLATVÁLTOZÁS AZ AGRÁRIUMBAN KIHÍVÁSOK ÉS MEGOLDÁSOK

**Ez a tanulmánykötet az MTA Pécsi Területi Bizottsága támogatásával
jelent meg.**

ÉGHAJLATVÁLTOZÁS AZ AGRÁRIUMBAN KIHÍVÁSOK ÉS MEGOLDÁSOK

szerkesztette HOLLÓ GABRIELLA – PEKÁR ANITA

**MTA Pécsi Területi Bizottsága Pécs– MATE Kaposvári Campus
Kaposvár**

2021

Írta:

Atkári Tamás

Búza György

Biró Borbála

Farkas Tamás Péter

Garamvölgyi Erik

Gerencsér Zsolt

Holló Gabriella

Horváthné Kovács Bernadett

Kasza Rozália

László Péter

Matics Zsolt

Milisits Gábor

Nagy Bernadett

Nagy István

Nagy Mónika Zita

Orbán Attila

Puskás Gábor

Radnai István

Ripszám István

Seres Máttyás

Somfalvi-Tóth Katalin

Sütő Zoltán

Szász Sándor

Szemerits Balázs

Szendrő Katalin

Szendrő Zsolt

Takács András Péter

Teszlák Péter

Tóth Katalin

Vörös Elizabet

Lektorálta:

Beregi Endre (3. tanulmány)

Bodnár Károly (9., 14. tanulmány)

Czigány Szabolcs (2. tanulmány)

Csikászné Krizsics Anna (4. tanulmány)

Csóka György (6. tanulmány)

Csonka Arnold (7. tanulmány)

Horn Péter (11. tanulmány)

Kazinczi Gabriella (5. tanulmány)

Kiss Anna (1. tanulmány)

Milisits Gábor (8. tanulmány)

Molnár Marcell István (13. tanulmány)

Szendrő Zsolt (10. tanulmány)

Tőzsér János (12. tanulmány)

©Szerzők, 2021, ©Szerkesztők, 2021



A műre a Creative Commons 4.0 standard
licenc alábbi típusa vonatkozik: CC-BY-NC-ND-4.0.

ISBN 978-615-01-0856-8 (nyomtatott)

ISBN 978-615-01-0853-7 (pdf)

Borító: Szalai Norbert

Fotók: Guba Csaba, Holló Gabriella, Matics Zsolt,
Sütő Zoltán, RAGT

Nyomás és kötetészet: Szecsox Nyomda

Felelős vezető: Csonti Zoltán

**Kiadja az MTA Pécsi Területi Bizottsága és a
MATE Kaposvári Campusa**

Felelős kiadó:

Lénárd László, PAB elnök

MTA Pécsi Területi Bizottsága,
7624 Pécs, Jurisics M. u. 44.

Vörös Péter campus-főigazgató

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kaposvári Campus, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

TARTALOM

KÖSZÖNTŐ	LÉNÁRD LÁSZLÓ	7
1. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSSAL KAPCSOLATOS KUTATÁSOK, EREDMÉNYEK, HATÁSOK		
	SOMFALVI-TÓTH KATALIN	9
2. LEHETŐSÉGEK AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁST BEFOLYÁSOLÓ, A TALAJRA, A KÖRNYEZETRE ÉS AZ EMBERI EGÉSZSÉGRE HATÓ KIHÍVÁSOK MEGOLDÁSÁRA		
	LÁSZLÓ PÉTER, BIRÓ BORBÁLA	17
3. ASZÁLLYAL SZEMBEN A CIROK A NYERŐ		
	SZEMERITS BALÁZS	27
4. BORSZŐLŐFAJTÁK ALKALMAZKODÁSA A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAIHOZ		
	TESZLÁK PÉTER	39
5. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS VÁRHATÓ HATÁSA A MEZŐGAZDASÁGI KÖROKOZÓKRA ÉS KÁRTEVŐKRE IRODALMI ADATOK TÜKRÉBEN		
	HOLLÓ GABRIELLA, TAKÁCS ANDRÁS PÉTER	49
6. A KLÍMAVÁLTOZÁS ERDÉSZETI VONATKOZÁSAI A MECSEKBEN		
	RIPSZÁM ISTVÁN	59
7. AGRÁRERDÉSZETI GAZDÁLKODÓK FELMÉRÉSÉNEK ELSŐ EREDMÉNYEI		
	VÖRÖS ELIZABET, NAGY BERNADETT, HORVÁTHNÉ KOVÁCS BERNADETT	69
8. MAGAS KÖRNYEZETI HŐMÉRSÉKLET HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA HÁZINYÚLON		
	MATICS ZSOLT, SZENDRŐ ZSOLT, KASZA ROZÁLIA, RADNAI ISTVÁN, NAGY ISTVÁN, GERENCSÉR ZSOLT	75

9. A HŐMÉRSÉKLET ÉS A TAKARMÁNYKORLÁTOZÁS HATÁSA AZ ANYANYULAK TERMELÉSÉRE

SZENDRŐ ZSOLT 81

10. AZ ANYANYULAK FELNEVELÉSE CSÖKKENTETT ENERGIATARTALMÚ TAKARMÁNNYAL

ATKÁRI TAMÁS, PUSKÁS GÁBOR 87

11. A KLÍMAVÁLTOZÁSRA ADOTT VÁLASZOK A TYÚKTENYÉSZTÉS TERÜLETÉN EGY HAZAI FELSŐOKTATÁSI ÉS IPARI EGYÜTTMŰKÖDÉS SZEMSZÖGÉBŐL

MILISITS GÁBOR, SERES MÁTYÁS, BÚZA GYÖRGY, ORBÁN ATTILA, SZÁSZ SÁNDOR, FARKAS
TAMÁS PÉTER, GARAMVÖLGYI ERIK, SÜTŐ ZOLTÁN 93

12. ADAPTÁCIÓS STATÉGIÁK A SZARVASMARHA-TENYÉSZTÉSBEN AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSAIRA

HOLLÓ GABRIELLA 101

13.ÚJ FEHÉRJEFORRÁS – ROVAROK, ROVARLISZTEK

SZENDRŐ ZSOLT 115

14.MAGYAROK VÉLEMÉNYE AZ EHEŐ ROVAROK FOGYASZTÁSÁRÓL

SZENDRŐ KATALIN, TÓTH KATALIN, NAGY MÓNICA ZITA 121

ZÁRSZÓ HOLLÓ GABRIELLA 127

KÖSZÖNTŐ

Korunk talán legnagyobb kihívása a globális éghajlatváltozás. Bár korábban sokan tagadták a jelenséget, számos kutatási eredmény alapján világos, hogy mára az éghajlatváltozás mértéke fenyegetővé vált, és igazolódott az emberi tevékenység éghajlatmódosító szerepe is.

Az éghajlatváltozáshoz köthető folyamatok feltárása és megértése, a káros gázkibocsátás mérséklése, a biológiai változások felismerése és a változásokhoz való alkalmazkodás olyan alapkérdések, amelyek az emberiség jövőjét nagymértékben befolyásolják. Ezért tudományos és gyakorlati szempontból is jelentős a Holló Gabriella és Pekár Anita szerkesztésében megjelent kötet, az *„Éghajlatváltozás az agráriumban – kihívások és megoldások”*.

A Pécsi Akadémiai Bizottság Agrártudományok Szakbizottsága azonos címmel egy konferencia szervezését tervezte a Magyar Tudomány Ünnepe rendezvénysorozat keretében, 2020 novemberében. A COVID-19 világjárvány miatt a konferenciát nem lehetett a hagyományos módon megrendezni, de az előadások anyagát összegyűjtötték és ez a tanulmánykötet tartalmazza a konferencián tervezett előadások teljes terjedelmű anyagát. Az írásos anyag és a kiváló szerkesztői munka lehetővé tette, hogy a 31 szerző által jegyzett 14 előadás anyaga logikus sorrendben, egymásra épülve 14 fejezetben jelenjen meg, amit egy zárszó követ.

Az első fejezet az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatások történetét, eredményeit és az éghajlatváltozás általános hatásait taglalja. A következő fejezetek szinte az agrártudomány valamennyi területét érintik: a talajtan, növénytermesztés, szőlészet, növényvédelem, erdészet, állattenyésztés és takarmányozás kérdéseit. Külön érdekessége a könyvnek a két utolsó fejezet témája, a ma még nálunk kevésbé ismert és elfogadott új fehérjeforrások, a rovarlisztek jelentőségének ismertetése és a magyar lakosság rovaralapú élelmiszerek fogyasztásával kapcsolatos ismereteinek és véleményének kérdőíves felmérése.

A könyv ábraanyaga kiváló, nagyban segíti a mondanivaló megértését és a tudományos eredmények megfelelő interpretálását. Az egyes fejezetek végén a megfelelő irodalmi hivatkozásokat is megtaláljuk.

Bár az éghajlatváltozás problematikája általánosan ismert és gyakran szerepel a médiában, ez a kötet hiánypótló, az agráriumot érintő tudományos munka, de közérthetősége következtében nem csak a szakemberek, hanem az érdeklődő laikusok számára is hasznos ismereteket közvetít.

Lénárd László

A PAB elnöke

1. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSSAL KAPCSOLATOS KUTATÁSOK, EREDMÉNYEK, HATÁSOK

SOMFALVI-TÓTH KATALIN¹

Bevezetés

Az emberi tevékenység éghajlatmódosító szerepe már a 19. századi tudós társadalom tagjaiban is felmerült. A francia matematikus és fizikus, Joseph Fourier 1824-ben írta le először az üvegházhatás jelenségét, amit bizonyos gázok jelenlétével magyarázott a légkörben (*Fleming, 1999*). Ezt a gondolatot tovább vezetve 1837-ben már annak a lehetőségéről jelentetett meg tudományos cikket a *The American Journal of Science and Art* című folyóiratban (*Fourier, 1837*), miszerint az emberi tevékenység olyan mértékben megváltoztathatja környezetét, beleértve a felszínt is, amely hosszú távon kihatással lehet a Föld átlaghőmérsékletére. Ennek az elméletnek a gyakorlati magyarázatára azonban két évtizeddel később került sor E. N. Foote kísérletei nyomán (*Sorenson, 2011*). Zárt üveghengerekbe különböző gázösszetételű levegőt juttatott, majd napsugárzásnak tette ki őket, miközben mérte a hengerben lévő térrész hőmérséklet-változását. A mérések szerint a szén-dioxiddal és vízgőzzel dúsított levegő gyorsabban felmelegedett és huzamosabb ideig megtartotta a hőt a kontroll mintához képest. 1856-ban publikált cikkében Foote már párhuzamot vont eredményei, illetve a földi légkör viselkedése között, azaz kifejtette, hogy nagyobb mennyiségű szén-dioxid és vízgőz felhalmozódása hasonló irányú, melegedéssel járó folyamatokat indíthat el az atmoszférában. Ezekre a tényekre alapozva Arrhenius svéd fizikus kiszámolta, hogy ha a légkörben található szén-dioxid mennyiségét megduplázzuk, akkor a globális átlaghőmérséklet 5-6 °C-kal emelkedhet meg. Ezeket a számításokat manuálisan egy év leforgása alatt hajtotta végre, de ezzel letette a modern éghajlati modellezés alapjait (*Hilton, 2008*). Arrhenius és kortársai azonban az éghajlatváltozást egy rendkívül lassú folyamatnak gondolták. Számításaik szerint a légköri szén-dioxid koncentráció 3000 év (30 évszázad) alatt emelkedhet meg 50%-kal (*Crawford, 1997*). Ma már tudjuk, hogy az emberi tevékenység

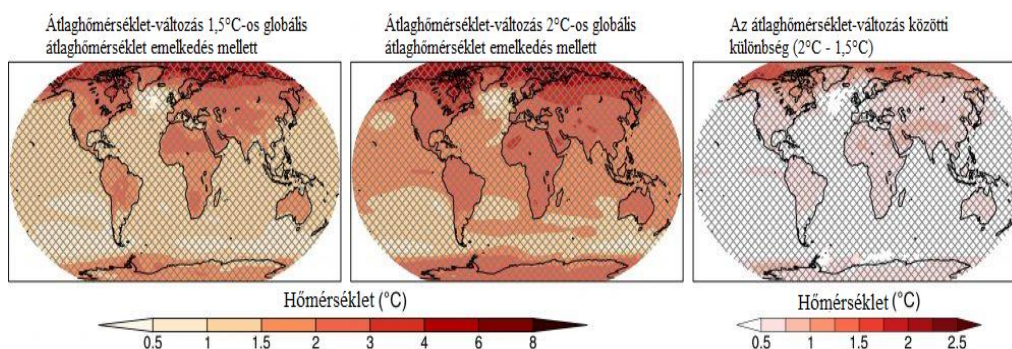
¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus

ezt a természetes folyamatot olyannyira felgyorsította, hogy 1 évszázad alatt elértük a 30%-os növekedést (Hilton, 2008).

Az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatási eredmények összegzése, az IPCC jelentések

Ma már hatalmas tudásbázis halmozódott fel az éghajlatváltozással kapcsolatban. Felmerült az igény ennek a tudásanyagnak a rendszerezésére és összegzésére mind a kutatók, mind a döntéshozók és állampolgárok számára. Ennek a feladatnak az elvégzésére az Éghajlatváltozási Kormányközi Testületet (IPCC) 1988-ban az ENSZ és a Meteorológiai Világszervezet (WMO) közösen hívták életre. A legfontosabb feladatukként tűzték ki, hogy a legfrissebb, az éghajlatváltozáshoz kötődő tudást összegezzék különböző tematikájú kiadványokban, riportban, közleményekben, időközi különkiadásokban, mindet kiegészítve politikusoknak, törvényhozóknak írt összefoglalókkal. Az első riport 1990-ben készült el (FAR jelentés), a legutóbbi pedig 2014-ben (AR5 jelentés). Lassan a hatodik ciklus végére érünk, aminek eredményeképpen várhatóan 2021-ben készül el az AR6 jelentés. Az IPCC kutatói nem végeznek önálló kutatási tevékenységet, hanem a nemzetközileg is elismert eredményeket szintetizálják és elemzik.

2015-ben a Párizsi megállapodás aláírásával számos ország ígéretet tett, hogy közös erővel megpróbálják a globális felmelegedés mértékét a kritikusnak tekinthető 1,5 – 2 °C-os szint alatt tartani. Mivel azonban ez globális átlagértéknek tekinthető, a különböző földrajzi területek hőmérséklet-változása ehhez képest nagyon eltérő lehet (1.ábra).



1. ábra: a hőmérsékletváltozás területi eloszlása A.) 1,5°C-os, illetve B.) 2°C-os globális hőmérsékletemelkedés mellett. C.) A két scenárió szerint vett hőmérséklet-emelkedés közötti különbség (2°C – 1,5°C). (IPCC, 2018.)

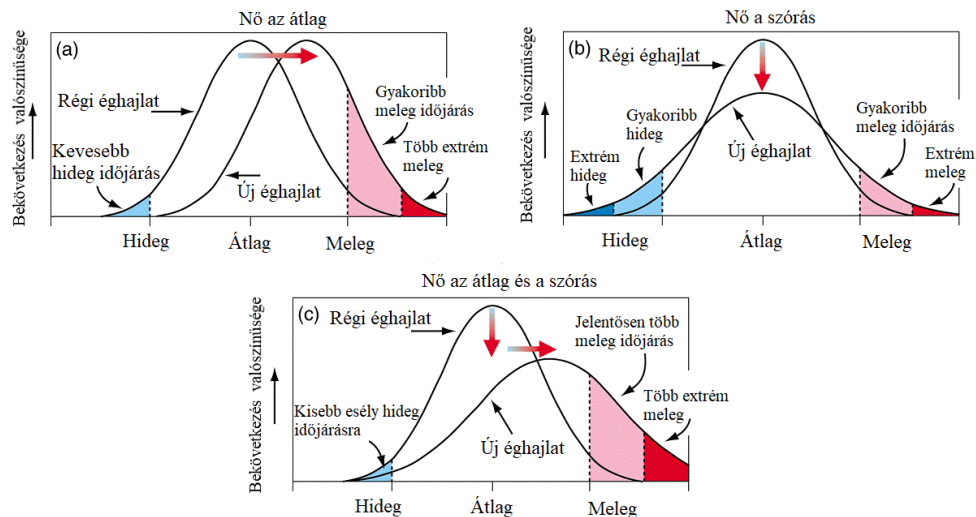
A legnagyobb hőmérsékletemelkedés az Északi-sarki területek felett prognosztizálható. Az 1/C. ábrán az is jól látható, hogy ezek a területek a legérzékenyebbek, már 0,5°C-os globális átlaghőmérséklet növekedésre is akár 2-2,5°C-os lokális hőmérsékletemelkedéssel válaszolnak (IPCC, 2018).

Az éghajlatváltozás nyertesei és vesztesei Európában és a Kárpát-medencében

Az éghajlatváltozással kapcsolatban számos tanulmány született az ún. „nyertesekről” és „vesztésekről”, habár pontos definíció nincs arra vonatkozóan, hogy mit takarnak ezek a kifejezések (O'Brien és Leichenko, 2003). A flóra és fauna tekintetében a fajok három fő tengely mentén alakíthatják alkalmazkodási stratégiájukat: 1. tér (pl. élőhely megváltoztatása, eltolódása), 2. idő (pl. fejlődési/fenológiai fázisok hossza), 3. egyéni alkalmazkodás (pl. fiziológiai változások) (Bellard és mtsai, 2012). Az első kettő tengely mentén könnyen detektálhatók a változások (Parmesan, 2006.). Már több mint 1000 fajnál mutatták ki a szélességi és hosszúsági körök mentén végbement élettér eltolódást. Ennek elsődleges mozgatórugója, hogy az egyedek kváziegyensúlyban maradjanak a nekik kedvező és megszokott éghajlati adottságokkal, ugyanakkor a vándorlással bizonyos abiotikus tényezők is megváltozhatnak, amelyhez újfent alkalmazkodniuk kell. Ilyen tényező például a nappalok hossza, de addig ismeretlen biotikus interakciók kialakulása is előfordulhat, mint például új ragadozókkal való találkozás (Visser, 2008). Ami az idő tengelyt illeti, az egyes biológiai ciklusok, fenológiai fázisok, mint virágzás, érés, illetve évszakos vándorlás időbeli eltolódása a leggyakoribb válaszreakcióknak tekinthetők az élővilágban (Charmantier és mtsai, 2008). A virágzás például egyes növényfajok esetében évtizedenként 10 nappal korábban tolódhat (Parmesan, 2006). Araújo és mtsai (2011) szerint Európában 2080-ig a védett területeken a gerincesek és növényfajok 58%-a veszítheti el élőhelyének kedvező éghajlati viszonyait. A madarak és emlősök tekintetében nagyobb az ilyen értelemben vett vesztesek, mint nyertesek aránya. A hüllők 67%-át kedvezően befolyásolja a mérsékelt övezet melegedése, tehát egyértelműen győztesekként kerülnek ki az éghajlatváltozás folyamatából. A kételtűek, hasonlóan a hüllőkhöz ektoterm állatok, ugyanakkor az emelkedő hőmérséklet mellett fellépő növekvő aszályhajlam, amely főként Európa déli és keleti területeire jellemző (Bartholy és Pongrácz, 2007), kedvezőtlenül hat életfeltételeik alakulására. Ennek hatására a kételtűek vesztesei lehetnek az éghajlatváltozásnak (Schroter és mtsai, 2005).

Éghajlatváltozás a Kárpát-medencében

A Kárpát-medence, és azon belül is a Nagy-Alföld kiemelten veszélyeztetett és érzékeny terület a klímaváltozás szempontjából (*Pongrácz és mtsai*, 2003; *Blanka és mtsai*, 2013). Az 1970-es évek óta figyelhető meg jelentős melegedés a közép-európai térségben (*Bartholy és Pongrácz*, 2007). Az éghajlatváltozással azonban nemcsak az átlagértékek tolódnak el, hanem az extrém események számában is növekedés mutatkozik. Az *IPCC TAR* (2001) jelentésében elemezte a hőmérsékleti eloszlás görbék segítségével az extrém események viselkedését a jövőben (2. ábra). Ennek eredményeit támasztják alá a hazai vizsgálatok is. *Bartholy és Pongrácz* (2007) szerint legnagyobb növekedés (6 nap/évtized) Magyarországon a meleg éjszakák ($T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$), a nyári napok ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$), a forró napok ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) és a hőségnapok ($T_{\max} > 35^{\circ}\text{C}$) számában mutatkozik. Emellett a hóhullámok gyakorisága, hossza és intenzitása mutat szignifikáns növekedést. *Schar és mtsai* (2004) éghajlati modell eredményei szerint a 2003-as nagy európai hóhullámhoz hasonló méretű és kiterjedésű hóhullámok évről évre visszatérő jelenségek lehetnek a 2071-2100 közötti időszakokra. Csapadék szempontjából is növekszik a szélsőséges időjárási események gyakorisága (*Bartholy és Pongrácz*, 2007). Habár az éves csapadékösszegben nem mutatkozik szignifikáns változás, az éven belüli eloszlás átrendeződést mutat. A nyári időszakban lehulló csapadék mennyisége csökken, ami nagyobb intenzitású csapadékhullással járó időjárási események során hullik le. A kis csapadékkal járó (napi 5 mm csapadékösszeg alatt) események gyakorisága csökken. *Bartholy és mtsai* (2009) vizsgálatai szerint 2071-2100 közötti időszakokra jelentősen, akár 20-30%-kal is csökkenhet a nyári csapadékösszeg. Ősszel szintén csökkenés valószínűsíthető (5-10%), ugyanakkor tavasszal kismértékű (0-10%), télen nagyobb mértékű növekedés (20-30%) látható.



2. ábra: Sematikus ábra a szélsőséges hőmérsékleti értékek alakulásáról. A normál eloszlás görbéje, ha a.) az átlag növekszik, b.) a szórás növekszik, c.) mind az átlag, mind a szórás növekszik (IPCC TAR, 2001)

A mezőgazdasági termelés új kihívásai Magyarországon

Hazánkban az egyik legjelentősebb ágazat a mezőgazdaság, amit közvetlenül érintenek az éghajlatváltozás hatásai, és élelmezésbiztonsági kérdéseket vetnek fel a jövőre vonatkozóan. Az egyik legnagyobb területen termesztett haszonnövényünk a kukorica. A kukorica beéréséhez szükséges hőösszeg alapján különböző FAO számú hibrideket különböztetünk meg. Somfalvi-Tóth (2020) szerint a hőösszegek növekedésével egyre nagyobb területen lehet nagy biztonsággal termesztani a magasabb FAO számú hibrideket, ugyanakkor a csapadék időbeli és térbeli eloszlásában bekövetkező változások negatívan befolyásolhatják a fejlődést az egyes fenológiai fázisokban. Főként áprilisban (vetés-keles időszak), valamint augusztusban (szemfejlődés időszaka) nőtt meg az aszályhajlam Magyarország jelentős területén. Az őszi káposztarepce a második legnagyobb területen termesztett olajnövényünk. Somfalvi-Tóth (2021) vizsgálatai szerint a virágzás az 1961-1990 referenciaidőszakhoz képest 10-14 nappal korábban következik be. Az eltolódás miatt kismértékben megnő a fagykár esélye. Haszonnövényeink esetében azonban nemcsak a terméshozam mennyiségét, de a beltartalmi értékek változását is magával hozza az éghajlatváltozás.

Következtetések

Az éghajlatváltozás lehetősége tudományos körökben már közel 200 éve ismert. Rövid távú bekövetkezését azonban az 1800-as években még nem sejtették, hiszen akkoriban kezdődött el az az iparosodási folyamat, amely a szénhidrogének felhasználásán alapszik, és a mai napig tart. A Föld hatalmas szénnyelői az óceánok, a talajfelszín és a növényzet (IPCC, 2007). Az emberiség 2019-ben 33 milliárd tonna szenet juttatott a légkörbe, amelyből kb. 4 milliárd tonnát nem tudtak a nagy nyelők elnyelni. Ez kb. 2 ppm koncentráció-növekményt jelent. Az IPCC 2018-ban kiadott jelentésében hangsúlyozza, hogy a felmelegedés mértékét $1,5^{\circ}\text{C}$ alatt kell tartanunk ahhoz, hogy ne induljanak el irreverzibilis folyamatok a légkörben. Ennek egyik előfeltétele, hogy a szén-dioxid kibocsátást legalább a felére csökkentsük. A Párizsi Megállapodásban vállalt kibocsátás csökkentés hosszú távú megoldása lehet a problémára – ha sikerül teljesíteni maradéktalanul a benne foglaltakat. Ezzel párhuzamosan azonban olyan alkalmazkodási stratégiák kidolgozását kell szorgalmazni, amelyek helyi szinten képesek mérsékelni a klímaváltozás okozta kedvezőtlen változásokat és folyamatokat.

Összefoglaló

Az éghajlatváltozáshoz köthető folyamatok feltárása és megértése korunk legnagyobb tudományos kihívásainak egyike. Nincs olyan tudományterület, amelyet ne érintenének a változások. Már az 1830-as években felmerült egy melegedő bolygó lehetősége, de akkor még csak elméleti síkon végeztek számításokat a szén-dioxid koncentráció növekedésének hőmérsékletre gyakorolt hatásairól. Ma már tapasztalatból tudjuk, hogy a számítások megközelítőleg helyesek voltak. A Kárpát-medencét sem kerülik el a változások. Egyre gyakoribbak a hőmérsékleti extrémumok és hőhullámok, nő az aszályhajlam a nyári és őszi időszakban, ami a mezőgazdasági termeléssel és élelmezésbiztonsággal kapcsolatos kérdéseket vet fel. A tenyésztési időszak hossza nő, emellett egyre több hő éri a növényeket, ami a szén-dioxid koncentráció emelkedésével párosulva a fenológiai fázisokat eltolja, illetve lerövidíti. Rövidtávú alkalmazkodási lehetőség a fajtaválasztás, az új hibridek kitenyésztése, illetve a mikroklimát kedvezően befolyásolni képes agrotechnikai módszerek (pl. agrárerdészet) választása.

Climate change related researches, results and impacts

Exploring and understanding the processes associated with climate change is one of the greatest scientific challenges of our time. There is no field of science that is not affected by the related processes and changes. The possibility of a warming planet arose as early as the 1830s, but at that time calculations on the effects of increasing carbon dioxide concentration, and its influence on temperature were made only on a theoretical level. We now know from experience that the calculations were approximately correct. Changes will also effect the Carpathian Basin. Temperature extremes and heat waves are becoming more frequent, and the susceptibility to drought is increasing in summer and autumn, raising questions about agricultural production and food security. The length of the growing season increases, and more and more heat reaches the plants, which, coupled with the increase in the carbon dioxide concentration, shifts and shortens the phenological phases. Short-term adaptation options include variety selection, the cultivation of new hybrids, and the choice of agrotechnical methods (e.g. agroforestry) that can have a positive effect on the microclimate.

Köszönetnyilvánítás

„AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM ÚNKP-20-4-II KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”



Szakirodalom

- Araújo, M.B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogués-Bravo, D., Thuiller, W. (2011): Climate change threatens European conservation areas. *Ecology Letters*, 14, 484–492. doi:10.1111/j.1461-0248.2011.01610.x
- Bartholy, J., Pongrácz, R. (2007): Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, 57, 83–95. doi:10.1016/j.gloplacha.2006.11.002
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Torma, C., Pieczka, I., Kardos, P., Hunyady, A. (2009): Analysis of regional climate change modelling experiments for the Carpathian Basin. *International Journal of Global Warming*, 1, 238. doi:10.1504/ijgw.2009.027092
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., Courchamp, F. (2012): Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15, 365–377. doi:10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x
- Blanka, V., Mezősi, G., Meyer, B. (2013): Projected changes in the drought hazard in Hungary due to climate change. *Időjárás*, 117, 219–237.
- Charmantier, A., McCleery, R.H., Cole, L.R., Perrins, C., Kruuk, L.E.B., Sheldon, B.C. (2008): Adaptive phenotypic plasticity in response to climate change in a wild bird population. *Science*, 320, 800–803.
- Crawford, E. (1997): Arrhenius' 1896 Model of the Greenhouse Effect in Context. *Ambio*, 26, 6–11. <http://www.jstor.org/stable/4314543>
- Fleming, J.R. (1999): Joseph Fourier, the 'greenhouse effect', and the quest for a universal theory of terrestrial temperatures, *Endeavour*, 23, 72–75, ISSN 0160-9327, [https://doi.org/10.1016/S0160-9327\(99\)01210-7](https://doi.org/10.1016/S0160-9327(99)01210-7).
- Fourier, B.J. (1837): General remarks on the temperature of the terrestrial globe and the planetary spaces. *American Journal of Science and Arts*, 32, 1–19.
- Hilton, I. (2008): The reality of global warming: catastrophies dimly seen. *World Policy Journal*, 25, 1–8. <http://www.jstor.org/stable/40210188>
- IPCC (2001): Climate change 2001: IPCC third assessment report. Geneva: IPCC Secretariat.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. – Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York.
- IPCC (2018): Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)
- O'Brien, K. L., Leichenko, R. M. (2003): Winners and losers in the context of global change. *Annals of the Association of American Geographers*, 93, 89–103. doi:10.1111/1467-8306.93107
- Parmesan, C. (2006): Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Ecol. Evol.* 37, 637–669.
- Pongrácz, R., Bartholy, J., Matyasovszky, I., Schlanger, V. (2003): Regional features of global climate change in the Carpathian Basin, *Proceedings of EGS - AGU - EUG Joint Assembly*, 673.
- Schär, C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M.A., Appenzeller, C. (2004): The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature*, 427, 332–336.
- Schroter, D., Cramer, W., Leemans, R., Prentice, I.C., Araujo, M.B., Arnell, N.W. et al. (2005): Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, 310, 1333–1337.

- Sorenson, R.P. (2011: Eunice Foote's pioneering research on CO₂ and climate warming. Search and Discovery, 1-5.
- Somfalvi-Tóth, K. (2020): A kukoricatermesztés feltételeinek változása 1901-től napjainkig. Agrofórum Extra, 16-18.
- Somfalvi-Tóth, K. (2021): Az őszi káposztarepce termesztését befolyásoló időjárási tényezők alakulása a múltban és 2020-ban, Agrofórum extra, megjelenés alatt.
- Visser, M.E. (2008): Keeping up with a warming world; assessing the rate of adaptation to climate change. Proc. R. Soc. B-Biol. Sci., 275, 649–659.

2. LEHETŐSÉGEK AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁST BEFOLYÁSOLÓ, A TALAJRA, A KÖRNYEZETRE ÉS AZ EMBERI EGÉSZSÉGRE HATÓ KIHÍVÁSOK MEGOLDÁSÁRA

LÁSZLÓ PÉTER², BIRÓ BORBÁLA³

Bevezetés

A talaj, még pontosabban a „termőtalaj” emberi létünk meghatározója és kulcsfontosságú szükséglete. Alapvető feltétele a biomassa – az élelmiszer, a takarmány és több ipari felhasználású alapanyag – stabil előállításának. Amellett, hogy a talaj a növényi biomassa-termelés alapvető közege, a bioszféra elsődleges tápanyagforrása is. A talajfunkciók többsége – közvetlenül vagy közvetve – szintén hozzájárul a talajtermékenység megőrzéséhez: transzformálja a többi természeti erőforrás hatását; a hő, a víz, a növényi tápanyagok raktározója és körforgásának helyszíne; a potenciálisan káros anyagok természetes szűrő- és detoxikáló rendszere; a bioszféra nagy pufferkapacitással rendelkező eleme; biztosítja a biológiai sokféleséget és jelentős gén-rezervoár. A talaj létfontosságú az éghajlatváltozás, az ökoszisztéma-szolgáltatás és a biológiai sokféleség tekintetében is, ezért szerepe egyre inkább felértékelődik.

A talaj a szilárd földkéreg legkülső vékony rétege, amely csak bizonyos feltételek esetén képes megújulni és különböző szolgáltatásokat nyújtani mint természeti erőforrás. Ismert, hogy 3 milliméter vastag talajréteg képződéséhez, kialakulásához egy egész évszázad szükséges. Az intenzív mezőgazdasági termelés hatására azonban a talajdegradációs folyamatok általában felgyorsulnak. A túlzott igénybevételnek kitett talajok minősége romlik, és végül nem tudják majd ellátni sokoldalú funkcióképességükből adódó teljesítőképességüket a Földi ökoszisztémákban. A talajok már jelenleg is, de várhatóan a jövőben még nagyobb „termelési és szolgáltatási” kényszer alatt fognak állni, mivel 2050-re a becsült népességszám eléri a 10 milliárd főt.

² MTA Agrártudományi Kutatóintézet Talajtani Intézet, az EJP SOIL projekt nemzeti kommunikációs képviselője

³ MATE, az EU Horizon 2020 „Egészséges Talaj és Élelmiszer” missziójának hazai szakértője

Kihívások

A klímaváltozással kapcsolatos előrejelzések jelentős környezeti változásokat jósolnak Európa számára is. Ezek a változások növelni fogják az erózió, a talajpusztulás és a földcsuszamlások valószínűségét, valamint potenciálisan növelik majd az északi területeken a tápanyagok kimosódásának lehetőségét, miközben egyes térségeket aszály, hóhullámok és fokozott szél-erózió sújt majd. Ezen folyamatok hatására az ökoszisztémák azon képessége, hogy a szén-dioxidot a légkörből kivonják, majd természetes élőhelyeken (mint pl. a talajban) megkössék, egyre gyengül. A mezőgazdaságnak alkalmazkodnia kell ezekhez a változásokhoz, és ellenállóbbá kell válnia a szélsőséges eseményekkel szemben. A talajnak ezen túl tárolnia kellene minél nagyobb mértékben a benne keletkező üvegházhatást okozó gázokat (szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid), és csökkentenie kell a légkörbe történő kibocsátást.

A klímatudatos, fenntartható talajhasználat és gazdálkodás elengedhetetlen a talajfunkciók működéséhez és létfontosságú ökoszisztéma-szolgáltatásaik támogatásához. A talaj fontos szerepet játszik a klímaváltozás kapcsán nem csak annak mérséklésben, de az ahhoz való alkalmazkodásban (adaptációban) is. A növekvő igények és kihívások (élelmiszer, energia, infrastruktúra és az urbanizáció) miatt bekövetkező talajpusztulásra ezért fokozottan figyelni kell.

Eljött tehát az ideje annak, hogy az európai döntéshozók is felismerjék a talajok fontosságát. Kihívásként jelentkezik, hogy olyan agrár- és környezetvédelmi politikát dolgozzanak ki, amely magában foglalja a tudományosan bizonyított, a gyakorlatban kipróbált, klímatudatos és fenntartható talaj- és földhasználatot, valamint gazdálkodást. E cél eléréséhez szükség van a szakpolitika kompromisszum-készségére, másrészt az alkalmazandó gazdálkodási gyakorlatot összhangba kell hozni a helyi, régiós adottságokkal is. Az egyes geoklimatikus régiók közötti különbségeket is figyelembe kell venni a nemzeti szintű igények mellett úgy, hogy az a gazdák számára is az elfogadható legyen. Ehhez széleskörű összefogásra van szükség Európa-szerte, ahogy arra már idehaza is több szakterülettel kapcsolatosan (így a talajjal is) sor került stratégiai kutatási prioritásokként (Biró, 2005).

Megoldás a talajvédelem

A klímaváltozás nyomán létrejött globális kihívásokra az egyik megoldás a talaj sokoldalú funkcióképességében, mégpedig a szén-, tápanyag- és víztároló képességében rejlik. A

növények szerepe a légköri CO₂ megkötésében kiemelt jelentőségű, különösen most, az éghajlatváltozás kapcsán, de kevésbé köztudott, hogy a kötött szénkészlet közel 20 %-a szerves anyagként a talajban van. A szén a talajban erős kémiai kötések révén (organo-minerális komplexek formájában) kapcsolódik az agyagásványok felszínéhez és így jönnek létre azok a talaj-aggregátumok, morzsák, amelyek, mint másodlagos szerkezeti elemek már jobban ellenállnak a szél és a víz pusztító hatásának. A talaj ezért az egyik legfontosabb tényező a klímaváltozás káros hatásának enyhítésében, mert nemcsak megköti a szenet, hanem képes annak hosszú távú raktározására, és az a szén, ami nem bomlik le gyorsan, olyan szén, amely nem károsítja üvegházhatású gázként a légkört. De a szén elnyelésének haszna nem korlátozódik csak a klímaváltozásra. A humuszban (szénben) gazdag talaj egészséges, sok víz raktározására is képes, jó a tápanyag-szolgáltató képessége, és jól megmunkálható, ezzel a művelési energia is csökken. Az ilyen termőtalaj funkcióképessége sokoldalú és pótolhatatlan.

Ennek a kulcsfontosságú lehetőségnek a kiaknázásához két nagyon fontos feltétel megléte szükséges, 1) a talajpusztulási folyamatok megfékezése és a talaj sokrétű funkcióképességének a növelése, megjavítása; 2) a helyes talajhasználat és a fenntartható gazdálkodás.

Kezdeményezések

Mint látható, tenni kell valamit, mert egyrészt a népesség-növekedéssel a károsanyag-kibocsátás fokozódik, másrészt az emberi, antropogén tevékenységek folytán a termőtalajok komoly veszélynek vannak kitéve. Fontos megtalálni azokat a megoldásokat, amelyeket a gazdák alkalmazhatnak a mindennapi tervezésben és talajművelésben. Annak érdekében, hogy értelmet nyerjenek az erőfeszítések, folyamatos párbeszédre és együttműködésre van szükség a kutatók, a gazdálkodói szervezetek és a döntéshozók között. Az Európai Környezeti Cselekvési Program, az Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezet, a Közös Agrárprogram, a Globális Talajügyi Partnerség és más nemzetközi kezdeményezések is a fenntartható talajhasználatról és gazdálkodással, valamint a talajfunkciók védelmével kapcsolatos ismeretek bővítését szorgalmazzák. Az Egyesült Nemzetek (ENSZ) Fenntartható Fejlődési Céljai (SDGs) közt a talaj több vonatkozásban is szerepet kapott.

Kutatás, fejlesztés és az innováció

Az európai kutatások irányára meghatározó befolyása van az Európai Unió kutatási keret-programjának, a Horizon 2020 (H2020) programnak.

A H2020 program: a fenntartható talajhasználatot és gazdálkodást, a biodiverzitás védelmét, a klímaváltozás hatásainak enyhítését, a megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer-ellátás megalapozását, valamint a biomassza alapú gazdaságra történő átállást támogató témákat és azoknak a talajtani kutatásait támogatja.

Az idei évben a H2020 program célzottan: a mezőgazdasági termelésben használt műanyagok termőtalajra kifejtett hatásával, a talajdegradáció gazdasági-társadalmi és környezeti költségeivel, az erdei talajok biológiai jellemzőivel és az erdőgazdálkodási gyakorlatok talajjellemzőkre gyakorolt hatásával foglalkozó kutatási pályázatokat támogatta.

Az Európai Bizottság ismertette az EU jövőbeli kutatási és innovációs programjait, a Horizont Európát (*Horizon Europe*), a Zöld Megállapodást (*the Green Deal*) és a Missziókat (*Missions*), külön kiemelve a kutatás, a fejlesztés és az innováció szerepét. Az új finanszírozási programban továbbra is érvényesül a természeti erőforrások, köztük a talaj értékét elismerő és védelmére irányuló szemlélet. A programok közül több, a talaj minél szélesebb körű megismertetésére irányul, azért, hogy a klímatudatos fenntartható talajhasználat és helyes gazdálkodási gyakorlat alkalmazása mellett az alternatív talajkezelési megoldások és a biológiai helyreállítási módszerek fejlesztésével csökkenthető legyen a talajdegradáció és az üvegházhatású gázok kibocsátásával a klímaváltozás negatív hatása. A Horizont Európa tágabb értelemben az élelmiszerellátás-biztonság terén, a munkahelyek megtartásában és a társadalmi jólét biztosításában jelentős szerepet szán a mezőgazdaságnak és erdőgazdálkodásnak.

