

- Kopp Mária S. – Réthelyi János (2004): Where Psychology Meets Physiology: Chronic Stress and Premature Mortality—The Central-Eastern European Health Paradox. *Brain Research Bulletin*. 62, 351–367. • www.behsci.sote.hu/Kopp-Rethelyi.pdf
- Kopp Mária S. – Skrabski Á. – Székely A. – Stauder, A. – Redford, W. (2007): Chronic Stress and Social Changes, Socioeconomic Determination of Chronic Stress. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1113, 325–338. • www.diamond-congress.hu/stresso7/binx/annals_7d.pdf
- Kopp Mária S. (2007): The Central-Eastern European Health Paradox: Why Are Men More Vulnerable in a Changing Society? In: Ennals, Richard (ed.): *From Slavery to Citizenship*. John Wiley and Sons, London, 242–248.
- Kopp Mária – Skrabski Árpád (2009): Miért halnak meg idő előtt a magyar férfiak? *Neuropszichofarmakológia*. XI/3, 141–149. • www.mppt.hu/images/magazin/pdf/xi-efvefolyam-3-szam/miert-halnak-meg-id-eltt-a.pdf
- Kopp Mária S. – Skrabski Á. – László K.D. – Janszky I. (2011): Gender Patterns of Socioeconomic Differences in Premature Mortality: Follow-up of the Hungarian Epidemiological Panel. *International Journal of Behavioural Medicine*. 18, 22–34. • www.springerlink.com/content/442464qW6537_t77q/fulltext.pdf
- Koskinen, Seppo – Joutsenniemi, K. – Martelin, T. – Martikainen, P. (2007): Mortality Differences According to Living Arrangements. *International Journal of Epidemiology*. 36, 1255–1264. • <http://ije.oxfordjournals.org/content/36/6/1255.long>
- Kosztolányi György (2010): A gyermekfejlődés epigenetikája. *Magyar Tudomány*. 171, 1083–1089. • www.matud.iif.hu/2010/09/07.htm
- Liu, Dong et al. (2000): Maternal Care, Hippocampal Synaptogenesis and Cognitive Development in Rats. *Nature Neuroscience*. 3, 799–806. • https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:66AIRB-TwsYJ:cogs.nbu.bg/cog.arch/cognitive%2520develop%2520rats.pdf&chl=en&gl=hu&pid=bl&srcid=ADGEEsgwV6YFbG4KmvC0USRzLyRsuw-UI-QXRY4FqXj2XV3vJrNqIOYMZFMxKGyQw3y4fYGXya-2xkbq2OQ9Wc7bOjMBSXrzKzD43EjhNpsFo_Q3h-wzczmIA4vPjdRa23SrsPwtwfZ&sig=AHIEtbSBmowdN3kujHbEYooed4p4hRRGRg
- McCabe, Philip et al. (2002): Social Environment Influences the Progression of Atherosclerosis in the Watanabe Heritable Hyperlipidemic Rabbit. *Circulation*. 105, 3, 354–359. • <http://circ.ahajournals.org/content/105/3/354.long>
- Ornish, Dean – Lin, J. – Daubenmier, J. et al. (2008): Increased Telomerase Activity and Comprehensive Lifestyle Changes: A Pilot Study. *Lancet Oncology*. 9, 1048–1057. • [www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045\(08\)70234-1/abstract](http://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(08)70234-1/abstract)
- Schafer, Markus H. – Shippee, Tetyana P. (2010): Age Identity, Gender and Perceptions of Decline: Does Feeling Old Lead to Pessimistic Dispositions about Cognitive Ageing? *Journal of Gerontology: Social Sciences*. 65B, 1, 91–96. • www.midus.wisc.edu/findings/pdfs/818.pdf
- Smith, Timothy W. et al. (2011): Affiliation and Control During Marital Disagreement, History of Divorce and Asymptomatic Coronary Artery Calcification in Older Couples. *Psychosomatic Medicine*. 73, 350–357.
- Tell, David – Nilson, Peter M. (2006): Early Ageing in Middle Aged Men Is Associated with Adverse Social Factors and Increased Mortality Risk: The Malmö Preventive Project. *Scandinavian Journal of Public Health*. 34, 346–352.
- Weaver, Ian C. G. – Cervoni, N. – Champagne, F. A. et al. (2004): Epigenetic Programming By Maternal Behaviour. *Nature Neuroscience*. 7, 1–7.



A FÖLD TERMÉSZETES TÁpanyagforrásainak ÉSSZERŰ HASZNOSÍTÁSÁVAL ÖSSZEFÜGGŐ NÉHÁNY KÉRDÉS

Horn Péter

az MTA rendes tagja,
Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar
horn.peter@ke.hu

Az erőforrások szűkülésének főbb okai

Az emberiség ételmiszer-ellátása és annak biztonsága a harmadik évezred küszöbén új kihívásokkal szembesül. Robert Malthus híres tétele, amelyet az 1800-as évek elején fogalmazott meg, mely szerint az emberiség létszámának növekedése mértani haladvány jellegű, míg az ételmiszer-termelés növekedése ennek mértékétől messze elmarad, oda vezet, hogy belátható időn belül súlyos ételmiszerhiány vár a Föld lakóira. Ha az 1950-es évektől nem kezdődik meg az ún. zöld forradalom, amelynek révén gyakorlatilag ötven év alatt meg lehetett többszörözni a növénytermesztés hozamait, amelyek egyúttal állati takarmányt is jelentenek (például: búza, kukorica, rizs), akkor az emberiség létszáma meg sem közelíthette volna a hétmilliárdot. A „zöld forradalom” tartalékai azonban ma kimerülőben vannak.

