

////////////////////////////////////TUDOMÁNYOS CIKK////////////////////////////////////

A mezőgazdasági termelés jövőjét meghatározó néhány fontos kérdéskör

HORN PÉTER

Kulcsszavak: humán evolúció, állatifehérje-fogyasztás, állattenyésztési ágazatok versenyképessége, klímaváltozás, hőstressz, GMO-k sokfélesége.

JEL-kód: Q15, Q54.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A tanulmány összefoglalja azokat a biológiai tényezőket, amelyek a *Homo sapiens* evolúciója során alakultak ki, és amely mélyreható változások (pl.: emésztőrendszer, agyméret és annak drámaian megnövekedett energiaigénye) magyarázatot adnak azokra az összefüggésekre, amelyek az egy főre eső napi állatitermék-fogyasztás és a lakosság elkölthető jövedelme között kimutathatók. A szerző mértékadó irodalmi források adatai alapján bemutatja, hogy az országok mintegy kétharmada állati fehérjékből nem kellően ellátott, a szegény országok csoportja súlyosan alultáplált. A hazai adatok feldolgozásával kimutatja, hogy a magyar lakosság állatifehérje-ellátása az 1980-as évek közepén-végén elérte a kívánatos napi 52 grammos átlagot. Sajnálatos tény, hogy jelenleg a magyarországi lakosság állatifehérje-ellátása csupán mintegy 75 százalékát éri el a kívánatosnak. Egyértelmű, hogy a közepes vagy alacsonyabb jövedelmű országok esetében jelentős mértékben kívánatos lenne az állatitermék-fogyasztás növelése, számottevően bővítve az állattenyésztési ágazatok termékkibocsátását. Az állattenyésztési ágazatok között jelenleg, és a jövőben még inkább verseny alakul ki a rendelkezésre álló takarmányforrásokért. Az egyes ágazatok között már ma is jelentős hatékonyságbeli különbségek vannak abban a tekintetben, hogy egységnyi állati terméket mekkora komplex erőforrásigény terhel (pl.: takarmánytermő terület, víz és különböző környezetet terhelő emissziók). Átfogó külföldi tanulmányok és saját számítások alapján megállapítható, hogy azokban az állatfajokban, amelyekben a genetikai előrehaladás a termelőképességben gyors volt (pl.: tejtermelés, peccenyecsrirke-hizlalás) és a takarmánynövények hozamai is számottevően nőttek, az egységnyi termékre vetített erőforrások és a környezetet terhelő emissziók mennyisége is nagymértékben csökkent. A tanulmányban a jelenséget megvilágító példaként az USA tejtermelési szektorát és a hazai peccenyecsrirke-termelés időbeli változását ismerteti a szerző. A klímaváltozással kapcsolatban több példát sorol fel a tanulmány, amelyek mérsékelhetik a jelenlegi melegedő szakasz negatív hatásait az állattenyésztésben, megemlítve a zárt tartási rendszerek potenciális előnyeit. Saját kísérletek alapján ismerteti húsmarhák esetében a világos, kvázi fényviszszaverő színű előnyeit a hőstressz mérséklése érdekében. A tyúkrajban a tolltakaró csökkentése genetikai úton a hőstressznek jobban ellenálló típusok kialakítását teszi lehetővé.

Nagyszámú prognózis alapján az elkövetkezendő harminc év során 60-70 százalékkal indokolt növelni az élelmiszer-termelést. A pesszimisták ezt nem tartják le-

hetségesnek, a szerző azonban derűlátóbb álláspontot képvisel, figyelembe véve a Föld ma még nem kellően hasznosított termőföldkészletét, ahol mind a talaj-, mind a csapadékviszonyok hatékony növénytermesztést tennének lehetővé. A már ma ismert fejlett technológiák és szakismeretek komplex alkalmazásával jelentősen növelhető lenne számos országban a növénytermesztés és az állattenyésztés hatékonysága, egyidejűleg csökkentve a környezeti lábnyomot is. Nem vitatható, hogy a nagyon számottevő pótlólagos beruházások elkerülhetetlenek, beleértve a humán erőforrásokat is. A legtöbb növény- és állatfajban még mindig jelentős genetikai tartalékok vannak, amelyek további fejlődés lehetőségét teremtik meg, amit hazai és külföldi példák is mutatnak. Aligha kétséges, hogy a fejlett biotechnológiai módszerek széles körű alkalmazása ma még alig elképzelhető fejlődés eszközei lehetnek. Elkerülhetetlenek a legújabb eljárások útján előállított növény- és állattípusok nemzetközileg is megnyugtató módon rendezett forgalmazását és termesztését lehetővé tevő szabályozások. A közeljövő mezőgazdaságára és számos határterület fejlődésére jelentős hatást fog gyakorolni az az egész világot átfogó program, amelyet a davosi világgazdasági fórumon, 2018. január 23-án jelentettek be és indítottak rangos tudományos intézetek, alapítványok egy perui milliárdos, Juan Carlos Castilla-Rubio kezdeményezésére. Az úgynevezett Föld Biogenom Program (Earth Biogenom Project) célja a Föld becslhetően 1,5 millió faja teljes génállományának feltérképezése tíz év alatt. A rendkívül széles nemzetközi együttműködés, annak szellemi, anyagi és infrastrukturális ereje jelentősen hozzá fog járulni a Föld genetikai biodiverzitásának megismeréséhez, átütő hatása lesz minden élettudománnyal kapcsolatban lévő termelési ágazatra, sőt az emberi társadalomra gyakorolt hatása sem lesz lebecsülendő – hangsúlyozták a program indítói. A tanulmány a program több részletét ismerteti.¹

AZ EMBER ÉLELMISZER- FOGYASZTÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ BIOLÓGIAI SAJÁTÓSÁGOK

A világ étel- és élelmiszer-fogyasztási statisztikáit – a hosszabb idősorokat is figyelembe véve – áttekintve áttekintve megállapítható, hogy amikor az embereknek nőtt az elkölthető jövedelme, egy meghatározott egy főre eső jövedelemhatárig növekszik az állati eredetű élelmiszerek aránya az összes elfogyasztott napi energiafogyasztáson belül. Az állati termékek aránya az összes energiabevitel százalékában 30-35% körül általában eléri maximumát (Horn, 2013a). Az állati termékek a diétán belül egymást is helyettesíthetők, hiszen mind-egyikük gyakorlatilag teljes értékű állati fehérjéket, valamint egyéb fontos vitamí-

nokat és ásványi anyagokat tartalmaz (pl.: hús – húsfélék, tej – tejtermékek, tojás). Ez az általános jelenség nem függ a különböző népcsoportoktól, sőt – szélsőséges esetektől eltekintve – vallási háttérrel sem, így joggal állítható, hogy ez általános ösztársadalmi reakció. A jelenség háttérben az emberi faj evolúciós fejlődése áll.

Az emberhez származási szempontból még a legközelebb álló emberszabású majmok is tápanyagokban kevésbé koncentrált növényi részeket fogyasztanak, tipikus növényevő fajok. Az emberré válás mélyreható anatómiai-életteni változásokkal járt együtt. Az emésztőrendszer, a béltraktus egynevedére rövidült növényevő őseinkhez képest, ezzel egyidejűleg elvesztettük a korábbi rendkívül hatékony nyersrost-emésztő képességet. Az üres bélrendszer

¹ A tanulmány a K&H Agrár Klubban, 2018. április 4-én megtartott előadás alapján készült.

teljes súlya megegyezik az agy tömegével. Drámai változást okozott az is, hogy az erősen megnövekedett agy az élővilágban ismert legnagyobb energia- (és fehérje)igényű szervvé vált: míg az emberszabású majmok agya mindössze 8, az ember agya már 20%-át igényli nyugalmi állapotban a szervezet összes energiafogyasztásának (Horn, 2015). Fejlődésünk egyes szakaszaiban, körülbelül 3 és 12–14 éves kor között az agy igénye 40%-ra is megnőhet. Ez a rendkívüli megnövekedett igény biztosítja az agy jelentős térfogat-növekedését és az agysejtek számának elképesztő emelkedését 80 milliárd fölé úgy, hogy mindegyik neuronnak kb. tízezer kapcsolata alakul ki. Hogy az agy fejlődésének abszolút elsődlegességét biztosítani tudja a szervezet, genetikai szabályozt rendszerünk úgy alakult ki az evolúció során, hogy ebben a korban lelassul a csontok hossznövekedése, valamint az izomzat és a testtömeg gyors gyarapodása is. A szervezet a kamaszkorra jellemző nagy étvágygal, gyors növekedéssel és testtömeggyarapodással kompenzál. Nem véletlen, hogy közvetlen ősrünk, a *Homo erectus*, majd a *Homo sapiens* táplálóanyagokban sokkal gazdagabb, koncentráltabb, energiában és teljes értékű fehérjében dúsabb étrendet igényelt, mint az ősei. A diétában erősen visszaszorultak a rostban gazdag növényi táplálékok, amelyeket hőkezeléssel még jobban emészthetővé is tettek. Az első ember őseink a növényevő életmódról áttértek a gyűjtögető, vadászó-halászó életmódra, hasznosítva a teljes biológiai értékű koncentrált állati eredetű táplálékok sorát is (Speth, 1989). Előember őseink már 1,5 millió évvel ezelőtt rendszeres húsfogyasztók voltak (Dominguez-Rodrigo et al., 2012).