A következő évek egyik kiemelt témájaként jelenik meg a „talajegészség” kérdése, valamint az egészséges talaj és az élelmiszereink közötti összefüggések megismerése. Az Európai Bizottság olyan égető kihívásként tekint erre a területre, amelynek megoldása a kutatói közösség erőfeszítésein túl szakpolitikai intézkedéseket, valamint széles körű társadalmi összefogást, aktív gazdálkodói és lakossági szerepvállalást igényel. E komplex megközelítéssel kezelt területen az Európai Bizottság által felkért Egészséges Talaj és Élelmiszer Misszió tudományos testülete 2030-ig elérendő célkitűzésként fogalmazta meg, hogy a talajok legalább 75%-ának egészségesnek kell lennie, illetve olyan lényegi

változásokat kell felmutatnia, amely az elveszett talajfunkciók helyreállításában mérhető paraméterekként megállapítható (1. ábra).



1. ábra: Az Európai Unió által létrehozott 5 tématerület, ahol küldetesként, missziós törekvésként javasolt a változtatás saját és a környezeti egészségünk érdekében.

A talajok egészségének kialakítása globális szintű kérdéskör, nemcsak a népességnövekedés által kiváltott élelmiszer-termelési „kényszer” miatt, hanem mert az egészségtelen talajon termesztett növénykultúra sokkal fogékonyabb a betegségekre. Ezek sorában a talajeredetű kórokozók szerepe a kiemelendő. A talajok egészsége tehát nem azonos az összes kimutatható mikrobiális aktivitással, hiszen minőségi kimutatásra is szükség van ahhoz, hogy eldönthessük egy adott talajról annak:

- ellenállóképességét (szupresszív talajok), vagy éppen ellenkezőleg
- a kórokozókat elnyomni nem képes fogékony (receptív) talajoktól.

Az élelmiszerhiány éhínséghez vezet, tömeges migrációt kiváltva. Az egészséges talaj megőrzése és javítása, illetve az állapotának mielőbbi „helyreállítása” a biztonságos élelmiszer-előállítás alapja. Az egészséges talaj, a megfelelő talajhasználat és gazdálkodás mindannyiunk felelőssége kell, hogy legyen (Biró és mtsai, 2004).

A klímatudatos, fenntartható talajhasználatot és gazdálkodást támogató európai keretrendszer kidolgozása

Az EJP SOIL (European Joint Programme Cofund on Agricultural Soil Management) európai talajkutatói projektben 24 ország 26 kutatóintézete vesz részt, hazánkat az

ELKH Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézete (ATK TAKI) képviseli. A kutatás célja egy olyan klímatudatos, fenntartható talajhasználatot és gazdálkodást támogató európai keretrendszer kidolgozása, amely figyelembe veszi a kulcsfontosságú társadalmi kihívásokat, mint amilyen az éghajlatváltozás vagy a jövő élelmiszer-ellátása. Az EJP SOIL program egy olyan kutatói együttműködés, amely összegyűjti azokat az új ismereteket, eszközöket és eljárásokat, amelyek támogatják a klímaváltozás mérséklését, a folyton változó körülményekhez történő alkalmazkodást, a fenntartható mezőgazdasági termelést, az ökoszisztéma-szolgáltatások minél szélesebb körű biztosítását, valamint a talajdegradáció csökkentését. A program lehetőséget biztosít Európa számára, hogy megerősítse a mezőgazdasági talajhasználattal és gazdálkodással kapcsolatos kutatásait.

Az EJP SOIL program első szakaszában a témában érintett felek segítségével európai, regionális és tagállami szinten felmérésre kerül a jelenlegi gyakorlat, illetve az új megoldások iránti igény. A területi különbségeket figyelembe véve a feltárt hiányosságok alapján olyan stratégiai kutatási terv készül, amely meghatározza a tudományos és szakpolitikai közösségi, illetve tagállami döntések megalapozását segítő kutatási prioritásokat. A program további előnye, hogy a talajokkal foglalkozó kutatók és a talajhasználatban érdekelt felek - a minisztériumtól a gazdálkodókig - számára egy multidiszciplináris közösséget hoz létre, amely egyben új kommunikációs fórumot is jelent. Az EJP SOIL program mindezek mellett támogatja a közös kutatási projektek kezdeményezését, az oktatást minden lehetséges szinten (alap-, közép-, felsőfokú, illetve doktori képzések), továbbá a szakemberek továbbképzését és az ismeretterjesztést is. Az EJP SOIL program szerepet vállal abban is, hogy felhívja a közvélemény figyelmét a talajok szerepére és a környezettudatos magatartásra. A gazdálkodók és az ipari szereplők számára pedig olyan útmutatókat készít és terjeszt, amelyek nemcsak a fenntartható talajhasználati és gazdálkodási gyakorlathoz adnak iránymutatást, hanem különféle technológiákat ajánl, többek között az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez.

Szakpolitikai szinten pedig a program célja, hogy az elkészített szakanyagok alapján olyan ajánlásokat fogalmazzon meg az európai és regionális szintű szakpolitikai döntéshozók számára, amelyeket a gyakorlat már igazolt, mint legjobb és egyben leghatékonyabb eljárásokat.

Talaj- és földhasználattal kapcsolatos európai kutatási és innovációs ütemterv kidolgozása

A Talajmissziót támogató kétéves futamidejű H2020-as projektben hét európai ország 10 partnerszervezete vesz részt. Az SMS (Soil Mission Support) projekt célja a talaj- és földhasználattal, valamint gazdálkodással kapcsolatos európai kutatásfejlesztési és innovációs programok összehangolása. Az SMS projekt támogatja az „Egészséges Talaj és Élelmiszer” missziót (Soil Health and Food, Missions in Horizon Europe), az „Európai Zöld Megállapodást” (European Green Deal), és az ENSZ „Fenntartható Fejlődési Céljai” (UN Sustainable Development Goals, SDGs) közül a talajjal és a földhasználattal kapcsolatos célok elérését.

Az egészséges talajok lehetséges indikálási lehetőségeit, a javasolt paramétereket és azoknak a „Fenntartható Fejlődési Célokkal” való kapcsolódását mutatja be az 1. táblázat. A kitűzött célok elérése érdekében az SMS projekt a talaj- és földhasználattal, valamint gazdálkodással kapcsolatos jelenlegi ismeretanyagok, kutatási és innovációs programok, illetve fejlesztési igények felmérésével foglalkozik. Részletes elemzést követően a feltárt tudásbeli hiányosságok alapján a projekt egy olyan európai kutatási és innovációs ütemtervet fog kidolgozni, amely a talajjal és a földhasználattal kapcsolatos területen meghatározza a kutatási prioritásokat európai szinten, külön kitérve az egyes helyi sajátosságokra.

1. táblázat: A talajok egészségének vizsgálatára javasolt legszükségesebb indikátorok és ezek kapcsolódása a Fenntartható Fejlődési Célokhoz (SDGs) (Forrás: Veerman és mtsai, 2020)

Talajegészség indikátorok	SDGs kapcsolódás
1. Növényborítottság típusa, mértéke, ideje, változásai (földhasználati összefüggések vizsgálata)	SDG 2, 13 (éhezés- elleni küzdelem, klíma-változás csökkentése)
2. Talajszerkezet, porozitás, kötöttség , vízbeszivárgás és vízmegtartó-képesség, talajfelszín, eliszapolódás mértéke, kötöttség, eketalpréteg	SDG 6 (a víz fontossága, védelme)
3. A talaj szerves-anyaga, szén-tárolás , (aggregátum-stabilitás), a talajélet és a humusz-minőség indikátorai	SDG 13 (klímaváltozás csökkentése)
4. Biodiverzitás , biológiai sokféleség, vetésforgó, megfelelő mikrobiális és talajfauna (táplálékháló aktivitás)	SDG 15 (élet a talajban és a tájban)
5. Összes és felvehető tápanyagok , makro-, mezo-, mikro-elemek; a tápelemek közötti kölcsönhatások optimalizálása	SDG 2, 6 és 3 (elemek körforgalma)
6. Talaj pH , szikesedés mértéke, talajsavanyodás, nehézfémek, toxikus anyagok, szerves szennyeződések	SDG 3, 15 (adaptációs képesség, egészség)

Összefoglaló

A fenntartható talajhasználat és gazdálkodás elengedhetetlen a talajfunkciók működéséhez és létfontosságú ökoszisztéma-szolgáltatásaik támogatásához, ideértve az élelmiszerellátást, a víz- és tápanyag-körforgást, a puffer- és szűrőképességet, a szén-dioxid-tárolást és a biológiai sokféleség biztosítását. A talaj fontos szerepet játszik a klímaváltozás mérséklésében és az ahhoz való alkalmazkodásban, de a növekvő igények (élelmiszer, energia, infrastruktúra és az urbanizáció) miatt a talajra nehezedő egyre nagyobb nyomás következtében a talajpusztulás fenyegető. A Horizont Európa tágabb értelemben az élelmiszerellátás-biztonság terén, a munkahelyek megtartásában és a társadalmi jólét biztosításában jelentős szerepet szán a mezőgazdaságnak és erdőgazdálkodásnak. A következő évek egyik kiemelt témájaként jelenik meg a talajegészség kérdése. Az Európai Bizottság olyan égető kihívásként tekint erre a területre, amelynek megoldása a kutatói közösség erőfeszítésein túl szakpolitikai intézkedéseket, valamint széles körű társadalmi összefogást, aktív gazdálkodói és lakossági szerepvállalást igényel. E komplex megközelítéssel kezelt területen az Európai Bizottság által felkért Egészséges Talaj és Élelmiszer Misszió tudományos testülete 2030-ig elérendő célkitűzésként fogalmazta meg, hogy az uniós talajok legalább 75%-ának egészségesnek kell lennie, vagy lényeges funkcióiban mérhető javulást kell felmutatnia. Az EJP SOIL program célja, hogy új ismeretek, eszközök és egy együttműködő európai kutatóközösség fejlesztésével támogassa a klímatudatos, fenntartható talajhasználatot. Tehát olyan gazdálkodási rendszerek kidolgozása a cél, amelyek a stabil élelmiszertermelés mellett biztosítják a talajok sokoldalú funkcióképességét és az ebből adódó ökoszisztéma-szolgáltatások fenntartását. Az SMS (Soil Mission Support) projekt célja a talaj- és földhasználat, valamint gazdálkodással kapcsolatos európai kutatásfejlesztési és innovációs programok összehangolása. A kitűzött célok elérése érdekében az SMS projekt a talaj- és földhasználat, valamint gazdálkodással kapcsolatos jelenlegi ismeretanyagok, kutatási és innovációs programok, illetve fejlesztési igények felmérésével foglalkozik. Részletes elemzést követően a feltárt tudásbeli hiányosságok alapján a projekt egy olyan európai kutatási és innovációs ütemtervet fog kidolgozni, amely a talajjal és a földhasználattal kapcsolatos területen meghatározza a kutatási prioritásokat európai szinten, külön kitérve az egyes helyi sajátosságokra.

Solution opportunities for climate change related soil-environment-human health challenges

Our life depends on the soil and its functioning. Fertile and productive soils are literally the foundation of our existence, as they are the prerequisite for a stable supply of food, fibre, animal feed, timber and other biomasses. Soil is the habitat and the supplier of nutrients and water for plants and their roots. Soils sustain huge biodiversity and contribute to the provision of a wide range of ecosystem services, and as the largest store of carbon on land, soils are also in the nexus of the global climate challenges. Soils are part of the solution to realising the aim of Sustainable Development Goals (SDGs). However, soil is a limited natural resource, and soil degradation including erosion, loss of soil organic matter, soil contamination and soil sealing are threats to soil functions. Intensified agricultural production due to rising global demand for food and biomass will only amplify the challenges. Through sustainable soil management, it is possible to preserve and even enhance the provision of ecosystem services by soil and biodiversity. Soil management can also be climate smart, contributing to mitigate climate change by carbon storage and to adapt agroecosystems to the changing climate processes. Climate smart sustainable soil management is the adequate response to these key societal challenges. Both the European Environmental Action Programme, FAO and other international initiatives are calling for increased knowledge on sustainable soil management and the protection of soil functions. On this background, the objectives of the European Joint Programme EJP SOIL are to develop knowledge, tools and an integrated research community to foster climate-smart sustainable agricultural soil management, i.e. agricultural soil management that allows sustainable food production, sustains soil biodiversity, as well as other soil functions that preserves the ecosystem services that the soils deliver. Sustainable soil and land management are essential for protecting our soils and their vital ecosystem services. In order to boost our transition towards sustainable soil and land management, the EU-funded SMS project (Soil Mission Support) aims to assess current research and innovation activities, identify knowledge gaps and develop a practical roadmap for action in Europe.

Szakirodalom

- Biró B, Beczner J, Németh T (2004): Problems on sludge. The Hungarian point of view. P. 31-36. In: Problems around sludge. The accession countries perspectives. Joint DG/JRC, DG ENV Workshop (Eds. Gawlik BM, Marmo L), EU-IES, ISPRA, Italy
- Biró B. (2005): A talaj, mint a mikroszervezetek élettere. p. 141-173. In: *A talajok jelentősége a 21. században*. Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai Kutatások a Magyar Tudományos Akadémián. II. Az agrárium helyzete és jövője. (szerk: Stefanovits P, Michéli E.), MTA Társadalomkutató Központ, Budapest.
- Veerman C, Bastioli C, Biró B, Bouma J, Cienciala E, Emmett B, Frison E, Grand A, Hristov L, Kriaučiūnienė Z, Pinto C.T, Pogrzeba M, Soussana J.F, Vela C, Wittkowski R (2020): Caring for soil is caring for life. Ensure 75% of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate. Report of the mission board for soil and food. Brussels, Belgium, European Commission, 82.

A témával foglalkozó további internetes irodalom:

- <http://ec.europa.eu/mission-soil>
- https://ec.europa.eu/info/horizon-europe/missions-horizon-europe/soil-health-and-food_en
- https://ec.europa.eu/info/news/healthy-agricultural-soils-24-eu-countries-coordinate-unprecedented-research-programme-2020-feb-26_en
- <https://www.mta-taki.hu/hu/kutatasok/ejp-soil>
- <https://www.mta-taki.hu/hu/kutatasok/talajjal-es-foldhasznalattal-kapcsolatos-europai-kutatasi-es-innovacios-utemterv>

3. ASZÁLLYAL SZEMBEN A CIROK A NYERŐ

SZEMERITS BALÁZS⁴

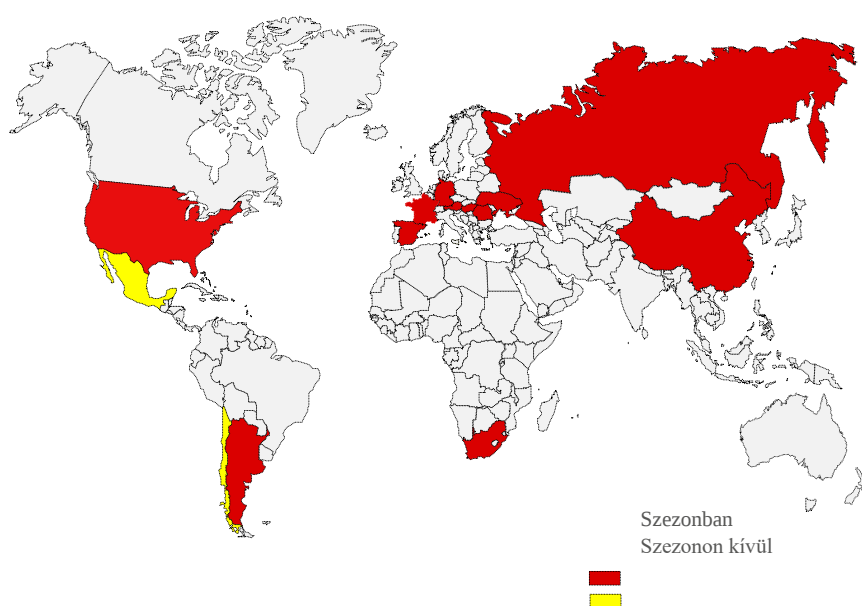
Bevezetés

Amióta világ a világ, az éghajlat folyamatos változásban van. Ahogy a múlt bizonyos történéseit már számtalan kutatás alátámasztotta, úgy rájövünk, hogy a felmelegedések és jégkorszakok sora váltja egymást. Szerencse a szerencsétlenségben, hogy a múlt bizonyos történéseire már fény derült és van módunk okulni belőle, ugyanakkor a jövőt még csak sejteni véljük és a legjobb tudásunkkal próbálunk a felmerülő nehézségekre, kihívásokra megoldást találni. A XXI. század egyik sokakat foglalkoztató ténye a globális felmelegedés. Ez a téma gyakorlatilag megkerülhetetlen és a világon minden embert érintő problémakör. Bár az emberek hajlamosak elfelejteni, hogy a napi létfenntartásukhoz szükséges táplálék nem egy fedett műhelyben terem, hanem általában a szabad, kiszolgáltatott természetben, amely jobb esetben lehet az adott személy közvetlen környezetében is, vagy rosszabb esetben tőle akár több ezer kilométerre. Ezáltal el sem tudja képzelni, hogy mire hozzá kerül, addig annak az élelmiszernek az előállítását mennyi tényező nehezítette.

Mára már tény, hogy az elmúlt években előforduló éghajlati anomáliák sorozatos kihívások elé kényszerítik a mezőgazdaság szereplőit. Napjaink növénytermesztésében a legnagyobb fejtörést az egyre gyakoribb tartós aszályok okozzák. Ezt pedig rendkívül negatív hatással van a növénytermesztési ágazatra. Hiszen be kell látni, hogy a növénytermesztés adja a legtöbb alapanyagot, mind az állattartás (húselőállítás, stb.), mind az élelmiszerfeldolgozó-ipar (malom, stb.) számára. Tehát egyértelművé válik, hogy a növénytermesztésben olyan növényekre van szükség, amelyekből a kiszámíthatatlan időjárási viszonyok ellenére is hatékonyan lehet élelmiszert és takarmányt előállítani. Erre pedig mi sem adhatna jobb megoldást, mint a cirok (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), amelyet az afrikai félsivatagos régiókban is sikeresen termesztenek. Hasznosítási irányai és felhasználási területei szinte azonosak a kukoricáéval, ugyanakkor előállítása sokkal kevesebb ráfordítást igényel (Láng, 1976).

⁴ RAGT Vetőmag Kft.

Az RAGT Semence francia vetőmag nemesítő vállalat immáron 38 éve foglalkozik ciroknemesítéssel és forgalmazással. Ennek köszönhető, hogy európai viszonylatban a piacvezetők között szerepel. Az örökös jövőbeli fejlődést szem előtt tartva a forgalma 18 %-át a kutatásra és a fejlesztésre fordítja. A cég 1983-ban kezdte el a nemesítő munkát a Dekalb együttműködés keretében. Napjainkban a nemesítés foglalkozik mind a szemes, mind a biomassza és silóhasznosítású hibridekkel egyaránt. A potenciális hibridjelöltek tesztelése a világban elszórtan 30-50 kísérleti helyszínen zajlik éves szinten (1. ábra). A nemesítési anyag előállításáért 2 ciroktenyészkert a felelős. Az egyik a francia La courtade Haute-ban, a másik az ukrán Melitopolban.



1. ábra: Az RAGT Semence ciroknemesítés színterei

(Forrás: RAGT Semence adatbázisa alapján, saját szerkesztés)

Az RAGT általában nyolc generációs lefutási idővel tud egy új szülővonalat előállítani, azonban a chilei és mexikói helyszínek lehetőséget adnak arra, hogy minden évben egy ellentétes évszakban szaporítsák fel a második generációt, amely felgyorsítja a folyamatot.

A növények genetikai minősítését 4 laboratóriumban tudják elvégezni. Éves szinten cirokból 3-4 új hibridregisztráció történik. Ennek köszönhető azon kiemelkedő teljesítményt nyújtó hibridek megjelenése, amelyek meghatározóvá válnak a világ ciroktermesztésében. Napjainkban az RAGT legnagyobb számban eladott hibridei a vörös szemszínű RGT ANGGY és RGT HUGGO.

Ugyanakkor egyre inkább előtérbe helyeződnek a fehér szemes cirkok, mint az RGT ICEBERGG és az RGT ALIGGATOR, amelyek mind madáreleségként, mind humán élelmezésben (liszt, kenyér, tészta, sütemény, sör alapanyagaként) egyre keresettebbé válnak (*URL¹*). Humán élelmezésben a cirok nagy előnye, hogy eredendően gluténmentes, így a gluténra érzékenyek is fogyaszthatják (*Antal és mtsai, 2011; Fliedel, 2019; URL¹*). fent említett hibridek a hazai piacon is elérhetőek, amelynek forgalmazásával a 2006-ban megalakult leányvállalat, az RAGT Vetőmag Kft. foglalkozik.

Bár hazánkban a növény az elmúlt években elenyésző, 20-22 ezer hektár között mozgott, addig világviszonylatban elég jelentős vetésterülettel, közel 40 millió hektárral képviselteti magát, amely nem mellesleg az ötödik legnagyobb vetésterületet jelenti a gabonák rangsorában (*URL²; URL³; URL⁴*).

Jelentősége az elmúlt évek időjárási viszonyosságainak köszönhetően globálisan növekszik. Ennek oka, hogy a növény a népszerű gabonafajokhoz képest sokkal nyereségesebben termeszthető a stresszes, aszályra hajlamos területeken. A kukoricához képest, 1 kg szárazanyag előállításához 30-50%-kal kevesebb vízre van szüksége. A gyenge adottságú körülmények, termőképességű talajok esetében pedig a termésmennyisége 15-20 %-kal is meghaladhatja a kukoricáét (*URL³*). Ráadásul emellett a fehérjetartalma sok esetben magasabb (1-2 %) és az aminosav-összetétele is jobb a kukoricáénál (*URL⁵; URL⁶*).

A növény a szélsőséges szikes talajokon, savanyú talajokon (5,5 pH-ig) és a nagyon gyenge homokos területeken is termeszthető, mivel sűrű, mélyre hatoló gyökérzete képessé teszi arra, hogy hatékonyabban tudja felvenni és felhasználni a mélyebb talajrétegekben lévő nedvességet és tápanyagokat (*URL⁵*).

Láng (1976) szerint, a cirok szárazságtűrése egyrészt azért jobb a kukoricáénál, mivel körülbelül kétszer annyi gyökeret fejleszt és ezek vízfelszívó képessége is nagyobb. További előnyös tulajdonságai, hogy a levelek párologtató felülete is csak a fele a kukoricához viszonyítva. Egy hosszan tartó szárazság idején képes arra, hogy a növekedését részlegesen megállítsa, majd mikor ismételt esőt kap, károsodás nélkül tovább fejlődik. (Láng, 1976). Abban az esetben, ha a buga aszály következtében vagy esetleg egyéb okból elpusztul, akkor képes arra, hogy a felső náduszból elágazást növeszt, amelyen előbb virágzatot, később termést hoz (*URL⁵*). Ez a tulajdonsága pedig rendkívül hasznos tudván azt, hogy Magyarországon a szántóterületek 3,0-3,7 %-a az ami napjainkban potenciálisan öntözhető, de csak 0,6-1,7%-át öntözik (*URL⁷*).

A betegségekkel és kártevőkkel szembeni jó védekezőképességének köszönhetően elsősorban csak a gyomirtásból származó növényvédőszer költségekkel kell számolni. A vetésforgóban pedig egy fontos szerepet tölthet be, mivel azon az adott táblán képes megszakítani némely rovarkártevők életciklusát. Állattenyésztők számára további előny, hogy a korszerű cirok tökéletes kiegészítője a szemes- és tömegtakarmányoknak, emellett olcsóbbá és biztonságosabbá teszi a takarmányszükséglet előállítását (URL³).

Termesztéstechnológia

A növény éghajlati igényei:

Melegigényes növény. Csírázásához 12-15 °C talajhőmérséklet szükséges, így vetése április végén, május elején javasolt (Láng, 1976; URL⁵). Az RAGT Vetőmag Kft.-nél mára már olyan hibridek is a portfólió tagját képviselik, amelyek nagyon korai tenyészidővel rendelkeznek. Ez azért fontos, hogy már az őszi nagy mennyiségben lezúduló csapadék előtt betakaríthatóvá váljon az állomány.

Magágykészítés:

A talajművelésnél a helyspecifikusan már jól alkalmazott tavaszi vetésű növények talajelőkészítési irányelveit kell szem előtt tartani. Javasolt a legalább 4 évenkénti periodikus mélyművelés. Az aprómagoknak megfelelő, jól előkészített, aprómorzás magágyat és kellően tömörített talajt igényel.

Tápanyagutánpótlás:

Antal és mtsai (URL⁵) szerint a cirok fajlagos tápanyagigénye 1t/ha-os szemtermés eléréséhez:

nitrogén (N) 29 kg/t
foszfor (P₂O₅) 10 kg/t
kálium (K₂O) 31 kg/t
mész (CaO) 8 kg/t
magnézium (MgO) 3 kg/t.

Antal és mtsai (URL⁸) szerint az 1 t/ha zöldtömeg (siló) eléréséhez:

nitrogén (N) 3,1 kg/t
foszfor (P₂O₅) 1,4 kg/t
kálium (K₂O) 3,2 kg/t
mész (CaO) 1,5 kg/t
magnézium (MgO) 0,5 kg/t.

A várható hozamot, és így a kijuttatandó tápanyag mennyiségét is mindig a helyi talaj- és éghajlati adottságoknak megfelelően kell meghatározni. A gondos és reális tervezés nagymértékben befolyásolja a termesztés gazdaságosságának mértékét.

A vetés 14°C talajhőmérséklet tartós elérésekor javasolt. Ez általában április végén, május elején következik be, de meleg időszakban a cirok május végéig kockázat nélkül vethető (*URL⁵*). A korai érésű silócirkok június közepéig másodvetésként is alkalmazhatóak. A 2021-es évben az RAGT Vetőmag Kft. fejlesztői kísérleteiben már tesztelésre kerülnek olyan szuperkorai szemes hibridek, amelyek az őszi árpa betakarítását követően vethetők és októberben már biztonsággal betakaríthatóak.

Vetés:

Vetési mélység: 3-4 cm. Hidegebb, nehezebben átmelegedő talajba sekélyebben, száraz, meleg, laza talajba mélyebben vethetjük (*URL⁹*).

A vetésforgóba való behelyezését tekintve szinte egy az egyben megegyezik a kukoricával. További nagy előnye, hogy a kukoricabogár sem károsítja. Önmaga után 2 évig termesztethető (*URL⁹*). Cirok után nagy vízigényű kultúrák vetése, mint például a cukorrépa vagy a lucerna, nem javasolt (*URL¹⁰*).

RAGT hibridek javasolt vetésmennyisége:

Szemes ciroknál:

Az ajánlott sortáv 70-75 cm és 50 cm. A vetésmennyiséget az éréscsoporttól és a talajadottságok függvényében határozzuk meg.

- 70-75 cm-es sortávolság esetén: 200-220 ezer tő/ha – 8-10 kg/ha
- 50 cm-es sortávolság esetén: 240-250 ezer tő/ha – 12-14 kg/ha

Siló ciroknál:

- 70 cm sortávolsággal 250-350 ezer tő/ha

A gombaölőszeres csávázás nagymértékben csökkenti a fuzárium és egyéb csírákárosító gombák fertőzésének mértékét. 2020-tól pedig az RAGT Vetőmag Kft. forgalomba hozott egy új RAGT-s fejlesztésű biostimuláló csávázószert, amely a Fortify névre hallgat. Ez a készítmény humin- és fulvosavak speciális keverékéből tevődik össze, amelyek a növény kelésének és fejlődésének hatékonyságát növelik. A huminsav és a fulvosav komplex szerves vegyületek, amelyek a mikroorganizmusok tevékenysége révén természetesen termelődnek a talajban a növényi vagy állati maradványok lebontása során.

A növények növekedésében létfontosságú szerepet játszanak két fő hatásmód szerint:

- Egyfelől citokinin és auxin típusú hormonális stimulációt segít elő, amelynek hatása, hogy fokozza a növényi anyagcsere folyamatok aktivitását. Ezáltal a sejtosztódás felgyorsul, hatékonyabb fotoszintézis valósul meg és a gyökérmerisztémák fejlődésének intenzitása is növekszik.
- Másfelől a tápanyagok talajfelvételének javítását segítik, mivel a huminsav és a fulvosav komplexet (kelátot) képez a tápanyagokkal (vas, réz, cink-magnézium, mangán és kalcium), megkönnyítve azok gyökerek általi felszívódását.

A Fortify-os csávázás homogénebb, biztonságosabb kelést nyújt még a legkedvezőtlenebb talajviszonyok között is (1. kép). A készítmény a tenyészidőszak egészére kiterjedő garanciát ad az egészséges és erőteljes növények termesztésére, amelyek jobban tolerálják a biotikus és az abiotikus stresszt, ezáltal jobb kondíciót és jobb hozamot biztosítanak.



KONTROLL



1. kép: Fortify-os kezelés hatékonysága

(Forrás: RAGT Semence adatbázisa)

a.) Vetésre javasolt hibridek:

Mint már korábban említésre került, hasznosítási irány szerint 3 féle ciroktípust különböztethetünk meg. Ezek a szemes típusú, biomassza típusú és a siló típusú cirkok.

A szemes hasznosítású cirok az összes típus közül a legalacsonyabb növénymagasságú (100-130 cm). Ennél fontos szempont a könnyű és gyors betakaríthatóság. A feldolgozóipar igényeihez alkalmazkodva, mind fehér, mind vörös szemű cirok megtalálható az RAGT kínálatában. Ezen növényekből származó termény már 100 %-ban tanninmentes, mely az emészthetőségre van pozitív hatással.

Ami viszont nagy mértékben akadályozza a hazai cirok termesztésének elterjedését, az egyrészt a szárító kapacitás, másrészt a piaci felvásárlás hektikussága.

A biomassa típusú cirok a legnagyobb hektáronkénti zöldtömeg elérésére képes. Robosztus 3-5 m-re is megnövő alkat. Ez a típus akár silóként is felhasználható, azonban soha nem fogunk olyan beltartalmi paramétereket elérni vele, mint a kifejezetten erre a célra nemesített cirokkal. Ugyanis a siló típusú anyagok, mind beltartalmi mutatóikban (rost, keményítő, fehérje, cukor), mind emészthetőségükben magasan a legjobb alapanyagként szolgálnak. A belőlük készült siló egyenrangú a kukoricáéval.

b.) Szemes hasznosítású hibridek:

A portfólió (2. ábra) legkorábbi érésidejébe tartozó szemes cirok hibridje a vörös szemszínű RHS1912 még egyenlőre csak tesztelés alatt áll, így kereskedelmi forgalomban nem szerepel. Tenyésztésének rövidebb ideje miatt nemcsak, hogy a deszikkálás nélküli betakarítást teszi majd lehetővé, hanem óriási potenciált jelent a korán lekerülő növények, mint őszi árpa vagy repce másodvetéseként. Az erre folyó tesztek útörök lehetnek a profitorientált szántóföldi növénytermesztés előmozdításában. Tőle későbbi éréscsoportba tartoznak a nagy termőképességre képes vörös szemszínű RGT HUGGO, RGT ANGGY és RGT GGUSTAV hibridek.

Fehér szemszínű cirok tekintetében két új hibriddel bővült az idei portfólió, ezek pedig a hófehér szemszínű RGT ICEBERGG, amely amellet, hogy egyedi hófehér szemszíné miatt az élelmiszerfeldolgozók, madáreleséggyártók egyik közkedvelt hibridje lehet, még a koraiság tekintetében is a biztonságos, deszikkálás nélküli betakaríthatóságot ígér. A másik nagy reménység az RGT ALIGGATOR, amely a portfólió egyik legjobb termőhelyi stabilitással rendelkező újgenerációs hibridje. Ezek a hibridek minden tekintetben megfelelnek a hazai termőhelyi sajátosságok és tartós csapadékhiány kihívásainak, valamint mind termésmennyiségben, mind minőségben a korszerű és versenyképes növénytermesztés fejlődését támogatják.

VÖRÖS	KORAI ÉRÉS  RHS1912 ÚJ! vörös Korlátozott adottságú területek ★★ ★ Kedvező adottságú területek ★★ ★	KÖZÉP-KORAI ÉRÉS  RGT HUGGO vörös Korlátozott adottságú területek ★★ ★ Kedvező adottságú területek ★★ ★	KÖZÉPÉRÉS  RGT ANGGY vörös Korlátozott adottságú területek ★★ ★ Kedvező adottságú területek ★★ ★
	KORAI ÉRÉS  RGT ICEBERGG ÚJ! fehér (1.3) Korlátozott adottságú területek ★★ ★ Kedvező adottságú területek ★★ ★	KÖZÉP-KORAI ÉRÉS  RGT ALIGGATOR ÚJ! fehér (1.7) Korlátozott adottságú területek ★★ ★ Kedvező adottságú területek ★★ ★	KÖZÉPÉRÉS  RGT GGUSTAV vörös Korlátozott adottságú területek ★★ ★ Kedvező adottságú területek ★★ ★

Fehérségi Skála 1 2 3 4 5

2. ábra: RAGT Vetőmag Kft. szemescirok termékpalettája
(Forrás: RAGT Semence adatbázisa)

c.) Siló hasznosítású hibridek:

A silócirok esetében a cél a minimális lignintartalom elérése, ami már kellő szálszilárdságot biztosít, de még nem rontja túlzottan az emészthetőséget. Ebben a szegmensben két modern hibrid áll a termelők rendelkezésére. Az egyik a bugás, középérésű RGT VEGGA, amely egy kifejezetten siló típusú hibrid. Szárazanyag hozampotenciálja 10-16 t/ha. Magassága közepes, 1,60-2,40 m. Az intenzív tejtermelő és extenzív (hústermelő) állattartók számára egyaránt ajánlott. Jó korai fejlődés és jó szárstabilitás jellemzi. Magas silóbeltartalmi mutatók jellemzik. Bár nem BMR típusú hibrid, mégis azokkal egyenértékű, kiváló emészthetőség és optimális arányú beltartalmi értékek (rost / keményítő / fehérje) jellemzők rá. Emészthetősége 65–75 %, az oldható cukortartalma 10–20 %, keményítőtartalma 10-25 %, míg a fehérjetartalma 8-12 %.

A másik cirok az RGT AMIGGO (2. kép) egy biomassza silócirok alacsony inputanyag felhasználás ellenére is képes nagy hozamot elérni, amelyből gazdaságosan állítható elő hasznos energia. Metanogén potenciál: 310-350 Nm³ metán (CH₄) szabadítható fel 1 kg szárazanyagból. Szárazanyag hozampotenciálja 15-23 t/ha. Nagyon magas növénymagasság jellemzi, amely a termőhelyfüggvényében 3.0-4.50 m között alakul, amellyel akár kétszer akkora magasságot ér el, mint az átlag kukorica. Nagyon jó korai fejlődési eréllyel és jó szárstabilitással rendelkezik. Silóbeltartalmi értékei szerint emészthetősége 45-55 %, oldható cukortartalma 8-18 %, keményítőtartalma < 8 % és rosttartalma 55-70 %.



2. kép: Az RGT AMIGGO és az átlag kukorica magasságbeli eltérésének demonstrációs felvétele

(Forrás: RAGT Semence adatbázisa)

Gyomszabályozás:

A cirok ápolásának jelentős részét az állomány gyommentesen tartása teszi ki. A cirok növényvédelme sok hasonlóságot mutat a kukoricáéval, mivel rokon növényről van szó, a kukoricában használt néhány gyomirtó hatóanyag van engedélyezve a cirokban is. Általánosságban igaz, hogy a cirokban engedélyezett készítmények dózisa 10-20 %-kal alacsonyabb a kukoricában használatos dózisokhoz képest, mivel a cirok rendkívül herbicidérzékeny. Részben ennek is köszönhető, hogy nagyon szűk az engedélyezett növényvédőszer-hatóanyagok palettája.

A cirok a fejlődés kezdeti szakaszában alacsony gyomelnyomó-képességgel rendelkezik, ezért a vetést megelőzően célszerű a táblát gyommentesen tartani. Kerülni kell az évelő egyszikűekkel erősen fertőzött területeket a tábla kiválasztásánál. A mechanikai gyomszabályozás (sorközművelő kultivátor) gyomirtó hatása jól érvényesül a bojtos gyökerű gyomnövényekre, valamint eredményesen pusztítja a sekélyen tarackos évelő fajokat. A kémiai védekezés pillérei a CONCEP III antidótumos csávázás, illetve a csávázás

miatt alkalmazható herbicidek használata. A magról kelő egyszikűek ellen a kémiai védekezési lehetőség a pre és/vagy korai post kezelés. A CONCEP III antidótum megóvjaa a kultúrnövényt a kijuttatott S-metolaklór hatóanyaggal szemben (*URL¹¹*).

Alapkezelés vagy preemergens gyomirtás (vetés után, kelés előtt):

A Sorghum ID gyomirtással kapcsolatos információs anyagai szerint az alapkezelés sikerességéhez 15–20 mm bemosó csapadék szükséges. Az alapkezelést fontos időben elvégezni, mert optimális körülmények között 6–7 nap alatt kikel a cirok. Magról kelő egy- és kétszikű gyomok ellen jó hatást nyújtanak a S-metolaklór és terbutilazain hatóanyagok (pl. GARDOPRIM PLUS GOLD/dózis: 4 l/ha). A magról kelő kétszikű gyomok ellen szintén egy jó megoldás a flumioxazin hatóanyag (pl. PLEDGE 50 WP/dózis: 0,08 kg/ha). Ha pedig kifejezetten a magról kelő egyszikű gyomok ellen szeretnénk védekezni akkor végezhetjük a kezelést mono S-metolaklórral (pl. DUAL GOLD 960EC/dózis: 1,4–1,6 l/ha).

Korai posztemergens gyomirtás:

A cirok 3 leveles állapotáig lehet kijuttatni, magról kelő egy- és kétszikű gyomok ellen hatékony megoldást jelenthethet az S-metolaklór és terbutilazin hatóanyagok kombinációs keveréke.

A fent említett hatóanyagok esetében viszont nagy körültekintés szükséges, hiszen csak és kizárólag akkor alkalmazhatók, ha a vetőmag CONCEP III antidótummal van csávázva (*URL¹¹*).

Állománykezelés vagy posztemergens gyomirtás:

Kétszikű magról kelő gyomok esetében érdemes odafigyelni, a csattanó maszlag (*Datura stramonium*) megjelenésére, hiszen ez a gyomnövény amellet, hogy területet és tápanyagot von el a kultúrnövénytől, még élelmiszer vagy takarmányfelhasználásbeli problémákat is okoz a hasonló méretű, formájú, ugyanakkor mérgező magja elfogyasztásával. Az ellene való védekezés megoldható dikamba hatóanyagú termékekkel (pl. BANVEL 480S 0,5 l/ha; CADENCE 70WG 340 g/ha) vagy annak kombinációs partnereivel dikamba+bentazon (CAMBIO 2–3 l/ha) és dikamba és/vagy proszulfuron (CASPER 0,3–0,4 l/ha, PEAK 75WG 15–20 g/ha).

A posztemergens gyomirtószeres kijuttatásának időzítésénél érdemes betartani a 3–6 levél közötti fenológiai állapotot, mivel a megkéssett kezelés termékenyülési problémával, sterilitással járhat, ami komoly termésveszteséget idézhet elő (*URL¹¹*).

Betakarítás:

A szemes cirok betakarítását a szemtermés 18-20%-os nedvességtartalmánál érdemes elkezdni. A biztonságos tároláshoz 12-13 %-os nedvességtartalom szükséges (URL⁵)

A silócirok hibridek betakarítása a szem viaszéréskori állapotában javasolt, ilyenkor a hajtás nedvességtartalma 65–70%-os (URL⁸).