Az ételmiszer-ellátás alapját képező növénybiomassza-termelésre új feladatok várnak, amelyek különösen élesen rajzolódnak ki az ezredforduló óta. Ezek a következőkben fog-

lalhatók össze: az emberiség létszáma tovább nő, habár üteme kissé mérséklődik a korábbi időszakhoz képest, kétségtelenül számottevő marad, a nagy inercia miatt minden bizonytalansággal eléri a kilencmilliárdot. Ha az emberiség döntően növényi táplálékokkal élne, az ételmiszer-ellátás korántsem jelentene nehezen megoldható feladatot. Az emelkedő életszínvonal következtében azonban nő az állati termékek aránya és mennyisége a humán diétán belül, a világtermelés gyorsan nő. A humán táplálkozási szerkezet súlypontjának akár csak részleges átrendeződése növényi ételmiszerekből állati termékekre azt jelenti, hogy sokkal több növényi termék kell egy-egy ember ellátásához, mert az állati eredetű ételmiszerek megtermelése négy-tízszeres növénybiomassza-felhasználással jár a transzformációs veszteségek miatt (Horn, 2008).

Az 1. táblázat mutatja az állati eredetű ételmiszerek arányának növekedését az emberi táplálkozásban, az egy főre eső GDP növekedésének hatására. Kiegészítésképp megjegyzendő, hogy olyan esetekben, amikor az egy családra eső éves GDP 1500 dollár alatt

GDP \$/fő	Az állati termékek aránya az összes energiabevitel %-ában
1000 – 2000	3 – 5
5000 – 6000	15 – 20
9000 – 10 000	25 – 30
11 000 – 30 000	30 – 35

1. táblázat • Az egy főre eső évi GDP és az állati eredetű élelmiszerek aránya az összes energiabevitelhez képest – FAOSTAT és GGDC (2007) adatok alapján (URL1)

van, gyakorlatilag állati fehérjét nem, vagy alig fogyaszt a lakosság (Roppa, 2007), kivéve azokat az eseteket, amikor a halászat révén halhoz jutnak. Az adatokból kitűnik, hogy a 9000–10 000 dollár egy főre eső GDP elégségre egyre növekvő állatfehérje-fogyasztással találkozunk, előlött azonban a fogyasztás érdemben már nem nő tovább. Az inkább a magasabb értékű, sok esetben luxustermékek irányába tolódhat el, ez azonban nem jelent érdemi mennyiségi növekményt.

A nagy népességű fejlődő országokban általában gyorsan nő az egy főre eső GDP, így az állattermék-fogyasztás is (például Kína, India, más délkelet-ázsiai országok, Dél-Amerika).

Új konkurensként jelent meg a növekvő bioenergia-igény (például: bioetanol, biodízel), amelyet ma még döntően olyan növényi termékekből állítanak elő, amelyek egyúttal, egyrészt, közvetlenül humán táplálóanyagok, másrészt állati takarmányok. Ez az új iparág ma már jelentős konkurense az állattenyésztésnek, különösen az amerikai kontinensen, de még Európában is, habár korlátozottabb mértékben (Horn, 2008).

Az emberiség állatfehérje-ellátásában a hal hosszú ideig a legnagyobb tételt jelentette, döntően a tengeri és édesvízi halászat és kisebb mértékben a mesterséges haltenyésztés,

akvakultúra révén. A tengeri halászat hozamai a mérhetetlenül felduzzasztott halászati kapacitás ellenére már mintegy tizenöt éve stagnálnak a túlhalászás miatt (Diamond, 2007). Ugyanakkor a hal iránti kereslet világszerte tovább nő, serkentve a mesterséges halhústermelést. A tengeri és az édesvízi halászat 1995 óta 90–95 millió tonna körül ingadozik. A világban elfogyasztott halak és rákok több mint felét már akvakultúrában, tengerben vagy édesvízben, ellenőrzött körülmények között tenyésztik. Az akvakultúrás termelés jelenleg már meghaladja a 70 millió tonnát évente, és gyorsan nő tovább (FAO FishStat, 2011). Ez újabb konkurensként jelenik meg, hiszen ezen állattenyésztési ág döntően magas biológiai értékű mesterséges gyári keveréktakarmányokat igényel.

A növénytermesztés peremfeltételei általánosan romlanak. A két döntő tényező ezek közül: a termőföld és a vízkészletek hasznosíthatóságával összefüggő problémák.

A Föld termőföldkészlete folyamatosan csökken. Az okok nagyon sokrétűek, így csak a legfontosabbakat említve: az infrastruktúrális fejlesztések sokhelyütt éppen a legértékesebb termőföldterületeket csökkentik, ez leginkább a gyorsan fejlődő országokat érinti (például Kína, India), de nem kivételek a fejlett országok, sőt hazánk sem. Az oktan

földhasználat (például túllelgetetés, víz- és szélerezio, talajsavanyodás stb.) részben elsivatagosodást, részben csökkenő termőképességet okoz. Új földterületek érdemi bevonása a termelésbe gyakorlatilag alig lehetséges, vagy jelentős környezeti károkat okoz (például erdőirtások: Brazília, Indonézia).

A mezőgazdaság a legnagyobb vízfelhasználó ágazat a Földön, mert a megújuló és hasznosítható édesvízkészlet 70%-át igényli. Sajnos sok helyen a növénytermesztési kultúrák öntözése során a megújuló készleteket a megújulás ütemét meghaladó mértékben hasznosítják, ami ellenkezik a fenntarthatóság feltételével. Egy kimerült készlet rehabilitációs ideje sokszorosa lehet a kitermelésének (lásd a Dunántúli-középhegység és Hévíz példáját). Egyébként a felszín alatti készletek két fajtáját ismerjük. Az első része a víz körforgásának, a második, fosszilis, valamilyen oknál fogva valamikor kizáródott (pl. egy lencsében, lásd Líbia). Sok helyen a felszín alatti vízkészletek gyorsan, kritikus mértékben csökkennek, így például Kínában, Indiában, az USA egyes részein (Somlyódy, 2008, 2011).