Az ember anatómiai, élettani átalakulása az evolúció eredményeként indokolja azt, hogy az egészség megőrzése, a genetikai adottságok sokoldalú kifejlődése és fejlesztése érdekében az étrend legyen változatos. A növényi eredetű táplálékok mellett állati eredetű termékeket rendszeresen és kellő

menyiségben szükséges fogyasztanunk. Az állati termékek rendszeres fogyasztása különösen fontos a gyermekek, a várandós nők és az idősebb korosztályok számára. Ez nemcsak a nélkülözhetetlen aminosavakkal történő ellátás, hanem számos mikroelem, A-, B₁₂-vitamin és riboflavin, valamint a kalcium-, a vas és a cinkellátás érdekében fontos, hanem azért is, mert ezekhez növényi eredetű táplálékforrásokból nem, vagy csak csekély mértékben jutunk hozzá (Murphy – Allen, 2003). Többszörösen igazolt tény, hogy a biológiailag teljes értékű fehérjeellátásban nem részesülő emberek, népcsoportok a relatív hiány mértékétől függően jelentős károsodásokat szenvedhetnek el, amely kihat egészségi állapotukra, fejlődésükre. Ha a hiányos – döntően állati eredetű – fehérjeellátás életük meghatározó növekedési szakaszára tartósan jellemző, még felnőttkori testmagasságuk is messze elmaradhat a genetikai adottságaiknak megfelelőtől. Az elégtelen állati eredetű ételmiszer-ellátás még az agy fejlődésére is negatívan hat. Figyelemreméltó, hogy például a németek átlagos testmagassága 160 cm-ről 180 cm-re, a hollandoké 165-ről 185 cm-re nőtt, évtizedenként 1,3 cm-rel lettek magasabbak 1850–1990 között. Az észak-amerikaiaknak ugyanilyen ütemben növekedett a testmagasságuk 1900–1950 között (Ridley, 2012). Mi magyarok is ma sokkal magasabbak vagyunk, mint akár csak 100 éve. A jelenség hátterében az adott népességre kiterjedő javuló ételmiszer-ellátási, táplálkozási színvonal, meghatározó módon a nagyobb egy főre eső állatitermék-fogyasztás áll (Horn, 2016).

Az emberi evolúció, a *Homo sapiens* kialakulása óta kezdetben a húsfélék voltak meghatározó állati termékek a diétában (halászat-vadászat), így joggal állítható, hogy a húsfogyasztás az emberi kultúra részévé vált (Hocquette, 2016). Ez még akkor is alapvetően igaz, ha ma a Föld lakosságának régióktól függően 1-9%-a vegetáriánus (Ruby, 2012). A tojást, illetve

tejet és tejtermékeket fogyasztó, de hústól tartózkodó közösségek állati fehérjeellátása biológiailag teljes értékű lehet, ha megfelelő mennyiségű a napi fehérjebevitel. Mai ismereteink szerint az ember ajánlott állati fehérjeigénye 30–50 éves kor között nők esetében 46 gramm, férfiak esetében 56 gramm átlagosan naponta (Otten *et al.*, 2006).

AZ EMBERISÉG FEHÉRJEELLÁTOTTSÁGÁNAK FŐBB JELLEMZŐI

A világ lakossága napi energia- és fehérjefogyasztásának változását mutatja az 1. táblázat annak függvényében, hogy mekkora az egy főre eső GDP. Az adatok 162 országra vonatkoznak, amelyekre megbízható adatok jellemzők. A legalacsonyabb és a legmagasabb jövedelmi csoportba tartozó

országok átlagai között 566 USA-dollártól 41 190 USA-dollárig terjed a különbség, ami mintegy 73-szoros. Figyelemreméltó, hogy a napi összes táplálékenergia-fogyasztásban a legszegényebbek és leggazdagabbak között viszonylag csekély, mintegy másfélszeres a különbség. Jól érzékelhető, hogy anyagi helyzettől függetlenül az emberek elsősorban energiaigényüket próbálják kielégíteni, természetesen ez a legszegényebb országokban meghatározó hányadát köti le anyagi erőforrásaiknak. Az összes napi fehérjefogyasztásban (növényi és állati együtt) alig kétszeres a különbség, ugyanakkor szembeötlő, hogy a magas biológiai értékű állati eredetű élelmiszerekből származó fehérjékből már majdnem ötszörös a különbség a két szélsőséges jövedelmecsoportba tartozó országok népessége között. Tekintettel arra, hogy az ember jó egészségi

I. táblázat

A lakosság napi energia- és fehérjefogyasztása a jövedelem függvényében
(Daily consumption of energy and protein on the basis of income)

	Jövedelmi kategóriák (Income categories)					Világ (World)
	Alacsony (Low)	Közepes alsó (Medium bottom)	Közepes felső (Medium top)	Magas nem OECD (High not OECD)	Magas OECD (High OECD)	
Országok száma (Number of countries)	28	40	46	30	18	162
Lakosság, milliárd (Population, billions)	0,7	2,3	2,2	0,6	1,0	6,9
GDP, USD/fő/év (GDP, USD/person/year)	566	2 025	6 685	26 919	41 190	9 430
Városi lakos, % (City resident, %)	30	45	61	69	78	52
Összes energia, kcal/fő/nap (Total energy, kcal/person/day)	2 287	2 597	2 896	2 987	3 363	2 847
Összes fehérje, g/fő/nap (Total protein, g/person/day)	58	69	82	94	104	80
Állati fehérje, g/fő/nap (Animal protein, g/person/day)	13	24	37	59	62	32
Húsfehérje, g/fő/nap (Meat protein, g/person/day)	6	12	19	30	30	15

állapotának tartós megőrzéséhez átlagosan mintegy 50–52 gramm állati eredetű biológiailag teljes értékű fehérje elfogyasztása szükséges, akkor ezt a színvonalat csupán a magas jövedelmű országok (48) lakossága éri el vagy haladja meg. Az alacsony jövedelmű országok lakosai súlyosan, de még a közepes jövedelmi csoportba tartozó országokban élők is alultápláltak tekinthetők állati fehérjékből. Ez a számbavett országok több mint kétharmada (114). A húsfélékből felvett fehérjehányad mintegy fele az összes állati eredetű fehérjének, minden vizsgált országcsoportban. A fehérjeigény másik felét döntően tojás, tej és tejtermékek teszik ki.

Magyarországra vonatkozóan is számításokat végeztem statisztikai adatok alapján, hogy 1934-ben, 1960-ban és 1989-ben, valamint 2013-ban mekkora volt az egy főre eső napi állatifehérje-fogyasztás termékfélésegenként és összesen (2. táblázat).

A tojás, illetve a tej és tejtermékek esetében a fogyasztásból viszonylag pontosan számítható az állati fehérjehányad, hiszen e termékek alapvető összetétele a számbavett időszakban csak nagyon csekély mértékben változhatott. Természetesen a különböző húsfélék összehasonlításában 1934 és 2013

között nagymértékben változott a vágóállatok genotípusa, a takarmányozás és egyéb tényezők, amelyek számottevően hatottak főként a vágott termékek fehérje- és zsírtartalmára. Ezért vitathatatlanul az így számított értékek több hibával terheltek, de alapvetően aligha változtatják meg a levonható következtetéseket. Egyértelmű, hogy a két világháború között a magyarországi lakosság általában a szükséges mennyiség felét sem fogyasztotta állati fehérjékből. A 60-as évektől a rendszerváltásig folyamatosan javult az ellátás, 1989-ben elérve átlagosan a teljes ellátottságot. A rendszerváltás után sajnos romlott a helyzet, és kimondható, hogy ma Magyarországon a lakosság átlagosan 73–75%-os mértékig ellátott magas biológiai értékű állati fehérjével. Idehaza is van tehát pótolnivaló, különösen ha figyelembe vesszük, hogy az átlagos fogyasztás mellett sokan vannak, akik kevesebbet, esetleg jóval kevesebbet fogyasztanak a kelletnél.

Az éves húsfogyasztás jellemzőit állították össze *Allievi és mtsai. (2015)* az 1962–2009 közötti időszakra vonatkozóan. Alig változott Afrika és Dél-Ázsia fogyasztása, miközben Kelet-Ázsiában több mint tízszeresére nőtt a húsfogyasztás. Ebben Kína

2. táblázat
Az egy főre eső napi állatifehérje-fogyasztás termékfélésegenként Magyarországon, 1934–2013
(Per capita daily animal protein consumption by various product in Hungary)

Termékek (Products)	Állatifehérje-fogyasztás, g/fő/nap (Animal protein consumption, g/person/day)			
	1934	1960	1989	2013
Tej és tejtermékek (3) (Milk and dairy products)	12,4	10,5	16,4	13,3
Tojás (4) (Eggs)	1,4	3,1	7,7	4,4
Sertéshús (5) (Pork meat)	4,0	8,4	14,4	8,1
Baromfihús (6) (Poultry meat)	1,7	3,1	7,2	8,2
Marha + borjú (7) (Beef + calf)	4,7	3,0	2,6	0,8
Egyéb (8) (Other)	0,7	1,9	2,7	1,9
Összesen (9) (Total)	24,7	30,0	51,0	36,7
Ellátottsági szint (10) (Level of provision)	49%	60%	102%	73%

játszotta a meghatározó szerepet. Észak-Amerika és Óceánia az 1962-es magas fogyasztási színtről tovább emelkedett, de a régióban már 2001-től mérsékelt csökkenés volt jellemző. A Dél-Európai országokban az ezredfordulójú erőteljes volt a húsfo-

gyasztás növekedése, utána ez gyakorlatilag magas szinten, de stagnál. Közép- és Dél-Amerikában egyenletes ütemű és jelentős volt a fogyasztás emelkedése (3. táblázat).

Összefoglalásul érdemes áttekinteni azt, hogy mekkora változások zajlottak le a vi-

3. táblázat

Az egy főre eső éves húsfogyasztás változása a világ különböző régióiban 1962–2009 között
(Changes in annual meat consumption per capita in different regions of the world between 1962-2009)

Régió (Region)	Évenkénti %-os változás (Percentage change per year)			Fogyasztás, kg/fő/év (Consumption, kg/person/year)	
	1962– 1980	1981– 2000	2001– 2009	1962	2009
Afrika (Africa)	0,9	0,2	1,6	13,6	17,6
Kelet-Ázsia (East Asia)	11,2	6,5	1,9	5,3	57,3
Délkelet-Ázsia (Southeast Asia)	1,6	4,2	5,0	8,3	26,5
Dél-Ázsia (South Asia)	1,2	2,2	4,7	4,5	7,1
Észak-Amerika és Óceánia (North America, Oceania)	1,6	0,5	–0,2	92,0	117,0
Közép- és Dél-Amerika (Central and South America)	1,2	2,1	1,5	34,7	70,2
Dél-Európa (Southern Europe)	10,7	1,6	–0,9	28,1	86,1
Nyugat- és Észak-Európa (Western and Northern Europe)	1,5	0,1	–0,1	66,7	85,3
Világ (World)	1,6	1,8	1,0	21,7	41,5

Forrás: Allievi és mtsai. (2015) adatai alapján

4. táblázat

A világ egy főre eső éves állattermék-fogyasztásának változása 50 év alatt
(Changes in the world's per capita annual animal product consumption in 50 years)

	Egy főre eső éves fogyasztás (Per capita annual consumption)	
	1964–1965	2015
Tej és tejtermékek, kg (Milk and dairy products)	74	83
Tojás, kg (Eggs)	4,6	8,9
Marhahús, kg (Beef)	10,0	10,1
Sertéshús, kg (Pork)	9,1	15,1
Kiskérődzők, kg (Small ruminants)	1,8	2,4
Baromfihús, kg (Poultry meat)	3,2	14,1
Húsok összesen, kg (Total meat)	24,1	41,7
Világ népessége, milliárd fő (World population, billions)	3,2	7,4

Forrás: Mottet – Tempio (2016)

lág egy főre eső állattermék-fogyasztását tekintve 1964 és 2015 között (4. táblázat).