Összefoglaló

Az éghajlati anomáliák sorozatos kihívások elé kényszerítik a mezőgazdaság szereplőit. Napjaink növénytermesztésében a legnagyobb fejtörést az egyre gyakoribb tartós aszályok okozzák. Erre pedig mi sem adhatna jobb megoldást, mint a cirok, amelyet az afrikai félsivatagos régiókban is sikeresen termesztnek. Hasznosítási irányai és felhasználási területei szinte azonosak a kukoricáéval, ugyanakkor előállítása sokkal kevesebb ráfordítást igényel. A globális felmelegedés okán a növény egyre nagyobb teret kap a növénytermesztésben, mivel lényegesen nagyobb akklimatizációs képességgel rendelkezik a biotikus és az abiotikus stresszel szemben. Sűrű, mélyre hatoló gyökérzetének következtében hatékony nedvességhelvételre képes az átlagnál szárazabb környezeti adottságok mellett is. Ennek következtében a gyengébb adottságú termőtalajokon a termőképessége akár 15-20 %-kal is meghaladhatja a kukoricáét, továbbá a minőségi paraméterei is jobbnak bizonyulnak. A cirok egy másik nagy előnyeként tarthatjuk számon, hogy a betegségekkel és az egyéb kártevőkkel szemben jó védekezőképességgel rendelkezik, amely miatt a vetésforgóban való szereplése a jövőben fontos lehet. A belőle előállított termék toxinmentes és a feldolgozó ipar, valamint az állattartók számára is hatékonyan helyettesíthet más gabonanövényeket. Összességében tehát elmondható, hogy a cirok a jövő mezőgazdaságának egyik kiemelkedő növénye lesz.

Against drought the sorghum is a winner

Climatic anomalies are forcing a series of challenges on agricultural actors. The biggest headache in crop production today is the increasing frequency of persistent droughts. Nothing could provide a better solution for this problems than sorghum, which is successfully grown in the African semi-desert regions. The utilization and areas of use are almost the same with corn. Nevertheless, the production requires much less investment. The importance of sorghum is growing globally because of the unpredictable weather difficulties of the recent years. The sorghum is much more profitable compare to the popular cereals which are not so good on the stressful, drought areas. Compared to corn, 30-50% less water is needed to produce 1 kg of dry matter. In the case of poor conditions, the yield of sorghum can be 15-20% higher than the average corn yield. In addition, it has a 3-4 % higher protein content and a better amino acid composition than for the corn. Sorghum can be grown on extreme saline soil and very weak sandy areas because of it has dense deep-growing roots that enable to absorb and use the moisture and nutrients what is only available in the deeper soil layers. Due to it has a good resistance to diseases and pests, only the costs of pesticides from weed control have to be taken into account. It has a huge benefits in the crop rotation also, because it is able to interrupt some of the life cycle of insect pests. An additional benefit for livestock farmers is that modern sorghum is the perfect complement to the feeds of grains and mass, as well as making it cheaper and safer feeds for the animals.

Szakirodalom

- Fliedel G. (2019): Particularités du grain de sorgho pour sa transformation en alimentation humaine. Le sorgho dans l'alimentation humaine : journée de réflexion thématique, Paris, France, 17 Janvier 2019
- Láng G. (1976): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 388-391.
- RAGT Semence adatbázisa: www.ragst-semence.fr
- URL¹: Schwager R. (2017): White sorghum benefits people, pigs and poultry. <https://www.theland.com.au/story/4604960/white-sorghum-benefits-people-pigs-and-poultry/> Megtekintés ideje: 2021.01.04.
- URL²: Csomor Zs. (2019): <https://agraragazat.hu/hir/az-aszalyturo-cirok-vetesterulete-evrol-evre-emelkedik/> Megtekintés ideje: 2021.01.04.
- URL³: Szemescirok - a termesztéstől az értékesítésig; humán táplálkozás; állati takarmányozás információs anyagok. <https://www.sorghum-id.com/hu/konyvtar/> Megtekintés ideje: 2021.01.04.
- URL⁴: Global trends in sorghum production. <https://nuseed.com/eu/global-trends-in-sorghum-production/>. Megtekintés ideje: 2021.01.04.
- URL⁵: Antal J., Berzsenyi Z., Birkás M., Bocz E., Csík L., Dér S., Győri Z., Gyuricza Cs., Izsáki Z., Jolánkai M., Késmárki I., Kismányoky T., Lázár L., Pepó P., Tóth Z., Csajbók J., Izsáki Z., Jolánkai M., Kajdi F., Kismányoky T., Kiss J., Kruppa J., Nagy J., Sárvári M., Simits K., Simonné Kiss I., Szabó M., Szöllősi G., Szócs Z. (2011): Növénytermesztés tan 1 1. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Novenytermesztestan1/ch02s13.html. Megtekintés ideje: 2021.01.04.
- URL⁶: Guedj F. (2016): Sorghum – a small grain, but remarkable nutritional qualities! Forrás: <https://www.linkedin.com/pulse/sorghum-small-grain-remarkable-nutritional-qualities-fr%C3%A9ric-guedj>. Megtekintés ideje: 2021.01.04.
- URL⁷: Kolossváry G. (2016): Mezőgazdasági vízgazdálkodás, az öntözés szerepe – A mi vízügyünk (előadás). Forrás: [www.met.hu > doc > metnapok-2016 > 18 KolossvaryG](http://www.met.hu/doc/metnapok-2016/18_KolossvaryG) Megtekintés ideje: 2021.01.04.
- URL⁸: Antal J., Izsáki Z., Kruppa J., Pocsai K., Schmidt R., Fazekas M., Kajdi F., Késmárki I., Reszkető P., Sárvári M., Szabó L., Tóth Z., Varga S., Barnáné Bacsa M., Iványiné Gergely I., Janowszky J., Janowszky Zs., Gyuricza Cs., Lesznyák M., Máté A., Pepó P., Szabó M., Balázs J., Csajbók J., Győri T., Hoffmann S., Kassai K., Makai S., Mikó P., Nagy J., Nagy L., Nyárai Horváth F., Petróczki F., Szentpétery Zs. (2011): Növénytermesztés tan 2. Mezőgazda Kiadó. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Novenytermesztestan2/ch04s42.html. Megtekintés ideje: 2021.01.04.
- URL⁹: Pontosítás volt a HMKÁ-előírásokban (2018): <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgalatas/kolcsonos-megfeleltetes/97169-valtozasok-a-hmka-eloirasokban>. Megtekintés ideje: 2021.01.04.
- URL¹⁰: Sárvári M. (2011): Egyéb gabonanövények termesztése. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_adaptalt_02_egyeb_gabonanovenyek_termesztese/ch14s02.html. Megtekintés ideje: 2021.01.04.
- URL¹¹: Sorghum ID: A sikeres gyomirtás titka. Forrás: <https://www.sorghum-id.com/hu/a-sikeresgyomirtas-titka/>. Megtekintés ideje: 2021.01.04.

4. BORSZŐLŐFAJTÁK ALKALMAZKODÁSA A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAIHOZ

TESZLÁK PÉTER⁵

Bevezetés

A szőlőnövény növekedését és fejlődését számos környezeti tényező befolyásolja, jelentős hatást gyakorolva a termés és a bor minőségére. A környezeti tényezők közül a szőlő számára a legfontosabbnak tartjuk a napfényt, a hőmérsékletet, a csapadékot és a termőtalajt. A szőlő biológiája és működése a tőkék összes élettevékenységét, fejlődését, növekedését jelenti, nemcsak a vegetációs periódusban, hanem a mélynyugalmi és kényszernyugalmi állapotban egyaránt. A globális klímaváltozás (IPCC, 2007) hazánkban tapasztalható hatásai miatt újabb és egyre nehezebb feladatokkal kell szembenéznie az agrár-szektornak, amely a borszőlő ágazatra is vonatkozik. Megfigyelések alapján általánosan elmondható, hogy növekszik a szélsőséges időjárási elemek előfordulásának gyakorisága és intenzitása (pl. aszályos periódusok, légköri aszály). Az öntözetlen mezőgazdasági kultúrákban, így a szőlőtermesztésben is, az aszályos időszakok negatív hatásai jelentős szerepet töltenek be (Schultz, 2007). A súlyos vízhiány következményei egyértelműen kedvezőtlenek a minőségi borszőlőtermesztés sikerességére nézve (Alsina és mtsai, 2007, Düring és Scienza, 1980), ezért kiemelten fontosnak tartjuk a szárazság stressz hatására bekövetkező növényélettani változások vizsgálatát.

A szárazságtűrő képesség a fajta termesztési értékét befolyásoló tulajdonság, amelyet mindenképp figyelembe kell venni az új telepítések tervezésénél, fajtaváltáskor, illetve a termesztés-technológiai műveletek végrehajtása során. Jelenleg világszerte több ezer szőlőfajtát tartanak nyilván, amelyek között vannak jó, közepes és gyenge szárazságtűrő képességűek is. Az öntözés nélkül szabadföldön termesztett szőlőfajták esetében a legfontosabb kérdés: Hogyan képesek alkalmazkodni a szárazsághoz - jelentős mennyiségi és minőségi károk nélkül - a vegetációs időszakban fellépő vízhiányos periódusok alatt? A hazánkban is jelentős területen termesztett világfajták szárazságtűrő képességet meghatározó tulajdonságai jól ismertek a nemzetközi kutatásoknak

⁵ Pécsi Tudományegyetem Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet

köszönhetően (Schultz, 1996; Schulz, 2003; Medrano és mtsai, 2006), ezzel szemben a Kárpát-medencében őshonos szőlőfajták élettani jellemzői szinte teljesen ismeretlenek. A Sauvignon blanc, mint világszerte, nagy felületen termesztett szőlőfajta szárazságtűrő képességével kapcsolatban számos eredmény született, azonban hazai vonatkozásai inkább gyakorlati tapasztalatokból ismertek. Ebben a tekintetben a Furmint szőlőfajtaival, mint régi Kárpát-medencei fajtákkal kapcsolatos eredmények teljesen újak tekinthetők. A több száz éves múltú visszatekintő „Hungarikum” szőlőfajtáink napjainkban egyre inkább az érdeklődés középpontjába kerülnek (Teszlák és mtsai, 2004), szőlészeti- és borászati potenciáljuk jelentékeny és óriási marketing értéket hordoznak.

Fontos feladatunknak tartjuk a Furmint (mint Hungarikum) szőlőfajta növényélettani tulajdonságainak részletes és egyre mélyebb megismerését, a szárazság stressz hatására kialakuló akklimatizációs mechanizmusok hátterében álló biokémiai és molekuláris biológiai folyamatok kutatását. A Furmint fajta szárazságtűrő képességének komplex jellemzésével hozzájárulunk a fajta teljesebb körű értékeléséhez. A kutatás aktualitását egyértelműen indokolják a klímaváltozással összefüggésbe hozható hatások (pl. az aszályos periódusok frekvenciájának növekedése, súlyos vízhiány, magas hőmérséklet és alacsony levegő páratartalom), amelyek lényeges változásokat okoznak a szőlő élettani folyamataiban (ozmotikus szabályozás, sztómakonduktancia-változás, vízhasznosítás). A szárazságtűrő képessége vonatkozásában szintén csak gyakorlati tapasztalatok adhattak mostanáig támpontot. A Furmint fajta az Alba imputotato és a Heunisch weiss fajtáktól származik. Természetes rendszer szerint *convarietas pontica*, *subconvarietas balcanica*, *provarietas mesocarpa*, *subprovarietas hungarica*. Elterjedése: elsősorban hazai tájfajta, Tokaj-hegyalja világhírű fajtája. Magyarországon a Filoxéravész előtt az egyik legelterjedtebb fajta volt. Jelenleg az országos összesítés szerint a Furmint a harmadik legnagyobb felülettel rendelkezik a Bianka és az Olasz rizling után. Termesztési értéke: viszonylag hosszú tenyészidejű, késői érésű fajta. Fagyra közepesen érzékeny, szárazságra érzékeny.

A gyenge és a jó szárazságtűrő képességű fajták között nem az érzékelésben, hanem a védekezési folyamatokban van a legnagyobb különbség. A szárazsághoz való alkalmazkodást alapvetően a szőlő genetikai tulajdonságai (genotípus) határozzák meg (Iacono és mtsai, 1998, Medrano és mtsai, 2006), ebből következik, hogy a különböző szőlőfajták más-más módon reagálnak a vízhiányra (Rodrigues és mtsai, 1993). A talajból

felvett vizet a tűkéek a leveleken keresztül párologtatják el. A legtöbb fajta képes a párologtatás csökkentésére (alapvető védekezés) a levelek fonáki oldalán lévő légrések összezárásának segítségével. Vannak fajták, amelyek már gyenge-közepes szárazság hatására is zárják a légréseiket (*Flexas és mtsai, 2002*), így kedvezőbb vízállapotot biztosítanak a tűkéek számára, ezek jó szárazságtűrő képességgel rendelkező fajták (pl. Sauvignon blanc, Rajnai rizling, Chardonnay, Kadarka). Ezzel szemben vannak olyan fajták, amelyek csak kevésbé tudják a légrések zárásával korlátozni a vízvesztést (pl. Pinot noir, Shiraz, Cirfandli, Furmint), ezek a fajták más védekező mechanizmusok segítségével próbálják megtartani a vizet szárazság idején. Ilyen mechanizmus például a gyökerekben, vesszőkben és levelekben lévő cukrok, aminosavak, szervesen ionok felhalmozása, amelyek segítségével a sejtek és szövetek vízmegtartó képességét növeli a szőlőnövény (ozmotikus szabályozás).

Az előzőekben példaként felsorolt szőlőfajták közül a legnagyobb jelentőségű hungarikum fajtánk a Furmint. A fő célunk az volt, hogy a Furmint fajta szárazság tűrőképességét jellemző újabb kutatási eredményeinket bemutassuk. A kísérleti eredmények kiértékelése után pontos elemzéseket készítünk a fajtákról, összehasonlítjuk a kezelések hatására kialakuló akklimatizációs válaszreakciók hátterében álló folyamatok különbözőségeit, valamint jellemezzük a Furmint szőlőfajta szárazságtűrő képességét. Feltételezésünk szerint meghatározható, hogy mely folyamatok és milyen szintű mechanizmusok működése, illetve hiánya (bioszintézis aktivitás növekedés vagy gátlás) áll a Furmint fajta gyengébb szárazságtűrő képességének hátterében.

Anyag és módszer

A szőlészeti kísérletekhez alkalmazott szőlőéletteni kutatásaink főként a fajták szárazság tűrőképességének jellemzésére irányulnak. A Furmint fajtát már 15 éve termőre fordult ültetvényben és fiatal, tenyészedenyes oltványtűkéek esetében egyaránt vizsgáltuk (Teleki 5C alanyon). A fiatal oltványokat 10 L-es műanyag edényekbe, virágföld-perlit-tőzeg keverékbe ültettük, és szabadföldi körülmények között a Szentmiklóshegyi területen neveltük két teljes, egymást követő vegetációs periódusban (1. ábra). A kontroll tűkéket a kísérlet egész ideje alatt rendszeresen öntöztük, a kezelt tűkéket öntözés nélkül hagytuk fokozatosan kiszáradni (5-5 ismétlésben). A kísérlet ideje alatt, júliusban és augusztusban folyamatosan (hetente több alkalommal) mértük a levelek párologtatását, a levelek légréseinek nyitottsági állapotát (sztómakonduktancia).

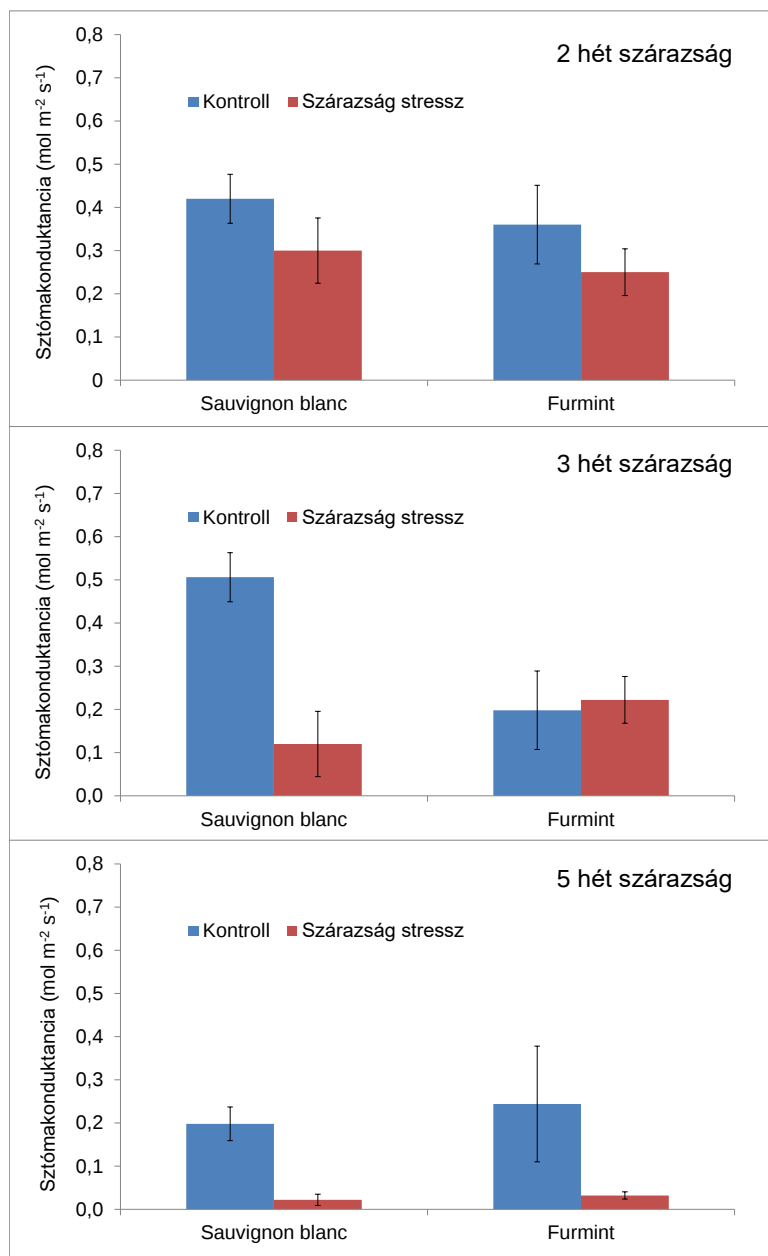


1. ábra: A tenyészedényes kísérlet beállítása a Szentmiklós-hegyi Kísérleti Telepen

A méréseket az oltványokon fejlődő hajtások, teljesen kifejlett, ép és egészséges levelein végezzük, a levelek károsodása nélkül. Vizsgáltuk a vízhiány hatását a levelek ozmotikus szabályozására, illetve levél gázcsere analízissel, a „nettó CO_2 asszimiláció”, a „transzspirációs ráta” (párologtatás), a „sztómakonduktancia” és az „intercelluláris CO_2 koncentráció” paraméterek alapján, amelyből a dolgozatban a sztómakonduktancia értékek változását emeltem ki. Alkalmazott műszerek: 1) WS600 Lufft automata meteorológiai állomás (Lufft GmbH, Germany) a meteorológiai paraméterek folyamatos monitorozásához; 2) Trime FM TDR szonda a talajvíztartalom meghatározására (IMKO GmbH, Germany); 3) Nyílt rendszerű infravörös gázanalizátor a levél gázcsere analízishez (LCA-4, ADC BioScientific Ltd., Great Amwell, UK); 4) vízpotenciál mérő műszer (nyomáskamra) - Plant Water Status Console (3000 Series, Soilmoisture Corp. Santa Barbara, USA) az ozmotikus potenciál meghatározására, a nyomás-térfogat analízis módszerével (van Zyl, 1987; Pallardy és mtsai, 1991, Teszlák és mtsai, 2013). A műszerekről a mintavételeket követően az adatátvitel hordozható számítógépre történt, a felvett adatokat táblázatkezelő szoftver (Microsoft® Office Excel 2016 (Microsoft Corp., Redmond, USA) segítségével rendeztük, és statisztikai kiértékelést készítettünk (t-próba, korreláció analízis, regresszió-elemzés).

Eredmények

Az eredmények alapján megállapítható, hogy két hét vízhiányos időszak után a kezelt és a kontroll tőkék között még nincs jelentős különbség (2. ábra).

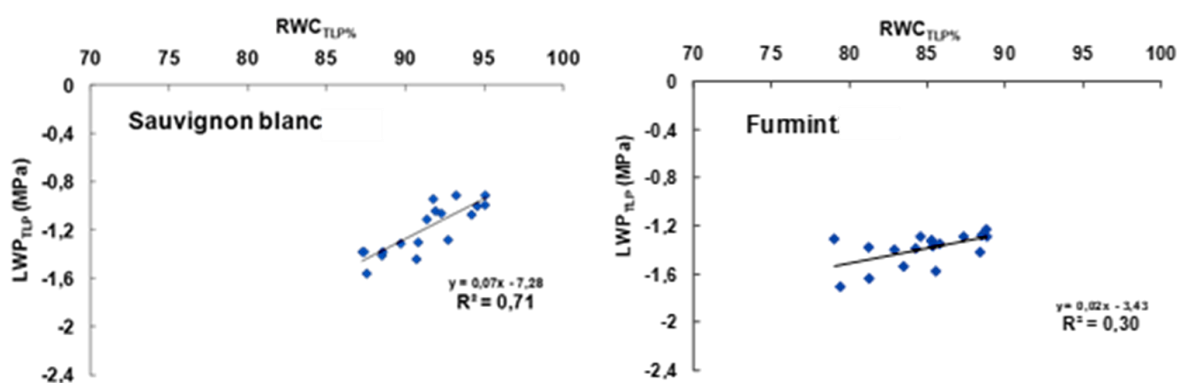


2. ábra: A Furmint (P.51-es klón) és a Sauvignon blanc levelek gázcsere nyílásainak vezetőképesége (sztómakonduktancia) 2 hét, 3 hét és 5 hét szárazság után. A kontroll tőkét folyamatosan kedvező vízállapotban tartottuk, rendszeres öntözéssel.

A 3. hetet követően a Sauvignon blanc fajta esetében már nagy eltéréseket találtunk, az öntöztelen tőkék válaszreakciója a kiszáradásra a légrések erőteljes záródásában

mutatkozott meg. A 3 hetes kiszáradás alatt a Furmint fajtánál ilyen mértékű víztakarékos működés még nem figyelhető meg (2. ábra), a kezelt és kontroll tőkék között nincs különbség. A szárazsághatást tovább növelve 5 hét elteltével már a Furmint esetében is megfigyelhető volt a légrések csaknem teljes záródása (2. ábra). Ez a szárazságra adott válaszreakció általános a szőlőfajtáknál, azonban az alkalmazkodás gyorsaságában nagy különbségek vannak. A vízhiányra gyorsabban reagáló fajták jobb szárazságtűrő képességűek (a Sauvignon blanc példája alapján), a lassabban reagáló fajták (pl. Furmint) kevésbé víztakarékosak, ezért előnytelenebb helyzetbe kerülnek, gyorsabban felélik a talaj víztartalmát.

A nyomás-térfogat analízis eredmények alapján megállapítottuk, hogy a teljes turgorállapotban mért ozmotikus potenciál értékek a szárazság stresszelt Furmint és Sauvignon blanc tőkék esetében szignifikánsan alacsonyabbak voltak a kontroll tőkékhez viszonyítva. Mindkét fajta negatív, lineáris korrelációt mutatott a relatív víztartalom ($RWC_{TLP\%}$) és a levél vízpotenciál (LWP_{TLP}) turgorvesztési pontban mért értékeinek viszonylatában. A Furmint fajta esetében azonban a függvény lényegesen alacsonyabb R^2 -értéke arra utalt, hogy a fajta a Sauvignon blanc-hoz képest csak gyengébb ozmotikus szabályozási képességgel rendelkezik szárazság stressz esetén (3. ábra).



3. ábra: A Furmint és Sauvignon blanc fajták ozmotikus szabályozásának értékelése a relatív víztartalom ($RWC_{TLP\%}$) és a turgorvesztési pontban meghatározott levél vízpotenciál (LWP_{TLP}) függvényében szárazság stresszelt tőkék esetében.

A kalkulált paraméterek alapján megállapítható volt, hogy mindkét fajtánál a belső vízhasznosulási együttható (WUE_i) nagy mértékben növekszik a csökkenő

sztómakonduktancia értékekkel párhuzamosan. A WUE_i értéke csak a szárazság stresszelt Sauvignon blanc fajtánál volt szignifikánsan magasabb a kontrollhoz képest (1. táblázat), amely bizonyíték arra a feltételezésre, miszerint az eltérő földrajzi-származási csoportok (*convarietas*) vízháztartás szabályozása különbözik. A borszőlő fajták többségére igaz, hogy közepes vízhiány stressz alatt a vízhasznosulási együtthatójukat maximalizálják (Medrano et al. 2006), amely a kísérletünkben a Sauvignon blanc fajtánál egyértelműen megfigyelhető volt, a Furmint fajtával ellentétben.

1. táblázat: A Furmint és Sauvignon blanc fajták vízhasznosulási együtthatójának (WUE_i) eltérései a kezelt és kontroll tőkék összehasonlításában

Fajták		'Furmint' szárazság stressz	'Furmint' kontroll	'Sauvignon blanc' szárazság stressz	'Sauvignon blanc' kontroll
WUE_i	átlag	61.85	58.95	99.08***	57.70
	szórás	13.65	8.45	26.02	11.37

A gyengébb szárazságtűrésű fajták esetében az átlagosnál nagyobb jelentősége van a különböző fitotechnikai munkáknak. A hajtásválogatás, a tetejezés, a hónaljajtások időbeni visszacsípése, a levelezés és a fűrtitkítás segítségével befolyásolhatjuk a tőkék vízháztartását, mivel ezen munkák elvégzésével csökkentjük a tőkék párologtató felületét. Ezekkel a beavatkozásokkal megváltoztathatjuk a lombzat fényviszonyait, hőmérsékletét és a fűrtök fényellátottságát. Azonban azt is figyelembe kell vennünk, hogy túlzott levelezés, tetejezés vagy a teljes hónaljajtások eltávolítása kedvezőtlenül befolyásolja, lecsökkenti a szőlő asszimilációs tevékenységét (a cukrok előállítását) (Flexas és mtsai, 2002; Gomez del Campo és mtsai, 2007). Az ökofiziológiai paraméterek meghatározása hozzájárulhat a kényes egyensúlyi állapot kialakításához.

Összefoglaló

A kutatás célja a vízhiány különböző hatásainak nyomon követése két eltérő földrajzi származási csoportba tartozó fajtánál. A Furmint (őshonos fajta) és a Sauvignon blanc (világfajta) két éves tőkéit vizsgáltuk tenyészedényes kísérletben a kísérleti telepünkön, szabadföldi viszonyok között. A kísérlet során a szőlőlevelek analíziséhez kidolgozott ökofiziológiai mérési módszereket alkalmaztunk. A fajtákat szárazság stressz körülmények között és kedvező vízellátottságú állapotban is vizsgáltuk. Régebb óta ismert volt a gyakorlatból, hogy a Furmint fajta szárazságtűrő képessége gyengébb az általánosan elterjedt borszőlőfajtákhoz viszonyítva. Szárazság stressz hatására a levelekben az ozmotikus potenciál értéke jelentősen csökkent mindkét fajtánál. A nyomás-térfogat analízis eredmények alapján megállapítható volt, hogy teljes turgorállapotban mért ozmotikus potenciál értékek a szárazság stresszelt Furmint és Sauvignon

blanc tőkék esetében szignifikánsan alacsonyabbak voltak a kontroll tőkékhez viszonyítva. Mindkét fajta negatív, lineáris korrelációt mutatott a relatív víztartalom ($RWC_{TLP\%}$) és a levél vízpotenciál (LWP_{TLP}) turgorvesztési pontban mért értékeinek viszonylatában. A levél gázcsere nyílások vízáramlás vezetőképessége (sztómakonduktancia) és a nettó CO_2 asszimiláció értéke jelentősen csökkent a stresszelt tőkék esetében. Mindkét fajtánál a belső vízhasznosulási együttható (WUE_i) nagy mértékben növekedett a csökkenő sztómakonduktancia értékekkel párhuzamosan. A WUE_i értéke csak a szárazság stresszelt Sauvignon blanc fajtánál volt szignifikánsan magasabb a kontrollhoz képest, amely bizonyíték arra a feltételezésre, miszerint az eltérő földrajzi-származási csoportok (convarietas) vízháztartás-szabályozása különbözik.

Acclimation of grapevine cultivars to climate change effects

Different impacts of water deficiency on water relation and gas exchange in grapevine leaves were studied on two cultivars belong to different ecogeographical groups. Two-year-old vines of *Vitis vinifera* L. cultivars - 'Furmint' (autochthon) and 'Sauvignon Blanc' - were investigated in a pot experiment in our research station on the Mecsek Hills, in Hungary (latitude: 46°07' N, longitude: 18°17' E, 200 m a.s.l.). Ecophysiological methodologies for measurements on grapevine leaf were applied during the experiment. Both cultivars were studied under drought conditions and well-watered status. It was well known that drought tolerance of 'Furmint' is weaker compared to the other cultivars. Drought stress resulted in decreasing osmotic potential of leaves in both cultivars. According to pressure-volume analysis, osmotic potential at full turgor in stressed 'Furmint' and 'Sauvignon Blanc' vines was lower compared to the controls. The analysis demonstrated that varieties showed a negative linear correlation between relative water content ($RWC_{TLP\%}$) and leaf water potential at the turgor loss point (LWP_{TLP}). Values of stomatal conductance and net CO_2 assimilation showed a strong decrease in stressed vines. In each cultivar, intrinsic water use efficiency (WUE_i) increased significantly at reduced stomatal conductance. WUE_i was significantly higher exclusively in drought stressed vines of 'Sauvignon Blanc' compared to the controls, indicated the hypothesized differences in water regulation of cultivars with different ecogeographical origins (convarietas).

Szakirodalom

- Alsina, M.M., de Herralde, F., Aranda, X., Savé, F., Biel, C. (2007): Water relations and vulnerability to embolism are not related: Experiments with eight grapevine cultivars. *Vitis*, 46, 1-6.
- Düring, H., Scienza, A. (1980): Drought resistance of some *Vitis* species and cultivars. In: Proc. 3rd Int. Symp. Grapevine Breeding, Dept. Vitic. Univ. California, Davis, 179-190.
- Flexas, J., Bota, J., Escalona, J.M., Sampol, B., Medrano, H. (2002): Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. *Funct. Plant Biol.* 29, 461-471.
- Gomez-del-Campo, M., Baeza, P., Ruiz, C., Sotes, V., Lissarague, J. R. (2007): Effect of previous water conditions on vine response to rewatering. *Vitis*, 46, 51-55.
- Iacono, F., Buccella, A., Peterlunger, E. (1998): Water stress and rootstock influence on leaf gas exchange of grafted and ungrafted grapevines. *Sci. Hortic.*, 75, 27-39.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change. (2007): Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press. full text: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/491.htm
- Medrano, H., Bota, J., Escalona, J.M., Ribas-Carbo, M., Flexas, J., Gulias, J. (2006): Variability of intrinsic water use efficiency of Mediterranean grapevines. *Progres Agricole et Viticole.*, 123, 112-117.
- Németh, M. (1967): Ampelographic album: I. Cultivated grapevine varieties. Agricultural Press, Budapest, Hungary
- Pallardy, S.G., Pereira, J.S., Parker, W.C. (1991): Measuring the state of water in tree systems, in: Lassoie, J.P., Hinckley, T.M. (Eds.), Techniques and Approaches in Forest Tree Ecophysiology. CRC Press, Boca Raton, Florida, 27-76.
- Rodrigues, M.L., Chaves, M.M., Wendler, R. (1993): Osmotic adjustment in water-stressed grapevine leaves in relation to carbon assimilation. *Australian Journal of Plant Physiology*, 20, 309-321.
- Schultz, H. R. (1996): Water relations and photosynthetic responses of two grapevine cultivars of different geographical origin during water stress. *Acta Horticulturae*, 427, 251-266.

- Schultz, H. R. (2003): Differences in hydraulic architecture account for near iso-hydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell and Environment.*, 26, 1393-1405.
- Schultz, H.R. (2007): Climate change: implications and potential adaptation of vine growth and wine composition. *Proceeding of Climate and Viticulture Congress*, 10th 14th April 2007, Zaragoza, Spain: 151-155.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A. (1965): Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148, 339-346.
- Tesztlák, P., Gaál, K., Kozma, P. (2004): Study of water regulation on different "Hungaricum" (autochthonous) grapevine cultivars during a drought vintage. *Horticulture - Kertgazdaság* 36, 15-23.
- Tesztlák, P., Kocsis, M., Gaál, K., Pour Nikfardjam, M. (2013): Regulatory effects of exogenous gibberellic acid (GA3) on water relations and CO₂ assimilation among grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 159, 41-51.
- van Zyl, J.L. (1987): Diurnal variation in grapevine water stress as a function of changing water status and meteorological conditions. *South Afr. J. Enol. Vitic.*, 8, 45-52.

5. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS VÁRHATÓ HATÁSA A MEZŐGAZDASÁGI KÓROKOZÓKRA ÉS KÁRTEVŐKRE IRODALMI ADATOK TÜKRÉBEN

HOLLÓ GABRIELLA⁶, TAKÁCS ANDRÁS PÉTER⁷

Bevezetés

A légköri szén-dioxid (CO₂) koncentrációja, az előrejelzések szerint 2100-ra a jelenlegi szint kétszeresére növekszik, ezzel egyidejűleg pedig az elkövetkező 100 évben átlagosan 2°C-os hőmérséklet-növekedés várható a világ legtöbb régiójában. A lehetséges globális felmelegedés biológiai következményeit nem csak a hőmérséklet növekedése, hanem sokkal inkább a hőmérséklet növekedési üteme okozza. A károsítók biológiájának megváltozása a környezet fizikai változásaihoz kapcsolódik, amikor a légkörben nő a CO₂ koncentráció. A növekvő CO₂-nak lényeges következménye a C3-as növények fotoszintézisére gyakorolt „pozitív” hatása. Ezeknek a növényfajoknak - beleértve az invazív gyomfajokat is - a növekedését és a szaporodását a CO₂ növekedése pozitívan befolyásolja (Kimball, 2016).

A légköri CO₂ növekedés, más üvegház-hatású gázokkal együtt (például a metán, dinitrogén-oxid) felszíni hőmérsékletnövekedést, változó csapadékeloszlást, és napi hőmérsékletingadozást okoz, valamint növeli a szélsőséges időjárási események előfordulását (Khan és mtsai, 2020).

Növényi patogénekre gyakorolt hatás

A növényi kórokozók esetében - gombák, baktériumok és vírusok - a hőmérséklet, a relatív páratartalom és a csapadék határozzák meg leginkább a betegségek előfordulását és súlyosságát. A nedvességtartalom (pára, vízborítottság, stb.) hatással van a fertőzésre, a kórokozók megtelepedésére és növekedésére. A melegebb telek lehetővé teszik az inokulumok fennmaradását és a korai fertőzést pl. a lisztharmat gomba fajok, a levélrozsda (*Puccinia recondita*) és a rizómánia betegség (répa nekrotikus sárgaerűség vírus, Beet necrotic yellow vein virus, BNYYV) esetében. A burgonyavész (fitoftóra)

⁶ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus

⁷ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus

kórokozója a *Phytophthora infestans* esetében kimutatták, hogy a napi hőmérséklet ingadozás és az átlagos napi középhőmérséklet hatással van az inkubáció idejére és a micélium növekedési ütemére (Shakya és mtsai, 2015). Az éghajlatváltozás következménnyel lehet a növényi kórokozók földrajzi elterjedésére is. Valószínűsíthető, hogy a CO₂ által a gazdanövényben kiváltott változások hatással vannak a kórokozók biológiájára is. A növények számára a fotoszintézishez szén-dioxid szükséges, ezért ha megváltozik a CO₂-koncentráció, az befolyásolja a növények növekedését, így ez hatással lesz a betegségek megjelenésére is. A vírus epidemiológiára a hőmérséklet vagy a vízellátás hatását többen, míg a megnövekedett CO₂ hatását kevesen vizsgálták (Trebicki, 2020).

Árpa sárga törpülés vírussal (Barley yellow dwarf, BYDV) fertőzött árpa növényekben magasabb CO₂-koncentráció esetén magasabb volt a víruskoncentráció a levelekben, amely súlyosabb BYDV tüneteket és csökkenő hozamot eredményezett (Nancarrow és mtsai, 2014). Mivel a vírusfertőzések előfordulását nagyrészt a vektor populációk nagysága befolyásolja, a fertőzés mértéke várhatóan nagyobb azokban az években, amikor az éghajlati viszonyok lehetővé teszik a szokásosnál nagyobb vektor egyedszámot, továbbá kedvezőek a vírusrezervoár növényeknek, amelyek biztosítják a vírusok fennmaradását (Luck és mtsai, 2011). A klímaváltozásnak köszönhetően a mérsékelt éghajlati övben a hideg kemény telek elmaradása kedvező a vírusok és a vírusvektorok számára, pl. télen, a búzán anholociklikus szaporodású, zselnicemeggy levéltetű (*Rhopalosiphum padi*) populációk betelepülését diagnosztizálták (Trebicki, 2020).

Trebicki (2020) tanulmánya szerint, a klímaváltozás hatásáról a növényi vírusok epidemiológiájára általános megállapításokat nem lehet tenni, mert a hatás nagyon összetett: befolyásolja azt a vírus, a gazdanövény, a növény-vírus interakció, a vírusvektor, a földrajzi elhelyezkedés.

A gombabetegségek kórokozóinak összességében eltérő a válasz a hőmérséklet vagy a CO₂-szint emelkedésére. Abban az esetben, amikor a növény csak részben ellenálló a gombafertőzéssel szemben, az éghajlatváltozási tényezők szerepe jelentősebb. A *Colletotrichum gloeosporioides* fertőzése esetén a nagyobb CO₂-koncentráció az izolátumokban nagyobb növekedést (egységnyi lézióra jutó spóraszám) is eredményezett. A nagyobb CO₂-koncentráció hatására kialakult magasabb C/N-arány az *Alternaria alternata* megnövekedett sporulációját okozta a gazdanövényben (Wolf és mtsai, 2010). Másik oldalról viszont a magasabb CO₂-szint csökkentheti a növény

légzőnyílás nyílását, így korlátozhatja a kórokozó levélbe jutását. Megfigyelték, hogy a jobb szárazságtűrő és/vagy magasabb CO₂-kibocsátású növény egészségesebb és így korlátozza a kórokozó bejutását (*Mcelrone és mtsai*, 2005).

Ismert, hogy az éghajlat már enyhe változásai is járványokhoz vezethetnek. A közelmúltbeli hőmérséklet-emelkedés és az átlagosnál kevesebb csapadék hozzájárulhatott új sárga rozsda törzs (*Puccinia striiformis* Westend.) megjelenéséhez, ami már a melegebb hőmérsékleten is képes spórákat termelni (Hovmøller és mtsai, 2011). A kórokozó példátlan adaptációja tette lehetővé, hogy a 2000-es évek óta a mérséklet égöv melegebb területein is megjelenjen, míg korábban a sárga rozsda járványok ezeken a területeken egyáltalán nem, vagy csak hűvös, párás nyarakon fordultak elő.

Kártevőkre gyakorolt hatás

Az éghajlatváltozásnak lényeges hatása lehet a rovar populációkra. A hőmérséklet közvetlenül befolyásolhatja a rovarok növekedését és fejlődését (*Bale és mtsai*, 2002), míg a CO₂ koncentrációja közvetett módon a gazdanövényeken keresztül befolyásolja a rovarokat (*Netherer és Schopf*, 2010). A hőmérséklet szerepe a rovarok biológiájára jól ismert, mint elsődleges környezeti tényező befolyásolja a fenológiát, a szaporodást és a fejlődést (*Das és mtsai*, 2008). A minimum hőmérséklet különösen fontos paraméter, mert ez határozhatja meg a rovarok elterjedését (*Charles és mtsai*, 2006). Mivel a károsítók ektoterm állatok - a környezetből származó hőenergia (a napsugárzás) szolgáltatja a testhőmérséklet fenntartásához szükséges energiát -, számukra a melegebb hőmérséklet előnyös. Ennek köszönhetően távolabbi területeken, földrészeken és magasabb régiókban is megjelenhetnek, ezen túlmenően a generációk száma is nőhet, a hosszabb vegetációs periódusnak köszönhetően (*Porter és mtsai*, 1991; *Andrew és Hughes*, 2005). *Yamamura és Kiritani* (1998) szerint 1°C-os környezeti hőmérséklet emelkedéskor 2–3 plusz generáció várható, 4-5 további generáció 2°C-os felmelegedés és 7 további generáció 3°C-os emelkedéskor. A klímaváltozás miatti magasabb hőmérséklet gyorsíthatja a kifejlődést és ezzel együtt rövidítheti a rovar életsiklusát (*Bale*, 2002; *Harrington és mtsai*, 2001; *Porter és mtsai*, 1991). Ez bizonyos fajok számára előnyös lehet, mivel a gyorsabb fejlődési sebesség javítja a túlélési esélyt, csökkentve a sérülékeny nimfa- és lárvaszakasz idejét. A mérsékelt éghajlaton a melegebb hőmérséklet több alfaj/típus és nagyobb számú rovar populációk létrejöttét segítheti elő (*Neumeister*, 2010).