Az előbbieken csupán vázlatosan érintett tényezőket figyelembe véve a növénytermesztés-

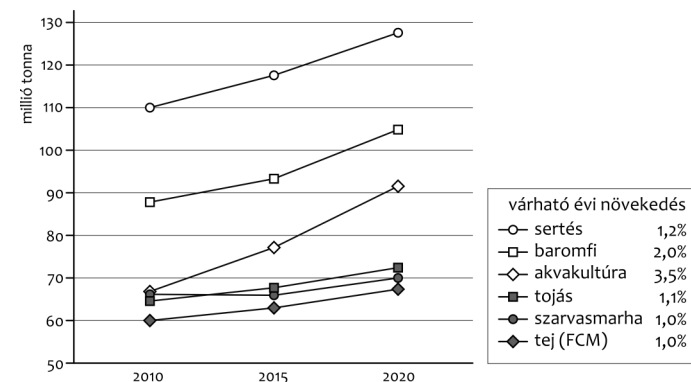
ben és az állattenyésztésben a különböző erőforrásokkal minden korábbi időszaknál racionálisabban kell majd gazdálkodni.

A különböző állattenyésztési ágazatok fejlődésének közeljövőben várható trendjei

Az egyes állati termékektől várható termelés-növekedést mutatja az 1. ábra.

A sertés-hústermelés és a várható fogyasztás továbbra is gyors ütemben nő majd, és 2020-ig a növekmény elérheti vagy megközelítheti a 20 millió tonnát. Abszolút mennyiségben hasonló mértékű emelkedés várható a baromfi-hús-termelésben is. Meglepő, de az előzőekben vázoltak alapján is szinte logikusan következnek, hogy az állattermék-előállítás legdinamikusabb ágazata az akvakultúra lesz, ahol majd 30 millió tonna növekedés várható világszinten. A tojás- és a marhahús- és a tejtermelés növekedése kisebb ütemű lesz (10–10 millió tonna körüli).

Figyelemre méltó és ritkán kerül szóba, hogy a különböző országok, illetve régiók húsfogyasztásán belül mekkora nagyságrendet képvisel a hal. A hálnak az emberi táplálkozásban és a húsfogyasztáson belül betöltött szerepét egységnyi vásárlóerőre vetítve mutat-

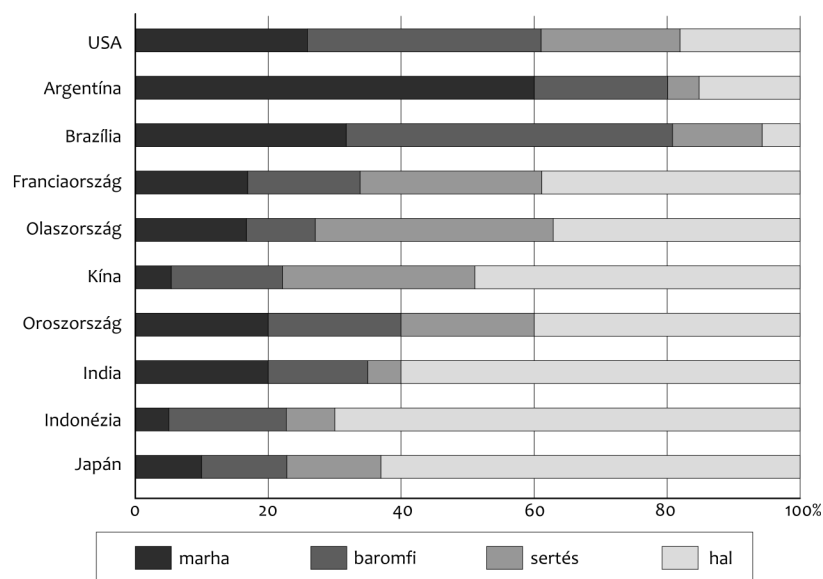


1. ábra • Globális állattermék-előállítási növekedés (átlagos növekedési ütem: 1,6%) (Gasperoni és Bentley-Beal, 2010)

ja a 2. ábra. Magyar szemmel ez igen furcsának tűnik; mi összesen 3–4 kg halat fogyasztunk évente, Bulgáriával együtt sajnos Európa sereghajtói vagyunk. Ugyanakkor a világátlag 17 kg, az európai átlag pedig 20 kiló fölötti. Szembetűnőek a halat különösen kedvelő (Japán), vagy azt más húsféleség híján döntően kényszerből fogyasztó (India), és azt mérsékelten fogyasztó (például Brazília, Argentína, USA) országok közötti igen nagy különbségek.

Annak érzékeltetésére, hogy egyes országok, illetve régiók között az egy főre eső húsfogyasztásban és annak összetételében mekkora különbségek vannak, mutatom be a 2. táblázatot. Az adatok különösen abból a szempontból érdekesek, hogy milyen irányú és nagyságrendű változások várhatók a fogyasztásban, akkor, ha nagymértékben változott az egy főre eső jövedelem. Ebből a szempontból a táblázatban különösen három terület adatai érdekesek: ezek Kína, Hongkong

és az USA. Hongkong, Kína egyik Különleges Igazgatású Területe és az USA egy főre eső GDP-je közel áll egymáshoz, összes húsfogyasztásuk is egy főre vetítve nagyon hasonló. Mind a kettő rendkívül magas, jelezvén azt, hogy az egy főre eső GDP és húsfogyasztás között nagyon szoros az összefüggés. Hongkongot 98%-ban kínaiak lakják, nincs saját mezőgazdasági termelése, mindent vásárol. Húsfogyasztása több mint kétszerese Kínának. A kettejük GDP-je közötti különbségből ez következik is. De mindkét országban megdöbbentően hasonló a húsfogyasztás szerkezete: meghatározó a sertés, ezt követi a baromfi, majd a szarvasmarha. Ha prognózist kell adni, nagy biztonsággal jelezhető előre, hogy ahogy nő Kínában az egy főre eső GDP, úgy fog közelíteni húsfogyasztásuk és annak szerkezete a hongkongihoz, hatalmas piacot teremtve a különböző állati termékeknek. India egy főre eső húsfogyasztása döbbenetesen alacsony, de a rendelkezésre álló ismeretek