A legnagyobb mértékben a tojás, a sertés- és a baromfihús egy főre eső fogyasztása nőtt, egyedül a marhahús tekinthető olyannak, amelynek fogyasztása érdemben nem növekedett. A jelenség háttérében egyértelműen a termelés és az emberiség elkölthető jövedelmének növekedése állt. A vázolt fejlődés igazi jelentőségét és nagyságrendjét jellemzi, hogy az utóbbi ötven évben az emberiség lélekszáma 3,2 milliárdról 7,4 milliárdra nőtt. Történt mindez annak ellenére, hogy a világ neves tudósaiból álló Római Klub híres és nagyhatású 1968-as előrejelzésében súlyos világhínséget jelzett előre, ha nem vagyunk képesek radikálisan megfékezni a népesség szaporodását. A jelentés hatására már az 1970-es évek elején Ázsia több országában bevezették az erőszakos sterilizálást, így például Indiában részint erőszakkal, részint jutalmazással több mint 8 millió férfit sterilizáltak (Conelly, 2008).

A Római Klub világhínséget prognosztizáló előrejelzése, mint annyi más korábbi pesszimista előrejelzés sem vált valóra (Malthus és mások), mert bármennyire is elismert szakemberek voltak a Római Klub tagjai, az adott időszak technológiai, műszaki, biológiai és emberi tényezőit vették adottnak és nem számoltak azzal a hatalmas, szinte minden tudományterületet érintő fejlődéssel, amely a mezőgazdasági tevékenység korábban elképzelhetetlenül gyors fejlődését eredményezte, beleértve a humán erőforrás fejlődését is. Úgy tűnik, a pesszimista előrejelzések rendkívüli hatásában valószínűleg szerepet játszik az is, hogy a pesszimizmusra hajlamosító gének gyakoribbak lehetnek az optimizmusénál. A humán genom ismeretében csak az emberek 20%-ában homozigóta a szerotonintranszporter gén hosszu változata, mely gén hatást gyakorol arra, hogy az ember mindig a dolgok napos oldalát lássa (Fox et al., 2009).

A TERMÉK-ELŐÁLLÍTÁS HATÉKONYSÁGÁNAK NÉHÁNY KÉRDÉSE AZ EGYES ÁLLATTENYÉSZTÉSI ÁGAZATOKBAN

Termőterület-hasznosítás

A jövőben az állattenyésztési ágazatok között elkerülhetetlenül bizonyos versenyhelyzet alakul majd ki a rendelkezésre álló erőforrásokért, döntően a takarmányforrásokért. Utóbbival összefüggésben a vízért is, hiszen a takarmánytermesztés nagyon vízigényes, míg az állatok ivóvizigénye előbbihez képest elhanyagolható nagyságrendet képvisel. A fenntarthatóság szempontjából az egységnyi termék előállítását terhelő környezeti hatások is figyelmet érdemelnek. Egyebek mellett lényeges szempontként merül fel az is, hogy az egyes állatfajok és azokon belüli hasznosítási irányok milyen arányban és hatásfokkal képesek kihasználni olyan takarmányforrásokat, amelyek emberi fogyasztásra nem alkalmasak, vagy olyan terület biomasszáját is elfogyasztják, amely területeken kellő hatékonysággal emberi táplálkozásra alkalmas élelmiszer-alapanyagok nem termelhetők meg, például feltétlen legelőterületek, erdők. A Földön rendelkezésre álló és hasznosítható területek adottak, és nemcsak a geográfiai, földtani korlátok a jelentősek, hanem a csapadékviszonyok is meghatározóak, az öntözhető vagy azzá tehető területek végsége is újabb korlátokat szab. (Jelen esetben csupán az úgynevezett szárazföldi állattenyésztési ágazatokat tárgyalom, a vízhez köthető akvakultúras termelési formákat, különösen a gyorsan fejlődő mesterséges haltermelést nem veszem figyelembe, habár utóbbi ágazatok ma már érdemi versenyt jelentenek, mert nagymennyiségű, főleg értékes növényi és állati eredetű fehérjetakarmányokat is igényelnek.)

Az 5. táblázatban Mottet és Tempio (2016) összeállítása szemlélteti, hogy az egyes fő ágazatok állatállományának takar-

5. táblázat

Az állattenyésztési ágazatok leköttése a takarmánytermő területekből világszinten,
millió ha
(Fostering the livestock sector at world level, million ha)

	Feltétlen legelő (Absolute-ly pasture)	Jó legelő (Good pasture)	Siló-takar-mány (Silage)	Cereáliák (Cereal)	Olajos növé-nyek (Oil plants)	Egyéb takar-mány (Other fodder)	Össze-sen (Total)
Szarvasmarha (Cattle)	500,6	547,1	59,4	73,1	61,5	125,1	1 367,0
Kiskérődzők (Small ruminants)	782,5	160,4	9,5	1,6	2,9	19,5	976,3
Baromfi (Poultry)	–	–	–	92,5	16,4	2,5	111,4
Sertés (Pig)	–	–	–	44,8	2,7	9,3	56,8
Összesen (Total)	1 283,1	707,5	69,8	212,1	83,5	156,4	2 511,5

Forrás: Mottet – Tempio (2016)

mányszükségletét napjainkban mekkora területen állítják elő, illetve a területlekötés milyen nagyságrendű az egyes takarmány-féleségeket véve figyelembe.

A rendelkezésre álló 2,5 milliárd hektár összterület mintegy fele feltétlen legelő, zömében gyenge minőségű. A jó minőségű legelők mintegy 700 millió hektár területűek. E legelőterületek hasznosítása Földünkön gyakorlatilag kizárólag különböző kérődzőfajokkal lehetséges. A szarvasmarhák által lekötött takarmánytermő területek pontos megoszlása aszerint, hogy ebből mennyit használnak marhahús előállítására és mennyit tejtermelésre, pontosan nem mutatható ki, mert nagyon jelentős az olyan üzemek száma, ahol tejtermelő állományokkal vagy azok keresztezett utódaival állítják elő a marhahús-alapanyagot világszerte. Az abrakfogyasztók (baromfi és sertés) teljes takarmányszükségletét mindössze 170 millió hektáron termelik meg, ezek az igen intenzív ágazatok viszont emberi fogyasztásra is alkalmas növényi termékeket igényelnek, míg a kérődzők esetében csupán magas termelési színvonal esetében kerül sor mind számottevőbb mennyiségű koncentrált, zömében abrak-takarmány etetésére. Ezek aránya annál magasabb, mennél nagyobb az elérendő

teljesítményszint, például nagy tejhozamú tehenek, intenzíven hizlalt bikák esetében (Flachowsky, 2002 cit. Horn, 2013a).

Az egyes ágazatok által hasznosított földterületek nagyságrendjét összehasonlítva szükséges figyelembe venni, hogy a világ baromfi- és sertés-hústermelésének mindegyike meghaladja a 100 millió tonnát, a tojástermelés 70 millió tonna, a kérődzők, főleg a szarvasmarha és a juh összesen 90 millió tonnával részesedik. A hústermelés tekintetében a 2014–2016-os időszakban a baromfi 35, a sertés 37, a marha 23, a kiskérődzők 5%-át adták a világ hústermelésének (Popp et al., 2017). Az összes tejtermelés mintegy 800 millió tonna, amely mennyiség a hasznosítható beltartalom alapján mintegy 80 millió tonna hússal egyenértékű (Williams et al., 2006).

Az állatállomány és a takarmánytermesztés színvonala és a termék-előállítás komplex hatékonysága

A napjainkra jellemző állati termék-előállítás hatékonyságának javulása aligha választható el a takarmánynövények termesztésének, a szektor fejlődésének figyelembevétele nélkül. A tudományo-

vult. A hizlalási idő 90-100 napról 32 napra csökkent. A főbb takarmánynövények hozamai 3,7-szer magasabbak napjainkban, mint 1930-ban. A 7. táblázatban az 1 kg pecsenyecsirke előállításának hatékonyságát jellemző néhány paramétert állítottam össze a legfontosabb erőforrásokat véve figyelembe a különböző időszakokban. A komplex erőforrásigény, az ivóvíz, a takarmánytermelés vízigénye és a takarmánytermő terület esetében is rendkívül jelentős a hatékonyság javulása 1930–2010 között. Ugyanakkor az 1 kg élősúly-gyapodásra eső trágyatermelés is kevesebb mint a felére csökkent 80 év alatt.

Magyarországon 2015-ben mintegy 380 ezer tonna pecsenyecsirkét állítottak elő. Az előzőekben vázolt adatok alapján kiszámítottam, hogy ennek a brojlermennyiségnek az előállításához mennyi takarmánytermő terület kellett volna, ha azt 1930-as típusú pecsenyecsirkével és az 1930-as évekre jellemző növényi hozamokkal kellett volna megtermelni. Ugyanilyen alapon az 1960-as és a 2010-es paraméterekkel is kiszámítottam a szükséges területlekötést. A 8. táblázat adatai alapján ma 100 ezer hektárnál kevesebb szántóterület elegendő a 380 ezer tonna brojler előállításához, míg ha az 1930-as

6. táblázat

1 kg pecsenyecsirke (élősúly) megtermelésének néhány jellemző természetes paramétere az 1930-as, az 1960-as és a 2010-es időszakban, valamint a fő takarmánynövények hozamai (Some characteristic natural parameters of the production of 1 kg of chicken (live weight) during the 1930s, 1960s and 2010s and the yields of the main fodder crops)

Időszak (Period)	Pecsenyecsirke jellemzői (Broiler chicken characteristics)		Fő takarmánynövények hozamai, t/ha* (The yields of the main fodder crops, t/ha*)	
	Súlygyapodás, g/nap (Weight gain, g/day)	Takarmányértékesítés, kg/kg (Feed sales, kg/kg)	Búza (Wheat)	Kukorica (Maize)
1930-as évek (1930s)	7	3,91	1,4	1,5
1960-as évek (1960s)	23	2,15	1,9	2,6
2010-es évek (2010s)	58	1,50	5,1	6,1

* 4 év átlaga (average of 4 years).