Lewis (1997) arról számolt be, hogy csökkenhet a parazitizmus, ha a gazda rovarpopulációk - a magasabb környezeti hőmérséklet miatt - már előbb megjelennek és emiatt a kritikus életszakaszokon túljutottak, mire a parazitoidok megjelennek. Megfigyelték a tripszek nemi arányának változását is a hőmérséklet miatt. A melegebb téli hőmérséklet alacsonyabb téli mortalitást eredményez, ami szintén hozzájárul a rovarállomány növekedéséhez (Harrington és mtsai, 2001). A magasabb évi átlaghőmérséklet kedvező környezetet teremthet egyes növények számára, sikeresen termesztethetők északibb területeken, így a kártevő rovarok közül néhányra ez is hatást gyakorol. Az emelkedő hőmérséklet eredményeként több rovarfaj több gazdanövényt károsít a mérsékelt éghajlati övben. A fosszilis vizsgálatok alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a rovarfajok sokféleségét és táplálkozásuk intenzitását a növekvő hőmérséklet kedvezően befolyásolta (Bale és mtsai, 2002). A zöld vándorpoloska (*Nezaria viridula*, tápnövénykör: polifág kártevő) kifejlett egyedek mortalitása pl. 15%-kal csökkent minden 1°C-os hőemelkedésnél. Magyarországon, – az éghajlatváltozásnak köszönhetően - az elmúlt időszakban a szubtrópusi-trópusi régiókból ismert adventív poloskafajok megjelenése volt megfigyelhető és mára már a magyar fauna állandó résztvevőivé váltak (Kondorosy, 2012).

Több mint 50 lepke faj esetében figyeltek meg északi irányú terjeszkedést és korábban migráns lepkék tíz faja is megjelent Japánban (Nansei-szigetek) 1966–1987 között (Kiritani, 2006). Ronkay (2017) tanulmányában ismertette, hogy a klímaváltozás kapcsán egyre több vándorlepke faj jelenik meg a Kárpát-medencében, melyek át is telelnek nálunk. A levéltetű fajok esetében is erős pozitív összefüggés van a hőmérséklet és a fejlődés között 7-25°C hőmérsékleti tartományban, míg efelett a kapcsolat negatívvá válik (Awmack és mtsai, 1997).

Kevésbé direkt módon figyelhető meg a csapadék hatása a kártevő rovarokra. A klímaváltozás következményeként gyakoribb a heves esőzések és az aszályos időszakok váltakozása. Egy rendkívüli szárazságot követően az utóbbi 30 év első jelentősebb gyapjaslepke (*Lymantria dispar*, tápnövénykör: polifág kártevő) invázióját figyelték meg az Egyesült Államok északkeleti részén 2015-16 között.

A kártevőkre a CO₂ növekedés hatása nehezen megítélhető, az biztos, hogy a rovarokra is hatással lesz a gazdanövény anyagcseréjében a CO₂ által kiváltott anyagcsereváltozás. Számos lepke faj esetében (gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera*); amerikai dohányyszender (*Manduca sexta*) kimutatták, hogy azok érzékelik a CO₂ koncentrációját,

ez alapján választják ki a tápnövényt, illetve döntenek el, hogy alkalmas-e az lárváik táplálékául. A megemelkedett CO₂ hatását a rovarok viselkedésére elsősorban a tápnövényben bekövetkezett változások okozzák, vagyis érzékelik a növényben megváltozott C-N arányt, a megváltozott szénhidrát, keményítő és oldható fehérje koncentrációt (Zhang és mtsai, 2003). Ennek ellensúlyozására a rovarok válasza az ún. kompenzáló táplálkozás lehet (Hunter, 2001), így az alacsony tápérték ellensúlyozására nagyobb lesz a fogyasztásuk, azaz a károsításuk mértéke. A növény tápértékének romlása mellett annak ellenállóképessége is csökken a kártevőkkel szemben az emelkedett CO₂ koncentráció miatt (Stiling és mtsai, 2013, Himanen és mtsai, 2008). Valószínűleg kedvező lesz a változás a polifág rovar fajok számára, míg specializált kártevők esetében ez a folyamat negatív és pozitív hatású is lehet. A legutóbbi vizsgálatok szerint a gazdanövény minőségének romlása, a levélzet nitrogéntartalmának csökkenésében fog megnyilvánulni, és ez a rovar populáció csökkenéséhez is vezethet.

További ízeltlábú-növény interakciók eredményei szerint, a relatív növekedési ráta (a rovar esetében) jelentősen 4,5%-kal csökkent, és ezzel egyidejűleg jelentősen emelkedett a táplálkozási aktivitás (14%). Általános tendencia a csökkent termékenység (fekunditás) az Orthoptera, Lepidoptera és Coleoptera rendekben (34%, 13% és 13% csökkenés), míg ez jelentősen, mintegy 8,5%-kal nőtt a Homoptera rend esetében (Robinson és mtsai, 2012). A Hemiptera fajok túlélését és abundanciáját (elterjedését) a jövőbeni CO₂-szint pozitívan befolyásolja (Robinson és mtsai, 2012).

Ismert, hogy sok Hemiptera faj jelentős kártevő, hiszen nemcsak a közvetlen kártételük jelentős, hanem vírus vektorok is. A levéltetvek közül: az uborka levéltetű (*Aphis gossypii*, tápnövénykör: polifág kártevő), zöldborsó-levéltetű (*Acyrtosiphon pisum*, tápnövénykör: borsó, lucerna, lóhere) és a gabona-levéltetű (*Sitobion avenae*, tápnövénykör: gabonafélék) abundanciája nőtt a megemelkedett CO₂-szint esetén. Kimutatták, hogy a zselnicemeggy levéltetű (*Rhopalosiphum padi*, tápnövénykör: gabonafélék, kukorica) növekedési üteme és az egyed nagyság (súly) a búzanövényeken szintén nőtt (Oehme és mtsai, 2013). Ezzel szemben a káposzta-levéltetű (*Brevicoryne brassicae*, tápnövénykör: káposztafélék) telep nagysága magasabb CO₂-szint esetén csökkent, bimbóskel tápnövényen (Klaiber és mtsai, 2013), hasonlóan a megváltozott CO₂-szint negatívan befolyásolta az *A. pisum* abundanciáját lóbabon (Ryan és mtsai, 2014). Trebicki és mtsai (2016) tanulmánya szerint a búzanövényen a *R. padi* fekunditása csökkent (33%) a megváltozott légköri CO₂-szint esetén, míg táplálkozása a floémból 34%-kal nőtt.

Összegezve az irodalmi eredményeket, az egyik legfontosabb kérdésre - hogy a jövőbeli éghajlat segíti vagy gátolja a kártétel növekedését?- nehéz megadni választ. Mindez nemcsak a megemelkedett hőmérséklettől és CO₂-szinttől függ, hanem, attól is, hogy hogyan alkalmazkodik az ökoszisztéma a megváltozott környezethez. A rovarok esetében a klímaváltozás egyetlen elemét megvizsgálva a hatás lehet pozitív, vagy negatív, esetleg nem kimutatható. Ami biztosan tudható, hogy ezek a reakciók erősen fajspecifikusak (Robinson és mtsai, 2012).

Megoldások

A jobb előrejelzési rendszer és a hatékonyabb növény-egészségügyi ellenőrzési stratégiák kidolgozása indokolt. Erre a célra a távérzékelési módszerek alkalmazása szóba jöhet, hiszen ezekkel vizuálisan, objektíven, nem destruktív és nem invazív módon értékelhetők a növényeken tapasztalt károsítások/fertőzések hatásai (Jung és mtsai, 2021). A távérzékelésnek erre a célra is a leghatékonyabban alkalmazható és egyszerűen kezelhető eszköze, a pilóta nélküli repülőgép, vagy drón (Hassler és Baysal-Gurel, 2019). A drónok által készített felvételek alapján a növények biotikus/abiotikus stresszorokra adott válaszreakciói jól kimutathatóak. Ezen válaszreakciók számszerűsíthetők is (Mazur, 2016). Miután a növény fotoszintézise és fizikai szerkezete károsodik, a növény felületéről visszaverődő elektromágneses sugárzás megváltozik, így a megváltozott fényenergia abszorpció megváltoztatja a növények reflexiós spektrumát (Moran és mtsai, 1997). A növényi betegségek pl. a fotoszintetikus pigmentkoncentráció csökkenését okozzák, emiatt csökken a fényelnyelés a látható fény spektrumában, ami magasabb reflektanciát eredményez. Ezzel szemben a rovarkártevők miatt sérült levélszerkezet reflexiója az infravörös (NIR-közelinfravörös) hullámhosszon csökken (Nilsson, 1980).

Összefoglaló

A légköri szén-dioxid szintjének és a levegő hőmérsékletének emelkedése, a változó csapadékviszonyok és a gyakori szélsőséges időjárási események közvetlen és közvetett hatást gyakorolnak a növényi károsítókra. Az előrejelzett éghajlati változások eltérő mértékben befolyásolják azok elterjedését és túlélését. Az éghajlatváltozás patogenitásukra is hatással lehet, így növelve a járványok megjelenésének gyakoriságát és súlyosságát. Az előttünk álló kihívásokra jobb járvány előrejelzési rendszer fejlesztése és hatékony ellenőrzési stratégiák kidolgozása lehet a válasz, melyek a biztonságos élelmiszertermelést garantálják a jövőben. Az éghajlatváltozás okozta változások modern távérzékelési technikákkal (pl: drón) jól kimutathatók növényeken, ugyanis a növények reflexiós spektrumának megváltozása betegség vagy kártevő jelenlétét jelzi.

The potential impact of climatic change on biology of agricultural pests in light of literature data

Elevated atmospheric carbon dioxide, increased temperature, changes in water condition and frequent extreme weather events will have direct and indirect effects on insect pests and plant disease. Predicted climatic changes will affect their distribution and survival, to varying degree. Furthermore, climate change

influences their pathogenicity, consequently increasing the frequency and scale of disease outbreaks. The response on challenges ahead to develop better epidemic forecasting system and to elaborate effective control strategies, which contribute to the safe food production for the future. Remote sensing (i.e. UAV) is a powerful technology for the evaluation of effect of climatic change on plants, because these techniques catch the altering reflectance spectrum of plants as a result of disease or pest attack.

Szakirodalom

- Andrew N.R., Hughes L. (2005): Diversity and assemblage structure of phytophagous *Hemiptera* along a latitudinal gradient: predicting the potential impacts of climate change. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, 14, 249–262.
- Awmack, C., Harrington, R., Leather, S. (1997): Host plant effects on the performance of the aphid *Aulacorthum solani* (Kalt.) (*Homoptera: Aphididae*) at ambient and elevated CO₂. *Glob. Change Biol.*, 3, 545–549.
- Bale, J. (2002): Herbivory in global climate research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Glob. Change Biol.*, 8, 1–16.
- Charles J.G., Kean J.M., Chhagan A. (2006): Developmental parameters and voltinism of the painted apple moth, *Teia anartoides* Walker (*Lepidoptera: Lymantriidae*) in New Zealand. *N Z Entomol.* 29, 27–36.
- Das, D. K., Behera, K. S., Dhandapani, A., Trivedi, T. P., Chona, N., Bhandari, P. (2008): Development of forewarning systems of rice pests for their management. In: A. Prakash, A. Sasmal, J. Rao, S. N. Tewari, K. S. Behera, S. K. Singh, & V. Nandagopal (Eds.), *Rice pest management* (pp. 187–200). Cuttack: Applied Zoologist Research Association.
- Harrington R., Fleming R.A., Woiwod I.P. (2001): Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: can they be predicted? *Agric. For Entomol.*, 3, 233–240.
- Himanen, S.J., Nissinen, A., Dong, W.X., Nerg, A.M., Stewart Jr., C.N., Poppy G.M., Holopainen J.K. (2008): Interactions of elevated carbon dioxide and temperature with aphid feeding on transgenic oilseed rape: Are *Bacillus thuringiensis* (Bt) plants more susceptible to nontarget herbivores in future climate? *Glob. Change Biol.*, 14, 1437–1454.
- Hovmøller, M.S., Sørensen, C.K., Walter, S., Justesen, A.F. (2011): Diversity of *Puccinia striiformis* on cereals and grasses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 49, 197–217.
- Hunter, M. (2001): Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on insect plant interactions. *Agric. Forest Entomol.*, 3, 153–159.
- Kimball, B.A. (2016): Crop responses to elevated CO₂ and interactions with H₂O, N, and temperature. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 31, 36–43.
- Kiritani, K. (2006): Predicting impacts of global warming on population dynamics and distribution of arthropods in Japan. *Population Ecology*, 48, 5–12.
- Klaiber, J., Najar-Rodriguez, A.J., Piskorski, R., Dorn, S. (2013): Plant acclimation to elevated CO₂ affects important plant functional traits, and concomitantly reduces plant colonization rates by an herbivorous insect. *Planta*, 237, 29–42.
- Lewis T. (1997): *Thrips as crop pests*. CAB International, Cambridge University Press, Wallingford/Cambridge, 740.
- Liu, Y., Oduor, A.M., Zhang, Z., Manea A., Tooth I.M., Leishman M.R., Xu, X., van Kleunen M. (2017): Do invasive alien plants benefit more from global environmental change than native plants? *Glob. Chang. Biol.*, 23, 3363–3370.
- Luck, J., Spackman, M., Freeman, A., Trebicki P. (2011): Climate change and diseases of food crops. *Plant Pathology*, 60, 113–121.
- Mcelrone, A.J., Reid, C.D., Hoyer, K.A., Hart, E., Jackson, R.B. (2005): Elevated CO₂ reduces disease incidence and severity of a red maple fungal pathogen via changes in host physiology and leaf chemistry. *Glob. Chang. Biol.*, 11, 1828–1836.
- Moran, M.S., Inoue, Y., Barnes, E.M. (1997): Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management. *Remote Sens Environ.*, 61, 319–346.

- Nancarrow, N., Aftab M., Freeman A., Rodoni, B., Hollaway, G., Trebicki, P. (2018): Prevalence and incidence of yellow dwarf viruses across a climatic gradient: a four-year field study in south eastern Australia. *Plant Disease*, doi.org/10.1094/PDIS-01-18-0116-RE
- Netherer S., Schopf A. (2010): Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests—general aspects and the pine processionary moth as specific example. *For Ecol. Manag.* 259, 831–838.
- Neumeister L. (2010): Climate change and crop protection—anything can happen. Doctoral dissertation, 41.
- Nilsson, H.E. (1980): Application of remote sensing methods and image analysis at macroscopic and microscopic levels. University of Minnesota Miscellaneous publication 7. Agricultural Experiment Station, University of Minnesota, St. Paul.
- Oehme, V., Högy, P., Zebitz, C.P. Fangmeier, A. (2013): Effects of elevated atmospheric CO₂ concentrations on phloem sap composition of spring crops and aphid performance. *J. Plant Interactions*, 8, 74–84.
- Porter, J., Parry, M., Carter, T. (1991): The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agric. Forest Meteorology*, 57, 221–240.
- Robinson, E.A., Ryan, G.D., Newman, J.A. (2012): A meta-analytical review of the effects of elevated CO₂ on plant–arthropod interactions highlights the importance of interacting environmental and biological variables. *New Phytologist*, 194, 321–336.
- Ruszkowska, M., Strazynski, P. (2007): Mszyce and oziminach, Poznan, Instytut Ochrony Roslin.
- Ryan, G.D., Emiljanowicz, L., Haerri, S.A. Newman, J.A. (2014): Aphid and host-plant genotype x genotype interactions under elevated CO₂. *Ecological Entomol.*, 39, 309–315.
- Shakya, S.K., Goss, E.M., Dufailt, N.S., van Bruggen, A.H.C. (2015): Potential effects of diurnal temperature oscillations on potato late blight with special reference to climate change. *Phytopathology*, 105, 230–238.
- Stiling, P., Moon, D., Rossi, A. Forkner, R., Hungate B.A., Day, F.P., Schroeder R.E., Drake B. (2013): Direct and legacy effects of long-term elevated CO₂ on fine root growth and plant–insect interactions. *New Phytologist*, 200, 788–795.
- Trebicki P. (2020): Climate change and plant virus epidemiology. Review. *Virus Res.*, <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198059>.
- Trebicki, P., Vandegheer, R.K., Bosque-Pérez, N.A. Powell, K. S., Dader, B., Freeman, A.J., Yen, A.L., Fitzgerald, G.J., Luck J.E. (2016): Virus infection mediates the effects of elevated CO₂ on plants and vectors. *Scientific Reports*, 6, 22758.
- Wolf, J., O'Neill, N.R., Rogers, C.A., Muilenberg, M. L., Ziska L.H. (2010): Elevated atmospheric carbon dioxide concentrations amplify *Alternaria alternata* sporulation and total antigen production. *Environ. Health Perspect.*, 118, 1223–1228.
- Yamamura, K., Kiritani, K. (1998): A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones. *Applied Entomol. Zoology*, 33, 289–298.
- Zhang, J., Xing, G., Liao, J. Hou, Z., Wang, G., & Wang, Y. (2003): Effects of different atmospheric CO₂ concentrations and soil moistures on the populations of bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*) feeding on spring wheat. *European J. Entomol.*, 100, 521–530.
- Andrew N.R., Hughes L. (2005): Diversity and assemblage structure of phytophagous *Hemiptera* along a latitudinal gradient: predicting the potential impacts of climate change. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, 14, 249–262.
- Awmack, C., Harrington, R., Leather, S. (1997): Host plant effects on the performance of the aphid *Aulacorthum solani* (Kalt.) (*Homoptera: Aphididae*) at ambient and elevated CO₂. *Glob. Change Biol.*, 3, 545–549.
- Bale, J. (2002): Herbivory in global climate research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Glob. Change Biol.*, 8, 1–16.
- Charles J.G., Kean J.M., Chhagan A. (2006): Developmental parameters and voltinism of the painted apple moth, *Teia anartoides* Walker (*Lepidoptera: Lymantriidae*) in New Zealand. *N Z Entomol.* 29, 27–36.
- Das, D. K., Behera, K. S., Dhandapani, A., Trivedi, T. P., Chona, N., Bhandari, P. (2008): Development of forewarning systems of rice pests for their management. In: A. Prakash, A. Sasmal, J. Rao, S. N. Tewari, K. S. Behera, S. K. Singh, & V. Nandagopal (Eds.), *Rice pest management* (pp. 187–200). Cuttack: Applied Zoologist Research Association.

- Harrington R., Fleming R.A., Woiiwod I.P. (2001): Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: can they be predicted? *Agric. For Entomol.*, 3, 233–240.
- Hassler S.C., Baysal-Gurel F.(2019): Unmanned Aircraft System (UAS) technology and applications in agriculture. *Agronomy-Basel*, 9: 618.
- Himanen, S.J., Nissinen, A., Dong, W.X., Nerg, A.M., Stewart Jr., C.N., Poppy G.M., Holopainen J.K. (2008): Interactions of elevated carbon dioxide and temperature with aphid feeding on transgenic oilseed rape: Are *Bacillus thuringiensis* (Bt) plants more susceptible to nontarget herbivores in future climate? *Glob. Change Biol.*, 14, 1437–1454.
- Hovmøller, M.S., Sørensen, C.K., Walter, S., Justesen, A.F. (2011): Diversity of *Puccinia striiformis* on cereals and grasses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 49, 197–217.
- Hunter, M. (2001): Effects of elevated atmospheric carbon dioxide on insect plant interactions. *Agric. Forest Entomol.*, 3, 153–159.
- Jung J., Maeda M., Chang A., Bhandari M., Ashapure A., Landivar-Bowles J. (2021): The potential of remote sensing and artificial intelligence as tools to improve the resilience of agriculture production systems. *Curr. Opinion Biotechn.*, 70, 15–22.
- Khan A, Ahmad M, Ahmed M, Iftikhar Hussain M. (2020): Rising atmospheric temperature impact on wheat and thermotolerance strategies. *Plants (Basel)*. 10, 43. doi: 10.3390/plants10010043.
- Kiritani, K. (2006): Predicting impacts of global warming on population dynamics and distribution of arthropods in Japan. *Population Ecology*, 48, 5–12.
- Kimball, B.A. (2016): Crop responses to elevated CO₂ and interactions with H₂O, N, and temperature. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 31, 36–43.
- Klaiber, J., Najar-Rodriguez, A.J., Piskorski, R., Dorn, S. (2013): Plant acclimation to elevated CO₂ affects important plant functional traits, and concomitantly reduces plant colonization rates by an herbivorous insect. *Planta*, 237, 29–42.
- Kondorosy, E. (2012): Adventív poloskafajok Magyarországon. (Invasive alien bug. (Heteroptera) species in Hungary.) *Növényvédelem*, 48 (3): 97-104.
- Lewis T. (1997): Thrips as crop pests. CAB International, Cambridge University Press, Wallingford/Cambridge, 740.
- Luck, J., Spackman, M., Freeman, A. Trebicki P. (2011): Climate change and diseases of food crops. *Plant Pathology*, 60, 113–121.
- Mazur M.(2016): Six ways drones are revolutionizing agriculture. MIT Technology Review.
- Mcelrone, A.J., Reid, C.D., Hoyer, K.A., Hart, E., Jackson, R.B. (2005): Elevated CO₂ reduces disease incidence and severity of a red maple fungal pathogen via changes in host physiology and leaf chemistry. *Glob. Chang. Biol.*, 11, 1828–1836.
- Moran, M.S., Inoue, Y., Barnes, E.M. (1997): Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management. *Remote Sens Environ.*, 61, 319–346.
- Nancarrow, N., Aftab M., Freeman A., Rodoni, B., Hollaway, G., Trebicki, P. (2018): Prevalence and incidence of yellow dwarf viruses across a climatic gradient: a four-year field study in south eastern Australia. *Plant Disease*, doi.org/10.1094/PDIS-01-18-0116-RE
- Netherer S., Schopf A. (2010): Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests—general aspects and the pine processionary moth as specific example. *For Ecol. Manag.* 259, 831–838.
- Neumeister L. (2010): Climate change and crop protection-anything can happen. Doctoral dissertation, 41.
- Nilsson, H.E. (1980): Application of remote sensing methods and image analysis at macroscopic and microscopic levels. University of Minnesota Miscellaneous publication 7. Agricultural Experiment Station, University of Minnesota, St. Paul.
- Oehme, V., Högy, P., Zebitz, C.P. Fangmeier, A. (2013): Effects of elevated atmospheric CO₂ concentrations on phloem sap composition of spring crops and aphid performance. *J. Plant Interactions*, 8, 74–84.
- Porter, J., Parry, M., Carter, T. (1991): The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agric.Forest Meteorology*, 57, 221–240.
- Robinson, E.A., Ryan, G.D., Newman, J.A. (2012): A meta-analytical review of the effects of elevated CO₂ on plant–arthropod interactions highlights the importance of interacting environmental and biological variables. *New Phytologist*, 194, 321–336.

- Ronkay L. (2017): Invazív és behurcolt lepkék a hazai faunában. Magyar Tudomány, 4. 405-408.
- Ruszkowska, M., Strazynski, P. (2007): Mszyce and oziminach, Poznan, Instytut Ochrony Roslin.
- Ryan, G.D., Emiljanowicz, L., Haerri, S.A. Newman, J.A. (2014): Aphid and host-plant genotype x genotype interactions under elevated CO₂. Ecological Entomol., 39, 309–315.
- Shakya, S.K., Goss, E.M., Dufailt, N.S., van Bruggen, A.H.C. (2015): Potential effects of diurnal temperature oscillations on potato late blight with special reference to climate change. Phytopathology, 105, 230–238.
- Stiling, P., Moon, D., Rossi, A. Forkner, R., Hungate B.A., Day, F.P., Schroeder R.E., Drake B. (2013): Direct and legacy effects of long-term elevated CO₂ on fine root growth and plant–insect interactions. New Phytologist, 200, 788–795.
- Trebicki P. (2020): Climate change and plant virus epidemiology. Review. Virus Res., <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198059>.
- Trebicki, P., Vandegeer, R.K., Bosque-Pérez, N.A. Powell, K. S., Dader, B., Freeman, A.J., Yen, A.L., Fitzgerald, G.J., Luck J.E. (2016): Virus infection mediates the effects of elevated CO₂ on plants and vectors. Scientific Reports, 6. 22758.
- Wolf, J., O'Neill, N.R., Rogers, C.A., Muilenberg, M. L., Ziska L.H. (2010): Elevated atmospheric carbon dioxide concentrations amplify *Alternaria alternata* sporulation and total antigen production. Environ. Health Perspect., 118, 1223–1228.
- Yamamura, K., Kiritani, K. (1998): A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones. Applied Entomol. Zoology, 33, 289–298.
- Zhang, J., Xing, G., Liao, J. Hou, Z., Wang, G., & Wang, Y. (2003): Effects of different atmospheric CO₂ concentrations and soil moistures on the populations of bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*) feeding on spring wheat. European J. Entomol., 100, 521–530.

6. A KLÍMAVÁLTOZÁS ERDÉSZETI VONATKOZÁSAI A MECSEKBEN

RIPSZÁM ISTVÁN⁸

Bevezetés

A klímaváltozás kérdésköre a mai napig vitákat generál, de ténye és a főbb tendenciáira vonatkozó előrejelzések már egyre inkább elfogadottá válnak. Maga a klímaváltozás ugyan globális jelenség, de konkrét megnyilvánulási formái földrajzi elhelyezkedéstől függően meglehetősen változatosak. Magyarországon az évi középhőmérséklet és a hőségnapok száma növekvő, míg a fagyos napok száma csökkenő trendet mutat (*OMI - Országos Meteorológiai Intézet*, 2020). Az 1962-2011 közötti időszakban jelentősen növekedett az aszályok gyakorisága, illetve súlyossága is (*Hirka és mtsai*, 2018). A csökkenő tendenciát mutató csapadékmennyiség mellett annak tér- és időbeli eloszlása is jelentős változást mutat. Az egyre jellemzőbb, szélsőséges eloszlást a Mecsekerdő Zrt. által végzett csapadékmérések is igazolják. Ezen túl növekszik az egyéb időjárási extrém események (viharok, ónos eső, kései fagyok stb.) gyakorisága is. Mindezek a változások, sok más mellett (közlekedés, mezőgazdaság, humán-egészségügy stb.) az erdőkre és az erdőgazdálkodásra is jelentős hatást gyakorolnak (*Mátyás és mtsai*, 2010, *Mátyás és mtsai* 2018; *Führer és mtsai*, 2011; *Czúcz és mtsai*, 2013). Sajnos nem látszik reális esély arra, hogy a negatív tendenciák rövid- illetve középtávon megfordulnának, azaz a megváltozott helyzethez való alkalmazkodást kell célként és feladatként megfogalmazni (*Gálos és Somogyi*, 2017; *Gálos és Führer*, 2018). Jelen tanulmány célja, hogy röviden bemutasson néhány jelentősebb ilyen hatást, különös tekintettel a Mecsekerdő Zrt. által kezelt erdőkre. Emellett néhány olyan ajánlást is igyekszik megfogalmazni, amik segíthetnek a negatív hatásokat kivédeni, illetve mérsékelni.

A klímaváltozás néhány hatása a magyar erdőkre

A klímaváltozás rendkívül sokrétű, térben és időben meglehetősen változatos hatást gyakorol a magyar erdőkre, ezen keresztül pedig az erdőgazdálkodásra is. Összességében

⁸ Mecsekerdő Zrt.

elmondható, hogy a hatások eredője egyértelműen negatív. Jelen tanulmányban a teljesség igénye nélkül csak néhány főbb hatást emelek ki.

A klímaváltozás a magyar erdők jelentős hányadában a termőhelyi viszonyok romlását okozza. Ez az egyes fafajok tenyésztése szempontjából alkalmas területek zsugorodását, illetve eltolódását eredményezheti. A klímaváltozás hatással lehet az erdők növedékére is (Illés, 2018). A negatív hatások szempontjából talán a kifejezetten klíma-érzékeny bükkösök, valamint a kocsánytalan tölgyesek a leginkább érintettek (Czúcz és mtsai, 2013; Gálos és Führer, 2018). A magyar erdők túlnyomó része (így a bükkösök és kocsánytalan tölgyesek többsége is) többlet-vízhatástól független termőhelyen áll, azaz ezek vízutánpótlása a csapadékra korlátozódik. Az egyre gyakoribb és súlyosabb aszályok mindkét fafaj esetében az egészségi állapot romlását, esetenként pedig növekvő mértékű fapusztulást idéznek elő (Csóka és mtsai, 2009; Berki és mtsai, 2018; Janik és mtsai, 2016, 2020). Aszályos időszakokat követően nagyobb eséllyel következnek be erdei rovarok tömegszaporodása (Csóka, 1996; Csóka, 1997; Klapwijk és mtsai, 2013; Hlasny és mtsai, 2015; Csóka és mtsai, 2018a,b). Hasonló helyzet az erdei fák kórokozóival is. Az aszály-stressz miatt legyengült fákon olyan fajok okoznak akár tömeges fapusztulással végződő súlyos tüneteket, amik egyébként nem képesek megbetegíteni a fákat (Koltay és mtsai, 2012; Koltay és mtsai, 2013).

Az egyéb időjárási extrém helyzetek gyakoriságának növekedésével - az abiotikus erdőkárok is növekvő trendet mutatnak (Hirka és Csóka, 2010.). Az erdei aszálykárok szignifikáns és exponenciális pozitív összefüggést mutatnak két vizsgált aszályindex (Pálfai-féle és Forestry Aridity Index) éves értékeivel (Hirka és mtsai, 2018).

A klímaváltozástól részben függetlenül, részben pedig azzal összefüggésben is növekvő ütemben jelennek meg idegenhonos fajok (növények, rovarok, kórokozók stb.) a magyar erdőkben (Csóka, 2011; Csóka és mtsai, 2012; Tuba és mtsai, 2012). Az utóbbi 25 évben például több idegenhonos, fásszárúakon élő (tehát potenciális erdei kártevő) rovarfaj jelent meg nálunk, mint az azt megelőző 110 évben (Csóka és mtsai, 2012).

Helyzetkép a Mecsekerdő Zrt. által kezelt erdőkről

A Mecsekerdő Zrt. 55 687 hektár területen gazdálkodik a Mecsek, az Ormánság, a Zselic, a Hegyhát és a Szekszárd-Geresdi-dombság területén. A Társaság által kezelt erdők 75 százaléka védett vagy Natura 2000 oltalom alatt áll, a többnyire természetszerű társulásokat 89 százalékban őshonos fafajok alkotják. A Mecsek kiemelt figyelmet

érdemlő erdőtársulásai a mecseki bükkös (*Helleborus odoro-Fagetum*), a mecseki gyertyános-tölgyes (*Asperula taurinae-Carpinaetum*) és a mecseki cseres-tölgyes (*Potentilla micranthae-Quercetum dalechampii*), melyek jellegzetessége az elegy fafajként jelen lévő ezüsthárs.

Habár a klímaváltozás erdőkre gyakorolt hatásai jelentős földrajz változatosságot mutatnak, a globális és európai trendekhez hasonlóan a jelek a mecseki erdőkben is egyértelműen jelentkeznek. A klímaváltozás következtében a termőhely kedvezőtlenül változhat, amit a száz évnél hosszabb életciklusú erdők nehezen, vagy egyáltalán nem képesek tolerálni. A termőképesség csökkenése mellett az erdő egészségi állapota is romlik, a természetes újulat életképessége csökken, és teret nyernek az inváziós fajok. Az erdőt érintő károk egyre kiterjedtebben, és több fafaj esetében is jelentkeznek. Néhány konkrét példa:

A főként csertölgyön élő *Biscogniauxia mediterreana* nevű gomba aszályos időszakokat követően, különösen száraz termőhelyen tömegesen lép fel, és jelentős mértékű fapusztulást is előidézhethet fiatal állományokban (*Hirka és Csóka, 2015*). A kórokozó tömeges felbukkanásai korábban csak tőlünk délre (pl. Toszkána) voltak ismertek. 2003-ban Szlovéniában észlelték kártételét (*Jurc és Ogris, 2006*). Olaszországban kísérletileg is igazolták, hogy az endofita gomba tömeges megjelenése és az általa okozott megbetegedés az aszály stresszel és rovarok okozta lombvesztéssel is pozitív korrelációban van (*Capretti és Battisti, 2007*).

Számos helyen megbetegedést, illetve tömeges kőrispusztulást okoz az idegenhonos inváziós *Hymenoscyphus fraxineus* (*Chalara fraxinea*) nevű gomba (*Szabó és mtsai, 2009; Koltay és mtsai, 2012*). A kórokozó önmagában is képes pusztulást okozni, de a fertőzése miatt legyengült fák alkalmasak a kőrisszúk (pl. *Hylesinus* fajok) tömeges elszaporodására. Ez a jelentős mértékű kőrispusztulás az ökonómiai és ökológiai értelemben is értékes fafaj elegyarányának jelentős mértékű csökkenését eredményezi.

A fenyők pusztulását abiotikus és biotikus károk, illetve ezek láncolata is előidézhetheti. A viharok és a hó által előidézett töréskárok mellett a gyökérrontó tapló és a másodlagosan jelentkező szűkár okoz komoly gondot. A lucfenyő Európa-szerte nagy ütemben pusztul, Magyarországon az utóbbi három évtizedben a lucosok területe a korábbi töredékére csökkent. A Pécs környéki, aszály miatt legyengült feketefenyvesekben tömeges pusztulást okozott több patogén gombafaj (*Sphaeropsis sapinea, Cyclaneusma minus, Sclerophoma pithyophila, Cenangium ferruginosum*) együttes, tömeges fellépése (*Koltay,*

2010). Hasonló jellegű fenyőpusztulás egyébként többek között a Mátrából (*Koltay és mtsai*, 2012) és a Keszthelyi-hegységből (*Koltay és mtsai*, 2013) is ismert.

Az ormánsági kocsányos tölgyesekben az utóbbi években tömegesen van jelen az idegenhonos, inváziós tölgy-csipkéspoloska (*Corythucha arcuata*). A fajt először 2013-ban észlelték Délkelet-Magyarországon (*Csóka és mtsai*, 2013), 2019 őszére pedig már az ország túlnyomó részén jelen volt (*Paulin és mtsai*, 2020a). Minden honos tölgyfajunk megfelelő tápnövénye, tömeges kártétele idő előtti lombelszíneződést, illetve lombszáradást okoz (*Csóka és mtsai*, 2019). Hosszú távú hatásait egyelőre csak sejtjük, de nagyon valószínű, hogy a tölgyek növekedésére, egészségi állapotára, makktermésére (ezáltal a tölgyesek természetes felújítására) is jelentős negatív hatást fog gyakorolni. Mindezekén túl szinte biztos, hogy a tölgyekhez kötődő fajgazdag életközösségeket is károsítani fogja (*Paulin és mtsai*, 2020b).

Főbb állományalkotó fafajainkra általában jellemző, hogy az optimális termőhelyi feltételeik romlásával korábban fordulnak termőre, és a faj túlélését nagyszámú utód produkálásával igyekeznek biztosítani. A Mecsekben ezt a jelenséget észleljük a bükk esetében. A romló termőhelyi viszonyok mellett gyakori tömeges makktermést tapasztalunk. Az újulati szintben így a bükk dominánssá válik más fafajokkal szemben. A bükk térhódítása figyelhető meg az összes bükk-elegyes erdőtípusban, a gyertyános-tölgyesek területén, sőt még déli kitettségű száraz termőhelyeken is. Hasonló jelenségekről egyébként az ország más bükk-tájairól is beszámolnak. Ez azért is kedvezőtlen tendencia, mert az előrejelzések szerint hosszabb távon a bükkösöket fogják legérzékenyebben érinteni a klímaváltozáshoz köthető további negatív termőhelyi változások. Azaz a bükkösök hosszú távú léte egyáltalán nem tekinthető biztosítottnak.

Őshonos fafajú erdeink egészségi állapotának romlása, illetve az ezekben jelentkező fapusztulások a záródás csökkenéséhez, a fényviszonyok megváltozásához, az állományok mikroklímájának változásához vezetnek. Ez gyakran idegenhonos/inváziós fajok tömeges megjelenését eredményezi. A változásokat számos faj indikátorként jelzi. Az állatok „reakcióideje” sokkal rövidebb, mint a növényeké. Szembetűnő az önálló mozgásra képes emlősök, madarak, rovarok migrációja, a növények vándorlásához azonban vektorok közreműködésére van szükség. A Mecsekben melegkedvelő déli elterjedésű fajok északra húzódásának lehetünk tanúi: az állatfajok közül például az aranysakál (*Canis aureus*), az óriás énekeskabóca (*Tibicina haematodes*) és a már említett tölgy-csipkéspoloska mellett több más poloskafaj (*Heteroptera*) megjelenését észleljük.

Az inváziós növények közül többek között a mirigyes bálványfa (*Ailantus altissima*), az amerikai alkörmös (*Phytolacca americana*) és a selyemkóró (*Asclepias syriaca*) példája jelzi előre a klímaváltozáshoz közvetlenül, vagy közvetve köthető változásokat.

Mit tehetünk és teszünk az erdők stabilitásának és ökoszisztéma szolgáltatásainak megőrzéséért?

Habár a klímaváltozás és az idegenhonos fajok tömeges megjelenéséhez vezető globális kereskedelem trendjei rövidtávon nem fordíthatók meg, erdeink jövője érdekében számos tennivalónk van. Fontos megjegyezni, hogy aligha létezik, minden fafajra, minden termőhelyre érvényes általános, mindenható recept. Ezért mindenkor a helyi viszonyok ismeretében, azokhoz igazodva kell a tennivalókat meghatározni. A teljesség igénye nélkül néhány olyan megoldás, amelyek a mecseki erdők jövőbeli esélyeit nagy valószínűséggel pozitívan befolyásolhatják.

Klímarezisztens szaporítóanyag alkalmazása:

Az erdők alkalmazkodóképességét a fokozatos és kisléptékű változásokhoz a klímarezisztens genotípusok kiválasztásával, a fajok migrációjának támogatásával, más őshonos fajok alkalmazásával, továbbá - ha ezek az intézkedések nem elégségesek - a termőhelynek megfelelő idegenhonos fajok ültetésével támogathatjuk (*Schüller, 2019*). Megjegyzendő, hogy idegenhonos fajok alkalmazása csak más lehetőség híján, az előre nem látható nemkívánatos hatások alapos mérlegelését követően jöhet szóba.

A Mecsekerdő Zrt. kezelésében lévő erdők jelentős részében a tölgyek dominálnak. Részarányának fenntartása a gazdasági érdeken túl természetvédelmi szempontból is rendkívül fontos. A tölgyek ökoszisztémában betöltött szerepének megőrzése érdekében a Társaság a következő intézkedéseket valósítja meg:

- Helyi génbankot alakítunk ki, amely reprezentálja a Mecsek kocsánytalan tölgyeseinek és az Ormánság kocsányos tölgyeseinek széles skálán mozgó változatosságát. A természetes felújításokat igyekszünk minél szélesebb körben kiterjeszteni, a mesterséges erdőfelújításokban pedig a saját magforrásokból begyűjtött, helyi szaporítóanyag alkalmazása az elsődleges.
- Megkezdtük olyan tölgy élőhelyek felkutatását, amelyek környezeti adottságai a Mecsekben várhatóan 30–50 év múlva bekövetkező klímának megfelelnek. Az alkalmazkodóképesség vizsgálata érdekében „in situ” származási kísérletet indítottunk, melynek keretében délvidéki magforrásokból származó

szaporítóanyagból kísérleti parcellákat vetettünk a saját magforrásból származó szaporítóanyaggal megvalósuló erdősítésben. A kísérlet beállításában az Erdészeti Tudományos Intézettel működünk együtt, míg a Nemzetközi Dendrológiai Alapítvány kutatói a megfelelő magforrások felkutatásában vesznek részt (*Debreczi és Nagy, 2018*). Eddig Bulgáriából és Görögországból szereztünk be makkot. A tervek között szerepel Szerbia, Montenegró, Törökország.