2. ábra • Húspreferenciák egységnyi vásárlóerőre vetítve (Novus Analysis, 2010)

országok, régiók	húsfogyasztás (kg/fő/év)			összesen
	szarvasmarha	sertés	baromfi	
Kína	6	35	9	50
India	2	1	2	5
Hongkong	16	61	39	116
USA	42	30	53	125
EU-27	16	43	20	79

2. táblázat • Néhány kiemelt ország, illetve régió egy főre eső húsfogyasztása és összetétele (USDA Foreign Agricultural Service. Office of Global Analysis, 2007)

szerint a tehetősebbé váló rétegek húsfogyasztása nagyon gyorsan növekszik, különösen a baromfié.

Azt, hogy várhatóan milyen mértékben fog nőni a fejlett és fejlődő világ hús- és tejfogyasztása alig negyven év múlva, mutatják a 3. táblázatban összefoglalt adatok. A fejlődő országok húsfogyasztása több mint 2,3-szorosára, tejfogyasztása 2,6-szeresére nő. A hús- és tejtermelés együttes növekménye 552 millió tonnát tesz majd ki. Ehhez képest eltörpül a fejlett országokban várható alig 20% feletti hús- és 10%-os tejfogyasztási növekmény, ami összesen 54 millió tonnát, a fejlődőknek várhatóan alig 10%-át teszi ki.

Figyelembe véve az állati termékek iránti növekvő keresletet és prognosztizálhatóan az

ezt az igényt fedezni hivatott termelésfelfutást, számításokat végeztek arra vonatkozóan, hogy a növényi termékek mennyiségét illetően (takarmány) mekkora igények fognak jelentkezni.

Felmérték azt is, hogy a várható népességnövekedés által generált igény mekkora növényi terméktöbbletet igényel majd, továbbá a jelenleg tervezett bioenergia-termelési célok mekkora növényi alapanyag-mennyiséget fognak lekötöni. A számításokat 2030-ig terjedő időszakra végezték el (4. táblázat).

A 4. táblázatban összefoglaltak világosan rávilágítanak arra, hogy már húsz éven belül több mint 60%-kal (1700 millió tonna) kellene növelni a főbb növényi termékek termelését annak érdekében, hogy döntően

	év	évi egy főre eső fogyasztás		összes fogyasztás	
		hús (kg)	tej (l)	hús (millió t)	tej (millió l)
fejlődők	2002	28	44	137	222
	2050	44	78	326	585
fejlettek	2002	78	202	102	265
	2050	94	216	126	295

3. táblázat • A fejlett és a fejlődő világ várható állatiermék-fogyasztása (Tarawali és mtsai, 2011)

emberi többletfogyasztás fejlődő országok (nagy népességnövekedés)	800 millió tonna
döntően állati takarmány gyorsan fejlődő országok	900 millió tonna
döntően energiatermelés fejlett országok	1100 millió tonna
Jelenlegi igény	2800 millió tonna

4. táblázat • Az emberiség többletigénye 2030-ig a legfőbb növényi termékekből (Nonhebel – Kastner, 2011)

a fejlődő országok növekvő népességét el lehessen látni élelmiszerral, és a gyorsan fejlődő országok számára szükséges állatiermék-többlet előállításához elegendő takarmány álljon rendelkezésre. Ez a jövőkép önmagában egy új, második „zöld forradalom” szükségességét indokolja.

A második „zöld forradalom” az elsónél sokkal komplexebb interdiszciplináris megoldásokat követel majd, mint az első, 1950–2000 közötti. Alapjaiban fogja érinteni a növényi biomassza- és állatiermék-előállítás termékpályáinak minden fázisát és peremfeltételeit. Új innovációs hullám nélkül nem lesz esély a sikerre. Világszerte nagyon számottevő, pótlólagos tőkebefektetésekre lesz szükség a szellemi erőforrások érdemi bővítése mellett. Nagy valószínűséggel a mainál nagyobb mértékben kell a tengervíz mint pótlólagos biomassza-termelő kapacitást is számításba venni (például algatermelés kontrollált körülmények között).

A fejlett országok által tervezett bioüzemanyag-előállítási programok többletigénye olyan nagyságrendű, ha a jelenlegihez hasonló technológiákat alkalmaznak bioüzemanyagok előállítására, ami már minden bizonnyal hatalmas zavarokhoz és feszültségekhez fog vezetni a világ agrárgazdaságában.

Az egyes állattenyésztési ágazatok erőforrásigénye és komplex környezetterhelő hatása egységnyi termékmennyiségre vonatkozóan

Az utóbbi évtizedben több komplex kutatási program választotta támájául, hogy a különböző állattenyésztési ágazatok egységnyi termékre vetítve mekkora erőforrásigényűek, (pl. energiafelhasználás, termőföldlektetés) és milyen a környezetterhelés különböző paramétereit véve figyelembe (pl. üvegházhatású gáztermelés CO₂-egyenértékben, eutrofizációs potenciál PO₄-egyenértékben, légkörsavanyító hatás SO₂-egyenértékben, növényvédőszer-felhasználás területegységenként).