Forrás: Horn (2016)

7. táblázat

1 kg pecsenyecsirke-élősúly előállításának hatékonyságát jellemző néhány paraméter az 1930-as, az 1960-as és a 2010-es időszakban (Some parameters of the effectiveness of the production of 1 kg live weight of broiler chicken during the 1930s, 1960s and 2010s)

Időszak (Period)	Pecsenyecsirke-előállítás erőforrásigénye (Broiler production resource needs)			Trágyatermelés 1 kg élősúlyra esően, kg (Manure production 1 kg live weight, kg)
	Ivóvíz, liter (Drinking water, liter)	Takarmánytermelés vízigénye, liter (Feed production water demand, liters)	Takarmánytermő terület, m ² (Feed area, m ²)	
1930	7,8	10 616	27,0	7,62
1960	4,3	4 822	10,4	4,30
2010	3,0	1 338	2,7	3,20

Forrás: Horn (2016)

8. táblázat

A jelenlegi (2015) magyarországi pecsenyecsrke-termeléshez (380 ezer tonna) szükséges takarmánytermő terület nagysága az 1930-as, az 1960-as és a 2010-es termelési módszerek esetén

(The size of the forage area required for the present (2015) Hungarian broiler chicken production (380 thousand tons) for the 1930, the 1960 and the 2010 production methods)

1930-as évek (1930s)	730 674 ha
1960-as évek (1960s)	375 065 ha
2010-es évek (2010s)	99 419 ha

Forrás: Horn (2016)

pecsenyecsrkék termelési szintje, illetve takarmánynövény-hozamok határolnák be lehetőségeinket, akkor több mint 730 ezer hektár szántóterület tudná kiszolgálni ezen ágazat szükségletét. Nem hagyható figyelmen kívül azt sem, hogy az 1930-as, sőt még az 1960-as évekre jellemző pecsenyecsrkék esetében a vágási veszteségek is legalább 15%-kal voltak nagyobbak a jelenlegi brojlerkekhez képest, nem beszélve az értékes húsrészek arányában mutatkozó igen nagy eltérésekről a mai brojlerkek javára.

A brojlerpéldához hasonló hatékonyságbeli eltérések jellemzőek minden olyan abrakfogyasztó fajokra alapozott hústermelési ágazatra, ahol jelentős volt a szelekció által vezérelt teljesítményjavulás és a termelési feltételeket nagymértékben lehetett függetleníteni a környezeti tényezőktől, valamint a takarmányt döntően az állatok szükségletének megfelelő, standardizált összetételben lehetett biztosítani, például a pulyka- és sertéshizlalás intenzív formái (Horn, 2017).

A KLÍMAVÁLTOZÁSSAL ÖSSZEFÜGGŐ NÉHÁNY KÉRDÉS

A Föld történetét szinte végigkísérték a klímaváltozások. A lehűléseknek és a felmelegedéseknek gyorsabb vagy lassúbb szakaszai között voltak viszonylag nyugodtabb, drámai változások nélküli időszakok is. Mióta a *Homo sapiens* kialakult a Földön, számos klímaváltozást átélt, amelyek evolúciós fejlődését is segítették (pl.: Afrikából történő elvándorlás kényszere, a legutolsó

jégkorszak túlélése). Rendkívül érdekes bizonyítékát mutatja az éghajlatváltozások igen jelentős mértékének az ausztráliai korallzátonyok legújabb módszerekkel történő vizsgálata. Ezek az elemzések azt mutatják, hogy az éghajlatváltozás mértékét jól jelző tengersizintmagasságok hogyan változtak a legutóbbi jégkorszak óta. A jégkorszak leghidegebb időszakában az ausztrál partoknál a tengervíz szintje a jelenleginél 100 méterrel volt alacsonyabban. A jégkorszak enyhülésével, tízezer éve a tengersizint 50 métert emelkedett. Az utolsó tízezer év viszonylag nyugodt éghajlati viszonyokkal jellemezhető időszakában a tenger újabb 50 métert emelkedett a jelenlegi szintig (Webster et al., 2018). Anélkül, hogy a részletekbe bemennék, a viszonylagos közelmúltban is előfordultak a mainál jelentősen melegebb időszakok (kb. hatezer évvel ezelőtt), de hidegebb mini jégkorszakok is, súlyos éhínségeket okozva főleg Nyugat-Európában, ahol a népesség táplálékellátása döntően növénytermesztésre támaszkodott. Számos szakirodalmi forrást idéz Ridley (2012). Az említett klímaváltozásokhoz az embernek nyilvánvalóan nem lehetett köze. A jelenkorban úgy tűnik, egy melegedő szakaszban élünk, amihez sokoldalúan alkalmazkodni kell, így az állattenyésztőknek is. A mezőgazdaságban tevékenykedőket – engem legalábbis – zavarja, hogy a jelenleg tapasztalható, történelmi léptékkel egyáltalán nem példátlanul gyors ütemű hőmérséklet-emelkedés döntő okául az üvegházhatású gázok szerepét szinte abszolútizálják, és ebben a

mezőgazdasági szektort gyakran méltatlan mértékben ültetik a büntetőpadra.

A világgazdaság összes CO_2 -egyenértékben kifejezett kibocsátása mintegy 38 milliárd tonna évente (Kondor – Kovács, 2017), amiből a mezőgazdasági terhelés 10-12%-ot tesz ki. Ugyanakkor meglepően magas az erdőirtások, tarló- és legelőégetések, valamint a mocsarak lecsapolásának hatása, ami megközelíti az egész mezőgazdasági termék-előállítás kibocsátását és eléri a 8-10%-ot az összesen belül (Lamboll et al., 2017).

A mezőgazdasági, erdészeti és más földhasználati okokra visszavezethető üvegházhatást okozó emissziók mértékét a kibocsátóforrások szerinti bontásban mutatja a 9. táblázat 1961, 2000 és 2010-re vonatkozóan.

Az üvegházhatású gázkibocsátás jelentősen nőtt 1961 óta, de ha figyelembe vesszük azt, hogy milyen mértékben növekedett a Földön az élelmiszer-termelés, akkor meg kell állapítanunk, hogy az üvegházhatású gázkibocsátás fajlagosan egységnyi termék előállítására vetítve nagymértékben csökkent. A kedvező jelenség hátterében a már korábban is vázolt fajlagos termőképesség

javulása keresendő elsődlegesen. Egyértelműnek tűnik, hogy a világ jelentős részére jellemző intenzifikáció az elmúlt 50 évben nagyon jótékonyan hatott a mezőgazdasági termelés környezeti lábnyomára, egyértelműen csökkentve azt. Meglepő az az adat, hogy az erdőirtások által okozott üvegházhatású gázkibocsátás 2000-ben nagyobb volt, mint a világ mezőgazdasági termeléséé. Utóbbi vonatkozásban mérséklődés mutatkozik 2000 és 2010 összevetésében.

Nem vitatható, hogy az agrártermelésen belül a kérődző állatok metánkibocsátása jelentős, és CO_2 -egyenértékben számolva a legnagyobb, 44%-os tételt jelenti a mezőgazdaság összkibocsátásán belül. Utóbbi vonatkozásban azonban figyelemreméltóak az USA-ra vonatkozó adatok (10. táblázat), amelyek segítségével összehasonlítható az európai ember megjelenése előtti észak-amerikai vadkérődző-állomány és az USA jelenlegi tenyésztett kérődző állatpopulációjának metántermelése (Hristov, 2012).

A 10. táblázat adatsora szerint az európaiak megjelenése előtti időszakban a vadkérődzők által termelt, a bendőemésztés során keletkező metán alig volt kevesebb, mint az USA-ban jelenleg tenyésztett ké-

9. táblázat

Mezőgazdasági, erdészeti és más földhasználati okokra visszavezethető üvegházhatások, Mt. CO_2 -emisszió/év
(Greenhouse effects due to agricultural, forestry and other land use reasons, Mt. CO_2 emissions per year)

Megnevezés (Denomination)	1961	2000	2010
Kérődzők emissziója (CH_4) (Emission of ruminants, CH_4)	1 375	1 863	2 018
Trágya legelőn (N_2O) (Fertilizers in pasture, N_2O)	386	682	764
Műtrágyák (N_2O) (Fertilizers, N_2O)	67	521	683
Rizsföldek (CH_4) (Rice Fields, CH_4)	366	490	499
Trágyakezelési rendszerek (CH_4 , N_2O) (Fertilizer management systems, CH_4 , N_2O)	284	348	353
Mg. termékek maradványai a földeken (N_2O) (Remains agr. products in the fields, N_2O)	66	129	151
Földekre kerülő trágya (N_2O) (Manure to land, N_2O)	59	103	116
Összes (Total)	2 604	4 136	4 586
Erdőirtások (Deforestation)	–	4 296	3 374

Forrás: Lamboll és mtsai. (2017)

10. táblázat

A vadkérődző állatfajok (15. század előtt és jelenleg), valamint a tenyésztett állományok enterális CH₄-kibocsátása az USA területén
(The wild ruminant species (before the 15th century and the present), and farmed stocks enteric emission of CH₄ in the US)