Víz visszatartás:

Az átmeneti aszályos időszakok áthidalásában nagy segítséget nyújthat az erdők számára, ha többlet vízhez juthatnak. Társaságunk ezért nagy figyelmet fordít az Ős-Dráva program keretében megvalósuló beruházásra, amely az Ormánság térségi vízgazdálkodásának javítása révén kedvező változást eredményezhet a síkvidéki tölgyesek vízellátásában. A várható többletvíz hatásának és hasznosulásának tanulmányozhatósága érdekében egy nemzetközi INTERREG projekt keretében talajvízszint-mérő kút-hálózatot alakítottunk ki. Reményeink szerint a Dráva mindkét oldalán rendelkezésre álló mért adatok alapját képezhetik a Dráva-sík egészét érintő, pozitív ökológiai hatást gyakorló vízkormányzásnak.

Szerkezeti és faji változatosság javítása erdeinkben:

Számos hazai kutatás egybehangzó eredménye jelzi, hogy a finom léptékben szerkezetileg változatos erdőállományok sokkal ellenállóbbak a különböző abiotikus károkkal (viharkárok, hótörés, jégtörés stb.) szemben (*Kenderes és mtsai, 2007; Csépanyi és mtsai, 2017*). Rangos nemzetközi publikációk szerint az erdei biodiverzitás a klímaváltozás, és a közvetett hatásaként gyakoribbá váló abiotikus és biotikus károk megelőzésének egyik leghatékonyabb lehetősége (*Guyot és mtsai, 2016; Klapwijk és Björkman, 2018*). Megjegyzendő, hogy Győrfi János, soproni professzor ezt már több mint 70 évvel ezelőtt megállapította (*Győrfi, 1947a,b*).

Összefoglaló

*A klímaváltozás jeleit a Mecsekerdő Zrt. által kezelt erdőkben is egyértelműen tapasztaljuk. Állományalkotó fajok közül a csertölgy (*Quercus cerris*), a kőrisek (*Fraxinus*) és a fenyők egészségi állapota a csapadékhiánynak és az egyre gyakrabban jelentkező aszálynak köszönhetően megromlott, tömeges pusztulásukat tapasztalhatjuk. Az őshonos fajok visszaszorulását az inváziós növények térnyerése kíséri. Az ormánsági kocsányos tölgyesekben tömegesen van jelen az inváziós tölgy-csipkéspoloska, további terjeszkedése is várható. A Mecsek jellegzetes erdőtársulásainak megőrzése érdekében szükséges az erdők klímaváltozással szembeni felkészítése, klímarezisztens szaporítóanyag alkalmazásával, az erdők szerkezeti és faji változatosságának növelésével, a természetes folyamatok maximális felhasználásával, a mikroklíma megőrzésével és a csapadékvíz visszatartásával.*

Signs of climate change in the forests of Mecsek Hills

*Signs of climate change are being experienced in the forests managed by Mecsekerdő. Among our dominant tree species, the condition of the Turkey oak (*Quercus cerris*), ash (*Fraxinus*) and conifers (both spruce and pines) has worsened and we are witnessing their mass mortality due to the reduced precipitation and the increasing frequency and severity of droughts. The decline of native tree species is accompanied by the expansion of invasive plants. The invasive oak lace bug is expanding its area in our forests and its abundance reaches the outbreak level at many locations. In order to preserve the characteristic of the forest communities of the Mecsek, it is necessary to prepare the forests for climate change by using climate-resistant forest reproductive materials, by increasing structural diversity and species diversity of the forests, by maximum use of the natural processes, and by preserving the microclimate and by precipitation retention.*

Szakirodalom

- Berki I., Mórícz N., Rasztovits E., Gulyás K., Garamszegi B., Horváth A., Balázs P. & Lakatos B. (2018): Fapusztulás és gyorsuló növekedés kocsánytalan tölgyeseinkben. Erdészettudományi Közlemények, 8, 119-130. DOI: 10.17164/EK.2018.008
- Capretti, P., & Battisti, A. (2007): Water stress and insect defoliation promote the colonization of *Quercus cerris* by the fungus *Biscogniauxia mediterranea*. *Forest Pathology*, 37, 129–135.
- Czúcz B., Gálhidy L. & Mátyás Cs. (2013): A bükk és a kocsánytalan tölgy elterjedésének szárazsági határa. Erdészettudományi Közlemények, 3, 39-53.
- Csepányi P., Magassy E., Kontor Cs., Szabó Cs., Szentpéteri S., Németh R., Némethy Z., Müller Sz., Szabó M., Kovács A., Szenthe G., Limp G., Ocsovai Z., Brandhuber Á., Farkas V. & Petrik J. (2017): A 2014. decemberi jégkár okai és következményei a Pilisi Parkerdő Zrt. által kezelt erdőállományokra. Erdészettudományi Közlemények, 7, 25-41.
- Csóka Gy. (1996): Aszályos évek- fokozódó rovarkárok erdeinkben. *Növényvédelem*, 32, 545–551.
- Csóka Gy. (1997): Increased insect damage in Hungarian forests under drought impact. *Biologia*, Bratislava, 52, 1–4.
- Csóka Gy. (2011): Megszálló rovarok a magyar erdőkben. Mit hozhat még a klímaváltozás? *Erdészeti Lapok*, 146, 150–151.
- Csóka Gy., Hirka A., Csepelényi M., Szőcs L., Molnár M., Tuba K., Hillebrand R. & Lakatos F. (2018a): Erdei rovarok reakciói a klímaváltozásra (esettanulmányok). Erdészettudományi Közlemények, 8, 149–162.
- Csóka, Gy.; Hirka, A.; Mutun, S.; Glavendekic, M.; Mikó, Á.; Szőcs, L.; Paulin, M.; Eötvös, Cs.B.; Gáspár, Cs.; Csepelényi, M.; Szénási Á.; Franjevic, M.; Gninenko, Y.; Dautbašić, M.; Mujezinovic, O.; Zúbrik, M.; Netoiu, C.; Buzatu, A.; Balacenoiiu, F.; Jurc, M.; Jurc, D.; Bernardinelli, I.; Streito, J.C.; Avtziš, D. & Hrašovec, B. (2019): Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832) – Heteroptera: Tingidae] in Eurasia, *Agricultural and Forest Entomology*, 22, 61–74.
- Csóka Gy.; Hirka A. & Somlyai M. (2013): A tölgy csipkésposloska (*Corythucha arcuata* Say, 1832 – Hemiptera, Tingidae) első észlelése Magyarországon. *Növényvédelem*, 49, 293-296.
- Csóka Gy.; Hirka A. & Szőcs L. (2012): Rovarglobalizáció a magyar erdőkben. Erdészettudományi Közlemények, 2, 187–198.
- Csóka, Gy., Hirka, A., Szőcs, L., Mórícz, N., Rasztovits, E. & Pödör, Z. (2018b): Weather-dependent fluctuations in the abundance of the oak processionary moth, *Thaumetopoea processionea* (Lepidoptera: Notodontidae). *European Journal of Entomology*, 115: 249-255. DOI: 10.14411/eje.2018.024
- Csóka Gy.; Koltay A.; Hirka A. & Janik G. (2009): Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyeseink és bükköseink egészségi állapotára. *Klíma-21* füzetek, 57, 64-73.
- Debreczi Zs. & Nagy G.F. (2018): Beszámoló a Sztrاندzsa-hegységi tölgy-makkgyűjtési dokumentációról. Nemzetközi Dendrológiai Alapítvány.
- Führer E., Marosi Gy., Jagodics A. & Juhász I. (2011): A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. Erdészettudományi Közlemények, 1, 17-28.
- Gálos B. & Führer E. (2018): A klíma erdészeti célú előrevetítése. Erdészettudományi Közlemények, 8, 43-55. DOI: 10.17164/EK.2018.003

- Gálos B. & Somogyi Z. (2017): Új klímaszcenáriók – fellélegezhetnek bükköseink? Erdészettudományi Közlemények, 7(2): 85-98. DOI: [10.17164/EK.2017.006](https://doi.org/10.17164/EK.2017.006)
- Guyot, V., Castagnérol, B., Vialatte, A., Deconchat, M. & Jactel, H. (2016): Tree diversity reduces pest damage in mature forests across Europe. Biology Letters, DOI: [10.1098/rsbl.2015.1037](https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.1037)
- Gyórfi J. (1947a): Az elsődlegesen káros rovarok elszaporodásának feltételei. Rovartani Közlemények, 2, 18-22.
- Gyórfi J. (1947b): Vegyeskorú és elegyes állományok erdővédelmi jelentősége. Erdészeti Kísérletek, 47, 87-132.
- Hirka A. & Csóka Gy. (2010): Abiotikus károk Magyarország erdeiben. Növényvédelem, 46, 513-517.
- Hirka A. & Csóka Gy. (2015): Cserpusztulás vizsgálata a Mecsekerdő Zrt. területén, NAIK Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály, kutatási jelentés
- Hirka A., Pödör Z., Garamszegi B. & Csóka Gy. (2018): A magyarországi erdei aszálykárok fél évszázados trendjei (1962-2011). Erdészettudományi Közlemények, 8, 11-25. DOI: [10.17164/EK.2018.001](https://doi.org/10.17164/EK.2018.001)
- Hlásny, T.; Trombik, J.; Holuša, J.; Lukašová, K.; Grendár, M.; Turčani, M.; Zúbrík, M.; Tabaković-Tošić, M.; Hirka, A.; Buksha, I. Modlinger, R.; Kacprzyk, M. & Csóka, Gy. (2015): Multi-decade patterns of gypsy moth fluctuations in the Carpathian Mountains and options for outbreak forecasting. Journal of Pest Science, DOI [10.1007/s10340-015-0694-7](https://doi.org/10.1007/s10340-015-0694-7)
- Illés G. (2018): A klímaváltozás nyomán bekövetkező fatermésváltozás becslése a kocsánytalan tölgy példáján. Erdészettudományi Közlemények, 8(1): 105-118. DOI: [10.17164/EK.2018.007](https://doi.org/10.17164/EK.2018.007)
- Janik G., Hirka A., Koltay A., Juhász J. & Csóka Gy. (2016): 50 év biotikus kárai a magyar bükkösökben. Erdészettudományi Közlemények, 6, 45-60. DOI: [10.17164/EK.2016.005](https://doi.org/10.17164/EK.2016.005)
- Janik, G., Pödör, Z., Koltay, A., Hirka, A., Juhász, J., Kovács, Gy. & Csóka, Gy. (2020): Effects of Meteorological and Site Parameters on the Health Status of Beech (*Fagus sylvatica* L.) Forests in Hungary. Acta Silvatica, 16, 67-78.
- Jurc, D., & Ogris, N. (2006): First reported outbreak of charcoal disease caused by *Biscogniauxia mediterranea* on Turkey oak in Slovenia. Plant Pathology, 55, 299.
- Kenderes K., Aszalós R., Ruff J., Barton Zs. & Standovár T. (2007): Effects of topography and tree stand characteristics on susceptibility of forests to natural disturbances (ice and wind) in the Börzsöny Mountains. Community Ecology, 8, 209-220.
- Klapwijk, M.J. & Björkman C. (2018): Mixed forests to mitigate risk of insects outbreaks. Scandinavian Journal of Forest Research, 33, 772-780. DOI: [10.1080/02827581.2018.1502805](https://doi.org/10.1080/02827581.2018.1502805)
- Klapwijk, M.J.; Csóka, Gy.; Hirka, A. & Björkman, C. (2013): Forest insects and climate change: long-term trends in herbivore damage. Ecology and Evolution, 3, 4183-4196.
- Koltay A. (2010): Szakértői vélemény a Pécsi városi erdőkben jelentkező feketefenyő pusztulásról – ERTI Erdővédelmi Osztály - szakvélemény
- Koltay A.; Janik G.; Nagy A.; Lovász Á.; Dudás B. & Reményfy R. (2012): Tömeges fenyőpusztulás a Mátrafüredi Erdészet területén. Erdészeti Lapok, 147, 302-303.
- Koltay A.; Szabó I.; Janik G. (2012): *Chalara fraxinea* Incidence in Hungarian Ash (*Fraxinus excelsior*) Forests. Journal of Agricultural Extension and Rural Development, 4, 236-239.
- Koltay A.; Szakács I. & Horváth A. (2013): Tömeges fenyőpusztulás a Keszthelyi-hegységben. Erdészeti Lapok, 148, 145-148.
- Mátyás, Cs., Berki, I., Bidló, A., Csóka, Gy., Czímber, K., Führer, E., Gálos, B., Gribovszki, Z., Illés, G., Hirka, A. & Somogyi, Z. (2018): Sustainability of Forest Cover under Climate Change on the Temperate-Continental Xeric Limits. Forests, 9, 1-32. DOI: [10.3390/f9080489](https://doi.org/10.3390/f9080489)
- Mátyás Cs., Führer E., Berki I., Csóka Gy., Drüsler Á., Lakatos F., és mtsai, (2010): Erdők a szárazsági határon. Klíma-21 Füzetek 61: 84-97.
- OMI (2020): https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag/. letöltés 2020.10.29.
- Paulin, M., Hirka, A., Eötvös, Cs. B., Gáspár, Cs., Fürjes-Mikó, Á. & Csóka, Gy. (2020): Known and predicted impacts of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in European oak ecosystems – a review. Folia Oecologica, 47, 131-139.

- Paulin M., Hirka A., Mikó Á., Tenorio-Baigorria I., Eötvös Cs., Gáspár Cs. & Csóka Gy. (2020): A tölgy-csipkéspoloska Magyarországon - helyzetkép 2019 őszén. *Növényvédelem*, 56, 245-249.
- Schüller S. (2019): Transnational seed transfer and assisted migration of trees and provenances as basis for afforestation in a warming world. International Conference on „Afforestation in a changing climate”, 3rd October 2019, Budapest
- Szabó I., Németh L. & Nagy L. (2009): A magas kőris hajtáspusztulása, *Erdészeti Lapok* 144, 46–47.
- Tuba K., Horváth B. & Lakatos F. (2012): Inváziós rovarok fás növényeken. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar. 120 p.

7. AGRÁRERDÉSZETI GAZDÁLKODÓK FELMÉRÉSÉNEK ELSŐ EREDMÉNYEI

VÖRÖS ELIZABET, NAGY BERNADETT, HORVÁTHNÉ KOVÁCS BERNADETT⁹

Bevezetés

Az alternatív mezőgazdasági termelési gyakorlatok nagy szerepet kapnak az éghajlatváltozáshoz történő adaptációban, illetve az ellene folytatott küzdelem számos aspektusában (EU climate and energy strategy; *European Green Deal és akciótervei ec.europa.eu*).

Módszer

A kutatásban mélyinterjúk megkérdezést, illetve kérdőíven keresztül történő vélemény felmérést alkalmaztunk. Célcsoportunk az agrárerdészettel jelenleg is foglalkozó Magyarországon gazdálkodók. A vizsgálattal az agrárerdészet tapasztalt előnyeit kívántuk felmérni. A kérdések kialakításában hazai és külföldi irodalmi forrásokra támaszkodtunk (*Palma 2007; Jose 2009; Rigueiro-Rodríguez 2017; Borovics és mtsai, 2017; Keserű és mtsai 2014, Vityi és mtsai, 2018*). Három félig-strukturált mélyinterjút végeztünk, ebből két Somogy megyei agrárerdészeti gazdálkodóval a kérdőív összeállítása előtt, míg egy Bács-Kiskun megyeivel a kérdőíves eredmények után a válaszok validálása érdekében. A kérdőívet közösségi média szakmai oldalain, csoportjaiban helyeztük el, illetve támogatottak körére nyilvánosan rendelkezésre álló névjegyzékében szereplők (*Szabó és mtsai, 2018*) számára e-mailben is eljuttattuk.

Eredmények

A mélyinterjúk megerősítették, hogy elsősorban fás legelők formájában folyik agrárerdészeti gazdálkodás Magyarországon. Ennek egyik okaként feltártuk, hogy a szokásos, a hagyományos gazdálkodásban már rendelkezésre álló művelési és erőgéppark használható, nincs szükség gépberuházásra. A pályázati motiváció legfőbb eleme a plusz pénzügyi forrás elérése. Az agrárerdészeti gazdálkodási ismeretek – ezen a

⁹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus

területen – vagy nem igényelnek speciális tudást, tehát korábban megszerzett (pl. erdőmérnök, növénytermesztő mérnök) ismeretekre építhető, vagy elsajátítható autodidakta módon is; specifikus formális oktatást, szaktanácsadást a gazdálkodók nem érték el. A rendszerek tapasztalt előnyeivel szemben a pályázatból fakadó adminisztrációs terhek aránytalanul nagyok, jellemző a vadkár és a szénabetakarítás nehézsége.

Motivációs tényezőként említették még a földterület kiválasztásában annak rosszabb minőségi jellemzőit.

A kérdőívre adott válaszok száma nem volt nagy (10 db értékelt kérdőív), így messze mutató konzekvenciákat nem vontunk le és a minta háttérváltozók szerinti statisztikai elemzését is elvetettük. Főbb megállapításaink a megkérdezettek mintáján alapulnak:

A kutatásban résztvevők nagy része tulajdonosa (78%), illetve vezetője az agrárerdészeti gazdálkodással érintett vállalkozásnak (felsővezető és középvezető: 1-1 fő).

A gazdálkodási módban az állattenyésztést, és a növénytermesztést (78%) is jelölték, illetve mindkettő egyidejű alkalmazását. Egy esetben erdőgazdálkodást. A válaszadók kétharmada rendelkezik agrárszakterületen szerzett felsőfokú képesítéssel (erdőmérnök, vadgazdamérnök, agrármérnök, növényorvos). A középfokú végzettséggel rendelkezők csoportjába tartozott két aranykalászos minősítésű gazdálkodó. A válaszadók közel fele a 35 évnél nem idősebb, a 35 és 50 év közötti válaszadók a megkérdezettek egyharmadát teszik ki. Az 50 évnél nem fiatalabb korcsoportban 2 fő szerepelt. A megkérdezettek körében a legelső pályázat elnyerésére több, mint 10 éve került sor, az akkor kialakított rendszer azóta is fennáll. A legfrissebb pályázati programban a kitöltők több mint fele használta ki az EU és Magyarország kormánya által biztosított fejlesztési hozzájárulást. A megkérdezettek körében szerepeltek olyan gazdálkodók is, akik nem éltek a pályázati lehetőségekkel és önerőből valósították meg az agrárerdészet bevezetését.

Új pályázatok megjelenéséről a gazdálkodók különböző területekről kaptak információkat. Általánosságban elmondható, hogy a legfőbb információforrásnak a világhálót (7 jelölés) nevezték meg. Második legnépszerűbbnek a személyes információátadás bizonyult körökben, akár más gazdálkodók, ismerősök (5 jelölés) által akár különböző szakmai fórumok (5 jelölés) keretében. Szakfolyóiratokban és tudományos konferenciákon szerzett ismereteket 1-2 alkalommal jelölték a válaszadók. Az agrárerdészettel kapcsolatos specifikus ismeretek elsajátításának módjára vonatkozó

válaszokra a mélyinterjúk során elhangzottak szolgálnak magyarázatul. A válaszadók döntő többsége autodidakta módon szerzi meg a rendszerek bevezetéséhez, fenntartásához és fejlesztéséhez szükséges tájékoztatást. Az interjú alanyok igazolják, hogy nincs kellő információátadás a gazdálkodók számára, így legfőképp önálló utánajárással (67%) lehet értesülni a gazdálkodáshoz szükséges ismeretekről. Ezen felül elérhetőek különböző fórumok, rendezvények (33%), és szaktanácsadás (33%) is. Saját tapasztalataink is bizonyítják, az oktatásban (16,5%) egyre elterjedtebbé válik az agrárerdészeti ágazat népszerűsítése. Az állításokat megerősíti, hogy szakkönyvek (pl. *Tamás és Zsembeli (szerk.), 2017; Zamosny, 2018; Szalai és mtsai, 2018; Csomor, 2018*) és szakmai-tudományos fórumok (pl. *Keserű és mtsai, 2014; Molnár, 2010; Vityi és mtsai, 2018*) az utóbbi időben kaptak nagyobb hangsúlyt a témában. Továbbá az ágazat helyzetét az is árnyalja, hogy népszerűsítő cikkek is kerülnek ki aktuálisan (*Csomor, 2018*).

A gazdálkodók vállalkozásának fő tevékenységi körének és a jelenleg alkalmazott agrárerdészeti gazdálkodás formájának összefüggése azt mutatja, hogy a megkérdezettek többsége fás legelőként hasznosítja területét, mely alátámasztja azt az általános tendenciát, hogy a magyarországi földterületek csaknem 95%-án fás legelős agrárerdészeti gazdálkodást folytatnak (*Vityi és mtsai, 2018*). Legtöbben, akik ezt a fajta agrárerdészeti rendszert alkalmazzák, vállalkozásuk fő tevékenységi körként a növénytermesztést és állattenyésztést nevezték meg. Ezen kívül ők kialakítottak mezővédő erdősávokat és többcélú erdőgazdálkodási rendszereket is. Két kitöltő a növénytermesztési profilú vállalkozás keretében fás szántóföldként, illetve fás legelőként vezette be az agrárerdészeti rendszereket. Egy gazdálkodó tájgazdálkodási és élőhely rekonstrukciós célokkal rendelkező vállalkozásának tevékenységeként látta fontosnak a rendszer bevezetését.

Nagyobb agrárerdészeti területek egyben nagyobb hányadát (10-30% között a válaszadók egyharmada, illetve 2 válaszadó 50%-ban) is teszik ki a művelt területnek. Kisebb összes terület esetén inkább annak kisebb hányadát (1 fő 10%-át, 2 fő 10-30%-át) használják agrárerdészeti művelésben.

A vizsgálatban az agrárerdészeti rendszerek előnyeire helyeződött a hangsúly. A gazdák gyakorlati tapasztalatai rávilágítanak a rendszerek tényleges előnyeire. A friss (1-2 éves) telepítésénél még nem mutatható ki előny a bevezetéssel kapcsolatban. Az egyik mélyinterjú megkérdezés során is elhangzott, hogy a nagyon fiatal csemeték termőre fordulásához, illetve vágásérettségéhez több év is szükséges, ez idő alatt nem termelnek

hasznát sem, így egyedül főként a legelő kerül hasznosításra. A már hosszabb távon működtetett agrárerdészeti rendszereknél a gazdálkodók az alábbi előnyeit tapasztalták:

- újra kultúrállapotba került a terület,
- aszálykárra pozitívan reagál öntözés nélkül,
- egy erdősáv a legelő szélén enyhét ad a jószágnak,
- erózió elleni védelem, talajjavítás.

A terület kultúrállapotának megteremtése a nem kívánatos gyomnövények kiirtása által valósulhat meg, melyet a legelő állatok biztosítanak. Az aszályos időszakok öntözés nélküli átvészelését a fás szárú növények hidraulikus liften keresztül történő vízutánpótlása nyújtja (*Zagyvainé Kiss, 2018*). A fás növények hatalmas lombkoronája ugyanakkor menedéket nyújt a legelő állatai számára, akár nagyobb esőzések, akár szélfúvások esetén (*Borovics és mtsai, 2017*). Az agrárerdészeti rendszerek ezáltal is bizonyítottan védnek az erózió káros hatásaitól. A rendszerek által bekövetkező talajjavulás magyarázható akár a mélyinterjúban is elmondottakkal, ahol megerősítették, hogy a legelők állapota kifejezetten javult az agrárerdészet alkalmazása óta, mely jobb tápanyagmegkötő képességükből, illetve az ott tartott állatoktól származó természetes szervesstragázás miatt adódhat (*Bakti és mtsai, 2018*).

A kitöltők közel 90%-a állította, hogy földterülete, melyen az agrárerdészeti gazdálkodást folytatja, 17AK érték alatti besorolásba tartozik, mely földminősítési szempontból rossz minőségű talajnak mondható. Összesen egy válaszadó területe tartozik a közepes minőségű talajok csoportjába. Ez a megállapítás egybecseng az agrárerdészeti rendszerek telepítésérének pályázati céljaival (*AAM-AKI-Collectivo, 2016*), a rosszabb minőségű területek számára alternatív gazdálkodási mód kínálásával.

A legtöbb gazdálkodó arra a kérdésre, hogy mi állt a rendszerek bevezetésének hátterében, a rossz aranykorona értéket jelölte meg (6 említés). Fontos szerepet játszott ugyanakkor a megvalósításban a pályázati lehetőségek rendelkezésre állása (5 említés). Nagy hangsúlyt kapott továbbá a környezetvédelem fontossága, ezáltal a környezetbarát, természetközeli termelési mód alkalmazásával (5 említés). A rossz domborzati viszonyok a termőterület nehéz megmunkálhatóságára hagynak következtetni, mely akár fás legelők telepítésével könnyen elkerülhető, ezt 5 esetben említették a gazdálkodók motivációs faktorként. A fentiek alapján a rendszert bevezető gazdálkodók komplex előnyeit látják az agrárerdészetnek.

Az agrárerdészeti rendszereket alkalmazók nagy része egyéb alternatív gazdálkodási tevékenységeket is végez, ezek közül kiemelkedik a szervezestrágyázás, és a talajállapotot javító köztesvetemények, évelő kultúrák alkalmazása, a biogazdálkodás és alternatív haszonnövények termesztése.

A megkérdezettek elsősorban a pályázatból megvalósult telepítések utófinanszírozásának nehézségeit (5 említés), az adminisztráció idő- és munkaigényességének terheit (3 említés) nevezték meg annak hátrányaként. A gazdálkodás bevezetéséhez, illetve fenntartásához szükséges tudással, többretű szakértelemmel rendelkező munkaerő iránti igényt (3 említés), illetve szakemberhiányt (2 említés) fogalmaztak meg. Véleményük szerint a piaci értékesítési lehetőségek növelésével az agrárerdészet is könnyebben elterjedhetne (2 említés).

Agrárerdészeti gazdálkodással hosszabb ideje foglalkozók egyértelműen törekednek a későbbiekben területeik további fejlesztésére, míg a friss vállalkozók esetében tapasztalatok híján, kisebb az elköteleződés mértéke további területek bevonására.

Összefoglaló

Magyarországon agrárerdészettel foglalkozó gazdálkodók agrárerdészeti rendszerekről alkotott véleményét mélyinterjúval és kérdőíves felméréssel vizsgáltuk. A gazdálkodók nagy része a fás legelőket alkalmazza. Jellemzően hiányos a szakismeretek forrása is és a szakképzett munkaerő is elégtelen. A gazdálkodás bevezetésének finanszírozási igényét nem növeli a géppark bővítése, de a telepítés költségessége és pályázat esetén utófinanszírozása problémát okoz. A gazdálkodók által tapasztalt előnyök rámutatnak, hogy az agrárerdészeti termelési rendszerek komplex előnyöket hordoznak, egyidejűleg tapasztalhatók a talaj- és kultúrállapotra (ezen keresztül a jövedelemtermelésre), az állati jólétre gyakorolt hatása és a vegyszerfelhasználás csökkenése.

A kutatás az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 „Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” kutatási projekt segítségével valósulhatott meg.

First farmers' survey results of agroforestry system

The research focused on the experienced benefit of agroforestry systems among farmers in Hungary. We applied semi structured interviews and questionnaire based survey. Majority of farmers applies silvopastures. Lack of both specific professional knowledge in the field and experts is experienced. Although extra investment for machinery is not typical, the plantation of trees demands capital especially in case of project post-financing. The experienced benefits of agroforestry production are complex; these systems have positive effect on soil and plant coverage conditions (in this way also for income generation), animal welfare and reducing chemicals. The publication of this paper is supported by the EFOP-3.6.2-16-2017-00018 “Produce together with the nature –agroforestry as a new outbreaking possibility” project.

Szakirodalom

- AAM-AKI-Collectivo Konzorcium (2016): Zárójelentés II. Kötet. Az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program (2007-2013) utólagos (ex-post) értékelése (URL: <https://www.palyazat.gov.hu/az-j-magyarorszag-vidkfejlesztési-program-2007-2013-utlagos-ex-post-rtkelse#9>)
- Bakti, B., Balla, I., Benke, A., Borovics, A., Frank, N., Gyuricza, Cs., és mtsai. (2018): Agrárerdészet. Gyuricza, Cs., Borovics, A., (szerk.) Gödöllő: Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK).
- Borovics, A., Somogyi, N., Honfy, V., Keserű, Zs., Gyuricza, Cs. (2017): Agrárerdészet, a klímatudatos, természetközeli termelési mód. Erdészeti Lapok CLII., 178-182.
- Csomor, Zs., (2018): Számos ország már felismerte az agrárerdészeti rendszerek előnyeit. Most rajtunk a sor! <https://agraragazat.hu/hir/szamos-orszag-mar-felismerte-az-agrarerdeszeti-rendszerek-elonyeit-most-rajtunk-a-sor/> Letöltés dátuma: 2020.07.19, https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- Jose, S., (2009): Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. Agroforestry Systems. 76, 1-10. DOI 10.1007/s10457-009-9229-7
- Keserű, Zs., Csiha, I., Rédei, K., Kamandiné, Végh, Á., Kovács, Cs., Rásó, J. (2014): Környezetkímélő és költséghatékony agroerdészeti termesztési rendszerek, mint a jövő földhasználati lehetőségei. In. Lipák L. (szerk.) Alföldi Erdőkért Egyesület kutatói nap XXII.-Tudományos eredmények a gyakorlatban (70.-76.), Kecskemét: Alföldi Erdőkért Egyesület.
- Molnár, I., (2010): Az erdősávok jelentősége a szántóföldi növénytermesztésében. In. Szalma, J. A magyar tudomány napja a Délvidéken. Újvidék: Vajdasági Magyar Tudományos Társaság. 443-452.
- Palma, J. H. N., Graves, A. R., Bunce, R. G. H., Burgess, P. J., de Filippi, R., Keesman, K. J., és mtsai. (2007): Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. Agriculture, Ecosystems & Environment, 119, 320-334.
- Rigueiro-Rodríguez, A., Silva-Losada, P., Romero-Franco, R., Ferreiro-Domínguez, N., González-Hernández, M., Rodríguezrigueiro, F., és mtsai. (2017): Vityi, A., Kiss, A. T., Szigeti, N., (ford.): Agroerdészet, KAP és fenntartható fejlesztési célok. Soproni Egyetem Kooperációs Kutatási Központ. <https://zenodo.org/record/3551559#X0vCo8gzbIU> Letöltve: 2020. 07. 17.
- Szabó K, Horváthné Kovács B, Nagy M Z, Csuvár Á, Nagy B (2018): Agroforestry in the scope of rural development in Hungary. In: Pintér, Gábor; Zsiborács, Henrik; Csányi, Szilvia (szerk.) Arccal vagy háttal a jövőnek? : LX. Georgikon Napok: 60 éves a Georgikon Napok Konferencia [60th Georgikon Scientific Conference]: Keszthely, Magyarország : Pannon Egyetem Georgikon Kar., 109.
- Szalai, K., Dósa, I., (2018): Agrárerdészet - A többcélú mezőgazdasági területhasználat. Vidékfejlesztési kézikönyv 1. Budapest: Nemzeti Agrárgazdasági Kamara. forrás: NAK.hu: <https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/2642-agrarerdeszet-a-tobbcelu-mezogazdasagi-terulethasznalat/file> letöltés dátuma: 2020. 05. 13.
- Tamás, J., Zsembeli, J., (szerk.) (2017): A talajok gyógyítója - Blaskó Lajos 70 éves. Debrecen: Debreceni Egyetem Mezőgazdaság, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar. https://dea.lib.unideb.hu/dea/bitstream/handle/2437/243818/FILE_UP_0_A%20talajok%20gy%C3%B3gy%C3%ADt%C3%B3ja.pdf?sequence=1&isAllowed=y letöltés dátuma: 2020. 04. 15
- Vityi, A., Kiss-Szigeti, N., Kovács, K., (2018): Az agrárerdészet magyarországi helyzete. In. Czupy I., Horváth A. L. (szerk.): Kutatások a 210 éves erdőmérnöki karon. Sopron: Soproni Egyetem Kiadó. 34-40.
- Zagyvainé Kiss, K. A., Csáki, P., Kalicz, P., Szőke, E., & Gribovszki, Z., (2018): A fák hidrológiai szerepe az agrárerdészeti rendszerekben. In. Czupy I., Horváth A. L., (szerk.): Kutatások a 210 éves erdőmérnöki karon. Sopron: Soproni Egyetem Kiadó. 41-45.
- Zamozny, G. (2018): Agrárerdészeti ismeretek- Útmutató Környezetbarát és Jövedelmező Gazdálkodási Módszerekhez. mek.oszk.hu: <https://mek.oszk.hu/18900/18937> Letöltés dátuma: 2020. 05. 10

8. MAGAS KÖRNYEZETI HŐMÉRSÉKLET HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA HÁZINYÚLON

MATICS ZSOLT, SZENDRŐ ZSOLT, KASZA ROZÁLIA, RADNAI ISTVÁN, NAGY ISTVÁN, GERENCSÉR ZSOLT¹⁰

Bevezetés

Korábbi kísérletek tanulsága szerint a nyulak hőmérsékleti komfort zónájának felső határa 30°C körül van (*Gonzalez és mtsai*, 1971; *Kluger és mtsai*, 1973; *McEwen és Heath*, 1973; *Scheele és mtsai*, 1985; *Jin és mtsai*, 1990), míg alsó határát 15°C-ban határozták meg (*McEwen és Heath*, 1973). Az anyanyulak 35°C-os hőmérsékletben 72 órán belül elpusztulnak (*Papp és Rafai*, 1988).

A magas környezeti hőmérséklet szaporasági és növekedési tulajdonságokra gyakorolt hatását részben különböző évszakokban (pl. anyanyulak: *Marai és mtsai*, 2002; növendék nyulak: *Lebas és Ouhayon*, 1987; baknyulak: *Pascual és mtsai*, 2004), részben pedig klímakamrában, állandó, vagy a napszaknak megfelelően változó, de stabil hőmérséklet tartományon belül vizsgálták (*Fernández-Carmona és mtsai*, 1995; *Fernández-Carmona és mtsai* 2003; *Cervera és mtsai*, 1997; *Amici és mtsai*, 1998; *Zeferino és mtsai*, 2011).

A szerzők többsége a magas környezeti hőmérséklet eredményeként a takarmányfogyasztás, és ennek következtében a testsúly csökkenéséről számolt be (*Marai és mtsai*, 2002). Úgy tűnik, hogy a magas környezeti hőmérsékleten (30-31°C) tapasztalható alacsony szaporasági mutatók hátterében is a testsúly csökkenése, a kondíció romlása állhat (*Lebas és mtsai*, 1986), aminek fő oka szintén a takarmányfogyasztás csökkenése lehet. A növendék nyulaknál a legszembetűnőbb a hőstressz negatív hatása: csökken a takarmányfogyasztás, a súlygyarapodás és a testsúly, a takarmányértékesítés viszont akár javulhat is (*Chiericato és mtsai*, 1992; *Cervera és mtsai*, 1997).

A szakirodalomban leírt eredmények több esetben ellentmondóak. Ezért a GINOP-2.3.4-15-2016-00005 pályázat keretében több kísérletben vizsgáltuk a magas környezeti hőmérséklet anya- és növendék nyulak termelésére gyakorolt hatását és a kedvezőtlen hatások csökkentésének lehetőségeit.

¹⁰ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus

Anyag és módszer

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campusának nyúltelepén rendelkezésre áll két olyan teljesen egyforma terem, amelyekben a hőmérséklet klímaberendezések segítségével egyedileg szabályozható, így azonos tartási körülmények között vizsgálható az eltérő környezeti hőmérséklet hatása a nyulak termelésére. Mindkét teremben van 60 ketrec anyanyulak (57 x 38 x 30 cm) és 60 ketrec hízőnyulak (40 x 38 x 30 cm; 2 nyúl/ketrec) elhelyezésére. A nyulak granulált tápot önetetőkből, ivóvizet súlyszelepes önitatókból fogyaszthattak. Mindkét teremben napi 16 órás megvilágítást (6:00-22:00) alkalmaztunk.

Eredmények

A magas hőmérséklet hatásának vizsgálata anya- és növendéknyulakon

➤ *A kondíció szerepe*

Az alacsony (Sovány) és magas (Zsíros) testzsír-tartalomra szelektált állományokból származó anyanyulakat és hízőnyulakat 20°C-on és 25-30°C-on tartottuk. A magasabb környezeti hőmérséklet negatívan befolyásolta az anyanyulak takarmányfogyasztását és ezen keresztül a tejtermelést és az anyanyulak szaporasági és felnevelési teljesítményét. A magasabb testzsír-tartalommal rendelkező anyanyulak ugyanakkor a több energiatartaléknak köszönhetően kedvezőbb eredményeket értek el. Magas hőmérsékleten a hízőnyulak kevesebb takarmányt fogyasztottak, és főként emiatt kisebb volt a súlygyarapodásuk, testsúlyuk és kevesebb zsírdepót építettek testükbe, viszont a kisebb életfenntartó takarmányszükséglet eredményeként kedvezőbben alakult a takarmányértékesítésük. A több esetben kimutatott interakció arra hívja fel a figyelmet, hogy a Sovány és a Zsíros nyulak másként reagálhatnak a magas hőmérséklet hatására.

➤ *A fajta (Pannon Ka, Pannon fehér és Pannon nagytestű) szerepe*

A Kaposvári Campuson tenyésztett 3 nyúlfajta hizlalási és vágási teljesítményét vizsgáltuk eltérő környezeti hőmérsékleten (20°C és 28°C). Eredményeink alapján úgy tűnik, hogy a három kaposvári fajta alkalmazkodó-képessége a megváltozott környezeti hőmérséklettel szemben eltérő. Valamennyi termelési tulajdonság esetében igazolódott, hogy a Pannon fehér fajta, amelyik a legkisebb energiatartalékkal rendelkezik, adaptációs kapacitása gyengébb volt, mint a másik két fajtáé.

➤ *A hőterhelés és a csökkent takarmányfogyasztás hatásának vizsgálata*

Három csoportba osztottuk a hízónyulakat. A kontroll csoportot normál hőmérsékletű (20°C) teremben helyeztük el, és *ad libitum* takarmányoztuk. A másik csoportot melegebb teremhőmérséklet (30°C) mellett ugyancsak *ad libitum* etettük. A harmadik csoport nyulait normál (20°C) hőmérsékletű teremben helyeztük el, de a meleg teremben tartott nyulak takarmányfogyasztásának megfelelő mennyiségű, adagolt takarmányozás mellett. Eredményeink szerint a növendéknyulak termelési eredményeit a csökkent takarmányfelvétel jelentősebb mértékben befolyásolja, mint a magas környezeti hőmérséklet, vagyis a magas környezeti hőmérsékletben tapasztalható termelés visszaesés elsősorban a kisebb mértékű takarmányfogyasztással van összefüggésben. Csak néhány vágási tulajdonságban látszik egyértelmű hatása a magas környezeti hőmérsékletnek. A melegebb környezeti hőmérséklet hatására a nyulak mozgási aktivitása gyengébb lehetett, így ezek a nyulak kevesebb energiát használtak fel erre a célra, továbbá a testhőmérséklet fenntartása is kevesebb energiát igényelt, mint a 20°C-os teremben. E kettő együttesen eredményezhette a vese körüli- és vállövi zsír arányában tapasztalható különbségeket, valamint a hűtött karkaszban tapasztalt eltérést is.

A magas környezeti hőmérséklet kedvezőtlen hatásának csökkentése

➤ *Az ivóvíz hűtése*

A korábbiakban leírt 2 teremben helyeztük el az anya- és hízónyulakat. A normál (20°C) hőmérsékletű teremben lévő nyulak alkották a kontroll csoportot, a meleg (28°C) teremben levő nyulak egyik fele a terem hőmérsékletének megfelelő (meleg) ivóvizet ihatott, míg a másik fele ugyancsak a meleg teremben volt elhelyezve, de az ivóvizüket az első vizsgálatban kb. 17°C-ra, a második vizsgálatban 10-11°C-ra hűtöttük. Eredményeink szerint a temperált ivóvíz hatására (függetlenül annak mértékétől), az irodalmi adatoktól eltérően nem javult a nyulak termelése.