A bevezető alapkérdés megválaszolására az egyik legelső és legátfogóbb nagy analízist az Egyesült Királyságban végezték (Williams et al., 2006). A legfontosabb adatokat az 5. táblázat mutatja, mely a baromfi-hús, a tojás, a sertéshús, a marhahús, a tej és a juhhús előállításának erőforrás-felhasználását és környezetterhelő hatásait mutatja egységnyi összehasonlítható termékmennyiségre vetítve. Világosan kitűnik, hogy a szapora állatfajok egyértelműen kedvező pozíciókat foglalnak el mind az energiafelhasználásban, mind az üvegházhatású gáz kibocsátásában, mind pedig a termőföldlektetésben. Az említett viz-

gálsorozatban korszerű nagyteljesítményű fajták és tartásrendszerek képezték a felmérések alapját.

A közelmúltban az OECD-országokban közzétett tizenhét tanulmány adatait összesítette M. De Vries és Jan J. M. De Boer (2010). E tanulmányokban különböző sertés-, brojlercsirke-, húsmarha-, tej- és tojástermelő telepek, illetve rendszerek komplex összehasonlítását végezték el. Az analízisek többek között arra irányultak, hogy integrált szemléletben egységnyi állati termék előállítására, illetve fehérje előállítására mekkora az erőforrásigény, és mekkora a különböző paraméterek szerint mért környezetterhelés. A sokoldalú multidiszciplináris vizsgálatok minden állattenyésztési ágazatban azt mutatták, hogy egységnyi termékre vetítve a legkisebb komplex erőforrásigény és a legkisebb környezetterhelés azokban a termelési rendszerekben volt mérhető, ahol nagy teljesítményű fajtákkal, intenzív tartási-takarmányozási megoldásokat alkalmaztak, országtól, kontinensektől függetlenül.

A komplex folyamatok szemléletes megvilágítására szolgálhat a következő példa.

A tejtermelés hatékonyságának az egész termelési folyamatot figyelembe vevő összehasonlítása különösen érdekes egy nagyszabású amerikai vizsgálat sorozat eredményeinek tükrében. Az USA mezőgazdasági kormányzata (USDA) egy konzorciumot bízott meg a Cornell Egyetem vezetésével azzal, hogy a tejtermelésre vonatkozóan mérjék fel, mekkora az erőforrásigényben és a környezetterhelésben mutatkozó különbség akkor, ha az 1944-ben alkalmazott fajták, tartási és takarmánytermesztési, takarmányozási rendszerek figyelembe vételével állítanak elő a tejet, összehasonlítva azt a 2007-re jellemző komplex feltételrendszerrel (Capper et al., 2009). Természetesen ilyen analízis csak olyan országban lehetséges, ahol a termelés minden egyes összetevőjére vonatkozóan pontos statisztikai adatok állnak rendelkezésre. A figyelembe vett igen nagyszámú tényezőtől a 6., 7. táblázatokban csak a legfontosabb

erőforrások és környezeti hatások	baromfi-hús	tojás	sertéshús	marhahús	tej	juhhús
energiafelhasználás (GJ)	12	14	17	28	25	23
üvegházhatás (kg/CO ₂ -egyenérték 100 év)	4,6	5,5	6,4	16	10,6	17
eutrofizációs potenciál (kg/PO ₄ -egyenérték)	49	77	100	158	64	200
légkörsavasítás (kg/SO ₂ -egyenérték)	173	306	394	471	163	380
növényvédőszer (kg/ha)	7,7	7,7	8,8	7,1	3,5	3,0
termőföldlektetés, (ha)	0,64	0,67	0,74	2,33	1,20	1,40

5. táblázat • Erőforrás-felhasználás és környezetterhelő hatások különböző állattenyésztési ágazatokban adott termékmennyiségre (1 tonna hús, 20 000 tojás – kb. 1 tonna – és 10 m³ tej – kb. 1 tonna hasznosítható beltartalom) (Williams et al., 2006)

	1944	2007
fajták tejtermelés, kg/év	54% Jersey/Guernsey/Ayrshire 46% Holstein/Brown Swiss 2074	90% Holstein 9193
legfontosabb alaptakarmányok, száraztakarmányok	legelő, széna, abrak+konzentratum	silókukorica, lucerna (siló), komplett keverékek

6. táblázat • Az USA tejtermelési rendszerének jellemzői 1944-ben és 2007-ben (Capper et al., 2009)

adatokat mutatom be. A 6. táblázatban a termelési rendszerek jellemzőiből csupán a fajtaösszetétel, a tejtermelés egy tehenre vetítve és a takarmányozás legfontosabb elemei kerülnek bemutatásra. 1944-ben az egy tehen-

re eső tejhozam alig haladta meg a 2000 litert (Magyarországon ez a tejhozam az 1960-as évek végén volt jellemző). 2007-ben az átlagos tejtermelés meghaladja a 9000 litert (ezt hazánkban is sok tehenészet eléri). Természe-

	1944	2007
összes tejtermelés (milliárd kg)	53,1	84,2
állatállomány (n)		
laktáló tehen (ezer)	414,8	93,6
szárazonálló tehen (ezer)	67,4	15,2
üsző (ezer)	429,2	90,3
bika (ezer)	19,29	1,31
növedékbika (ezer)	17,17	1,08
összes (ezer)	948	202
inputok		
takarmánymennyiség (friss) kg×10 ⁹	8,26	1,88
termőföldlektetés, ha (ezer)	1,705	162
víz, 1×10 ⁹	10,76	3,79
kibocsátás trágyában		
trágyatömeg, friss, kg×10 ⁹	7,86	1,91
gáztermelés (üvegházhatás)		
CO ₂ -lábnyom (állat+CH ₄ -egyenérték+ N ₂ O-egyenérték kg CO ₂ ×10 ⁹)	3,66	1,35