Állatfajok és időszakok (Animal species and periods)	Állománylétszám, millió (Populations, million)	CH ₄ -emisszió, Tg/év (CH ₄ emission, Tg/year)	CO ₂ -ekvivalens emisszió, Tg/év (CO ₂ equivalent emission, Tg/year)
Vadkérődzők (Wild ruminant species)			
Bövény (Bison)	50	4,89	102,7
Vapiti (Elk)	10	0,32	6,6
Fehérfarkú szarvas (White-tailed deer)	30	0,18	3,7
Öszvérszarvas (Mule deer)	13	0,08	1,7
Összesen (Total)		5,47	114,7
Tenyésztett kérődzők jelenleg (Farmed ruminants currently)			
Húsmarha (Beef Cattle)	64,8	4,74	99,6
Tejelő marha (Dairy cattle)	13,8	1,58	33,2
Juh (Sheep)	5,7	0,05	1,0
Kecske (Goat)	3,1	0,02	0,3
Összesen (Total)		6,39	134,1

Forrás: Hristov (2012)

rődzőállomány kibocsátása. A kérődző állatfajoknak legnagyobb előnye, hogy az ember által el nem fogyasztható növényi biomasszából a bendőmésztés (és lovaknál a vakbélemésztés) metántermelő folyamata segítségével emberi fogyasztásra, illetve felhasználásra szolgáló nélkülözhetetlenül fontos élelmiszerekhez (pl.: hús, tej), ipari és más alapanyagokhoz (pl.: bőr, gyapjú, kozmetikai alapanyagok) jutunk. Földünkön az ember előtt is nagy létszámú kérődzőállományok éltek és sok metánt is termeltek. Ékes bizonyítékai ennek az Európában feltárt 10-15 ezer éves barlangrajzok, amelyek hatalmas állatbőségéről tanúsodnak. Bövényeket, őstulkokat, vadlovakat, szarvasokat, sőt még orrszarvúkat is ábrázolva, sőt a nagy állatsűrűséget jelző vadászó orosláncsordák is láthatók egyes rajzokon (pl.: Altamira, Chauvet, Lascaux).

Az állattenyésztőknek hangsúlyosan kell

felhívniuk a figyelmet arra, hogy a füves és más növényekkel borított területek növény- és állatvilága szoros kölcsönhatásban fejlődött és ez a kölcsönhatás az evolúciós folyamatokra döntő hatást gyakorolt. A növény- és állatvilág fejlődésére a koevolúció volt a jellemző már ősidők óta. A füves területek folyamatos vadkérődzők általi hasznosítása egyúttal záloga volt a sokszínű élővilág fennmaradásának, mert az állatok trágyája biztosította részben a talajerő-utánpótlást, számos rovarfaj fennmaradását és a tápláléklánc gazdag madárvilágot is életben tartott. A kellő mértékben lelegelt területeken nagyszámú növényfaj maradhatott fenn és fejlődhetett, valamint csökkent a természetes bozóttüzek valószínűsége is. A füves és ligeterdők lelegtetése a sokat emlegetett biodiverzitás megőrzésének záloga, és ha ezeket a területeket nem lelegtetnék háziállatokkal, akkor ezeket újra nagy létszámú

vadkérődzővel kéne betelepíteni, helyreállítva azt a biodiverzitási egyensúlyt, ami az ember elszaporodása előtt jellemző volt.

Anélkül, hogy belemennék abba a vitába, hogy a jelenleg tapasztalható melegedő éghajlatváltozási jelenséget mennyiben okozzák emberi tényezők, nem vitatható, hogy melegedés tapasztalható, az időjárási szélsőségek egyes régiókban gyakoribbak. Az éghajlatváltozás jelenlegi trendjeihez az alkalmazkodás lehetőségei sokkal nagyobbak és sokrétűbbek, mint korábban bármikor. Ez a növénytermesztésre és az állattenyésztés legtöbb ágára is vonatkozik. Nyilvánvaló, hogy a legsokoldalúbban és leghatékonyabban a zárt rendszerű termelési formák képesek erre leginkább, ahol a klíma számos eleme, az állatok és növények táplálóanyag-ellátása és más tényezők is – beleértve a kórokozók elleni védelmet – szigorú emberi kontroll alatt tarthatók (pl.: modern üvegházak és állattartó telepek). Természetesen az alkalmazkodás nehezebb olyan ágazatok esetében, amelyek döntő mértékben függenek a szabadkörnyezeti tényezőktől (pl.: legeltetési állattartási formák: húsmarha és juh).

A világ állattenyésztési nagyrendszereire vonatkozóan – nagyszámú forrásmunkára alapozva – korábban összefoglaltam a folyóiratban azokat a hatásokat, amelyekkel számolni lehet az egyes ágazatokban és Földünk különböző régióiban, ha a jelenlegi felmelegedési tendenciák fennmaradnak. Tekintve, hogy az akkor összefoglaltakhoz képest nem merültek fel alapvetően új szempontok, így ehelyütt e tématerületre nem térek ki (Horn, 2013b).

A melegedő klímához való alkalmazkodás két példáján érzékeltetem, hogy néha egy-egy genetikai tényező módosítása is jelentős javulást hozhat hőstresszes időszakokban az állattenyésztésben. A hőstressz mérséklése a megszaporodó hőségnapokon mind több gondot okoz a legelőn tartott húsmarhák esetében, ahol a természetes klímakörnyezet a meghatározó Magyarországon is. Hazai példaként legelőn tartott, eltérő színű, de azonos típusú húsmarhák testfelületének nagyon különböző felmelegedését mutatja be hőstresszes időszakban mérve a 11. táblázat.

Az ezüstfehér színű, kiváló húsminőség-gel jellemezhető Murray Grey ausztrál fajtát

II. táblázat
Különböző színű húsmarhák hőreakciója és napi átlagos súlygyarapodása legelőn
(The thermal response of different coloured beef and average daily weight gain on pasture)

Fajta (Species)	Léghőmérséklet (°C) és páratartalom (%) (Air temperature (°C) and humidity (%))		Bőrfelszín hőmérséklet*, °C (Skin surface tem- perature*, °C)	Születési súly, kg (Birth weight, kg)	Napi átlagos súlygyarapodás, g (Daily average weight gain, g)
Fekete angus (n=32) (Black Angus)	34,4	45	48,2	27,0	876
	30,2	48	43,3		
Vörös angus (n=27) (Red Angus)	34,4	45	44,4	27,5	992
	30,2	48	42,4		
Murray Grey (n=30) (Murray Grey)	34,4	45	40,2	28,1	1030
	30,2	48	39,2		
Szignifikancia (Significance)			P<1%	ns	ns

* 3 ismételt mérés minden állaton (3 repeated measurements on each animal).

Forrás: Horn – Stefler (2017)

négy éve hoztuk Magyarországra. A fekete, a vörös és az ezüstfehér – típusukban hasonló – húsmarhák testfelszínén mért hőmérséklet-különbségek nagyon jelentősek. Hasonló tendenciájú változásokat mutattak a rektálisan mért hőmérsékleti értékek is. A kevésbé melegedő típusok legegyszerűbb viselkedése is eltérő, sokkal hosszabb időt töltenek a legelőn, még erős napsütés esetén is. Mind a viselkedési tulajdonságok, mind a mért hőmérsékleti értékek egyértelműen azt mutatják, hogy a legelőn tartott húsmarhák színének is jelentős szerepe van a hőstresszes időszakokhoz való jobb alkalmazkodásban (Horn – Stefler, 2017).

A világ egyik legnagyobb baromfitenyésztő vállalata, a magyar Tetra tenyésztési programjában előrehaladott állapotban vannak azok a szelekciós programok, amelyek keretében nagyobb hőleadó képességű, egyrészt ritkább tollazattal bíró, másrészt kopasz nyakú tojótyúk és húscsirke hibridváltozatok előállításával kívánnak a hőstressznek jobban ellenálló, új tojó- és hústípusú tyúkokat kialakítani (Sütő, 2017).

Az utóbbi két példát csak azért említetem, hogy a klímaváltozás kapcsán felhívjuk a figyelmet olyan lehetőségekre is, amelyekre korábban nem gondoltunk.

A JÖVŐ NÉHÁNY LEHETŐSÉGE ÉS ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK

A davosi világagazdasági fórum 2016-ban az emberiség előtt álló legfontosabb feladatnak jelölte meg az emberiségnek a jelenleginél mennyiségben és minőségében sokkal jobb élelmiszer-ellátását, figyelembe véve a további várható népességszaporodást és az életszínvonal javulását (Radev, 2016). Véleményem szerint ennek teljesítése nem tűnik lehetetlennek, még akkor sem, ha az előrejelzések szerint az elkövetkezendő 30 év során a várható népesség- és jövedelmnövekedést figyelembe véve a növényi termékek előállítását számottevően, 60-70%-kal növelni kell, hogy a lakosság köz-

vetlen élelmiszerigényét és az állatállomány megnövekedett takarmányigényét fedezni lehessen. A Földön jelenleg Braziliában 200 millió, Indiában 100 millió, Ukrajnában 80 millió, Amerikában és Afrikában mintegy 50-50 millió hektár olyan termőterület áll rendelkezésre, ahol mind a talajviszonyok, mind pedig a csapadékviszonyok hatékony növénytermesztést tennének lehetővé (Kapronczai, 2016).

Nem vitatható, hogy a legtöbb országban a növénytermesztés, valamint az állattenyésztés hatékonysága tovább is javítható a már ma ismert fejlett technológiák, szakismeretek alkalmazásával, sokoldalúan figyelembe véve a precíziós termelési eljárásokra alapozott megoldásokat. Jelenleg is tanúi vagyunk számos ágazatban a termelési környezet szinte minden elemét kontroll alatt tartó növénytermesztő és állattartó telepek létesülésének.

A legtöbb növény- és állatfajban további genetikai tartalékok igazolják azt, hogy tovább javíthatók a termelőképeséggel kapcsolatos tulajdonságok. Egyik legújabb példa erre az állattenyésztésben, hogy átadták Hollandiában azt a nagyüzemi peccenyecsirke-telepet, amelyben 2,5 kg-ra hízolva a korábban még elméletileg is elképzelhetetlen teljesítményt érték el: mindössze 1,08 kg takarmányból állítva elő 1 kg súlygyarapodást (Van Doorn, 2018). A hazai TETRA Kft. legjobbjait tojóhibridjei a 2017-es teszteken nagyüzemi körülmények között, Kaposváron egy tojóciklusban átlagosan 420 tojást voltak képesek termelni (Sütő et al., 2018).