➤ *A szőrzet lenyírása*

Három csoportba osztottuk a hízónyulakat. A kontroll csoportot 20°C-on helyeztük el, a másik két csoportot melegebb teremhőmérsékleten (28°C) tartottuk. A melegebb teremben lévő nyulak egyik csoportjában a nyulakról kéthetente lenyírtuk a szőrzet nagy részét, ezzel segítve a hőleadást. A nyírt nyulak termelési adatai javultak a magas hőmérsékleten tartott nem nyírt nyulakhoz képest, de elmaradtak a normál

hőmérsékleten tartott csoporttól. Bár időigényes feladat a nyulak nyírása, de hosszabb kánikula időszakban megfontolandó a nyírás, a nyulak termelése és jólléte szempontjából.

Összefoglaló

A magas környezeti hőmérséklet nyulakra gyakorolt hatását több kutató vizsgálta már, és beszámolt annak negatív hatásairól. Ezeknek a vizsgálatoknak egy része természetes környezetben (évszaki hatás), másik része pontosan szabályozott hőmérsékletű termekben, klímakamrákban történt. Az eredmények, részben ezért is, sok esetben ellentmondóak. Ezért a GINOP-2.3.4-15-2016-00005 pályázat keretében több kísérletben vizsgáltuk a magas környezeti hőmérséklet anya- és növendék nyulak termelésére gyakorolt hatását és a kedvezőtlen hatások csökkentésének lehetőségeit. Az alábbiakban ezen munka eredményeinek összefoglaló áttekintését adjuk közre. A magas környezeti hőmérséklet elsődlegesen a takarmányfogyasztás csökkenésén keresztül fejtette ki kedvezőtlen hatásait. Ennek megfelelően, a jobb kondícióban lévő egyedek kisebb mértékű termelés-visszaesést mutattak, mint a rosszabb kondíciójú társaik. Megállapítható továbbá, hogy a nyulak szőrzetének lenyírása mérsékelte a magas környezeti hőmérséklet kedvezőtlen hatásait, azonban az ivóvíz hűtése nem fejtett ki hasonló hatást.

Study the effect of high ambient temperature on rabbits

Several studies have been made about the effect of high ambient temperature on rabbits and reported negative results. Most of the investigations were made under natural conditions (seasonal effect) while the others were done in rooms with controlled temperature or climate chamber. In many cases, contradicting results were obtained. In the frame of GINOP-2.3.4-15-2016-00005 project, the aims of the studies were to investigate the effect of high ambient temperature on the production of rabbit does and growing rabbits and to examine the possibility of reducing adverse effects. A short overview of these results is published in the present paper. The high ambient temperature primarily reduced the feed intake which caused deterioration in productive traits. In connection with this, smaller decline was observed in the production of rabbit lines and breeds with higher than those of with lower body reserves. It was revealed, that the hair shearing of rabbits could improve the production of rabbits housed under high ambient temperature but the cooling of drinking water did not have positive effects.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a GINOP-2.3.4-15-2016-00005 „Klimatikus változásokhoz adaptált növénytermesztési és állattenyésztési technológiák fejlesztése a fenntartható mezőgazdaság és a minőségi élelmiszer-előállítás megvalósítása érdekében, intenzív termelési környezetben”, a publikáció 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.

Szakirodalom

- Amici A., Canganella F., Bevilacqua L. (1998): Effects of high ambient temperatures in rabbits: metabolic changes, caecal fermentation and bacterial flora. *World Rabbit Sci.*, 6, 319- 324.
- Cervera C., Blas E., Fernández Carmona J. (1997): Growth of rabbits under different environmental temperatures using high fat diets. *World Rabbit Sci.*, 5, 71-75.
- Chiericato G. M., Bailoni L., Rizzi C. (1992): The effect of environmental temperature on the performance of growing rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15, 723-731.
- Fernández-Carmona J., Alqedra I., Cervera C., Moya J., Pascual J. J. (2003): Effect of lucerne-based diets on performance of reproductive rabbit does at two temperatures. *Anim. Sci.*, 76, 283-295.
- Fernández-Carmona J., Cervera C., Sabater C., Blas E. (1995): Effect of diet composition on the production of rabbit breeding does housed in a traditional building and at 30°C. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 52, 289-297.
- Gonzalez R. R., Kluger M. J., Hardy J. D. (1971): Partitional calorimetry of the NZW rabbit at temperatures 5–35 °C. *J. Appl. Physiol.* 31, 728–734.

- Jin L. M., Thomson E., Farrell, D. J. (1990): Effects of temperature and diet on the water and energy metabolism of growing rabbits. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 115, 135–140.
- Kluger M. J., González R. R., Stolwijk J. A. J. (1973): Temperature regulation in the exercising rabbit. *American Journal of Physiology* 224, 130–135.
- Lebas F., Ouhayoun J. (1987): Incidence du niveau protéique de l'aliment, du milieu et de la saison sur la croissance et les qualités bouchères du lapin. *Ann. Zootech.*, 36, 421-432.
- Lebas F., Coudert P., Rouvier R., De Rochambeau H., (1986): *The Rabbit. Husbandry, Health and Production.* FAO, Animal Production and Health Series.
- Marai I. F. M., Habeeb A. A. M., Gad A. E. (2002): Rabbits' productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 78, 71-90.
- McEwen G. N., Heath, J. E. (1973): Resting metabolism and thermoregulation in the unrestrained rabbit. *Journal of Applied Physiology* 35, 884–886.
- Papp, Z., Rafai, P. (1988): Role of the microclimate in intensive rabbit production. IV. Effects of environmental temperature stressors in pregnant does, embryonic development and viability of young rabbits. *Magyar Állatorvosok Lapja* 43, 529–534.
- Pascual J.J., García C., Martínez E., Mocé E., Vicente J. S. (2004): Rearing management of rabbit males selected by high growth rate: the effect of diet and season on semen characteristics. *Reprod. Nutr. Dev.*, 44: 49-63.
- Scheele C. W., Van Der Broek A., Hendricks F. A. (1985): Maintenance energy requirements and energy utilization of growing rabbits at different environmental temperatures. In: Moe, P.W., Tyrrell, H.F. and Reynolds, P.J. (eds) *Energy Metabolism of Farm Animals.* Rowman and Littlefield, New Jersey, USA, pp. 202–204.
- Zeferino C. P., Moura A. S. A. M. T., Fernandes S., Kanayama J. S., Scapinello C., Sartori J. R. (2011): Genetic group x ambient temperature interaction effects on physiological responses and growth performance of rabbits. *Livest. Sci.*, 140, 177–183.

9. A HŐMÉRSÉKLET ÉS A TAKARMÁNYKORLÁTOZÁS HATÁSA AZ ANYANYULAK TERMELÉSÉRE

SZENDRŐ ZSOLT¹¹

Bevezetés

A globális felmelegedés jelentős hatást gyakorol a mezőgazdaságra, és azon belül a gazdasági állatfajok termelésére. A hatás egyrészt a folyamatos hőmérséklet-emelkedésben jelentkezik, de ennél lényegesen jelentősebbek az egyre gyakoribb és hosszabb hőhullámok, amelyek már hőstresszt jelentenek, ami miatt a termelés drasztikusan csökkenhet. Általánosan ismert, hogy magas hőmérséklet hatására csökken az állatok takarmányfogyasztása, ugyanakkor azt kevesebben vizsgálták, hogy a termelés közvetlenül a magas hőmérséklet, vagy közvetve a kisebb takarmányfogyasztás miatt csökken. Célunk ennek a kérdésnek a megválaszolása volt, vagyis a magas hőmérséklet hatása mellett azt is vizsgáltuk, hogy alakul az anyanyulak tejtermelése, ha optimális hőmérsékleten tartjuk, de a napi takarmányadagot arra a szintre csökkentettük, mint amennyit az anyanyulak magas hőmérsékleten fogyasztottak.

Anyag és módszer

A kísérletet kétszer fialt újjélandi fehér nyulakkal végeztük. A vemhes anyanyulakat (n=30) fialásig 20°C -os környezeti hőmérsékleten *ad libitum* takarmányoztuk, majd fialaskor véletlenszerűen öt csoportot alakítottunk ki, és minden csoportba azonos számú (n=6) anyanyúl került:

- 15A = 15°C-on tartott *ad libitum* takarmányozott,
- 23A = 23°C-on tartott *ad libitum* takarmányozott,
- 30A = 30°C-on tartott *ad libitum* takarmányozott,
- 15/23R = 15°C-on tartott, a 23A csoporttal azonos napi takarmány adagot kapott,
- 15/30R = 15°C-on tartott, a 30A csoporttal azonos napi takarmány adagot kapott.

¹¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

Az anyanyulakat klímakamrában helyeztük el. Fialáskor az alomlétszámot hétre egyenlítettük ki. A takarmány összetétele: emészthető energia 11,4 MJ/kg, nyersfehérje 14%. Ivóvíz az önitatókból tetszés szerinti mennyiségben állt rendelkezésre. A napi tejtermelést az anyanyúl szoptatás előtt és után mért súlykülönbsége alapján állapítottuk meg. A takarmányfogyasztást naponta feljegyeztük, és ez alapján határoztuk meg a korlátozva takarmányozott nyulak napi fejadagját.

Eredmények és értékelésük

Takarmányfogyasztás

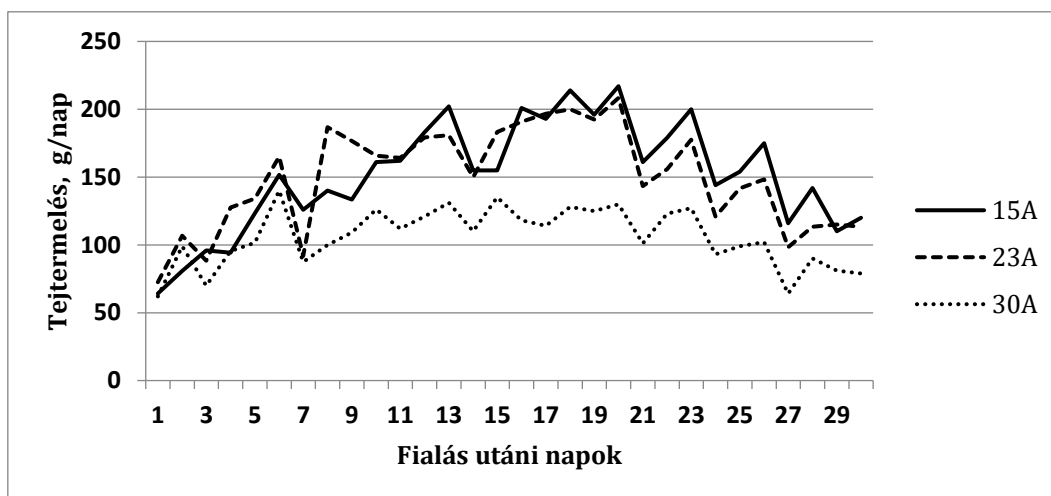
A fialást követő napokban mindegyik csoport takarmányfelvétele megnőtt. A 15A csoport fogyasztása a 16. napon érte el a csúcst, de a 10. naptól az elválasztásig többnyire 300 g felett volt a napi takarmányfelvétele, az átlagos napi takarmányfogyasztása 278 g volt. A 23A csoport fogyasztása a 10. napon tetőzött (300 g), majd folyamatosan csökkenve, a nyulak az utolsó héten 250 g/nap tápot ettek, az átlagos napi takarmányfogyasztásuk 261 g volt. A 30A csoport fogyasztása már a 2. nap után lecsökkent. A következő héten alig haladta meg a 150 g/nap szintet, majd a fialás utáni 10. naptól 180-200 g/nap szintre állt be, az átlagos napi takarmányfogyasztásuk 185 g volt. A 15/23 R és a 15/30R csoportok takarmányfogyasztása természetesen a 23A és 30A csoportéval egyezett meg. Az eredmények egyértelműen igazolták azokat az irodalmi adatokat, amelyek szerint magas hőmérsékleten csökken a nyulak takarmányfogyasztása.

Anyanyulak testtömege

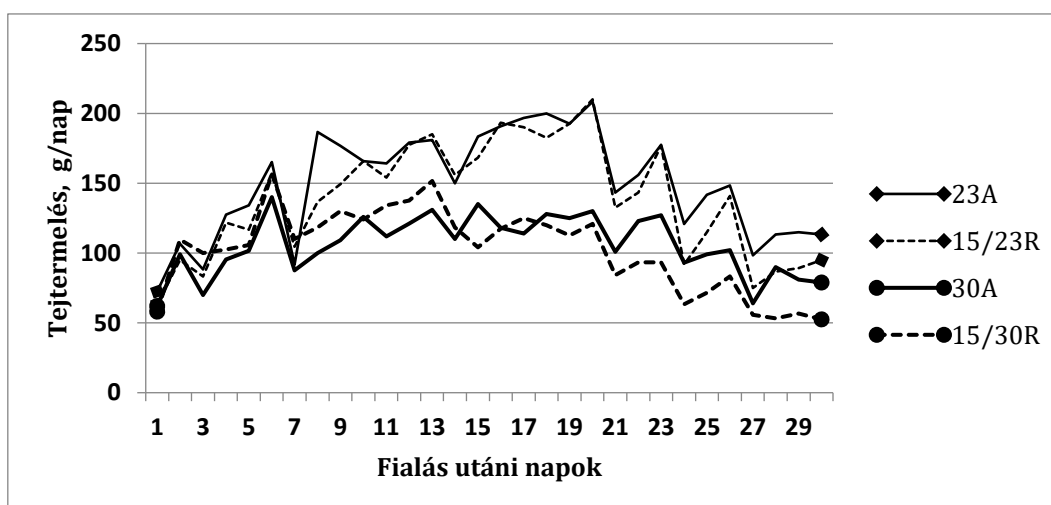
A fialás utáni napokban az anyanyulak súlya kissé nőtt, majd a 15A csoportban változatlan maradt. A 23A csoport nyulai a laktáció második hetétől kezdtek veszíteni súlyukból, a 30A anyanyulak viszont az egész kísérleti időszak alatt fogytak. A 15/23R és a 15/30R csoport súlycsökkenése kisebb volt, mint az azonos mennyiségű takarmányt evő, de magasabb hőmérsékleten levő anyanyulaké. Vagyis a hőmérséklet hatása nem csak a takarmányfelvétel csökkenésén keresztül érvényesül. A korábbi kísérletben hasonló eredményeket kaptak.

Tejtermelés

A 15A (161 g/nap), a 23A (161 g/nap) és a 15/23R csoport közötti eltérés minimális volt, csak a leszálló ágban tapasztalható gyorsabb csökkenés a 23A és a 15/23R csoportban. A 30A (114 g/nap) és a 23/30R csoportok tejtermelése a laktáció első hetét követően jelentősen elmaradt a többi anyanyúlétól (1. és 2. ábra). Mivel a két csoport (30A és 23/30R) egész vizsgálati időszak alatti összes tejtermelése hasonló, megállapítható, hogy a magas hőmérséklet közvetve, a takarmányfogyasztás csökkenésén keresztül hatott. Magas hőmérsékleten más szerzők is a tejtermelés látványos csökkenéséről számoltak be.



1. ábra: A 15, 23 és 30 °C-on levő, ad libitum takarmányozott anyanyulak laktációs görbéje



2. ábra: A 23 és 30 °C-on levő, ad libitum takarmányozott (23A és 30A), valamint a 15 °C-on levő, de a magasabb (23 és 30 °C) hőmérséklet fogyasztása alapján korlátozva takarmányozott anyanyulak (15/23R és 15/30R) laktációs görbéje

Alomsúly

Az almok tömege az anyanyulak tejtermelésének megfelelően alakult. A 8. naptól a 30A, a 10. naptól a 15/R csoport alomtömege elmaradt a többitől. A 15/23R nyulak csak a szilárd takarmányra történő áttérés időszakában gyarapodtak lassabban.

Szopósnyulak takarmányfogyasztása

A kísérleti csoportok takarmányfogyasztása hasonlóan alakult, egyedül a 30A nyulak ettek időnként kevesebbet. Úgy tűnik, hogy a szopósnyulaknál sokkal kisebb a hőmérséklet hatása, mint az anyanyulaknál, ami azzal magyarázható, hogy a szopósnyulak optimális környezeti hőmérséklete lényegesen magasabb, mint az anyanyulaké.

Szopósnyulak vízfogyasztása

A 30A csoport nyulai többszörös mennyiségű vizet ittak, mint a többi szopósnyúl, de a 23A csoport vízfogyasztása is átlag felett alakult, ugyanakkor a 15/30R és a 15/R csoport nem tért el a többitől. Ezek az eredmények azt bizonyítják, hogy a szopósnyulak vízfogyasztása jobban függ a hőmérséklettől, mint az anyanyulaké, a külső hőmérséklet hatása közvetlenül érvényesült.

Következtetések

Az eredmények alapján az alábbi megállapítások tehetők:

- A szoptató anyanyulak takarmányfogyasztását a környezeti hőmérséklet sokkal jobban befolyásolja, mint a vízfogyasztását.
- Az anyanyulak laktáció alatti súlyváltozását elsősorban a hőmérséklet határozza meg. Azonos takarmányfogyasztás esetén a magas hőmérsékleten lévő nyulak többet veszítenek súlyukból, mint az optimális környezeti hőmérsékleten lévő.
- Az anyanyulak tejtermelését a hőmérséklet a takarmányfogyasztáson keresztül befolyásolja (közvetlen hatása valószínűleg csekély), mivel a 30A és a 15/30R csoport tejtermelése megegyezett.

- A szopósnyulak szilárdtakarmány fogyasztását a magas hőmérséklet alig befolyásolja, mivel az anyanyulak számára optimális környezeti hőmérséklethez képest 30 °C csak kis hőstresszt jelent, mivel az anyanyulaknál magasabb a hőmérséklet-igényük.
- A szopósnyulak vízfogyasztása erősebben függ a hőmérséklettől, mint az anyanyulaké. A hőmérséklet közvetlenül hat a víz fogyasztására, mivel a vízfelvétel nem volt kapcsolatban a takarmányfogyasztással.

Összefoglaló

Újzélandi fehér anyanyulakat ($n=30$) a hőmérséklet (15, 23 és 30 °C) és a takarmányozás (ad libitum /A/ és korlátozott /R/) alapján öt csoportba osztották. Vemhesség alatt az összes nyúl 20 °C-os teremben volt, és fialáskor helyezték át őket 15, 23 vagy 30 °C-os klímakamrákba. Az anyanyulak egy részét ad libitum takarmányozták (15A, 23A és 30 A), míg a többit 15 °C-on tartották, de a napi fejadagokat úgy korlátozták, mint amennyi takarmányt a 23 vagy 30 °C-on levő anyanyulak fogyasztottak (15/23R és 15/30R). Az alomlétszámot minden csoportban hétre egalizálták. A meleg hatására, 15 °C-hoz képest 23 °C és különösen 30 °C-on, csökkent a takarmányfogyasztás (278, 261 és 185 g/nap), a tejtermelés (161, 161 és 114 g/nap), és a vízfogyasztás (521, 536 és 435 g/nap), de nőtt a víz/takarmány aránya (2.02, 1.99 és 2.53). A 23 és 30 °C-on tartott ad libitum takarmányozott nyulakkal (23A és 30 A) összehasonlítva, a 15/23R és 15/30R csoportban a tejtermelés 7,8 és 5,1%-kal csökkent, a napi vízfogyasztás 8,4 és 13,3%-kal nőtt, a víz/takarmány aránya 0,18 és 0,18-dal nagyobb lett. Megállapítható, hogy az anyanyulak takarmányfogyasztása már 23 °C-on is kissé csökkent, 30 °C-on viszont, a hőstressz hatására, a takarmányfogyasztás mellett a tejtermelés is jelentősen csökkent. A tejtermelés csökkenését döntően a kisebb takarmányfogyasztás okozta, jelentéktelen volt a hőstressz közvetlen hatása.

Effect of environmental temperature and restricted feeding on production of rabbit does

Thirty lactating New Zealand White rabbit does were divided into 5 groups according to environmental temperature (15, 23 and 30 °C) and to feed intake (ad libitum /A/ and restricted /R/). The does were kept at 20 °C during pregnancy and at kindling they were housed into climatic chambers at a temperature of 15, 23 or 30 °C. One part of the does were fed ad lib. (15A, 23A and 30 A), the others were all housed at 15 °C but they were fed the same (restricted) volume of pelleted diet as the does' intake at 23 or 30 °C (15/23R and 15/30R). The litter size was equalized to 7. Heat stress reduced the feed intake (278, 261 and 185 g/day) and the milk yield (161, 161 and 114 g/day), and water intake (521, 536 and 435 g/day) but increased the water/feed ratio (2.02, 1.99 and 2.53) in the groups of does at 15, 23 and 30 °C, respectively. On comparing the groups of rabbits housed at 23 and 30 °C fed ad lib. (23A and 30 A) and that of data obtained for 15/23R and 15/30R, it was observed that the milk production decreased by 7.8 and 5.1 %, daily water intake increased by 8.4 and 13.3 %, and the water/feed ratio was higher by 0.18 and 0.18, respectively. It can be concluded that the temperature of 23 °C affected the feed intake slightly, while at 30 °C, a significant decrease in feed consumption and milk production was also observed as a result of heat stress. At the same time, the decrease in milk production was primarily caused by lower feed consumption due to the high temperature, and the direct effect of temperature may be negligible.

Szakirodalom

Az előadást az alábbi közlemény alapján állítottam össze:

Szendrő Zs., Papp Z., Kustos K. (2018): Effect of ambient temperature and restricted feeding on the production of rabbit does and their kids. Acta Agraria Kaposváriensis 22, 1-17.

10. AZ ANYANYULAK FELNEVELÉSE CSÖKKENTETT ENERGIATARTALMÚ TAKARMÁNNYAL

ATKÁRI TAMÁS, PUSKÁS GÁBOR¹²

Bevezetés

Felnevelés alatt, vagyis választástól tenyésztésbevételeig, a leendő anyanyulakat általában *ad libitum* takarmányozzák. Ritka, hogy ebben az időszakban más takarmányt kapnak, mint általában, vagyis a gyakorlatban hízó- vagy tenésznynulaknak gyártott tápot. Ebben az esetben a tenyésztésbevétele időpontjára az anyanyulak elhízhatnak.

Mivel az első vemhesség és szoptatás alatt az anyanyulak általában negatív energiamérleget mutatnak, vagyis nem tudnak annyi takarmányt elfogyasztani, amennyi energia a vehemépítéshez és a tejtermeléshez szükséges, ezért a vemhesség végén és a laktációcsúcs környékén saját energia tartalékukat mobilizálják. A helyzetet még súlyosbítja, hogy tenyésztésbevételekor még nem érik el a kifejelettkori testsúlyt, ezért a növekedéshez is energiát igényelnek (*Xiccato*, 1996).

Ezt a problémát az ún. flushing-gal gondolták megoldani, vagyis olyan módszert próbáltak kidolgozni, hogy tenyésztésbevétele, vagy az első fialás után megemelkedjen a nyulak energia felvétele. Mivel a nyulak energiára esznek, vagyis a takarmány energiaszintjétől függ a fogyasztásuk, ezért hiába adnak nekik magasabb energiaszintű takarmányt, mert ebből kevesebbet fogyasztanak, és így a felvett energia mennyisége nem változik.

Az egyik elképzelés szerint a tenésznövendék anyanyulakat korlátozva takarmányozták, ami mindenképpen előnyös volt az elhízás megelőzése céljából. Mivel a korlátozás befejezése után a nyulak takarmányfogyasztása megnőtt, a nagyobb mennyiség miatt nagyobb lett az energiafelvétel is, ami előnyös az anyanyulak kondíciója szempontjából. A korlátozott takarmányozás mellett felnevelt nyulak, bár az első termékenyítés alkalmával még gyengén vemhesültek, kisebb volt az első alomlétszám és az anyanyulak tejtermelése, de a későbbi termékenyítések és fialások alkalmával már jobb volt a teljesítményük, az első fialáskori hátrányt ledolgozták (*Pascual és mtsai*, 2013).

¹² Olivia Kft, 6050 Lajosmizse Mizse 94.

A napi fejadag csökkentésének azonban van egy hátránya. A kisebb mennyiségű elfogyasztott takarmány miatt az emésztőrendszer úrtartalma, befogadóképessége csökken, ami bizonyos mértékig gátat szab a korlátozás utáni nagyobb fogyasztásnak.

Egy új elgondolás szerint nem a mennyiséget korlátozzák, hanem a takarmány energiaszintjét csökkentik, amit részben a rost arányának megemelésével érnek el. Az alacsony energiaszint nagyobb mennyiségű takarmány fogyasztására ösztönzi az anyanyulakat, ami miatt az emésztőrendszer kitágul, nagyobb lesz a takarmányfelvevő kapacitásuk. Az anyanyulak mégsem híznak el. Azt javasolják, hogy a nőivarú növendéknyulak a lehető leghamarabb kapjanak rostban gazdag (energiában szegény) takarmányt. Az eddigi eredmények biztatók. Ha az NDF a szárazanyag-tartalom 40%-át elérte, akkor 11-18%-kal nőtt a laktáció első szakaszában az anyanyulak takarmányfogyasztása. A gyorsan emelkedő fogyasztás miatt nőtt a tejtermelés és csökkent a szopóskori elhullás. Ugyanakkor több ellentmondó eredmény is született, amit főként a takarmányozási módszerek (életkor, rosttartalom és forrás) közötti különbségek okozhattak (*Pascual és mtsai, 2013*).

Egy üzemi szintű takarmányozási kísérlet keretében a tenyésztésbevitel előtt hosszabb vagy rövidebb időszakban etettünk a leendő anyanyulakkal energiában szegényebb és rostban gazdagabb takarmányt, és a kontroll csoporthoz viszonyítva hasonlítottuk össze az eredményeket.

Anyag és módszer

Az üzemi kísérlet nagyszámú anyanyúllal az Olivia Kft nyúltelepén történt, szokásos tartási körülmények között (egyedi elhelyezés, napi 16 órás megvilágítás, 18-23°C hőmérséklet). A nagy létszámot az indokolta, hogy nem arra voltunk kíváncsiak, hogy kis létszám mellett szignifikáns vagy nem szignifikáns különbséget kapunk, hanem arra, hogy termelő telepeken milyen különbség alakul ki, vagyis milyen mérhető előnye van a kísérleti takarmány etetésének. Választás után, 6 hetes korban tenyész-növendéknyulakból három csoportot alakítottunk ki:

- a K (kontroll) csoport választástól az első termékenyítésig hagyományos, energiában gazdagabb takarmányt kapott (A takarmány, n=9.508 anyanyúl),
- a DE-6 csoport választástól az első termékenyítésig alacsonyabb energiaszintű (rostban gazdagabb) takarmányt kapott (DE- takarmány; n=19.179 anyanyúl),

- a DE-9 csoport választástól 9 hetes korig B takarmányt, majd termékenyítésig alacsonyabb energiaszintű (DE-) takarmányt kapott (n=16.528 anyanyúl).

A takarmányokba kevert alapanyagokat és a kémiai összetételt az 1. és a 2. táblázat mutatja.

1. táblázat A kísérletben etetett takarmányok összetétele

Összetevők	Tenyész takarmány (A)	Tenyész takarmány (B)	Alacsony energia-tartalmú takarmány (DE-)
Cukorrépa szelet	6,8	6,0	9,1
Lucerna liszt	25,6	23,3	37
Extrahált napraforgó dara	17,4	14,2	8
Búza takarmányliszt	15,0	15,0	11,7
Korpa	21,2	30	26
Sun Pro 20		5,3	5,7
Széna pellet	5,0	-	.
Árpa	6,50	3,76	
Premix keverék	2,5	2,44	2,5

Annak érdekében, hogy az A és a B takarmányhoz képest a DE- takarmány energiaszintje alacsonyabb legyen a lucernaliszt arányát jelentősen, a cukorrépa szeletét kisebb mértékben megemeltük, a búza takarmányliszt- és a korpa bekeverési arányát pedig jelentősen csökkentettük (1. táblázat). Ennek eredményeként a takarmány nyersrost, savdetergens lignin, savdetergens rost és a neutrál detergens rost aránya megnőtt, az emészthető energia, különösen a kevesebb keményítő miatt, pedig lecsökkent (2. táblázat). Így végeredményben a tervezett összetételű takarmányt tudtuk a tenyésznövendék nyulakkal etetni.

2. táblázat: A kísérletben etetett takarmányok kémiai összetétele

Kémiai összetétel	Tenyész takarmány (A)	Tenyész takarmány (B)	Alacsony energia-tartalmú takarmány (DE-)
Szárazanyag, %	89,5	89,6	88,6
Nyersfehérje, %	17,6	17,9	16,4
Nyers zsír %	2,80	2,96	2,83
Nyersrost %	16,4	16,6	19,5
Keményítő, %	12,0	12,1	8,82
Lizin %	0,87	0,87	0,84
Metionin + cisztein %	0,64	0,66	0,56
Kalcium, %	1,07	1,00	1,22
Poszfor, %	0,54	0,63	0,58
ADL %	4,31	4,69	5,32
NDF %	34,1	34,1	37,1
ADF %	19,8	19,7	23,1
DE MJ/ takarmány kg	10,12	10,11	9,58

Tenyésztésbevétele követően mind a három csoport anyanyula ugyanazt az A jelű takarmányt kapta, *ad libitum*.

Az értékelés során a termelő telep jövedelmezősége alapján legfontosabb tulajdonságokat: az anyanyulak kiesését, a fialási arányt és az alomlétszámot vizsgáltuk. A három csoport átlagát χ^2 próbával és egytényezős variancia-analízissel hasonlítottuk össze.

Eredmények

A 3. táblázatban összefoglalt eredmények alapján megállapítható, hogy mindkét kísérleti csoport anyanyulai nagyobb arányban fialtak, mint a kontroll csoportban levők.

3. táblázat A három csoport fialási arányának (%) alakulása

Csoportok	Kontroll	DE-9	DE-6	P érték
Első termékenyítés	88,3 ^a	90,1 ^b	90,3 ^b	<0,001
Második termékenyítés	82,1	83,2	83,0	0,100
Harmadik termékenyítés	86,3 ^a	88,8 ^b	88,4 ^b	<0,001

A kísérlet csoportokból a három fialás alatt 4,3 és 5,1%-kal kevesebb anyanyúl esett ki, mint a kontroll csoportból (4. táblázat). A különbség mind a három fialás alkalmával szignifikáns volt. Az átlagosan nagyobb elhullás ellenére, az 1. és a 2. fialás között kisebb különbség volt a csoportok között, mint később. A kiesések fontosabb okai: rossz kondíció, pasteurellosis, talpfekély, tályog. Az alomlétszámban nem volt szignifikáns különbség a csoportok között.

4. táblázat Az anyanyulak kiesése (%) a három csoportban

Csoportok	Kontroll	DE-9	DE-6	P-érték
Az 1. és a 2. termékenyítés között	13,0 ^b	11,7 ^a	12,0 ^a	0,007
A 2. és a 3. termékenyítés között	10,4 ^c	8,2 ^b	7,2 ^a	<0,001
A 3. és a 4. termékenyítés között	7,5 ^b	5,8 ^a	5,7 ^a	<0,001
Összesen	28,0 ^b	23,7 ^a	22,9 ^a	<0,001

A kapott eredmények összhangban vannak az irodalmi adatokkal (*Pascual és mtsai*, 2013), amelyek szerint a csökkentett energiatartalmú takarmányon felnevelt anyanyulaknak hosszabb az élettartama és jobb a teljesítménye.

A jövőben célszerű lenne további vizsgálatokkal igazolni, hogy milyen szintig érdemes csökkenteni az anyanyulak felnevelése alatt adott takarmányban az energiát, annak érdekében, hogy a legkedvezőbb termelési eredményeket kapjuk.

Összefoglaló

A vizsgálat célja annak megállapítása volt, hogy milyen előnye van felnevelés alatt energiában szegény (rostban gazdag) takarmánnyal etetni a leendő anyanyulakat. Az üzemi szintű vizsgálatban 45.215 anyanyúl vett részt, három kísérleti csoportba osztva: K (kontroll) csoport választástól az első termékenyítésig hagyományos, energiában gazdagabb takarmányt kapott; a DE-6 csoport választástól az első termékenyítésig

alacsonyabb energiaszintű takarmányt fogyasztott; a DE-9 csoport pedig választástól 9 hetes korig kapta az energiában gazdag K-, majd 9 hetes kortól termékenyítésig az alacsonyabb energiaszintű DE- takarmányt. A kísérleti csoportokban a fialási arány átlagosan 2%-kal javult és a negyedik termékenyítésig átlagosan 4,7%-kal kevesebb anyanyúl esett ki. Az első eredményeket biztatónak ítélik. Javasolják, hogy a jövőben energiában még jobban csökkentett takarmány legyen kipróbálva.

Feeding of female rabbits with energy-poor diet

The aim of the study was to investigate the benefit of feeding future female rabbits with energy-poor (fiber-rich) diet before first insemination. In the field study 45,215 female rabbits were divided into three experimental groups: group K (control) received conventional, energy-rich diet from weaning till the first insemination; group DE-6 received a lower energy diet from weaning till the first insemination; DE-9 group received K diet till 9 weeks of age, and then till the first insemination the lower energy diet. In the experimental groups, the kindling rate improved by an average of 2%, and the mortality and culling rate decreased by an average of 4.7% until the fourth insemination. The first results were found encouraging. It is recommended that even more energy-reduced feed should be tested in the future.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a VEKOP 2.1.1-15-2016-00042 pályázat támogatta.

Szakirodalom

- Pascual J.J., Savietto D., Cervera C., Baselga M. (2013): Resources allocation in reproductive rabbit does: a review of feeding and genetic strategies for suitable performance. World Rabbit Sci., 21: 123-144.
- Xiccato G. (1996): Nutrition of lactating does. In Proc.: 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, 1, 29-47.

11. A KLÍMAVÁLTOZÁSRA ADOTT VÁLASZOK A TYÚKTENYÉSZTÉS TERÜLETÉN EGY HAZAI FELSŐOKTATÁSI ÉS IPARI EGYÜTTMŰKÖDÉS SZEMSZÖGÉBŐL

MILISITS GÁBOR, SERES MÁTYÁS, BÚZA GYÖRGY, ORBÁN ATTILA, SZÁSZ SÁNDOR,
FARKAS TAMÁS PÉTER, GARAMVÖLGYI ERIK, SÜTŐ ZOLTÁN^{13,14}

Bevezetés

A Föld klímájában tapasztalható változások – az átlaghőmérséklet emelkedése, valamint a szélsőséges időjárási jelenségek (aszály, árvíz, extrém hőség) előfordulási gyakoriságának növekedése – hosszútávon jelentkeznek és azok az agrártermelés minden szektorát érintik. Az állattenyésztésben, mivel a jelenlegi, nagy termelésre képes genotípusok meglehetősen szűk komfortzónával rendelkeznek, elengedhetetlennek tűnik olyan új genotípusok, valamint tartási- és takarmányozási technológiák kifejlesztése, amelyek az optimálisnál magasabb környezeti hőmérsékleten is biztosítják a magas színvonalú termelés fenntarthatóságát.

A tyúktenyésztés területén már korábban kimutatásra került, hogy a magas környezeti hőmérséklet kedvezőtlenül befolyásolja mind a brojlercsirkék, mind a tojótyúkok súlygyarapodását és termelését, különösen akkor, ha a tartásuk és termeltetésük nyitott oldalfalú épületekben valósul meg (*Fathi és mtsai, 2013*).

Az egyetlen kelet-európai tojóhibrid tenyésztő cég, a Bábólna TETRA Kft., ezért azt a célt tűzte ki maga elé, hogy – a GINOP-2.3.4-15 kutatás-fejlesztési program keretében, a Kaposvári Egyetemmel, a MATE Kaposvári Campus jogelődjével együttműködve – megpróbálja javítani az általa nemesített baromfi hibridek hőtűrő képességét annak érdekében, hogy azok minél jobban meg tudjanak felelni a piaci igényeknek. A tojótyúkok esetében ezért első lépésként feltérképeztük a jelenleg rendelkezésre álló tiszta vonalak és különböző keresztezési kombinációk pillanatnyi hőtűrő képességét, és megvizsgáltuk

¹³ Milisits Gábor, Seres Mátyás, Szász Sándor, Farkas Tamás Péter, Garamvölgyi Erik, Sütő Zoltán: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus

¹⁴ Seres Mátyás, Búza György, Orbán Attila: Bábólna TETRA Kft.

a szelekcióval történő előrehaladás lehetőségét, míg a kettőshasznosítású hibridek esetében teszteltük a kopasznnyakúságot okozó gén bevitelének hatását.

Anyag és módszer

Tojótyúkok hőtüő képességének vizsgálata

Vizsgálatainkhoz a Bábolna TETRA Kft. különböző telepeinek 3 istállójában helyeztünk el az épületek belső hőmérsékleti és páratartalmi adatainak folyamatos mérésére és rögzítésére szolgáló készülékeket, melyek 10 percenkénti gyakorisággal rögzítették az épületek aktuális paramétereit. A mérések időtartama az alábbiak szerint alakult istállónként: 1-es istálló: 2017/06/20–2018/05/03; 2-es és 3-as istálló: 2017/12/05–2018/11/15.

Az adatfeldolgozás első lépéseként kiszámítottuk a három istálló néhány fontosabb klimatikus paraméterét, majd a hőmérsékleti adatokhoz hozzárendeltük az egyes egyedek termelési adatait a hőstresszt rosszul toleráló egyedek kiszűrése érdekében. A hőstresszes időszaknak minden istálló esetében azt az időszakot tekintettük, amikor az istálló napi átlaghőmérséklete több napon keresztül, folyamatosan meghaladta a 25°C-ot. A hőstresszt rosszul toleráló egyedeknek azokat a tyúkokat tekintettük, amelyeknek a tojástermelési intenzitása legalább 20%-kal esett vissza a hőstresszes időszakban az azt megelőző periódushoz képest, és legalább 20%-kal javult a hőstresszes időszak elmúltával.

Kettőshasznosítású tyúkhibridek hőtüő képességének vizsgálata

A hőstressz-toleráló képesség vizsgálatához három genotípus (TETRA HB Color, Kopasznnyakú x TETRA HB Color [fedett nyakú] és Kopasznnyakú x TETRA HB Color [kopasznnyakú]) napocsibéit két különböző hőmérsékleten (30-32 °C-on, illetve 35-37 °C-on) fogadtuk le a tesztistállóba. A hősokkot – azaz emelt hőmérsékleten történő nevelést – a letelepítést követő 48 órában alkalmaztuk. Ezt követően minden egyedet azonos – normál technológia szerinti – hőmérsékleti viszonyok mellett neveltünk a csirkék 10 hetes életkoráig.

Eredmények

Tojótyúkok hőtüő képességének vizsgálata

A vizsgált istállók fontosabb hőmérsékleti adatait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Paraméterek	1-es istálló	2-es istálló	3-as istálló
A legkisebb napi minimum hőmérséklet (°C)	10,9	5,5	4,8
A legnagyobb napi maximum hőmérséklet (°C)	32,3	33,3	34,5
A legkisebb napi átlaghőmérséklet (°C)	16,5	7,6	5,1
A legnagyobb napi átlaghőmérséklet (°C)	28,2	28,2	28,2
A legkisebb napi hőingadozás (°C)	0,5	0,9	0,5
A legnagyobb napi hőingadozás (°C)	10,2	16,2	16,3
15°C napi átlaghőmérséklet alatti napok száma	0	80	95
25°C napi átlaghőmérséklet feletti napok száma	16	29	27

A hőstresszt rosszul toleráló egyedeknek a betelepített tyúkok létszámához viszonyított arányát vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy az egyes vonalak között jelentős eltérések vannak. Míg néhány vonal esetében egyáltalán nem találtunk a hőstresszre érzékeny egyedeket, addig más vonalak esetében ezek aránya több esetben is meghaladta a 10%-ot.

Az eredmények ismeretében azt is megnéztük, hogy a 2017. évben nem hőtűrőnek minősített tiszta vonalú egyedeknek a tenyésztésből való kizárásával hogyan változott a nem hőtűrő egyedek aránya a következő pedigre állományban. A 2. táblázat jól mutatja, hogy a szelekció eredményeként minden tiszta vonalban jelentősen – statisztikailag is igazolható mértékben – csökkent a nem hőtűrő egyedeknek az előfordulási gyakorisága.