7. táblázat • Erőforrásigény és környezetterhelés 1 milliárd liter tej előállítása esetében 1944-ben és 2007-ben (USA) (Capper et al., 2009)

tesen nemcsak a tehenek tejtermelése, hanem a takarmánytermelésben alkalmazott új növényfajták, fejlett termesztési módszerek és tartási rendszerek is nagyon sokat fejlődtek a több mint hatvan év alatt. A 7. táblázatban az 1944-ben és 2007-ben mutatkozó különbségeket érzékelhetjük, az erőforrásigényt és a környezetterhelés néhány fontosabb elemét kiemelve, egymilliárd liter tej előállítását figyelembe véve. Az adatokból egyértelműen kitűnik, hogy egymilliárd liter tej előállításához 1944-ben összesen több mint 948 ezer szarvasmarha kellett ahhoz, hogy a 414 ezer tejtermelő tehen folyamatosan termelésbe állítható legyen. 2007-ben már csak 202 ezer elegendő ahhoz, hogy 93 ezer tejelő tehen szolgálhassa az egymilliárd liter tej előállítását. Ennek alapján már könnyen érthető, hogy azonos mennyiségű tej előállítására kevesebb mint negyedannyi takarmány, több mint tízszer kisebb földterület, és majd kétharmaddal kevesebb víz volt szükséges. Az előbbiekből logikusan következően drámai módon csökken a környezetterhelés, hogy csak két komponenset vegyünk figyelembe: a termelt trágya tömegét és az üvegházhatású gázok mennyiségét.

Teljesen egyértelmű tehát, hogy egységnyi mennyiségű termékre vetítve a mai komplex, nagy hatékonyságú növény- és állattenyésztési rendszer a tejtermelésben mind az erőforrások oldaláról sokkalta hatékonyabb, mint pedig a környezeti hatásait tekintve is összehasonlíthatatlanul kisebb terhelést jelent az ökoszisztémára. *Az USA mai, évente 80 milliárd litert meghaladó tejszükségletét nem is lenne lehetséges a kisebb termelőképességű régebbi fajtákkal és a sokkal extenzívebb növénytermesztési és legeltetési rendszerrel előállítani, hiszen ha visszatérnénk az 1944-es termelési formára – amit sokan az USA-ban is ideálisnak tartá-*

nának különböző szempontokból –, akkor 143 millió hektár területet kötne le csupán a tejtermelési szektor, szemben a mai helyzettel, ahol ez összesen 13,6 millió hektárt igényel. Bármennyire is ideálisnak tűnik sokak szemében a régebbi, környezetbarátnak tűnő termelési mód, a jelenlegi magas igény szintet sem az erőforrások oldaláról, sem pedig a rendkívüli környezetterhelés miatt nem lehetne vállalni, és technikailag sem megoldani. A számításoknak van egy „kisebb” hibája, nem vették számításba az 1944-es tejtermelési rendszer nagy élőmunkaigényét, és köztudomású, hogy az embernek is van – és nem is kicsi – környezeti és vízläbnyoma, ez tovább terhelné az 1944-es adatsort.

A klímaváltozás várható hatásai az állattenyésztési rendszerekre

A klímaváltozásról sok szó esik pro és kontra, aminek részleteibe nem bocsátkozhatom.

A globális klímaváltozással összefüggő felmelegedés a víztakarékos gazdálkodást kiemelve fontossá teszi az állattenyésztésben is, mert a készletek átrendeződnek, és az igények nőnek. Az állati termékek előállítása sok vizet igényel, és itt nemcsak az ivóvizet (ez viszonylag igen kis hányad), hanem a takarmány-előállítás igen nagy vízigényét is figyelembe kell venni mint a legdöntőbb tényezőt, számos más kisebb hatású mellett. Az erősebb felmelegedés hatására az ivóvíz-felhasználás minden állatfajban ugrásszerűen nő, ugyanígy a növények is többet párologtatnak. Aligha gondolnánk, hogy egy kilogramm marhahús előállítása átlagosan mintegy 20 000 liter, egy kilogramm sertéshús megtermelése mintegy 4000 liter vizet igényel. A világ állattenyésztésének vízigénye ma becsülhetően mintegy 2800 km³/év (Nardone et al., 2010). Az ENSZ legújabb becslése szerint pedig 3840 km³/év (Somlyódy, 2011). Ez megdöbbentően soknak

tűnik – például a hétmilliárd ember összes ivóvízigénye mintegy 7 km³ –, de a takarmánytermesztés vízigénye hatalmas, mert például az abraktermények alapját képező gabonafélék 1 kilogrammjának megtermeléséhez legalább 1000, 1500 liter víz szükséges. Korábban már foglalkoztunk azzal, hogy az állatállományok termelőképességének javítása szelekcióval milyen nagymértékben képes csökkenteni az egységnyi termék előállításához szükséges vízmennyiséget (például: tehe-

nek tejtermelése, pulykák súlygyarapodásának fokozása). Csak példaként említem meg, hogy a pecsenyecsirke esetében 1978 és 2008 között szűk harminc év alatt az egységnyi hústermék (mellfilé) előállításához szükséges vízigényt döntően a szelekció révén 65%-kal sikerült csökkenteni (20 000 literrel 7000 literre) azáltal, hogy majdnem felére rövidült a nevelési idő azonos élősúly eléréséig, és másfélszeresére nőtt a tiszta mellizomtömeg. Minden állatfajban igazolható, hogy a terme-

alaptípus	terület, milliárd ha	elhelyezkedés	megközelítő részesedés a világtermelésből
extenzív legeltetési rendszer	3	Afrika, Ázsia, Ausztrália, részben Európa és Amerika egyes részei	húsmarha 20% kiskérődzők 30%
Vegyes növény- és takarmánytermesztő állattenyésztési rendszerek • természetes csapadéokra alapozott • öntözött területek	2,5	Európa, India, Dél-Amerika keleti része, Amerika, Afrika középső része, USA–Kanada határvidéke Közép-Európa kis része, D-K-Ázsia, USA és Közép-Amerika egy része	tej 90% húsmarha+juh 70% sertés és baromfi 25% tojás 40%
zömében zárt, koncentrált intenzív rendszerek, érdemi földterületek nélkül		USA déli és középső területe, Dél-Amerika, Európa, Kelet-Ázsia, Közel-Kelet	baromfihús 70% tojás 60% sertés-hús 55% húsmarha 6%