Ma már hazánkban sem ritkaság, hogy a nagy létszámú tehénállományok tejtermelése meghaladja a 13 900 litert. A vázolt, korábban elképzelhetetlennek tűnő teljesítményszínvonalat olyan állatállományokkal érték el, amelyek nemesítése során még nem alkalmazták a legújabb génmódosítási eljárásokat.

A médiában különösen gyakran hallunk a mesterséges, „in vitro” hús előállításáról.

12. táblázat

**Mesterséges „in vitro” hús?
(Artificial “in vitro” meat?)**

A fejlesztés indokai:

- növekvő és gazdagodó népesség megnövekedett húsigénye
- urbanizált népesség erős növekedése, elszakadás a vidéki életmódtól, kultúrától
- állatvédelmi, állattjóléti filozófia és szemléletrendszer
- az állati termék-előállítás környezeti lábnyomának irreális mértékű túlértékelése

A legfontosabb néhány technikai, technológiai fékező tényező:

- a hús sokkal komplexebb „anyag”, mint az izomrost „kultúra” (*myoblast*)
- a sokmilliárdos szaporodási generáció számtalan mutációval jár, ami közül sok káros is lehet
- a táptalaj komplex és drága (szénhidrátok, lipidek, vitaminok, növekedési faktorok [IGF stb.], hormonok [növekedési hormonok, inzulin stb.])
- nagyméretű bioreaktorok, nagy és komplex ipari háttér szükséges

Forrás: Hocquette (2016) nyomán saját szerkesztés

Utóbbi eljárás olyan szempontból vetődik fel, hogy számottevő mértékben kiváltója lehet a különböző állatfajok által termelt húsnak. Az ilyen irányú kísérletek során steril laboratóriumi körülmények között, szövettenyésztéssel előállított kismennyiségű húsminták látszólag reális alternatívának tűnhetnek mindaddig, míg az előállítás költségeit meg nem ismerjük. A 12. táblázatban összegeztem néhány fontosabb szempontot, ami megvilágítja azt, hogy az izomsejtekből fejlesztett mesterséges hús előállítása mennyire komplex folyamat.

A Hocquette (2016) tanulmánya alapján összeállított táblázat csupán vázlatos szempontjait figyelembe véve is elképzelhetjük, hogy csupán 10-15 millió tonna mesterséges hús előállítása mekkora kapacitásokat igényelne. Egy komplex hatalmas gyár vagy gyárak alapanyagokkal történő ellátásának mekkora lenne a költségigénye és nem utolsósorban a környezeti lábnyoma! Egy 10 millió tonnás éves mesterséges húselőállító gyártókapacitás még mindig csak alig több mint 2%-át váltaná ki a világ éves húselőállításának (baromfi + sertés + kérődzők + hal), ami érdemben aligha okozna nagy megrázkódtatást a különböző hústermelő ágazatok működésében. Mindezeket figyelembe véve azt gondolom, hogy a mesterséges hús előállítása alapjaiban nem fogja megrengetni a hústermelő ágazatokat.

Nem vitatható, hogy a XX. század vége

és a XXI. század eleje egyik legtöbb tudományos és gyakorlati újdonságot hozó tudományterülete a biotechnológia. Nem véletlen, hogy a kérdéskör számos vetülete vita tárgya is.

Amikor általában a genom módosításáról beszélünk a növénytermesztésben és az állattenyésztésben, kevesen gondolnak arra, hogy a génállományt és így az élőlények tulajdonságait jelentősen megváltoztató természetes és mesterségesen létrehozott mutációk hány növényfaj és fajta létrejöttét segítették elő, amelyek nélkül az emberiség élelmiszer-ellátása már akár 4000 évvel ezelőtt sem lett volna lehetséges. A rizs, a kukorica és a búza mind olyan genetikai mutáció eredményei, amelyek úgy változtatták meg ugrásszerűen a növények felépítését és fejlődését, hogy nagyobb lesz a magjuk, mikor megérnek nem szóródnak szét, nem hasadnak ki és ki lehet őket csépelni. A kukorica vad őse egy laza fücsomónak tűnik. A búza gyomként nem is létezik. Ezeket a mutációkat elődeink éles szemmel felismerték, kiválasztották a többi közül és elszaporították azokat (Doubley, 2006).

A tudomány és technológia fejlődésével a fizikusok és biológusok rájöttek, hogy mutációk a természetnél sokkal nagyobb gyakorisággal létrehozhatók a magok célzott besugárzásával és kémiai mutációt előidéző kezelésekkel is. Kutatói pályám kezdetén, az 1960-as években még az állattenyésztési

kutatóintézetek legtöbbjében is működött mesterséges mutációk létrehozását célzó laboratórium. Az állattenyésztésben ezek általában nem hoztak gyakorlatban is alkalmazható eredményeket, a létrehozott mutációk és kromozómaváltozások döntő többsége inkább káros mellékhatásokkal járt. Ez várható is volt, hiszen a mesterségesen így módon létrehozott mutációk, mint ahogy a természetes mutációk is, döntő többségükben semleges vagy inkább káros hatásúak. Az előnyösek azonban motorjai az élővilág evolúciójának.

A mezőgazdaságban dolgozó szakemberek döntő többsége (a többiek még kevésbé) azonban aligha van tisztában azzal, hogy az utóbbi fél évszázad során nagyszámú, ma már széles körben elterjedt növényfajta mesterségesen létrehozott mutációval, azaz „mutációs nemesítéssel” létrehozott fajta. A 13. táblázat mutatja a nagy választékot. A hosszú listából kiemelendő, hogy a téztaféléink jó része a durumbúza besugárzott változatából készül. A biosörfőzdek különös előszeretettel használt árpája, a Golden Promise az 1950-es években egy brit atomreaktorban keletkezett új mutáció (Ridley, 2012). A velem egykorúak még jól emlékeznek a Martonvásáron előállított Mv 8 magyar búzafajtára, amely meghatározó szerepet játszott, és amelyet szintén mesterséges mutációval hoztak létre Martonvásáron 1978-ban. Minősítését követő-

en éveken át a legsikeresebb búzafajtának számított, a vetésterület 40%-át elfoglalva (Marton, 2017).

A besugárzással vagy kémiai mutagenezissel létrehozott, a humán táplálkozásban és az állati takarmányozásban évtizedek óta jelentős szerepet játszó növények, növényi termékek fogyasztása során nem tapasztaltak egészségkárosító hatásokat. A mesterségesen létrehozott, fizikai és kémiai módszerekkel indukált mutációk előállítására irányíthatatlan, véletlenszerű folyamat eredményeként okozhatnak elváltozásokat a DNS mint örökítőanyag szerkezetében, akár több gén működését is megváltoztatva. Csak a számtalan besugárzott mag csíráztatása és nevelése során derül ki, hogy mely több százezer kezelélen át esett magból fejlődik egy-egy olyan növény, amely számunkra valamilyen okból előnyös tulajdonsággal rendelkezik, és amely növényben a nemesítők fantáziát látnak. Az állattenyésztésben azért nem sikerült gyakorlatban is elterjeszhető új változatokat létrehozni, mert a módszer alkalmazása túl drágának bizonyult a rendkívül nagyszámú előnytelen mutációs változás miatt.

A biotechnológia fejlődésével eljutottunk odáig, hogy a besugárzással vagy kémiai anyagokkal előidézett véletlen genetikai események helyett a genomszerkesztési módszerekkel egy kiválasztott gén szerkezete és működésének mikéntje előre

13. táblázat

**Mesterséges mutációval előállított növényfajták
(Plant varieties produced by artificial mutations)**

Az elmúlt 70 évben 3200-nál több új és köztermesztésben elterjedt növényfajtát állítottak elő.

Legelterjedtebbek:

- Basmati rizs (5 millió ha), gammasugárzás
- Kína (10 millió ha), Japán Thaiföld, Vietnám kiemelkedő rizsfajtái mesterséges mutánsok
- sörárpák (Diamant, Golden Promise, Valticky)
- durumbúzák (Cresco, Capelli olasz)
- búza Mv 8 magyar, számos fajta Ázsiában
- bab, aranybab több millió ha, India, 9 más fajta Pakisztánban
- szója, Kína – 35 fajta, Vietnám – 5 fajta
- napraforgó, magas olajtartalmú és alacsony linoleintartalmú fajták
- gyümölcsfajták: 50 elterjedt (pl.: narancs, mandarin, alma, banán)
- dísznövények: több mint 600 virágos növényfajta

megtervezhető, ami aztán a kívánt tulajdonság megjelenéséhez vezet. Történelmi tény, hogy 34 évvel ezelőtt *Mary Dell Chilton* (Észak-Karolina, Egyesült Államok), valamint *Jeff Schell* és *Marc Van Montagu* (Gent, Belgium) vezetésével két kutatócsoport egy időben állította elő az első transzgenikus növényeket, az első növényi GMO-kat. Az eredmény bizonyította az amerikai és az európai alap kutatások egyformán magas szintjét (*Balázs – Dudits, 2017*). Azóta az élő szervezetek célzott genetikai módosítása óriási fejlődésen ment keresztül azzal egyidejűleg, hogy a különböző módosításra kiválasztott növény- és állatfajok örökítőanyagának részletes feltérképezése is jelentősen előrehaladt, különösen a fontos növény- és állatfajoké a humán genom megismerését követően. A célzott genetikai beavatkozások pontossága és megtervezhetősége óriásit fejlődött. A legmodernebb genommódosítási technika, a CRISPR (*clustered regularly interspersed palindromic repeats*) 2012 óta futótűzként terjedt el a molekuláris biológiai kutatásban és az állat- és növénynevelés területén. A korábbi génszerkezeti technikák hátránya volt, hogy nagy szakmai felkészültséget igényeltek, költségesek voltak, és génbeépítés esetén a genomban a beépülés helye nem volt irányítható. A CRISPR rendszer előre megtervezetten,

nagy pontossággal teszi lehetővé a genetikai kód átprogramozását. Gyakran a természetes vagy indukált mutációknak megfelelő új genetikai változatok jönnek így létre, azzal a különbséggel, hogy csupán azt a génhelyet célozza pontosan, amely a módosítandó génfunkciót érinti (*Hiripi – Gócza, 2017*). Ezért genetikai értelemben a CRISPR-módszerrel létrehozott szervezeteket célzott mutációknak tekinthetjük. Több országban (pl. USA) a genomszerkesztéssel előállított tenyésztőanyagokat nem is tekintik GMO-nak, hiszen a létrehozott új változatok nem tartalmazzák más faj DNS-ét. Az eljárás sokkal olcsóbb minden korábbi módszernél, így nemcsak óriáscégek (pl.: Monsanto, Bayer), hanem egyetemek és kutatóintézetek, sőt startup vállalkozások is sikerrel és versenyképesen hozhatnak létre új genetikai változatokat. Megszűnnek vagy erősen csökkennek a monopóliumhelyzetben lévő vagy kerülő vállalatok túlhatalmának veszélyei.