4. táblázat A nem hőtűrő egyedek arányának alakulása a tiszta vonalakban 2017-ben és 2018-ban (%)

Év	Leghorn típus					Rhode típus			
	Vonal					Vonal			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
2017	6,1	4,0	10,8	9,7	3,0	9,3	9,1	6,0	6,1
2018	1,0	1,0	2,1	1,4	0,4	0,6	1,8	1,6	1,7
P- érték	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Kettőshasznosítású tyúkhibridek hőtűrő képességének vizsgálata

A TETRA HB Color apai vonalát heterozigóta (Na/na) kopasznyakú kakasvonallal keresztezve azt tapasztaltuk, hogy a kopasznyakúság kialakulásáért felelős domináns gént (Na) hordozó utódoknak javult a hőtoleráló képessége. Míg ezeknek a madaraknak a letelepítést követő 48 órában alkalmazott hősokk ellenére javult a 10 hetes életkorig elért súlygyarapodásuk, addig az 'Na' gént nem hordozó, homozigóta recesszív (na/na) madaraknak a hősokk hatására csökkent a súlygyarapodása a normál hőmérsékleten letelepített társaikhoz képest (3. táblázat).

A fedett és a kopasznyakú egyedekről hőkamerával készített digitális képek segítségével sikerült számszerűsíteni, hogy a 10 hetes csirkék hőleadó képességét a kopasznyakúság a testfelületen mérhető maximum hőmérsékletet tekintve min. 5%-kal, a teljes hőkép átlagát tekintve pedig legkevesebb 15%-kal képes javítani.

Érdekes volt ugyanakkor azt is megfigyelni, hogy a kopasznyakú kakasvonal használatával mindkét ivarban javult az utódok vágási kitermelése a kontrollnak tekintett TETRA HB Colorhoz képest, függetlenül a nyaktollazat meglététől, illetve hiányától.

5. táblázat A naposkori letelepítési hőmérséklet hatása TETRA HB Color és Kopasznyakú x TETRA HB Color csirkék 10 hetes kori élősúlyának alakulására

Genotípus	Ivar	Telepítéskori hőmérséklet		Különbség*	P érték
		30-32°C	35-37°C		
		10 hetes élősúly (g)			
		átlag±SD	átlag±SD		
TETRA HB Color	kakas	2688±248	2707±204	+0,7%	0,580
	jérce	2157±174	2192±155	+1,6%	0,155
Kopasznyakú x TETRA HB Color (fedett nyakú)	kakas	2903±294	2758±281	-5,3%	0,013
	jérce	2148±351	2107±400	-1,9%	0,569
Kopasznyakú x TETRA HB Color (kopasznyakú)	kakas	2934±355	2998±178	+2,2%	0,311
	jérce	1991±372	2135±383	+7,2%	0,163

*A különbség oszlopban szereplő értékek az emelt hőmérsékleten letelepített madarak élősúlyának eltérését mutatják a normál hőmérsékleten letelepített társaikhoz képest.

Saját eredményeinkhez hasonlóan, korábbi kutatási eredmények is igazolták, hogy a kopasznyakú tyúkok hőregulációja jobb a fedett nyakú társaikénál. *Monnet és mtsai.* (1979) például kimutatták, hogy a kopasznyakúság kialakulásáért felelős gént (Na) hordozó (Na/Na, illetve Na/na) csirkék rektális hőmérséklete alacsonyabb az 'Na' gént nem hordozó (na/na) társaikénál. *Yalçın és mtsai.* (1997) szintén az 'Na/na' genotípusú csirkék testhőmérsékletét találták alacsonyabbnak az 'na/na' genotípusúakhoz képest, de vizsgálatukkal ők arra is rámutattak, hogy a két genotípus közti különbség a környezeti hőmérséklet emelkedésével egyre jelentősebbé válik. *N'dri és mtsai.* (2007) pedig arra világítottak rá vizsgálatukkal, hogy a hőstressztoleráló képesség javítása érdekében a kopasznyakúság kialakulásáért felelős gén bevitelének nagyobb a jelentősége a gyors növekedésű brojlereknél, mint a lassabb növekedésű genotípusoknál.

Saját eredményeinkkel egyezően a korábbi vizsgálatok ugyanakkor azt is igazolták, hogy a kopasznyakúság kialakulásáért felelős gén bevitele nemcsak a tyúkok hőregulációjának,

hanem a vágási kihozatalának – azon belül is különösen a mell kihozatalának – a javításában is fontos szerepet játszik (Cahaner és mtsai, 2008).

Következtetések

Az eddigi eredmények azt mutatják, hogy a szelekció célravezető lehet a tojótyúkok hőtűrő képességének javításában. Ugyanakkor arra is felhívják a figyelmet, hogy az állattartó épületek műszaki állapotának, klímatechnikai felszereltségének fejlesztésével jelentősen csökkenthető az állatok hőstressznek való kitettsége.

A vizsgált kísérleti, színes tollú, nem ipari pecsenyecsirke hibrid esetében a kopasznakúságot okozó gén bevitelének kedvezőnek tűnik mind a hőtoleráló képesség, mind pedig a vágótulajdonságok javítása szempontjából.

Összefoglaló

Kutatási programunk keretében feltérképeztük a Bábolna TETRA Kft. jelenleg rendelkezésre álló tisztavonalú és különböző keresztezési kombinációkból származó tojótyúkjainak hőtűrő képességét, és megvizsgáltuk a szelekcióval történő előrehaladás lehetőségét. A nemesítő vállalat egyik kettőshasznosítású hibridje esetében a kopasznakúságot okozó gén bevitelének hatását teszteltük. Eredményeink azt mutatják, hogy a szelekció célravezető lehet a tojótyúkok hőtűrő képességének javításában, míg a kísérleti pecsenyecsirke esetében a kopasznakúságot okozó gén bevitelének kedvezőnek tűnik mind a hőtoleráló képesség, mind pedig a vágási kihozatal javítása céljából. A szelekció eredményeként a hőstresszt rosszul toleráló tojótyúkok arányát a kezdeti 3,0-10,8%-ról 0,4-2,1%-ra sikerült csökkenteni a vizsgált vonalakban, míg a kopasznakúságot okozó gén bevitelével a kettőshasznosítású csirkék hőleadó képességét a testfelületen mérhető maximum hőmérsékletet tekintve min. 5%-kal, a teljes hőkép átlagát tekintve pedig legkevesebb 15%-kal sikerült javítani 10 hetes életkorban.

Responses to climate change in the field of chicken breeding from the perspective of a Hungarian higher education and industrial cooperation

In the present study the heat tolerance of pure line and crossed laying hens of the Bábolna TETRA Ltd. was tested and the possibility of its improvement was examined. In a dual-purpose genotype the effect of the use of the naked neck gene was studied. Based on the results it was established that selection seems to be effective in the improvement of the heat tolerance of laying hens, while the use of the naked neck gene seems to be favourable for improving the heat tolerance and dressing percentage in the examined dual-purpose genotype. As a result of the selection, the proportion of laying hens poorly tolerating heat stress was reduced from the initial 3.0-10.8% to 0.4-2.1% in the studied lines, while the use of the naked neck gene improved the heat-releasing ability of dual-purpose chickens by 5% in terms of the maximum and by at least 15% in terms of the average temperature measurable on the body surface at 10 weeks of age.

Köszönetnyilvánítás

A vizsgálatok a GINOP-2.3.4-15-2016-00005 sz. projekt támogatásával valósultak meg.

Szakirodalom

- Cahaner, A., Deeb, N., Gutman, M. (1993): Effects of the plumage-reducing naked neck (Na) gene on the performance of fast-growing broilers at normal and high ambient temperatures. *Poultry Science*, 72 (5), 767-775. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0720767>
- Fathi, M. M., Galal, A., El-Safty, S. and Mahrous, M. (2013): Naked neck and frizzle genes for improving chickens raised under high ambient temperature: I. Growth performance and egg production. *World Poultry Sci. J.* 69, 813-832. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933913000834>
- Monnet, L. E., Bordas, A. and Mérat, P. (1979): Gène cou nu et performances de croissance selon la température chez le poulet. *Ann. Génét. Sél. Anim.* 11, 397-412. DOI: <https://doi.org/10.1186/1297-9686-11-4-397>
- N'dri, A. L., Mignon-Grasteau, S., Sellier, N., Beaumont, C., Tixier-Boichard, M. (2007): Interactions between the naked neck gene, sex, and fluctuating ambient temperature on heat tolerance, growth, body composition, meat quality, and sensory analysis of slow growing meat-type broilers. *Livestock Science*, 110 (1-2), 33-45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.09.025>
- Yalçın, S., Testik, A., Ozkan, S., Settari, P., Çelen, F., Cahaner, A. (1997): Performance of naked neck and normal broilers in hot, warm, and temperate climates. *Poultry Science*, 76 (7), 930-937. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/76.7.930>

12. ADAPTÁCIÓS STATÉGIÁK A SZARVASMARHA-TENYÉSZTÉSBEN AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSAIRA

HOLLÓ GABRIELLA¹⁵

Az éghajlatváltozás közvetlen és közvetett hatásai

Az éghajlatváltozás több részfolyamatot - a globális felmelegedést, a légköri CO₂-koncentráció emelkedését, az óceánok sótartalmának és pH-jának megváltozását, a vizekben az O₂ szint csökkenését, az elsivatagosodást, az erdőtüzek, súlyos viharok, (hurrikánok és hóviharak) gyakoribb létrejöttét, a megnövekedett tengervízszintet - foglal magába, és ezek a folyamatok egymással is szorosan összefüggnek. Az éghajlatváltozás a mezőgazdasági termelésre lényeges hatással bír, hiszen az éghajlat biztosítja az alapvető forrásokat (víz, napsugárzás és hőmérséklet), amelyek szükségesek a növények és állatok növekedéséhez.

Az állatok termelékenységét mindez közvetlenül és közvetett módon érinti. Közvetlen módon az állat homeosztázisára (termelés, viselkedés, egészségi állapot) hat, míg közvetett módon befolyásolja a vízhez való hozzáférést, a takarmánynövények és a takarmányok mennyiségi és minőségi tulajdonságait (*Giridhar és Samireddypalle, 2015, Bett és mtsai, 2017*). Ez utóbbiakat a széndioxid légköri szintjének növekedése, a melegebb hőmérséklet és a csapadék mennyisége, szezonaritása és változékonysága határozza meg (*Henry és mtsai, 2012*).

Az állatállományra gyakorolt közvetett hatás a világon régióként változhat, pozitívan és negatívan is. Észak-Európa, napjainkban már melegebb és nedvesebb éghajlat jeleit mutatja (*Stagge és mtsai, 2017*), ami kedvező a takarmánytermesztésre, ezen belül a gyepek növekedésére. Közép-Európában is pozitív az éghajlatváltozás hatása a takarmánynövények hektáronkénti hozamára (*Gaully és mtsai, 2013*). Ezzel szemben a trópusi és a szubtrópusi éghajlaton a tejelő szarvasmarhák termelése mintegy 40-60% - kal csökkenhet a jövőben, a mérsékelt éghajlati viszonyokon termelőkéhez képest (*Usman és mtsai, 2013*).

A klímaváltozás hatásai a szarvasmarha termelésében és szaporodásában összességében jelentős gazdasági veszteségeket okoznak, mert a nagy

¹⁵ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus

teljesítményű/termelésű állatok kevésbé képesek rugalmasan alkalmazkodni és ellenállni a legtöbb környezeti változásra. Az intenzív állattenyésztés emellett a globális felmelegedés súlyosbításában is szerepet játszik, főleg az üvegházhatású gázok, például CO₂, CH₄ és N₂O kibocsátásával, és ehhez a kérődzők mintegy 18%-ban járulnak hozzá (Knapp és mtsai, 2014).

A tanulmányban az éghajlatváltozás okozta hatásokat a szarvasmarha tenyésztés területén az irodalmi adatok tükrében értékelem, bemutatva a lehetséges megoldásokat az éghajlatváltozás okozta kihívásokra.

A hőstressz

Az éghajlatváltozás legjelentősebb hatása a megnövekedett hőhatás, ami a legelőn tartott állatfajok esetében, így a szarvasmarhánál is kiemelt fontosságú (Bernabucci és mtsai, 2010). Környezeti tényezők, például környezeti hőmérséklet, a relatív páratartalom, a napsugárzás és a szélesebbesség együttesen és egymással kölcsönhatásban is hőstressz kialakulásához vezethetnek.

A hőstressz tehát olyan összetett környezeti hatásként határozható meg, ami az állat testhőmérsékletét a fajra jellemző állandó hőmérséklet fölé emeli (Hansen, 2009). Amikor a környezet hőmérséklete az optimális zóna (termoneutrális zóna) küszöbértékei alatt vagy felett van, a termelés és annak hatékonysága háttérbe kerül, mert a testhőmérséklet fenntartása elsőbbséget élvez az előállított termék (tej, hús, vehem) előállításával szemben. Az intenzív szelekció miatt a holstein-fríz fajta tejhozama ugyan több mint kétszeresére nőtt az elmúlt 50 évben (Vanraden, 2004), de napjainkra a nagy tejtermelésű tehenek kifejezetten érzékenyek lettek a hőstresszre, ami negatívan befolyásolja az egészségi állapotot, a termékenységet és laktációs teljesítményt (Biffani és mtsai, 2016). Ennek hátterében az áll, hogy a termelési tulajdonságokra alapozott genetikai szelekció növeli az állatok érzékenységét a termikus stresszre, mert az intenzív anyagcseréből származó hőtermelés a nagyobb tejhozammal (Spiers és mtsai, 2018) és az izombeépüléssel (Mitlöhner és mtsai, 2002) együtt emelkedik.

A hőstressz miatti gazdasági veszteségek korábbi becslések szerint 897 és 1500 millió dollár közöttiek évente az USA tejágazatában (St. Pierre és mtsai, 2003). A gazdasági veszteségeket tovább növelik az üszők felnevelésének többletköltségei, a csökkent hasznos élettartam és az utódok kisebb tejhozama, valamint az, hogy a vemhesség végén

ért hőstressz negatív hatása legalább két utódgeneráción keresztül kimutatható (*Laporta és mtsai*, 2020).

Magyarországon eddig főleg szaporodásbiológiai szempontból értékelték a hőstressz hatását. Jelenleg klímaváltozást érintő kutatások a szarvasmarha fajban a Kaposvári Campus Embrió-átültető Központjában folynak. *Zubor és mtsai* (2020) első eredményei szerint a nyári hőstresszes időszakban az embrió-átültetés hatékonyabb eljárásnak bizonyult, mint a mesterséges termékenyítés. A nyári hőstresszes időszakban a mesterséges termékenyítéssel szemben, embrió-átültetéssel kedvezőbb vemhesülési eredmények érhetők el a nagy tejtermelésű holstein-fríz állományokban.

A hőstressz csökkentését célzó technológiai megoldások (hűtés, szellőzés, istálló kialakítása, a takarmányozás és a menedzsment javítása) általában teljesen nem tudja kiküszöbölni a hőterhelést, ugyanakkor a termelés költségét megnöveli (*Stowell és mtsai*, 2009). A nyári időszakban így a nagytermelésű állományok termelését a hőstressz továbbra is veszélyezteti. A hőstressz megelőzéséről és mérséklésének lehetőségeiről a tejelő szarvasmarha esetében korábban már *Kovács és Kovács* (2012), *Nagy és mtsai* (2015) és *Bakony és mtsai* (2019) adtak áttekintést.

A húsmarha és hízómarha esetében a hőstressz okozta termelési veszteségek kisebbek, mint a tejelő állományokban, aminek több oka van pl. a nagyobb testfelület/élő súly arány, kisebb glükóz igény és bendő hőtermelés, végsősoron a szervezet kisebb metabolikus hőtermelése. Ezen kívül a hőstressz hatása a szaporodásra sem annyira hangsúlyos, mint a tejelő szarvasmarháknál, a húsmarháknál alkalmazott szezonális termékenyítés miatt.

Az éghajlatváltozásra adott válaszreakciók

A védekezési stratégiák esetében az állat saját védekezési mechanizmusairól és az emberi beavatkozásnak köszönhető válaszreakciókat különíthetjük el. A tenyésztők kétféle módon alkalmazkodhatnak az éghajlatváltozáshoz. A környezetet vagy az állatok szükségletéhez igazítják pl. ez jellemző az intenzív állattenyésztési rendszerekre, vagy olyan állatokat tenyésztenek, amelyek alkalmazkodnak az adott környezethez, pl. a helyi fajták alkalmazása, általában extenzív (legeltetési) körülmények között.

Saját védekezési mechanizmus

Morfológiai alkalmazkodás (adaptáció)

A szőrtakaró az védőréteg, ami a napsugárzás közvetlen hatásaival szemben védelmet nyújt. A termotoleráns szarvasmarha alacsonyabb hőtermelésű és így jobban képes a hőtermelést szabályozni vagy pedig a hőleadása jobb. A hőszabályozás meghatározói közül: az állat szőrének színe (pigmentáció) és hosszúsága, a verejtéktermelése, az izzadással és a zihálással leadott hőveszteség nagysága határozza meg az egyed morfológiai adaptációjának sikerességét. A trópusok honos fajtáit, rövid szőr, vékony bőr és kevesebb egységnyi területre jutó szőrtüsző szám, ugyanakkor nagyobb verejtékmirigy sűrűség jellemzi, valamint vékony lábúak és kevesebb bőr alatti faggyúréteget deponálnak (*Fanta és mtsai, 2017, Sejian és mtsai, 2018*).

Viselkedésbeli alkalmazkodás

A viselkedési válaszreakciók a hőstressz elleni akklimatizációs folyamatban játszanak szerepet. A leggyakoribb viselkedés az árnyék keresése, csökkent takarmányfelvétel, gyakoribb és fokozott vízfogyasztás, megnövekedett állási idő, csökkent fekvési idő, és a gyakoribb széklet és vizelet ürítés (*Sejian és mtsai, 2018*). A tejelő szarvasmarha, ha a levegő hőmérséklete meghaladja a 21°C-ot, árnyékot keres, és az árnyékban tartózkodás időtartama egyenes arányban nő a levegő hőmérsékletének és a napsugárzás idejének növekedésével. Mindez azonban csökkenti a legelési időt, és végsősoron emiatt csökken az egyed (tej)termelése.

Élettani alkalmazkodás

Ez az egyik elsődleges válaszmechanizmus, amely elősegíti a hőstresszes állatok életben maradását. A felesleges testhő elvezetését a környezetbe a megnövekedett légzésszám, a rektális hőmérséklet, a pulzusszám, a bőrhőmérséklet emelkedése és izzadása jelzi. A fiziológiai válaszok közül a légzésszám és a rektális hőmérséklet éppen ezért ideális indikátora a hőstressz értékelésére szarvasmarhában (*Li és mtsai, 2020*).

A hőstressz első következménye a takarmányfelvétel csökkenése, mivel a magas környezeti hőmérséklet negatívan befolyásolja a hipotalamusz étvágyközpontját. A takarmányfelvétel csökkentésének célja az anyagcsere miatti hőtermelés mérséklése. Tejelő teheneknél a takarmányfelvétel már 25–26°C körüli környezeti hőmérsékleten csökken és a 40%-ot is eléri 40°C-on (*Rhoads és mtsai, 2013.*). A másik válasz a hőterhelésre a perifériás kortizolszint emelkedése (*Sejian és mtsai, 2018*). Tejelő teheneknél a kortizol magas szintje immunszuppressziót okoz, gátolja a T-sejtek,

citokinek termelését, a fagocitózist, és néhány látens vírus emiatt újraaktiválódhat a szervezetben. A hőstressz hatására megkezdődik az ún. hősokk fehérjék (heat shock proteinek HSP) termelése (*Bagath és mtsai, 2019*). A perifériás vér mononukleáris sejt proliferációja jelzője lehet a hősokk fehérjék aktiválódásának (*Kim és mtsai, 2020*).

A hőstressz hosszútávú hatása a magzat későbbi életében is kimutatható, pl. az első laktáció idején kisebb tejhozam a jellemző (*Dahl és mtsai, 2016*), de a méhen belüli hőstressz hatásnak kitett állatok később jobban képesek a testhőmérsékletük szabályozására hőstresszes időszakban (*Ahmed és mtsai, 2017*). Az éghajlatváltozás közvetett hatásának vizsgálata az ivadékokban - különös tekintettel nem a DNS szekvenciában okozta változásokra, hanem a fenotípusos jellemzők eltéréseire (epigenetikai hatások) - a jövő fontos kutatási területe.

Metabolikus alkalmazkodás

Sejian és mtsai (2018) szerint a metabolikus szinten történő alkalmazkodás az egyik legfontosabb adaptációs módszer a hőstressz kezelésében, ami az anyagcsere hőtermelésének szabályozására irányul. A trópusi fajták kisebb mérete is valószínűleg ezt a természetes adaptációt tükrözi, egyrészt a rendelkezésre álló rosszabb minőségű és kevesebb takarmányforrás a kisebb testméretű egyedek túlélését segítette, másrészt a kis testméret korlátozott anyagcsere igényt is feltételez, aminek a hőtermelése is alacsonyabb. A hőstressz hatására ugyanis a szabad zsírsavak koncentrációja csökken a vérben, így biztosítva a megnövekedett glükózfelhasználást, melynek eredménye a kisebb metabolikus hőtermelés (*Sejian és mtsai, 2018*).

A bendő zsírsavösszetétele is fontos jellemzője a kérődzők energiaellátásának. A nagyobb propionsav termelés, kisebb ecetsav/propionsav arány a bendőben a klímaváltozásra adott válasz esetén is kedvező, ugyanis ez kevesebb metántermelést eredményez (*Chen és mtsai, 2020*).

Sejt szintű és molekuláris alkalmazkodás

A hőstressz összetett sejt -és molekuláris szintű válaszreakciót eredményez. A termikus alkalmazkodást a nagyobb hősokk fehérje-szintek (HSP) jelzik, amelyek ún. sejt hőmérőnek tekinthetők (*Sejian és mtsai, 2018*). A sejtek jobban alkalmazkodnak a termikus stresszhez, ha a HSP koncentrációja nagy, és annál érzékenyebbek, minél kisebb a HSP szint. *Basirico és mtsai (2011)* kimutatták, hogy nagyobb a HSP 70 expresszió a hőtoleráns fajtákban. Hőstressz a kérődzők veleszületett immunfunkcióit is gátolja, annak

révén, hogy a TLR-ek (toll-like receptors) azaz a toll-szerű receptorok (interleukin 1 β , a TNF-a, az interferon-p és a-interferon) működését akadályozza (Bagath és mtsai, 2019).

Betegségekkel szembeni tolerancia jelentősége

Ismert, hogy a légköri CO₂-szint módosulása a takarmánynövények minőségét és mennyiségét befolyásolja, a rosszabb mennyiségű és minőségű takarmány pedig negatívan hat az állatok egészségére, így azok fogékonyabbak lesznek a fertőzésekre. Az éghajlati viszonyok megváltozása lehetővé teszi a fertőző betegségek (malária, Rift-völgyi láz) és vektoraik: a szúnyogok és a kullancsok világszerte történő elterjedését (Dantas-Torres, 2015). Más betegségek (pl. leishmaniosis) előfordulása a klímaváltozásnak köszönhetően viszont csökkenhet a jövőben (Purse és mtsai, 2017). Ezenwa és mtsai (2020) véleménye szerint az éghajlatváltozás hatására például: a bélférgek, valamint a mastitist okozó baktériumok fertőzőképessége megnövekszik a jövőben, és - mint ördögi kör - mindezek a bendő metántermelését tovább fokozzák.

Külső (ember által irányított) védekezési stratégia

Genetikai alkalmazkodás fejlesztése

Egyre több bizonyíték van arra, hogy a szarvasmarha hőstresszre adott válaszában a genetikai háttérnek szerepe van, ezért a termotolerancia javítása érdekében lehetséges a genetikai szelekció (West, 2003; Nguyen és mtsai, 2017). A *Bos indicus* és a *Bos taurus* szarvasmarhák különböző éghajlatú országokból származnak, ennek köszönhetően a trópusi területek *Bos indicus* fajtái (zebu) termotoleráns génekkel rendelkeznek (Hansen, 2004).

A senepol fajta az Egyesült Államok Virgin-szigetein tenyésztett kompozit fajta (Flori és mtsai, 2012). A senepol és annak holstein-fríz, charolais és angus keresztezései hasonló hőtűréssel rendelkeznek, mint a *Bos indicus* fajták. Ezen kívül léteznek még olyan szarvasmarhafajták (carora, criollo, sanga, romosinuano), amelyeknél a termotoleráns géngyakoriság nagyobb. Az egzotikus fajtákkal való keresztezést először a termelékenység javítása érdekében alkalmazták, pl. Afrika keleti részén Kenyában, ayrshire, holstein-fríz, jersey és guernsey szarvasmarhákkal keresztezték a zebu állatokat (Bebe és mtsai, 2003). Az ausztrál tejhasznú zebu esetében sahiwal és red sindhi bikákkal jersey teheneket fedeztek elsősorban a tejtermelés javítására, de ma már inkább előtérbe került a fajta jó hőtűrése és a kullancs ellenállósága (Stephens, 2006).

A santa gertrudis, a 3/8 zebu és az 5/8 shorthorn hibrid, amelyet az USA-ban, Texasban fejlesztettek ki, kiváló húsmarha, és széles körben tenyésztik trópusi és szubtrópusi országokban is. A droughtmaster, főleg az ausztráliai Queensland-ben kifejlesztett kompozit fajta főleg brahman és shorthorn fajták keresztezéséből, ami minőségi marhahúst állít elő jó reprodukciós teljesítményekkel. Jelentős előnye, hogy jól kezelhető, a hőtűrése és szárazságtűrése kiváló és kullancsal szemben ellenálló. Úgy tűnik ezek alapján, hogy a meleg égövi szarvasmarhafajtákkal történő keresztezéssel a hőstressz iránti tolerancia a tejelő szarvasmarha esetében is javítható. A módszer viszont csak akkor hatékony a gyakorlatban, ha a két fajta között a tejtermelésben nincs számottevő különbség.

A mérsékelt éghajlaton tenyésztett fajták közül a jersey jobb hőterhelésű, mint a holstein-fríz fajta (*Sharma és mtsai*, 1983). A szimmentáli szarvasmarha fajta hőszabályozási képessége pedig jobb, mint az angus fajtáé. Ezek a fajta különbségek összefüggésben vannak a takarmányfelvétellel, a növekedési eréllyel és a tejhozammal. Az alacsonyabb testhőmérsékletre - így a jobb hőtűrőképességre - történő szelekció fő gátja sajnos az, hogy az alacsonyabb testhőmérséklet és a tejtermelés közötti kapcsolat pozitív, vagyis a kisebb tejtermelés alacsonyabb testhőmérséklettel is párosul.

Másik módszer a termotolerancia javítására specifikus allélek meghatározása a génen, amelyek növelik a hőstressz elleni védekezést, és a test hőszabályozó képességét, hőhatás esetén pedig stabilizálják a sejtek működését. Ezek olyan állományokba is átvihetőek, ahol ez a változat nincs jelen. Mindez az újonnan kifejlesztett gén editing (gén szerkesztés) módszerével történhet meg (*Hansen*, 2020).

A szarvasmarha esetében a termotolerancia kapcsán elsőként azonosították a szőrhosszúságot meghatározó ún. *slick hair* gént. A rövid, vékony szőrt meghatározó gén jelenléte a senepol criollo és carora szarvasmarha fajtákban van jelen és megléte - a kisebb testhőmérséklet biztosítása révén - jelentősen csökkenti a hőstressz mértékét. Kimutatták, hogy a keresztezett borjak testhőmérséklete mintegy 0,18 és 0,4°C-kal kisebb, mint a normál szőrzetű társaiké.

A *Nramp1* (Natural resistance associated macrophage protein 1) az ún. természetes rezisztenciával összefüggő makrofág fehérje 1gén, ami a makrofágok (falósejtek) antimikrobiális aktivitását szabályozza. Nemrégiben a *Nramp1* mikroszatellit polimorfizmusa révén megállapították, hogy ez összefüggésben van a *Brucella*-val szembeni érzékenységgel (*Adams és Templeton*, 1998), valamint a *Salmonella*,

Paratuberculosis (*Pinedo és mtsai, 2009*) fertőzés lefolyásával a szarvasmarha esetében (*Ganguly és mtsai, 2008*).

A prolaktinban (PRL) és a prolaktinreceptorban (PRLR) kimutatott egy pontos (single) mutáció is szerepet játszik a szarvasmarha szőr pigmentáció és szerkezeti jellemzői kialakításában (*Littlejohn és mtsai, 2014*).

Ettől eltekintve más gének, például az ATPáz Na⁺/K⁺ alfa 1 és béta 2 szállító alegység, a pajzsmirigy hormon receptor, a fibroblaszt növekedési faktor és a hősokk fehérjék szállítója is mutat összefüggést a termotoleranciával. Ez utóbbi közül a HSP70 fehérjecsald szerepe kiemelkedő a termotoleranciára irányuló szelekcióban, mivel igazolták, hogy domináns szerepe van a szervezet egyensúlyi állapotának fenntartásában magas hőterhelésnek kitett állatokban. A különböző nukleotid variációk a gén 5' végénél és a promoter régióban több termelési és reprodukciós tulajdonsággal (választási élősúly, vemhesülési százalék és fertilitás) is kapcsolatban vannak, így ennek alapján szelekció végezhető (*Hassan és mtsai, 2019*).

Tenyészcél, szelekciós indexek

A klímaváltozásnak az állatokra gyakorolt közvetlen hatása valószínűleg nem lesz jelentős, addig, amíg a hőmérséklet-emelkedés nem haladja meg a 3°C-ot (*Easterling és mtsai, 2007*), ennek ellenére a hőtűrőképességre irányuló szelekcióra már ma szükség van. Mindez feltételezi, hogy a szelekciós indexben a hőtűrőképesség megjelenjen, és nagyobb figyelmet kell fordítani a genotípus és környezet interakció hatásának vizsgálatára. Ennek alapján választhatók ki ugyanis azok az egyedek, amelyek leginkább alkalmazkodnak a megváltozott éghajlati körülményekhez. A klímaváltozáshoz alkalmazkodó tenyésztési stratégia tehát nem különbözik alapvetően a mai meglévő tenyésztési programoktól. Az elmúlt évtizedben ugyanis a tenyésztési cél a tenyésztési programok szelekciós indexeiben kibővült és a termelés javítása/fenntartása mellett, az élettartam és a funkcionális tulajdonságok javítása is kiemelten fontos lett a tejtermelő fajtákban (*Wall és mtsai, 2008*). Egyes indikátorok, például a rektális hőmérséklet öröklődhetősége az amerikai holstein-fríz esetében már ismert a h^2 értéke: 0,13 és 0,17 között van (*Dikmen és mtsai, 2013*).

A termelékenység növelése az állattenyésztési ágazatban egyébiránt azért is szükséges, hogy az állati termék-előállítás környezeti lábnyoma kisebb legyen. A termelékenység javítására minden olyan szelekciós módszer ajánlott, amelynek révén csökken az elhullás, a korai ivarérés elérhető, javítja a termékenységet és biztosítja a hosszú élettartamot,

ezzel is hozzájárulva az üvegházhatású gázok csökkentéséhez egységnyi kibocsátásra vetítve (*Hoffmann, 2010*). A kérődzők jövőbeli szelekciójában, a bendőműködés összetevői (mikrobiómok), a takarmányok hasznosulása és a betegségekkel szembeni ellenálló képesség kiemelten fontos tényezőknak számítanak.

A termékenység javításának egyik lehetősége az első ellési életkor csökkentésére irányuló szelekció (*Flachowsky és Brade, 2007*). Egyes vélemények szerint a jövőbeni tejtermelés inkább legelőre alapozott lesz, ennek megfelelően *Hayes és mtsai (2009)* olyan apák kiválasztását javasolták, amelyeknek a lányai jobban alkalmazkodnak az alacsonyabb takarmányozási szinthez és a magasabb hőstresszhez. Felismerve, hogy a hatékonyabb takarmányértékesítés egyben költséghatékonyabb és termelékenyebb állatot is jelent, ez a tulajdonság az ausztrál húsmarhatenyésztők tenyésztési programjába már beépítésre került.

Ez utóbbi fontosságát *Alford és mtsai (2006)* már korábban javasolták, feltételezésük szerint, a metánkibocsátás mértéke 25 év alatt akár 16%-kal is csökkenthető, ha a reziduális takarmányfelvétel bekerül a marhahús-előállítás szelekciós programjába.

A klímaváltozás okozta hőstressz kezelése

A szélsőséges hőterhelésnek kitett állatállomány esetében a környezetük és a takarmányozásuk megváltoztatásával lehet mérsékelni a hőstressz hatását. Az árnyékolás, a párásítás és a ventilátorok alkalmazása mellett a megfelelő mennyiségű és hőmérsékletű ivóvízhez való hozzáférés biztosítása a legfontosabb (*Gaughan és mtsai, 2010*). A tejelő szarvasmarhák vízfogyasztása meleg, párás napokon 20–50%-kal növekedhet, ezért elengedhetetlen a szarvasmarhák korlátlan vízellátása (*Wolfe és mtsai 2008*).

Alacsonyabb költséggel járó beavatkozások a következők: a túlsúlyfolság csökkentése, rövidebb tartózkodási idő a napon és a megfelelő árnyék(olás) biztosítása. A mérsékelt költséggel járó intézkedések közé tartozik a szigetelés, a jobb szellőzés és ventilátoros rendszerek, és párásítók felszerelése. A magasabb költségigénnyel jár az új épület tervezése és kivitelezése, ill., termosztáttal vezérelt légkondicionáló rendszerek telepítése (*Wolfe és mtsai, 2008*).

Az etetési időszakok és takarmányadagok módosítása, például az etetés időzítése hűvösebb napszakban és a könnyen emészthető takarmányok arányának növelése ajánlatos. *Orosz és mtsai (2017)* szerint Magyarországon a silókukorica részleges

leváltására olyan tömegtakarmányokat érdemes keresni, melyek legalább megközelítik a kukoricaszilázs energiatartalmát. A cirokfélék kiváló szárazságtűrése pozitívum a klímaváltozás szempontjából, viszont jelentős rosttartalmuk és gyengébb rostemészthetőségük révén energiatartalmuk elmarad a kukoricaszilázshoz képest. Ennek kiküszöbölésére, viszont ma már vannak olyan cirokfélék (BMR), melyek kisebb lignintartalommal, speciális lignin-cellulóz-hemicellulóz keresztkötésekkel rendelkeznek és emészthetőségük kedvezőbb. A klímaváltozásból adódó nehézségek szempontjából az olyan őszi vetésű tömegtakarmányok is megoldást jelenthetnek, melyek képesek hasznosítani a téli csapadékot és a nyári (június-augusztus) meleg időszak előtt betakarításra kerülnek, csökkentve ezzel a takarmányhiány kockázatát (*Orosz és mtsai, 2017*). Jelenleg, új olaszperje fajták és hibridek (édes szilázsfüvek) és a szilázsok tejelő tehenek takarmányozásába történő beillesztéséről folynak magyarországi kutatások.

A takarmányadagban a nagyobb fehérje- és energiatartalmú takarmányok kompenzálhatják az alacsonyabb takarmány felvételt a hőstressz alatt, és egyben ezek a takarmányok a metabolikus hőtermelést is csökkentik. Az A-, C-, és E-vitamin-kiegészítés, bizonyos ásványi anyagok (pl. cink, szelén) segíthetnek az oxidatív stressz enyhítésében és fokozzák az immunrendszer aktivitását (*Das és mtsai, 2016*). A hőstressz esetén előnyös lehet a glükóz-tartalmú takarmányok etetése, ugyanis a hőstressz növeli az inzulinérzékenységet. A króm esetében kimutatták, hogy takarmányba keverve a hőstresszes állatok termelési paramétereit (tejtermelés, vemhesülési százalék) és kondícióját lényegesen javítja (*Rhoads és mtsai, 2013*).

A metánkibocsátás csökkentése érdekében hazánkban is elindult az ún. Kék-Fehér-Szív mozgalom (a Bleu-Blanc-Coeur francia, majd nemzetközi mozgalom keretein belül), ami a minőségi tejtermelés célkitűzése mellett, a környezet-föld iránti elkötelezettséget hirdeti. Ennek keretében például a tejelő marhák takarmányozásában speciális lenmag alapú takarmányozást javasolnak (URL¹), mivel a lenmagalapú takarmányozás előnye, hogy a bendő protozoa tartalmát csökkenti, ezáltal mintegy 30%-kal csökken a metánkibocsátás.

Következtetések

A hőstresszel szemben számos saját védekezési mechanizmus ismert a szarvasmarha esetében. Ezek ismeretében lehetséges olyan fajták, típusok kialakítása a jövőben, amelyek rugalmasan képesek alkalmazkodni az éghajlatváltozás kapcsán megnövekedett hőterhelésre, anélkül, hogy az a teljesítményüket és a metánkibocsátásukat lényegesen

befolyásolná. A hőstressz enyhítésére számos takarmányozási, tartási és technológiai eljárás ismert, melyek az állati jólét és a termelési szint fenntartását célozzák meg. A jövőben, az éghajlatváltozás ivadékokra gyakorolt közvetett hatásainak vizsgálata fontos kutatási célkitűzés lenne hazánkban is.

Összefoglaló

Az éghajlatváltozást okozó időjárási szélsőségek (hőhullámok, viharok, hurrikánok, erdőtüzek, hóviharak) gyakorisága az elmúlt 20 évben jelentősen megnőtt. Nyilvánvaló, hogy a klímaváltozás és kiemelten a hőstressz, közvetlenül és közvetve egyaránt befolyásolja a szarvasmarha jólétét és termelékenységét, ennél fogva a gazdálkodás jövedelmezőségét is. Ezért az éghajlat közvetlen és közvetett hatásának részletes vizsgálata a szarvasmarha-tenyésztésben is, alapvető fontosságú. A legújabb adatok szerint a közvetett hatása az állattenyésztésre és ezen belül a szarvasmarha-tenyésztésre valószínűleg messze felülmúlhatja a közvetlen hatásokat. A szélsőséges éghajlati viszonyokhoz rugalmasan alkalmazkodó állomány kiválasztása lehet az egyik stratégia, amely biztosítja a szarvasmarha-tenyésztés biológiai alapjait a jövőben is.

Summary

Adaptation strategies on climate change impacts in cattle breeding

The frequency of weather anomalies (heat waves, storms, hurricanes, forest fires, snowstorms) that cause climate change has increased significantly over the last 20 years. It is clear that climatic change and particularly heat stress will both directly and indirectly influence cattle welfare, productivity and profitability as well. A detailed studies of the direct and indirect climate impact also on cattle breeding is therefore essential. Recent data indicate that the indirect impacts of heat stress on animal husbandry and within on cattle breeding probably far-outweigh the direct effects. Selection on high resilience capacity herd that adapts to extreme climatic conditions could be one of the strategies that will provide the biological basis for cattle husbandry in the future.

Szakirodalom

- Adams L.G., Templeton J.W.(1998): Genetic resistance to bacterial diseases of animals. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot., 17, 200–219.
- Ahmed B.M.S., Younas U., Asar T.O., Dikmen S., Hansen P.J., Dahl G.E.(2017): Cows exposed to heat stress during fetal life exhibit improved thermal tolerance. J. Anim. Sci., 95, 3497–3503.
- Alford A.R., Hegarty R.S., Parnell P.F., Cacho O.J., Herd R.M., Griffith G.R.(2006):The impact of breeding to reduce residual feed intake on enteric methane emissions from the Australian beef industry. Austr J Exp Agri., 46, 813–820.
- Bagath M., Krishnan G., Devaraj C., Rashamol V.P., Pragna P., Less A.M., Sejian V.(2019): The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: a review. Res. Vet. Sci., 126, 94–102.
- Bakony M., Könyves L., Hejler P., Kovács L., Jurkovich V.(2019): Hőstressz tejelő tehenekben I. A tejtermelés-csökkenés hátterében álló élettani tényezők. Irodalmi összefoglaló. Magyar Állatorvosok Lapja, 141, 341-350.
- Basirico L, Morera P, Primi V, Lacetera N, Nardone A, Bernabucci U. (2011): Cellular thermotolerance is associated with heat shock protein 70.1 genetic polymorphisms in Holstein lactating cows. Cell Stress Chaperones. 16, 441–448. 10.1007/s12192-011-0257-7.
- Bebe B.O., Udo H.M.J., Rowlands G.J., Thorpe W.(2003):Smallholder dairy systems in the Kenya highlands: breed preferences and breeding practices. Livest Prod Sci., 82, 117–127.
- 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.
- Bett B., Kiunga P., Gachohi J., Sindato C., Mbotha D., Robinson T., Lindahl J., Grace D.(2017): Effects of climate change on the occurrence and distribution of livestock diseases. Prevent. vet. med., 137. 119-129.