8. táblázat • Állattartási nagyrendszerek (Nardone et al. [2010] és a szerző által összefoglalt több tanulmány alapján)

rendszer típus	biomassza-termelés várható változása	várható esélyek
extenzív legeltetési rendszerek	-50%	Afrika, Ausztrália, Közép-Amerika, Dél-Ázsia, Kína egyes részei a leginkább veszélyeztetettek
• természetes csapadéokra alapozott rendszerek	- > +	nehezen előre jelezhető, regionálisan is változó negatív és pozitív hatások is lehetnek
• öntözött területek – átfolyó vízkészletek	+++	ahol átfolyó vízkészletekkel gazdálkodnak, nagyon kedvező prognózisok adhatók
– talajvíz-hasznosítás	+	a talajvíz-hasznosítás már nehezedő feltételeket jelent
intenzív zárt specializált tartási rendszerek		további előretörésük várható, elsősorban az abrakfogyasztók, de a kérődzők esetében is

9. táblázat • Az állattenyésztési nagyrendszerek potenciális lehetőségei a klímaváltozás tükrében (Silanikove [2000], Frank et al. [2003], West [2003], Nienaber és Hahn [2007], Nardone et al. [2010] és mások adatai felhasználásával)

lőképesség növelése genetikai úton az egyik leghatékonyabb eszköz a vízhasznosítás javítása szempontjából (Horn, 2005, 2008).

Az utolsó évtizedben több elemzés született arra vonatkozóan, hogy a világ állattenyésztésére a jelenleg érzékelhető éghajlatváltozási folyamatok hogyan hatnak, és a közeljövőben milyen hatások várhatók. A számos mértékadó tanulmány alapján megkíséreltem összesíteni és áttekinthető formába rendezni azokat a tendenciákat, amelyek kirajzolódnak, és valószínűleg be is következnek.

Az állattartási nagyrendszerek három nagy csoportra oszthatóak: 1. extenzív legeltetési rendszerekre, 2. vegyes növény- és takarmánytermesztő állattenyésztési rendszerekre és 3. zömében zárt, koncentrált, érdemi földterü-

letek nélküli intenzív rendszerekre. Az első kategóriába a Föld hasznosítható szárazföld-készletéből hárommilliárd, a másodikba két és félmilliárd hektár esik. Az extenzív legeltetési rendszerekben ma a világon megtermelt húsmarha mennyiségének 20%-át, kiskérődzőinek 30%-át állítják elő. A második nagy rendszerben, ahol vegyes növényi- és takarmánytermesztési állattenyésztési rendszerek működnek, a tej 90, a húsmarha és juh 70, a sertés és baromfihús 25, és a tojás 40%-át állítják elő. Megdöbbentő nagyságrendet képviselnek ma már a zárt, koncentrált és intenzív állattenyésztési rendszerek, amelyek gyakorlatilag földterület nélkül üzemelnek, mert a baromfihús mintegy 70, a tojás 60, a sertés 55%-át állítják elő, a húsmarha kis há-

nyadot képvisel. A 8. táblázatban összesítem az adatokat, feltüntetve azokat a régiókat, amelyek a különböző kategóriákba esnek. A 9. táblázatban állítottam össze a közeljövőre – húszéves távlatban – vonatkozó prognózist, amelyek azt mutatják, hogy az állattenyésztési nagyrendszerek potenciális lehetőségei valószínűleg hogyan alakulnak a jelenlegi klímaváltozási folyamatok hatásaira.

A prognózisok azt jelzik, hogy az extenzív legeltetésre alapozott területeken – figyelembe véve a már jelenleg is jól érzékelhető folyamatokat – a húsmarhák és kérődzők által termelt hús mennyisége mintegy 50%-kal fog csökkenni, döntően az elsivatagosodás, a túllegeltetés és a csökkenő éves csapadékmennyiség következtében. Ez érinteni fogja Afrika, Ausztrália, India, Közép-Amerika, Dél-Ázsia és Kína egyes részeit. A vegyes növénytermesztő-állattenyésztő rendszereket alkalmazó régiók közül a természetes csapadékra alapozott területeken nehezen jelezhetőek előre az állattenyésztésre gyakorolt hatások, ezek az egyes érintett régiókban lehetnek pozitívak és negatívak, de inkább enyhe negatív tendenciák valószínűek, a szélsőségesebbé váló klímahatások által megnövekedő terméshozadékok miatt. Ezen a kategórián belül az öntözhető területek a kilátásokat tekintve két nagy csoportra oszthatók. Ahol az öntözés talajvízre alapozott – melynek egy része nem, vagy lassan megújuló (lásd korábban) –, nehezedő feltételekkel kell majd számolni, a mainál hatékonyabb öntözési módokra kell átállni, vagy az öntözést adott régiókban teljesen meg is kell szüntetni.

Az öntözéses vagy azzá tehető területek, régiók fontossága és gazdasági súlya erősen növekszik majd, különösen azoké, ahol meg-

újuló és jelentős átfolyó vízkészletek vannak (ilyen hazánk is, csak nehezen vesszük tudomásul, hogy vízgazdálkodásunk integrált komplex szemléletű áttekintése és fejlesztése, megfelelő tárolókapacitások létesítése, nagy lehetőségeket teremtő nemzetstratégiai feladat, és nemcsak az agrárgazdaság jelentős fejlesztését lehetővé tevő potenciális tartalékunk).