Az első genetikailag módosított takarmánynövények termesztését az USA-ban 1996-ban kezdték. A GM-változatok terjedése és a mind fejlettebb technológiával módosított változatok szaporítása nyomán az USA-ban ott tartanak, hogy a cukorrépa, a szója, a gyapot és a kukorica összes vetésterületének már több mint 90-95%-a GMO-kultúra. Figyelemreméltó, hogy az USA-

14. táblázat

Az USA-ban döntően GMO-takarmányokat fogyasztó állatállomány 2000–2011 között
(*Livestock consuming mostly GMO feed in the US between 2000 and 2011*)

	Létszám, milliárd (Billions of pieces)	Organikus, % (Organic, %)
Brojler (<i>Broiler</i>)	94,68	0,33
Tojótyúk (<i>Laying hens</i>)	3,72	1,97
Pulyka (<i>Turkey</i>)	2,73	0,20
Húsmarha (<i>Beef cattle</i>)	0,34	0,34
Tejelő tehén (<i>Dairy cow</i>)	0,03	2,78
Sertés (<i>Pig</i>)	1,22	0,01
Összesen (<i>Total</i>)	102,72	

Forrás: Van Eenennaam – Young (2014)

ban tenyésztett állatállomány az összes állatfaj tekintetében már az ezredforduló óta gyakorlatilag GMO-takarmányokat fogyasztott és mindeddig egyetlen esetet sem regisztráltak, amely azt igazolta volna, hogy megbetegedések a GMO-takarmányok fogyasztása következtében fordultak volna elő. A 14. táblázatban állatfajonkénti bontásban összesítette Van Eenennaam és Young (2014) a létszámadatokat, feltüntetve a GMO-mentes, organikus takarmányozásban részesülő állományhányadot is.

Az új, legkorszerűbb biotechnológiai módszerekkel tovább gyorsítható a szelekciós előrehaladás, csökkenthető a környezet terhelése azáltal, hogy az állatok majd jobban hasznosítják az etetett takarmányok táplálóanyagát, és sok esetben trágyájuk kevesebb környezetet terhelő anyagot tartalmaz majd (pl. foszfort). Az új CRISPR-eljárás segítségével már több, rendkívül értékes és fogyasztói szempontból is érdekes új növény- és gombafajtát állítottak elő 2016–2017-ben az USA több kutatóintézményében (lásd 15. táblázat). Ugyanakkor az Európai Unió Bírósága 2018. július 25-i határozatában GMO-nak tekinti a CRISPR-módszerrel létrehozott mutációs növény- és állatvariánsokat is.

Az új eljárásokkal előállított növény- és állatfajták sokoldalúan szolgálják majd az emberiség több és jobb minőségű étellemmel való ellátását. Ma már több új kutatási eredmény igazolja azt is, hogy olyan új termékek előállítására lesznek képesek háziállataink, amelyek még életminőségünket is javíta-

ni fogják (pl.: allergiát nem okozó tojást termelő tyúk, illetve tejet termelő tehén).

A davosi világgazdasági fórum 2018. január 23-án nagyon nagy jelentőségű bejelentés színhelye volt, amely hatásaiban mindenképpen érinteni fogja a mezőgazdasági tevékenységet is. Juan Carlos Castilla-Rubio perui milliárdos és a washingtoni Smithsonian Institution közös bejelentést tettek, hogy kezdeményezik a Föld Biogenom Programot (*Earth Biogenom Project*, EBP). A program célja a Föld 1,5 millió faja teljes génállományának feltérképezése. Jelenleg mindössze az ismert állat- és növényfajok 0,1%-ának ismert kisebb-nagyobb pontossággal a genetikai struktúrája, beleértve a legújabban közzétett gímszarvas teljes géntérképet is (Bana et al., 2018). A nagy jelentőségű bejelentéshez a legelső csatlakozók: Rockefeller Univ. (USA), Sanger Inst. (GB), Complete Genomics (Cal.), Oxford Nanopore (GB), brazil, perui, kínai genetikai intézetek. A program 10 év alatt hajtandó végre, a becsült költsége mintegy 4,7 milliárd dollár, nagyjából ugyanannyi, mint a humán genom projekté. A program és a rendkívül széles nemzetközi együttműködés, annak szellemi és infrastrukturális ereje óriási mértékben fog hozzájárulni a Föld globális genetikai biodiverzitásának megismeréséhez, életközösségek genetikai karbantartásához, átütő hatása lesz minden élettudománnyal kapcsolatos ipar- és termelési ágazatra, sőt az emberi társadalomra gyakorolt hatása sem lebecsü-

15. táblázat

Néhány új technológiával (CRISPR) előállított növény 2017-ben (Plants produced via new technology (CRISPR) 2017)

- nem barnuló csiperkegomba (Yang, Y. Penns. Univ. 6 barnulásért felelős gén „kiütése”)
- felvágás után nem barnuló alma és burgonya
- lisztharmat-rezisztens búza
- új, nagy hozamú fűrtös paradicsom: Galápagos-szigeteki paradicsom 3 génjének beültetése (Cold Spring Harbor Res. Inst.)
- új borélesztő gomba (vörösbor kevésbé okoz „másnaposságot”, tízszer több benne az egészséges rezveratrol)
- magas metionintartalmú kukorica (Rutgers Univ.)

lendő, hangsúlyozták a program indítói. A humán genom projektre költött minden egyes dollár költségvetési támogatás már eddig is 65 dollár kimutatható gazdasági hasznot hozott az USA-nak. Az új meghirdetett biogenom programtól várható hasznot ennek többszörösére becsülik (*The Economist*, 2018).

Nemcsak az én meggyőződésem, hogy ezen új, nagyszabású program hatást fog gyakorolni a jövő mezőgazdaságára számos területen (pl.: új növényfajok, amelyek speciális környezetekhez jól alkalmazkodnak; számtalan olyan új gén, amelyek hatásairól ma fogalmunk sincs; számos új bioaktív anyag, amelyeket akár a takarmányozás, akár az állategészségügy jól hasznosíthat; olyan új gombafajok, amelyek új, hatékony antibiotikumok előállítását teszik majd lehetővé stb.).

A közeljövő az agrárgazdaságban sok új feladat elé fog állítani minket, melyek megoldása során nagyszámú és bizonyára meglepő ismeretekkel is gazdagabbak leszünk. Érdekes lesz a következő időszak. Hiszek benne, hogy sikeres is lesz és Európa velünk együtt lépést fog tartani a globális fejlődéssel.

Köszönetnyilvánítás

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.

Együttal köszönettel tartozom *Balázs Ervin* és *Dudits Dénes* akadémikusoknak, valamint *Sütő Zoltán* egyetemi tanárnak a kézirat végleges formájának elkészítéséhez nyújtott segítségükért.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ALLIEVI, F. – VINNARI, M. – LUUKKANEN, J. (2015): Meat consumption and production analysis of efficiency, sufficiency and consistency of global trends. *Journal of Cleaner Production*, 92, 142–151. pp. – (2) BALÁZS E. – DUDITS D. (2017): Ajánlás. In BALÁZS E. – DUDITS D. (szerk.): *Precíziós nemesítés*. 7–8. pp. Agroinform, Budapest – (3) BANA N. A. – NYÍRI A. – NAGY J. – FRANK K. – NAGY T. – STÉGER V. – SCHILLER M. – LAKATOS P. – SUGÁR L. – HORN P. – BARTA E. – OROSZ L. (2018): The red deer *Cervus elaphus* genome CerEla 1.0 sequencing annotating genes, and chromosomes. *Molecular Genetics and Genomics*, 293 (3), 665–684. pp. <https://doi.org/10.1007/s00438-017-1412-3> – (4) CAPPER, J. L. (2011): The environmental impact of beef production in the United States: 1977 compared with 2007. *Journal of Animal Science*, 89, 4249–4261. pp. – (5) CAPPER, J. 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. pp. – (6) CONELLY, M. (2008): *Fatal Misconception: the Struggle to Control World Population*. Harvard University Press. – (7) DOMINGUEZ-RODRIGO, M. – PICKERING, T. R. – DIAZ MARTIN, F. – MABULLA, A. – MAUBA, C. – TANCO, G. – ARIAZZA, C. (2012): *Earliest parotic hyperostosis on a 1,5 million – year old Hominin, Olduvai Gorge, Tanzania*. Plos ONE. 7. e46414. cit.: HOCQUETTE, J.F. (2016) – (8) FLACHOWSKY, G. (2002): Efficiency of energy and nutrient use in the production of edible protein of animal origin. *Journal of Applied Animal Research*, 22, 1–24. pp. – (9) FOX, E. – RIDGEWELL, A. – ASHWIN, C. (2009): *Looking on the bright side: biased attention and the human serotonin transporter gene*. Proceedings of the Royal Society B, <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.1788> – (10) HIRIPI L.– GÓCZA E. (2017): A genomszerkesztés eredményei állati kísérleti rendszerekben. In BALÁZS E. – DUDITS D. (szerk.): *Precíziós nemesítés*. 159–170. pp. Agroinform, Budapest – (11) HOCQUETTE, J. F. (2016): Is in vitro meat solution for the future? *Meat Science*, 120, 167–176. pp. – (12) HORN P. (2013a): A tej és marhahústermelés versenyhelyzete a világ állattenyésztésében. Állattenyésztés és Takarmányozás, 62, 308–323. pp. – (13) HORN P. (2013b): Korunk fő fejlődési tendenciái az élelmiszer-termelésben, különös tekintettel az állattenyésztésre. *Gazdálkodás*, 57, 516–531. pp. – (14) HORN P. (2015): Milyen jövő vár az állattenyésztésre? *Magyar Mezőgazdaság*, 70 (1) 28–31. pp. – (15) HORN P. (2016): Globális tendenciák érvényesülnek. *Magyar Mezőgazdaság*, 71 (26) 35–38. pp. – (16) HORN P. (2017): Az újkori állattenyésztés kiala-