- Biffani S., Bernabucci U. Vitali A. Lacetera N., Nardone. A.(2016): Short communication: effect of heat stress on nonreturn rate of Italian Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 99, 5837–5843.
- Chen J., Harstad O.M., McAllister T., Dörsch P., Holo, H.(2020): Propionic acid bacteria enhance ruminal feed degradation and reduce methane production in vitro. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — animal science.* 69, 169–175.
- Dahl G.E., Tao S., Monteiro A.P.A. (2016): Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves. *J. Dairy Sci.* 99, 3193–3198.
- Dantas-Torres F.(2015): Climate changes, biodiversity, ticks and tick-borne diseases: the butterfly effect. *Int. J. Parasitol., Parasites and Wildlife.* 4, 452–461.
- Das R., Sailo L., Verma N., Bharti P., Saikia J., Imtiwati J., Kumar R.(2016): Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: a review. *Veterinary World*, 9, 260–268.
- Dikmen, S., Cole, J.B., Null, D.J., Hansen, P.(2013): Genome-wide association mapping for identification of quantitative trait loci for rectal temperature during heat stress in Holstein cattle. *PLoS One* 8, e69202. 10.1371/journal.pone.0069202
- Easterling W.E., Aggarwal P.K., Batima P., Brander K.M., Erda L., Howden S.M., Kirilenko A., Morton J., Soussana J.F., Schmidhuber J., Tubiello F.N.(2007): Food, fibre and forest products. In: Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J., Hanson C.E. (eds) *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.* Cambridge University Press, Cambridge, 273–313.
- Ezenwa V.O., Civitello D.J., Barton B.T., Becker D.J., Brenn-White M., Classen A.T., Deem S.L., Johnson Z.E., Kutz S., Malishev M., Penczykowski R.M., Preston D.L., Vannatta J.T., Koltz A.M.(2020): Infectious diseases, livestock, and climate: a vicious cycle? *Trends in Ecology and Evolution*, 35, 959-962.
- Fanta, M. (2017): Physiological adaptation of Holstein Frisian dairy cattle in Ethiopia: review article. *J. Biol. Agric. Health.*, 7, 67–78.
- Flachowsky G, Brade W.(2007): Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. *Züchtungskunde*, 79, 417–465.
- Flori L., Gonzatti M. I., Thevenon S., Chantal I., Pinto J., Berthier D., Aso P.M., Gauthier M.(2012): A quasi-exclusive European ancestry in the Senepol tropical cattle breed highlights the importance of the slick locus in tropical adaptation. *PLoS One* 7:e36133. 10.1371/journal.pone.0036133
- Ganguly I., Sharma A., Singh R., Deb S.M., Singh D.K., Mitra A.(2008) Association of microsatellite (GT) polymorphism at 3' UTR of NRAMP1 with the macrophage function following challenge with *Brucella* LPS in buffalo (*Bubalus bubalis*). *Vet Microbiol.*, 129, 188–196.
- Gaughan J.B., Bonner S., Loxton I., Mader T.L., Lisle A. Lawrence R.(2010): Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. *J Anim Sci.*, 88, 4056–4067.
- Gauly M., Bollwein H., Breves G., Brügemann K., Dänicke S., Daş G., Demeler J., Hansen H., Isselstein J., König S., Lohölter M., Martinsohn M., Meyer U., Potthoff M., Sanker C., Schröder B., Wrage N., Meibaum B., Von Samson-Himmelstjerna G., Stinshoff H., Wrenzycki C.(2013): Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe - A review. *Animal* 7, 843–859.
- Giridhar K., Samireddypalle A. (2015): Impact of climate change on forage availability for livestock. In: *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation.* Springer, New Delhi, 97-112.
- Hansen P.J.(2004): Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Anim. Reprod. Sci.*, 82, 349–360.
- Hansen P.J.(2020): Prospects for gene introgression or gene editing as a strategy for reduction of the impact of heat stress on production and reproduction in cattle. *Theriogenology.* 154. 190-202.
- Hassan F.U., Nawaz A., Rehman M.S., Ali M.A., Dilshad S.M.R., Yang C.(2019): Prospects of HSP70 as a genetic marker for thermo-tolerance and immuno-modulation in animals under climate change scenario. *Anim Nutrition*, 5, 340-350.
- Hayes B., Bowman P., Chamberlain A., Goddard M. (2009): A validated genome wide association study to breed cattle adapted to an environment altered by climatic change. *PLoS ONE.* 4:e6676. doi.org/10.1371/journal.pone.0006676

- Henry B., Charmley E., Eckard, R., Gaughan, J.B., Hegarty, R.(2012): Livestock production in a changing climate: Adaptation and mitigation research in Australia. *Crop Pasture Sci.*, 63, 191–202.
- Hoffmann I.(2010):Climate change and the characterization, breeding and conservation of animal genetic resources. *Anim Genet.*, 41, 32–46.
- Knapp, J.R., Laur, G., Vadas, P.A., Weiss, W.P., Tricarico, J.M.(2014): Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *J. Dairy Sci.*, 97, 3231–3261.
- Kovács A., Kovács L.(2012): A hőstressz megelőzésének és mérséklésének módszerei. A tejelő szarvarmarhatartásban. Irodalmi áttekintés. 1. Közlemény: a hőstressz jelei és következményei. *Animal welfare etológia és tartástechnológia*, 8, 44-59.
- Laporta J., Ferreira F.C., Ouellet V., Dado-Senn B., Almeida A.K., De Vries A., Dahl G.E.(2020): Late-gestation heat stress impairs daughter and granddaughter lifetime performance. *J. Dairy Sci.*, 103, 7555–7568.
- Li G., Chen S., Chen J., Peng D., Gu X.(2020): Predicting rectal temperature and respiration rate responses in lactating dairy cows exposed to heat stress. *J. Dairy Sci.*, 103, 5466-5484.
- Littlejohn, M.D., Henty, K.M., Tiplady, K., Johnson, T., Harland, C., Lopdell, T., Sherlock R.G., Li V., Lukefahr S.D., Shanks B.C., Garrick D.J., Snell R.G., Spelman R.J., Davis S.R.(2014): Functionally reciprocal mutations of the prolactin signalling pathway define hairy and slick cattle. *Nat. Commun.* 5, 5861. doi: 10.1038/ncomms6861.
- Mitlöhner F.M., Galyean M.L., McGlone J.J.(2002): Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *J. Anim Sci.*, 80, 2043-2050.
- Nagy Sz.T., Pál L., Farkas V., Husvéth F. (2015): Az éghajlatváltozás hatása gazdasági állatainkra. *Magyar Tudomány*, 5, 553-558.
- Nguyen, T.T.T., Bowman, P.J., Haile-Mariam, M., Nieuwhof, G.J., Hayes, B.J., Pryce, J.E.(2017): Short communication: Implementation of a breeding value for heat tolerance in Australian dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 100, 7362–7367.
- Orosz Sz., Horváthné Kovács B. - Kruppa J. - Ifj. Kruppa J. - Iván F. - Hoffmann R. (2017): Húshasznú tehenek, növendék- és hízó marhák hazai tömegtakarmány-ellátása a klímaváltozás tükrében. 66. 365-382.
- Pinedo P.J., Buergelt C.D., Donovan G.A., Melendez P., Morel L., Wu R., Langae T.Y., Rae D.O.(2009): Candidate gene polymorphisms (BoIFNG, TLR4, SLC11A1) as risk factors for paratuberculosis infection in cattle. *Pre Vet Med.*, 91, 189–196.
- Purse B.V., Masante D., Golding N., Pigott D., Day J.C., Ibañez-Bernal S., Kolb N., Jones L.(2017): How will climate change pathways and mitigation options alter incidence of vector-borne diseases? A framework for leishmaniasis in South and Meso-America. *PLoS ONE*. 12:e0183583. doi: 10.1371/journal.pone.0183583
- Rhoads R.P., Baumgard L.H., Suagee J.K., Sanders S.R.(2013): Nutritional interventions to alleviate the negative consequences of heat stress. *Adv Nutrition*, 4, 267–276.
- Sejian V., Bhatta R., Gaughan J.B., Dunshea F.R., Lacetera N. (2018): Review: adaptation of animals to heat stress. *Animal*, 12, S431–444.:
- Sharma A.K., Rodriguez L.A., Mekonnen G., Wilcox C.J., Bachman K.C., Collier R.J.(1983): Climatological and genetic effects on milk composition and yield. *J Dairy Sci.*, 66, 119–126.
- Spiers, D.E., Spain J.N., Ellersieck M.R., Lucy. M.C.(2018): Strategic application of convective cooling to maximize the thermal gradient and reduce heat stress response in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 101, 8269–8283.
- Stagge J.H., Kingston D.G., Tallaksen L.M., Hannah D.M.(2017): Observed drought indices show increasing divergence across Europe. *Scientific Reports*, 7, 140-145.
- Stephens M.(2006): Handbook of Australian livestock/photography, 5th ed. Australian Meat and Livestock Corporation, Sydney
- Stowell, R. Mader, T.L., Gaughan J.B.(2009): Chapter 8: Environmental Management. *Livestock Energetics and Thermal Environment Management*, 181–209.
- St-Pierre N.R., Cobanov B., Schnitkey G.(2003): Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.*, 86, E52–E77.

- Usman T., Qureshi M.S., Yu Y. Wang Y. (2013): Influence of various environmental factors on dairy production and adaptability of Holstein cattle maintained under tropical and subtropical conditions. *Advances Environ. Biol.*, 7, 366–372.
- Vanraden, P.M.(2004): Invited review: selection on net merit to improve lifetime profit. *J. Dairy Sci.* 87, 3125–3131.
- Wall E., Bell M.J., Simm G. (2008): Developing breeding schemes to assist mitigation. In: Rowlinson P., Steele M., Nefzaoui A. (eds) *Livestock and global climate change*. BSAS, 44–47.
- West J.W.(2003): Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*,86, 2131–2144.
- Wolfe D.W., Ziska L., Petzoldt C., Seaman A., Chase L., Hayhoe K.(2008): Projected change in climate thresholds in the Northeastern U.S.: implications for crops, pests, livestock, and farmers. *Mitig Adapt Strat Glob Change*, 13, 555–575.
- Zubor T., Holló G., Pósa R., Nagy-Kiszlinger H., Vigh Zs., Húth B.(2020): Effect of rectal temperature on efficiency of artificial insemination and embryo transfer technique in dairy cattle during hot season. *Czech Anim Sci.*, 65, 295-302.
- URL¹: <https://www.magro.hu/agrarhirek/a-lenmag-alapu-takarmanyozas-promo/> Letöltés: 2020.12.10.

13. ÚJ FEHÉRJEFORRÁS – ROVAROK, ROVARLISZTEK

SZENDRŐ ZSOLT¹⁶

Szűkös a fehérjeforrás

Előrejelzések szerint a Föld népessége 2050-re 9 milliárd fölötti létszámot ér el (ENSZ: World Population Prospect). Ehhez egyre több élelmiszerre, állati eredetű fehérjére lesz szükség. A korábban kevés húst és más állati terméket fogyasztó országokban (pl. Kína és India) rohamosan emelkedik az életszínvonal, és ennek megfelelően ugrásszerűen nő az állati eredetű élelmiszerek iránti igény. Előrejelzések szerint 2050-ig a Földön 70%-kal több élelmiszerre lesz szükség; a hústermelés, beleértve a baromfit, a sertést és a marhát, 50%-kal megnő. Ugyanakkor a mezőgazdasági művelésre alkalmas terület csökken, és ezen a kisebb területen egyre több takarmányt és élelmiszert kell előállítani.

Figyelembe kell venni azt is, hogy a két legfontosabb fehérjeforrás, a szója- és a halliszt ára évről évre emelkedik. Ez különösen igaz az egyre fogyatkozó mennyiségben rendelkezésre álló hallisztre és halolajra, amelyek ára 1980 és 2000 közötti átlagos árszinthez képest több mint háromszorosára nőtt. Amikor alternatív fehérjeforrást keresünk, fontos tudni a helyettesítendő takarmány-alapanyag, ebben az esetben a szója- és a halliszt táplálóanyag tartalmát, kémiai összetételét. Mindkettőnek magas a fehérje- (halliszt: 61-77%, zsírtalanított szójaliszt: 49-56%) és zsírtartalma (11-17%, ill. 3%).

A rovarok, a rovarliszt alternatív fehérjeforrás lehet

Az áttekintés *Szendrő és mtsai* (2018) tanulmánya alapján készült.

A rovarokból (petékből, lárvákból, bábókból, imágókból) készült lisztek kiválóan alkalmasak a fenti problémák orvoslására. Fontos szempont, hogy jó minőségű állati eredetű fehérje-forrás, elegendő mennyiségben előállítható. Olyan rovarokat célszerű választani, amelyek nagy tömegben, olcsó szerves mellékterméken nevelhetők, automatizált módszerrel előállíthatók, természetesen figyelemmel az élelmiszerbiztonságra.

A fejlődő országokban mindig is fontos takarmányforrást jelentettek a rovarok. A baromfinak a szöcskék, tücskök, csótányok, termeszek, tetvek, kabócák, levéltetvek,

¹⁶ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus

pajzstetvek, bogarak, hernyók, legyek, bolhák, méhek, darazsak és hangyák egyaránt kiegészítő táplálékforrást jelentenek (*Ravindran és Blair, 1993*). Ez nem újdonság azok számára, akik otthon az udvarban tartottak vagy tartanak tyúkokat és csirkéket. Látják, milyen szívesen eszik meg a földön talált és a kikapirgált rovarokat, lárvákat, gilisztákat, sőt még a levegőben repülőket is igyekeznek elkapni. A baromfi vagy a sertés étrendjének természetes része az állati eredetű takarmány.

A rovarokat és azok lárváit szívesen fogyasztják a természeti népek, sok országban a piacokon most is nagy választékban vásárolhatók rovarok és lárváik. Akik ilyen országban járnak, azok maguk is kipróbálhatják, és ha „jól van elkészítve”, akkor meg is ehetik. Az ehető rovarokról több könyv megjelent (*van Huis és mtsai, 2013*), sőt, szakácskönyv is kapható (*The Insect Cookbook*). E témában a FAO-nak is van egy weboldala (<http://www.fao.org/edible-insects/en/>). Becslések szerint a világon 2 milliárd ember fogyaszt valamilyen rovar; az 1900 fajból leggyakrabban bogarakat (31 %), hernyókat (18%), méheket, darazsakat és hangyákat (14%), sáskát, szöcskét és tücsköt (13%). Svájc második legnagyobb boltlánc, a Coop nemrég kezdte árusítani a rovar-burgereket és a rovargolyókat, melyek alapja a fehérjedús lisztukac. A tücsköket, sáskákat, közönséges lisztbogarat az élelmiszer-biztonsági szabályok betartása mellett több európai országban forgalomba lehet hozni, Magyarországon tilos.

A rovarok, rovarlisztek közvetlen élelmezési és takarmányozási haszna mellett fontos szerepe lehet a szerves melléktermékek, többek között a trágya hasznosításában, lebontásában, hatékonyan képesek az alacsony minőségű hulladékot magas minőségű fehérjékké alakítani.

Természetesen intenzív kutatás folyik a rovarok, a rovarlisztek állattenyésztési hasznosítása céljából. Egymás után jelennek meg a kísérleti eredményeket bemutató közlemények, Hollandiában már egy tudományos lap is megjelent (*Journal of Insects as Food and Feed*). Az Európai Bizottság eddig csak a rovaralapú haltáp használatát engedélyezte.

Számos rovar, rovarlárva, báb ismert, amelyeket takarmányozási célra használnak fel. Nálunk a fekete katonalégy, a házi légy, a közönséges lisztbogár, a házi tücsök és a selyemhernyó a szoba jöhető rovar. Hollandiában a sertések és a baromfi

takarmányozásához a fekete katonalegyet, a házi legyet és a közönséges lisztbogarat tartják megfelelőnek.

A takarmányozásban történő felhasználásuk, a szója- és a halliszt helyettesíthetősége elsősorban a kémiai összetételtől, a táplálóanyag-tartalomtól függ. Ezen a területen több részletes vizsgálat történt. Elsősorban halakkal, sertéssel és baromfival érdemes rovarlisztet etetni (*Veldkamp és mtsai, 2012*).

A rovarlisztek fehérjetartalma magas, a fajtól és a fejlettségi állapottól függően 35 és 76% között változik, a házilégy bábban a legmagasabb. Általában magas a zsírtartalma is (4-50%), ebben a mutatóban a fekete katonalégy és a közönséges lisztbogár lárvája kiemelkedik. Nyersrost tartalma szintén széles határok között változik (2-22%), amit elsősorban a kitintartalom határoz meg. A kitin egy poliszacharid, amely kedvező hatást gyakorol az immunrendszer működésére (*Harinder és mtsai, 2014*).

Mivel néhány rovar (pl. fekete katonalégy lárvája, házi légy lárvája, lisztukac, selyemhernyó) akár 36% olajat is tartalmazhat, ezért ennek más célból történő felhasználása érdekében zsírtalanítani szokták. Az így kapott termékek fehérjetartalma minden esetben meghaladja a szójáét, de több esetben a hallisztét is. Épp ezért mondhatjuk, hogy a rovarliszt kiváló alternatív fehérjeforrás.

A fehérje mellett fontos az aminosav-tartalom. Az egyes esszenciális aminosavak tartalma a fekete katonalégy lárvájában a legmagasabb, ugyanakkor a házi légy bábja egy esetben sem ért el kimagasló értéket. A közönséges lisztbogár lárvája treonin- és prolin-, a házilégy lárvája lizin-, fenilalanin- és triptofán-, míg a házi tücsök leucin tartalma volt kiemelkedő (*Harinder és mtsai, 2014*).

A zsíroknak (olajoknak) általában energiahordozó szerepük van. Emellett egyes zsírsavak egészségmegőrző szerepük kiemelkedően fontosak. Ebben elsősorban a telítetlen zsírsavaknak, ezen belül is az omega-3 zsírsavaknak és az omega-6/omega-3 zsírsav-aránynak van meghatározó szerepe, különösen a szív és érrendszeri betegségek, 1-es típusú cukorbetegség, az asztma, az időskori mentális leépülés megelőzésében és a gyermekek értelmi fejlődésében is. Ebben a tekintetben a selyemhernyó bábja és a fekete katonalégy lárvát kell kiemelni. A házi légy lárvája és bábja is kedvező értéket mutat. Az egyszerűen- és a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya a lisztukac, a házi tücsök és a házi légy lárvájában magas (60-70%), míg a fekete katonalégy lárvájában nagyon alacsony (19-37%) (*Harinder és mtsai, 2014*).

A házi légy lárvában a legmagasabb az ásványianyag tartalom. Legtöbb kalcium és mangán a fekete katonalégy lárvában található. Kíváncsú, hogy a takarmányban megfelelő legyen a kalcium- és a foszfor szintje, illetve a Ca:P aránya. A fekete katonalégy lárvák kivételével, amelyekben magas a Ca és a Ca:P arány, a többiben ezek az értékek nagyon alacsonyak, ezért felhasználásuk esetében szükséges a kiegészítés. Több rovarlisztben (pl. házi légy lárvá) magas a foszfor szint, a házi tücsöknek pedig magas a vas- és a cinktartalma (*Harinder és mtsai, 2014*).

Mi az emberek véleménye?

Az emberek esetében más tényezőknek fontosabb szerepe van, mint a rovarok kémiai összetétele, táplálkozási értéke, bár ezek sem elhanyagolhatók. Talán legfontosabb tényező, hogy az állattenyésztéssel, állati termék előállításával szemben rovarfehérjét sokkal kevesebb földterület, víz és energia felhasználásával, kevesebb üvegházhatású gáz termeléssel, ammónia kibocsátással, a klímaváltozás, a globális felmelegedés csökkentésével lehet előállítani (*van Huis és mtsai, 2013*).

A világ számos országában tradicionális a rovarok és a rovarokból készült ételek fogyasztása, ami a gazdasági fejlődés ellenére a mai napig jelentős. Ezzel szemben Európában és számos más fejlett országban a rovarfogyasztás kevésbé ismert, sőt fóbia figyelhető meg vele szemben. Több országban, pl. Hollandiában, rendezvényekkel, felvilágosító kampányokkal, kóstoltatással igyekeznek a rovarfogyasztást ösztönözni. Számos tanulmány született, amelyben a rovarokkal szembeni ellenérzést és a rovar-ételek elfogadottságát vizsgálják. Általában a férfiak, a fiatalabbak, a diplomások szívesebben elfogadják, mint a nők, az idősebbek és az általános iskolát végzettek. A hozzáállást jelentősen befolyásolja, hogy az ételben látható a rovar vagy lisztként keverték be, vagy különböző kedvelt élelmiszerrel együtt, pl. csokoládéba mártva kínálják (*van Huis és mtsai, 2013*). A magyarok rovaréval kapcsolatos véleményét *Szendrő K. és mtsai (2021)* vizsgálták, a többség elutasította.

Következtetés

Mivel jelenleg a rovarokat, azok bábjaikat és lárváikat elsősorban hobbi- és állatkerti állatok takarmányozására használják, ezért az ára még meglehetősen magas. Ahhoz, hogy ára csökkenjen nagy tömegben, automatizált rendszerben, költséghatékonyan, a biohulladékok biztonságos felhasználásával, ideális termelési feltételek mellett kellene

előállítani, amihez jelentős kutatási és fejlesztési tevékenység szükséges. Reális, hogy a rovarlisztek hamarosan versenyképes áron lesznek kaphatók, mert enélkül az érdeklődés és a kutatás nem lenne ennyire élénk. Nem újdonság, hogy az EU esetenként túlzott óvatossággal kezel néhány ügyet. Ez figyelhető meg a rovarliszt esetében is, különösen trágyán előállított rovar termékekkel kapcsolatban. Joggal remélhető, hogy sikerül olyan biztonságos rendszert kidolgozni, amely a takarmányozási és az élelmiszerbiztonsági előírásoknak is teljes mértékben megfelel. Sokkal nagyobb mennyiségű rovarra lesz szükség az állatok takarmányozására, mint humán fogyasztásra, ami a piacot meghatározza.

Összefoglaló

A szerző összefoglalta a rovarok szerepét az állatok takarmányozásában és az emberi fogyasztásban. Ismertették a rovarok kémiai összetételét és azokat a főbb okokat, amelyek miatt a rovarliszt alkalmas a szója vagy halliszt teljes vagy részbeni kiváltására. Arra a következtetésre jutottak, hogy a rovarliszt megfelelő fehérjében gazdag összetevő lehetnek a baromfi és sertés takarmányozásban. Az emberek sok országban hagyományosan fogyasztanak rovarokat, de Európában és számos más fejlett országban kevésbé ismert, sokan irtóznak is tőle. Több országban folytatnak kampányt a rovarfogyasztás népszerűsítésére.

New protein source - insects, insect meals

Author discussed the role of insects in animal nutrition and human consumption. They showed detailed the composition of insects, and summarized the main reasons why the insect meal is suitable to replace soy or fishmeal were partly or completely in animal diet. It was concluded that insects could be an appropriate protein rich feed ingredient in poultry diet. Eating insects is traditional in many countries, but is less welcomed in Europe and several other developed countries., and many are disgusted with it. There are campaigns in several countries to promote insect consumption.

Szakirodalom

- Harinder P., Makkar S., Tran G., Heuzé V., Ankers P. (2014): State-of-the-art on use of insects as animal feed. Anim. Feed Sci. Tech., 197, 1-33.
- Ravindran V., Blair R. (1993): Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. World's Poultry Sci. J., 49, 219-235.
- Szendrő K., Tóth K., Nagy M.Z. (2020): Opinions on insect consumption in Hungary. Foods, 9(12), 1829
- Szendrő Zs., Gyenis J., Szendrő K. (2018): Rovarliszt a baromfitakarmányban. I és II. rész. 18, 2, 83-88 és 3, 75-82.
- Van Huis A., Van Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G., Vantomme P. (2013): Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO, Rome
- Veldkamp T., van Duinkerken G., van Huis A., C.M.N., Lakemond C.M.N., Ottevanger E., Bosch G., van Boekel M.A.J.S. (2012): Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study. Report 638, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, pp. 49.

14. MAGYAROK VÉLEMÉNYE AZ EHEŐ ROVAROK FOGYASZTÁSÁRÓL

SZENDRŐ KATALIN, TÓTH KATALIN, NAGY MÓNKA ZITA¹⁷

Bevezetés

A hús és más állati fehérje fogyasztása nagyon hosszú múltra tekint vissza. Az állati fehérje, az esszenciális aminosavak, az energia, a zsírsavak, főleg az omega-3 zsírsavak mind fontos szerepet játszottak a Homo Sapiens agyának fejlődésében. A hús ma is az emberek egyik alapvető élelmiszere. A világ olyan részein, ahol korlátozott mennyiségű hús és egyéb állati eredetű élelmiszer áll rendelkezésre, az emberek napjainkban is rovarok fogyasztásával próbálják kielégíteni állati eredetű fehérje igényüket. A világ népessége növekszik, az életszínvonal emelkedik, az emberek egyre több húst és egyéb állati eredetű termékeket fogyasztanak pl. Kínában és Indiában is. Mindeközben azonban erőteljes nyomás érkezik a húsfogyasztás csökkentésére, mert többen úgy vélik, hogy az állattenyésztés fontos szerepet játszik a globális felmelegedésben, az üvegházhatású gázok kibocsátásában stb. Úgy tűnik, alternatív fehérjeforrásokat kell találni. Egyesek alternatív táplálékot, például ehető rovarokat (kifejlett, petesejtet, lárvát, bábokat, nimfákat) ajánlanak, mivel ezek új alternatív fehérjeforrások lehetnek. Manapság a FAO is a rovarokat javasolja alternatív fehérjeforrásként emberi táplálékként és takarmányként egyaránt. Számos szerző szerint a rovarelőállításához kevesebb földre, vízre és energiára van szükség, így mérséklődik a klímaváltozás, illetve csökken az üvegházhatású gáz-, valamint az ammónia kibocsátás a hústermeléshez és -fogyasztáshoz képest. Az ehető rovarok általában magas tápértékkel rendelkeznek, mint például esszenciális aminosavak, energia, többszörösen telítetlen zsírsavak, alacsony n-6/n-3 arány, általában magas a réz, a vas, a magnézium, a foszfor, a szelén és a cink, valamint a B vitamin (különösen B₁₂ vitamin) tartalmuk. A Földön kb. kétezer ehető rovarfaj él, ami közel 2 milliárd ember hagyományos étrendje Közép- és Nyugat-Afrika, Délkelet-Ázsia, Közép- és Dél-Afrika országaiban. A rovarfogyasztás a legtöbb nyugati országban idegen, bár az utóbbi években egyre többen próbálják ki, sőt, rovarledelek is kaphatók pl.

¹⁷ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus

Hollandiában vagy Svájcban. Magyarországon is létezik egy rovarrevő csoport (Rovarevők Magyarországi Közössége).

Magyarországon és a legtöbb nyugati országban a rovarfogyasztás egyik legnagyobb akadálya az ellenérzés. Számos cikk jelent meg Európában és más országokban az ehets rovarok elfogadásáról és az elutasítás okairól. Jelen vizsgálat célja, hogy megismerjük a magyar válaszadók ismereteit a rovarfogyasztással kapcsolatban, valamint az elutasítás, az elfogadás okait.

Anyag és módszer

A kérdőívben a rovarfogyasztással kapcsolatos ismeretekről és a rovarfogyasztással kapcsolatos kérdéseket tettünk fel. A nem valószínűségi mintavételi technikák közül az adatgyűjtéshez hólabda módszert alkalmaztuk. A válaszadók 1 (egyáltalán nem ért egyet) és 7 (teljesen egyetért) közötti skálán (ahol 4-es az átlagosérték) adhatták meg válaszukat, véleményüket. Összesen 414 hibátlanul kitöltött, feldolgozásra alkalmas kérdőív érkezett. A háttérváltozók közé a nem, az életkor, az iskolai végzettség, a lakhely és a családi jövedelem kerültek.

A kérdőívre kapott válaszokat egytényezős varianciaanalízissel, a STATA/MP 15.1 szoftver segítségével értékeltük ki. Átlag- és szórás számítása mellett a szignifikáns különbségeket Tukey post hoc teszttel végeztük. Ezen túlmenően f- és t-próbát alkalmaztunk a bizonyított eltérések igazolására.

Eredmények

Magyarországon nincs hagyománya a rovarok és rovaralapú élelmiszerek fogyasztásának, nincsenek rendezvények és kampányok a rovarfogyasztás népszerűsítésére, sőt a rovarok és rovartermékek forgalmazása is tiltott. Ennek ellenére jelentek meg cikkek a rovarfehérje használatának előnyeiről, elsősorban a rovarok takarmányban történő felhasználásáról, de emberi fogyasztásáról is. Vagyis, aki rendszeres újságolvasó, rádióhallgató vagy tv néző, elegendő információval rendelkezhet a rovarfogyasztásról.

A válaszadók döntő többsége tudta, hogy több afrikai, ázsiai és latin-amerikai országban rendszeresen fogyasztanak rovarokat, átlagosan 6,05 pontot adtak az 1–7 skálán. A férfiak, a 30-39 évesek és az egyetemet végzettek magasabb pontszámot adtak, míg a lakóhely és a jövedelem nem volt befolyással a válaszra.

Kevesebben tudták, hogy több európai országban is kapható ehető rovarból készült étel. Az átlagos 4,13-as pontszám független volt a háttérváltozóktól (nem, kor, stb.). A válaszadók még alacsonyabb pontszámot adtak a következő kérdésre: „Véleményem szerint rovarból készült ételt csak primitív emberek esznek.”

Az új ételekkel kapcsolatban gyakran előfordul, hogy az emberek idegenkednek tőle, elutasítják. A legtöbb nyugati ember a rovarokat piszkosnak, veszélyesnek, undorítónak tartja, és idegenkedik attól, hogy megegye őket. A legfőbb akadály a rovarok látványából adódik. A válaszadók 3,96 pontot adtak erre a kérdésre, ami azt mutatja, hogy Magyarországon van rovarfóbia, de ennek mértéke nem túl magas. A várakozásoknak megfelelően a nők jobban undorodtak, mint a férfiak. A középfokú végzettséggel rendelkezők szintén elutasítóbbak voltak, mint az egyetemi végzettségűek, míg az életkor, a lakóhely és a jövedelem hatása nem volt jelentős.

Érdekes, hogy más kérdésekhez képest meglehetősen magas pontszámot (3,91) adtak a válaszadók az étteremben készített rovaralapú ételekre. Úgy látszik, hogy az éttermi ételekhez pozitívan viszonyulnak az emberek. Megállapítható azonban, hogy egyik vizsgált tényező hatása sem volt szignifikáns.

Az előző kérdés után szintén meglepő, hogy a rovartermékeket tartalmazó élelmiszerek (pl. sütemény) elfogadhatóságára a válaszadók csak 2,99 pontot adtak, pedig a külföldi vizsgálatok egyértelműen azt állapították meg, hogy a rovar (rovarlisztet) tartalmazó ételeket szívesebben választják az emberek, ha magát a rovar nem látják. Az ilyen ételeket jobban elfogadják a férfiak, mint a nők, a 30-39 évesek, mint az idősebb generációk, és az egyetemi végzettséggel rendelkezők, mint a középiskolát végzetek.

A válaszadók alacsonyabb (2,54) pontszámot adtak arra a kérdésre, hogy megkóstolnának-e egész rovar (pl. tücsök, sáska), ha az jól át van sütvé. A férfiak lényegesen elfogadóbbak voltak, mint a nők. A 30-39 évesek szívesebben kóstolnának ilyen rovar, mint a fiatalabbak és az idősebbek. Ugyanez figyelhető meg az egyetemi végzettségűeknél.

Az otthon elkészített rovar tartalmazó ételt kevésbé fogadták el. Az átlagos pontszám (2,38) alapján feltételezhető, hogy itt a válaszadókat az is befolyásolta, hogy rovarliszttel kell dolgozniuk. Ebben az esetben is a férfiak, a 30-39 évesek és az egyetemet végzetek voltak elfogadóbbak. A lakóhely és a jövedelem hatása nem volt jelentős.

A válaszadók nagyobb hajlandóságot mutatnának rovaralapú étel elfogyasztására, ha kiderülne, hogy a barátjuk/barátnőjük/családtagjuk rovar-alapú élelmiszert fogyaszt.

Erre a kérdésre 3,19-es átlagos pontszámot adtak. A férfiak és a nők pontszáma között jelentős (1,26) különbség volt, de az életkor és az iskolai végzettség befolyása is szignifikáns.

Az udvariasság is szerepet játszhat az elfogadásban, hiszen az eredmények azt mutatják, hogy a válaszadók nem utasítanak vissza a rovarból készült ételt (3,01) vendégségben. A nem és az iskolai végzettség itt is szerepet játszott; a férfiak hozzáállása jobb, mint a nőké, illetve a felsőfokú végzettségűeké, mint a középiskolai végzettségűeké.

Érdekes, hogy a válaszadók külföldön (pl. Távol-Keleten) sem szívesen próbálnák ki a rovarból készült ételeket, pedig külföldi nyaralások alatt az emberek általában jobban érdeklődnek a gasztronómiai különlegességek iránt. Az átlagos pontszámot (2,09) egyetlen tényező sem befolyásolta.

Következtetés

A felmérés szerint a válaszadók jól tájékozottak a rovarok fogyasztásának és táplálékként történő felhasználásának előnyeiről. Magyarország modell lehet azoknak az országoknak, ahol kevésbé szeretik a rovarokat és a rovarból készült ételeket. Az a tendencia is érvényesül, hogy a férfiak és a diplomások az átlagosnál jobban előnyben részesítik a rovar-ételeket, míg a korcsoportok közül a 30-39 évesek adták a legmagasabb pontszámot. Az eredmények alapján nem várható, hogy a közeljövőben jelentősen növekedjen a rovarfogyasztás Magyarországon.

Összefoglaló

A vizsgálat célja a magyar lakosság rovaralapú élelmiszerek fogyasztásával kapcsolatos ismereteinek és véleményének felmérése volt. A kérdőívet 414 válaszadó töltötte ki. Az eredmények azt mutatják, hogy az ehető rovarokkal és a különböző országok rovarfogyasztásával kapcsolatos ismereteik átlagosak (4-es átlag) vagy annál jobbak voltak, 1-től (egyáltalán nem ért egyet) 7-ig (teljes mértékben egyetért) terjedő skálán. Rovaralapú ételek fogyasztásával kapcsolatos hajlandóságuk azonban alacsony, általában átlag alatti. Lényegesen magasabb pontszámot adtak a férfiak, mint a nők, az egyetemi végzettséggel rendelkező válaszadók, mint azok, akik nem szereztek diplomát, valamint életkor alapján a legmagasabb pontszámot a 30-39 év közöttiek adták, azonban a lakóhely (város vagy falu) és a jövedelem hatásai nem voltak jelentősek. Mivel a magyarok nem tradicionális rovarfogyasztók, a rovarokból készült ételek iránt ellenérzésük van, és mivel a rovarledelek kereskedelemben sem kaphatók, ezért a közeljövőben nem várható jelentős növekedés a rovarfogyasztásban.

Opinions on insect consumption in Hungary

The aim of the study was to assess the knowledge and opinion of the Hungarian population about the consumption of insect-based food. The questionnaire was filled in by 414 respondents. Their knowledge about edible insects and consumption of insects in different countries was average (score 4) or above it on a scale of 1 (totally disagree) to 7 (totally agree). Their willingness to consume insect-based food was low, it is usually below average. Significantly higher scores were given by men than women, and by respondents with university

degree than those who graduated from secondary school, and the highest scores were given by people of 30-39 age group, however, the effects of residence (town or village) and income were not significant. As Hungarians are not traditional insect consumers, there is a significant emotional response in disgust of food made from insects, and as insect food is not commercially available, no significant increase in insect consumption is expected in the near future.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-4-KE-1 kódszámú Új Nemzeti

Kiválóság Programjának  és az EFOP-3.6.1-16-2016-00007 „Intelligens szakosodási program a Kaposvári Egyetemen” pályázat szakmai támogatásával készült.

Szakirodalom

Az előadást az alábbi, nyílt hozzáférésű közlemény alapján állítottuk össze:

Szendrő K., Tóth K., Nagy M.Z. (2020): Opinions on insect consumption in Hungary. *Foods*, *in press*.

ZÁRSZÓ

A Pécsi Akadémiai Bizottság Agrártudományok Szakbizottsága 2020-ban „Éghajlatváltozás az agráriumban – kihívások és megoldások” című konferencia szervezését kezdte meg. A tervezett konferenciát, a szakbizottság, a COVID-19 világjárvány miatt későbbi időpontra halasztotta. Az előadások írott anyaga viszont rendelkezésre áll, s ezt on-line módon és ebben a tanulmánykötetben tesszük elérhetővé. Bízunk abban, hogy a konferenciát, 2021-ben a hagyományos módon meg fogjuk tudni rendezni.

A koronavírus betegség okozta világjárvány közvetve hatást gyakorolt az éghajlatunkra, ugyanis - az utazási és kereskedelmi korlátozások miatt – becslések szerint mintegy 8%-kal csökkent 2020-ban a globális szén-dioxid kibocsátás. Mindez felhívja a figyelmünket arra, hogy óvatosnak kell lennünk, amikor az éghajlatváltozás akár a mezőgazdaságra gyakorolt hatását is, előrejelzésekre alapozva modellezzük, hiszen a környezeti változásokra adott azonnali reakciók nagysága a vártnál lényegesen nagyobb és kifejezettebb lehet, és ezek eltérhetnek attól, amik a természetben a teljes ökoszisztémára vonatkoztatva előfordulnának. Emiatt is fontos a komplex, kísérleteken alapuló és lehetőség szerint minél teljesebb körű elemzés a különböző mezőgazdasági szakterületeken.

Nyilvánvaló, hogy az éghajlatváltozás (vízstressz, hőstressz, talajerózió) a mezőgazdasági termelést érzékenyen érinti. Éppen ezért kívánatos egy jövőbeli stratégiát kialakítani a klímaváltozás okozta abiotikus és biotikus stressz tényezők ellen. Az ún. *smart farming*-nak az intelligens mezőgazdaságnak részét kell hogy képezze a „*climate-smart*” azaz az éghajlat-intelligens növénytermesztés és állattenyésztés, vagyis az éghajlatváltozáshoz rugalmasan alkalmazkodó növények nemesítése és állatok tenyésztése.

A kiadványunk a szakbizottságban működő összes munkabizottsági tudományterületet érinti: a talajtan, a növénytermesztés, a szőlészet, a növényvédelem, az erdészet, állattenyésztés és takarmányozás, valamint élelmiszer- és agrárökonómiai témájú kutatási eredményeket ismertet.

Ezúton is megköszönöm mindenkinek a munkáját - kötet szerzőjeként vagy lektoraként -, hogy közreműködött a kiadvány végleges formájának kialakításában.

Külön köszönöm a szakbizottság titkára, dr. Pekár Anita, kamarai jogtanácsos szervező munkáját és a kötet szerkesztésében nyújtott segítségét.

Befejezésül Dohy János akadémikus 1999-ben írt Genetika állattenyésztőknek c. könyvének záró gondolatait idézem, melyek ma a klímaváltozás kapcsán is aktuálisak:

„A gyors és rugalmas alkalmazkodás és reagálás, az új ismeretek hatékony alkalmazása és továbbfejlesztése, érdekeinknek időbeni felismerése és érvényesítése sorskérdés.”

Kaposvár, 2021. 02. 05.

Holló Gabriella
az Agrártudományok Szakbizottság elnöke