Az intenzív, jól ellenőrizhető tartási feltételeket kínáló, zömében zárt állattartási rendszerek további előretörése várható, mert komplex hatékonyságuk jobb más rendszerekénél, egységnyi termékre vetített környezetterhelő hatásaik csekélyebbek az extenzívebb rendszerekénél. Nagyobb állategészségügyi és extrém klímahatások elleni védelmet biztosítanak, mint más rendszerek. Többségükben jobb és egészségesebb munkakörülményeket teremtenek a kvalifikált munkaerőnek. Utóbbi tartásrendszer-típusokhoz nagy hatékonysággal csatlakoztathatók azok a trágya- és melléktermék-hasznosító fermentációs egységek, amelyekkel bioenergia termelhető, tovább csökkentve a környezetterhelő hatásokat.

Természetesen azokat az ökológiai, geográfiai régiókat, ahol csak extenzív, például feltétlen legeltetésre alkalmas területek vannak, továbbra is célszerű és szükségszerű megfelelő fajú, fajtájú állatokkal, arra alkalmas tartásrendszerek alkalmazásával hasznosítani.

Hálával tartozom Somlyódy Lászlónak sok értékes észrevételért, amelyek segítettek a kézirat elkészítése során.

Kulcsszavak: erőforrások szűkülése, növekvő élelmiszerigény, termelési korlátok, termékek környezeti lábnyoma, éghajlatváltozás, várható hatások.

IRODALOM

- Capper, Jude L. – Cady, R. A. – Bauman, D. E. (2009): The Environmental Impact of Dairy Production: 1944 Compared with 2007. *Journal of Animal Science*. 87, 2160–2167. • <http://jas.fass.org/content/87/6/2160.full>
- Diamond, Jared (2007): *Összeomlás. Tanulmányok a társadalmak továbbéléséhez*. Tipotex, Budapest
- De Vries, M. – De Boer, Ian J. M. (2010): Comparing Environmental Impacts for Livestock Products: A Review of Life Cycle Assessments. *Livestock Science*. 128, 1–11.
- FAO Fish Stat (2011): Universal Software for Fishery Statistical Time Series. FAO <http://www.fao.org/fishery/statistics/collections/en>
- Frank, Katrina L. – Mader, T. L. – Harrington, J. A. – Hahn, G. L. – Davis, M. S. – Nienaber, J. A. (2003): *Predicted Global Change Effects on Livestock Performance Based on Empirical Algorithms*. University Of Nebraska, Lincoln, USA
- Gasperoni, Giovanni – Bentley-Beal, Tricia (2010): *Methionine Global Outlook. The Next Decade*. NOVUS Int. Inc., St. Charles, MO, USA • http://www.novusint.com/portals/0/v2/multimedia/pdf/whitepapers/Methionine_Global_Outlook.pdf
- Horn Péter (2005): Az egyes állattenyésztési ágazatok lehetséges alkalmazkodási lehetőségei a klímaváltozás függvényében. In: Csete László (szerk.): „AGRO 21”. *Klimaváltozások – hatások – válaszok*. 42, 3–9.
- Horn Péter (2008): Új helyzetben a világ élelmiszerellátása. *Magyar Tudomány*. 9, 1108–1124. • <http://www.matud.iif.hu/08sze/08.html>
- Nardone, Alessandro – Ronchi, B. – Lacetera, N. – Ranieri, M. S. – Bernabucci, U. (2010): Effects of Climate Changes on Animal Production and Sustainability of Livestock Systems. *Livestock Science*. 130, 57–69.
- Nienaber, John A. – Hahn, G. LeRoy (2007): Livestock Production System Management Responses to Thermal Challenges. *International Journal of Biometeorology*. 52, 149–157. • <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1227&context=usdaarsfacpub>
- Nonhebel, Sanderine – Kastner, Thomas (2011): Changing Demand for Food, Livestock Feed and Biofuels in the Past and in the near Future. *Livestock Science*. 139, 3–10.
- Novus Analysis (2010) In: Gasperoni, Giovanni – Bentley-Beal, Tricia (2010): *Methionine Global Outlook. The Next Decade*. NOVUS Int. Inc., St. Charles, MO, USA • http://www.novusint.com/portals/0/v2/multimedia/pdf/whitepapers/Methionine_Global_Outlook.pdf
- Roppa, Luciano (2007): Protein Demand Drives Poultry Production. *World Poultry*. 23, 9, 27–29. • http://www.worldpoultry.net/ts_wo/resources/attachments/download/true/im/false/id/37450/Protein%20demand%20drives%20poultry%20production.pdf
- Silanikove, Nissim (2000): Effects of Heat Stress on Welfare of Extensively Managed Domestic Ruminants. *Livestock Science*. 67, 1–18.
- Somlyódy László (2008): Töprengések a vízről – lépéskényszerben. *Magyar Tudomány*. 4, 462–473. • <http://www.matud.iif.hu/08apr/09.html>
- Somlyódy László (2011): A világ vízdilemmája. *Magyar Tudomány*. 12, 1411–1424. • <http://www.matud.iif.hu/2011/12/02.htm>
- Tarawali, Shirley – Herrero, M. – Descheemaeker K. – Grings, E. – Brilümmel, M. (2011): Pathways for Sustainable Development of Mixed Crop Livestock Systems: Taking a Livestock and Pro-poor Approach. *Livestock Science*. 139, 11–21.
- West, Joe W. (2003): Effects of Heat Stress on Production in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 86, 2131–2144. • [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(03\)73803-X/fulltext](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(03)73803-X/fulltext)
- Williams, Adrian G. – Audsley, E. – Sandars, D. L. (2006): Determining the Environmental Burdens and Resource Use in the Production of Agricultural and Horticultural Commodities. *Main Report Defra Research Project*. ISO205 Bedford: Cranfield Univ. and Defra
- USDA. Foreign Agricultural Service. Office of Global Analysis (2007) Washington D. C. URL: <http://faostat.fao.org>