kulása. In BALÁZS E. – DUDITS D. (szerk.): *Precíziós nemesítés*. 33–40. pp. Agroinform, Budapest – (17) HORN P. – STEFLER J. (2017): A világ állati fehérje ellátása, annak humán egészségügyi szerepe, figyelemmel a húsmarha tenyésztésre. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 66 (4) 261–275. pp. – (18) HRISTOV, A. N. (2012): Historic pre European settlement and present day contribution of wild ruminants to enteric methane emissions in the United States. *Journal of Animal Science*, 90, 1371–1375. pp. – (19) KAPRONCZAI I. (2016): A magyar agrárgazdaság helyzete napjainkban – kockázatok és lehetőségek. *Gazdálkodás*, 60 (5) 369–426. pp. – (20) KONDOR A. Cs. – KOVÁCS Z. (2017): Kibocsátáscsökkentés és urbanizáció: ellentmondások és párhuzamok. *Magyar Tudomány*, 178 (6) 686–693. pp. – (21) LAMBOLL, R. – STATHERS, T. – MORTON, J. (2017): Climate Change and Agricultural Systems. Chapter 13. 441–490. pp. In SNAPP, S. – POUND, B. (eds.): *Agricultural Systems: Agroecology and Rural Innovation for Development*. Academic Press, London, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802070-8.00013-X> – (22) MARTON Cs. (2017): Mutáció eredetű versenyképes növényfajták és hibridek. In BALÁZS E. – DUDITS D. (szerk.): *Precíziós nemesítés*. 55–61. pp. Agroinform, Budapest – (23) MOLNÁR Cs. (2007): Hófehér csiperke. *Zöld Biotechnológia*, 13. szept. – okt. 1–3. pp. – (24) MOTTET, A. – TEMPIO, G. (2016): *Global poultry production current state and future outlook and challenges*. Proc. XXV. Worlds Poultry Congr., Beijing, Inv. Lecture Papers, 271–277. pp. – (25) MURPHY, S. P. – ALLEN, L. H. (2003): Nutritional importance of animal source foods. *Journal Nutrition*, 133, 3932–3935. pp. – (26) OTTEN, J. J. – HELLWIG, J. P. – MEYERS, L. D. (2006): *Dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements*. Washington, DC: Institute of Medicine – (27) POPP J. – OLÁH J. – SZEDERÁK J. – HARANGI-RÁKOS M. (2017): A marhahús előállítás nemzetközi és hazai piaci kilátásai. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 66 (4) 276–299. pp. – (28) RADEV A. (2016): *Globális kihívások az agrárszektorban*. Előadás az OTP Agrárkonferencián, Budapest, 2016. május 16. – (29) RIDLEY, M. (2012): A józan optimista. A jólét evolúciója. Akadémiai Kiadó, Budapest – (30) RUBY, M. (2012): Vegetarianism. A blossoming field of study. *Appetite*, 58, 141–150. pp. – (31) SANS, P. – COMBRIS, P. (2015): World meat consumption patterns: An overview of the fifty years (1961–2011). *Meat Science*, 109, 106–111. pp. – (32) SPETH, J. D. (1989): Early hominid hunting and scavenging. The role of meat as an energy source. *Journal of Human Evolution*, 18, 329–343. pp. – (33) SÜTŐ Z. (2017): *A magyar tojóhibrid nemesítés nemzetközi versenyképességének fokozása alternatív tartásra is alkalmas hibrid kifejlesztésével, különös tekintettel az európai piacon prognosztizálható változásokra*. Zárójelentés, amely a Bábolna TETRA Kft. és a Kaposvári Egyetem közös kutatás-fejlesztési projektjének teljesítéséről, a GINOP-2.1.1.-15 pályázathoz biztosított K+F szolgálati tevékenység megvalósításáról készült. 1–46. pp. – (34) SÜTŐ Z. – BUDAI Z. – ALMÁSI A. – MILISITS G. – ÚJVÁRINÉ J. – GARAMVÖLGYI É. – HORN P. (2018): The effect of different housing systems on traits of experimental crossbred leghorn and brown type layers until 96 weeks of age. *Hungarian Agricultural Research*, 2018 (1) 15–19. pp. – (35) THE ECONOMIST (2018): *Davos World Economic Forum. Earth Biogenome Project*. Vol. 426. Nr. 9076. Jan. 27. 66–67 pp. és <https://www.weforum.org/press/2018/01/> – (36) VAN DOORN, D. (2018): Feed conversion 1.0 is the future. *Poultry World*, 2018 (3) 11–12. pp. – (37) VAN EENENNAAM, A. L. – YOUNG, A. E. (2014): Prevalence and impacts of genetically engineered feedstuffs on livestock populations. *Journal of Animal Science*, 92, 4255–4278. pp. – (38) WEBSTER, J. M. – BRAGA, J. C. – HUMBLET, M. – POTTS, D. C. – IRYU, Y. – YOKOYAMA, Y. – FUJITA, K. – BOURILLOT, R. – ESAT, T. M. – FALLON, S. – THOMPSON, W. G. – THOMAS, A. L. – KAN, H. – MCGREGOR, H. V. – HINESTROSA, G. – OBROCHTA, S. P. – LOUGHEED, B. C. (2018): Response of the Great Barrier Reef to sea-level and environmental changes over the past 30,000 years. cit: The Economist. Australia's coral barrier reef keeps dying and coming back. *Nature Geoscience*, 11 (6) 426–432. pp. – (39) WILLIAMS, A. G. – AUDSLEY, E. – SANDERS, 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.

Summary

SOME IMPORTANT ISSUES DETERMINING THE FUTURE OF AGRICULTURAL PRODUCTION

By: Horn, Péter

Keywords: human evolution, animal protein consumption, competitiveness of livestock sectors, climate change, heat stress, diversity of GMOs.

JEL Classification: Q15, Q54.

The study summarises the biological factors that evolved during the evolution of *Homo sapiens* and which underwent profound changes (such as the digestive system, brain size and dramatically-increased energy demand) to explain the correlations that occur between per capita daily meat consumption and the population's disposable income. Based on authoritative literary sources, the author shows that about two thirds of countries do not have an adequate supply of animal protein, and the populations of poor countries are severely malnourished. Data show that the animal protein supply of the Hungarian population reached the desired daily average of 52 grammes at the end of the 1980s. It is an unfortunate fact that at present the animal protein supply of the Hungarian population only reaches about 75 percent of the desirable amount. It is clear that in the case of middle and lower income countries, it would be highly desirable to increase the consumption of animal products, significantly expanding the production of livestock sectors. Already among the livestock sectors, and even more so in the future, competition is emerging for available feed resources

There are already significant differences in efficiency between the various sectors in terms of the complexity of unitary animal product (e.g. forage area, water and emissions from different environments). Based on comprehensive studies abroad and my own calculations, it can be established that in animal species where genetic progress was rapid in productive capacity (e.g. milk production, broiler chicken fattening) and yields of fodder crops increased considerably, the resources per unit of product and the emissions to the environment also decreased dramatically.

The author describes the change over time in the US milk production sector and Hungarian broiler chicken production as examples for the phenomenon. There are several examples of climate change that can mitigate the negative effects of the current warming stage in animal husbandry, mentioning the potential benefits of closed holding systems. Based on the author's own experiments, he shows the benefits of light, quasi-reflective hair colour in beef cattle to mitigate heat stress. In chicken breeding, the reduction of the amount of feathers genetically permits the formation of types more resistant to heat stress.

Based on many prognoses, food production should increase by 60 to 70 percent over the next thirty years. Pessimists do not consider this to be possible, but the author has a more optimistic view, taking into account the land that has not yet been utilised, where both soil and precipitation conditions would allow efficient plant cultivation. By using complex technologies and modern know-how, the integrated application of the advanced technology and know-how today could significantly increase the efficiency of crop production and animal husbandry in many countries, while reducing the environmental footprint. Inarguably, substantial additional investments are needed, including human resources. In most species of plants and animals, there are still significant genetic resour-

es that create the potential for further development; this is supported by both domestic and foreign examples. There is hardly any doubt that the widespread use of advanced biotechnology methods can be a means of unimaginable development. Regulations allowing the marketing and cultivation of plant and animal types produced through the most recent procedures are needed.

Future agriculture and the development of a number of border areas will have a significant impact on the worldwide programme which was announced at the Davos World Economic Forum on 23 January 2018 and launched by prestigious scientific institutes and foundations at the initiative of Juan Carlos Castilla-Rubio, a Peruvian billionaire. The Earth Biogenome Project aims to map the entire gene pool of 1.5 million living species in ten years. The launchers of the programme emphasised that this is extremely broad international cooperation, the intellectual, material and infrastructural strength of which will make a significant contribution to the Earth's genetic biodiversity. It will have a profound impact on all sectors of life-related production, and even on human society. The study describes the details of the programme.

COOPERATION IN THE HUNGARIAN DAIRY SECTOR: RESULTS OF EMPIRICAL RESEARCH

By: Szabó-Szentgróti, Eszter – Szakály, Zoltán – Borbély, Csaba – Szabó-Szentgróti, Gábor

Keywords: strategy, dairy sector, collaboration, B2B survey.
JEL Classification: Q13.

The main goal of this paper is to explore the features of the Hungarian dairy co-operation. This research was based on corporate primary data, started from the total population (code: TEÁOR 1051). After a multi-stage cleaning process of the total population and a filter question application, 26 companies were included in the sampling frame. All survey data were verified by CEOs. We determined that the Hungarian dairy sector has very few cooperation forms and mostly it entails membership of professional organisations. Cooperation forms are typical mainly for procurement than for sales and marketing, and R&D partnerships are completely missing from this market. Despite this, the market is open to be involved in cooperation in the future. Cooperation is attained mostly with Hungarian partners in a formal way, but at the same time partners are mostly not competitors. The main goal of these partnerships is costs reduction. A positive effect was observed between cooperation existence and financial performance. But at the same time, financial performance will not improve by increasing the number of cooperatives. During the interviews it became clear that modern management skills are mostly missing from this sector.