



GENETIKA A METÁNCSSÖKKENTÉS SZOLGÁLATÁBAN IV.

JOBB TAKARMÁNYHASZNOSÍTÁS, KEVESEBB METÁN

**Szakértő
munkatársunk írása**
Állattenyésztési
Teljesítményvizsgáló Kft.

A szarvasmarhák bendőjében képződő metán (CH_4) a takarmány mikrobiális lebontásának egyik mellékterméke, amely számottevő energiavesztést okoz az állatok számára. Becsült adatok szerint a felvett takarmány bruttó energiataralmának átlagosan mintegy 6%-a – szélsőséges esetekben akár 9-12%-a is – CH_4 formájában távozik a szervezetből az enterális fermentáció során (IPCC, 2006; Jentsch és mtsai., 2007). Ezért a gázkibocsátás csökkentése nem csupán környezetvédelmi, hanem gazdasági szempontból is indokolt.

A bendőben zajló mikrobiális fermentáció alapvetően meghatározza, hogy milyen mértékben képesek a szarvasmarhák hasznosítani a takarmányban levő tápanyagokat és energiát. Mivel a lebontási folyamatok és a metanogenezis szorosan összefonódó mikrobiológiai és élettani mechanizmusokra épülnek, a takarmányértékesítés genetikai szintű javítása egyúttal lehetőséget teremthet az enterális CH_4 -kibocsátás mérséklésére is. Jelen írás e komplex kölcsönhatás biológiai hátterét és gyakorlati jelentőségét tárgyalja.

A takarmányhasznosítás genetikai optimalizálása és kapcsolata a CH_4 -kibocsátással

Számos kutatás igazolta, hogy genetikai szelekcióval előnyben részesíthetők azok a tejhasznú tehén, amelyek azonos tejtermelési szint eléréséhez kevesebb takarmányt igényelnek, vagy ugyanannyi takarmány felvételével nagyobb teljesítményre képesek. Ez a kedvező tulajdonság nemcsak a takarmányigény vagy a legelőterhelés mérsékléséhez járulhat hozzá, hanem csökkentheti az egységnyi termelt tejre jutó CH_4 -vesztést (CH_4 -intenzitást), sőt bizonyos esetekben a napi CH_4 -kibocsátást is.



Basarab és mtsai. (2013) **három lehetséges mechanizmust vázoltak fel annak magyarázatára, hogy a jobb takarmányhasznosítás miért járhat kisebb mértékű enterális CH_4 -kibocsátással:** a hatékonyabb egyedek

1. energiafelvétele azonos tejtermelési szint és testtömeg mellett jellemzően kisebb, így a bendő metanogén mikroorganizmusai kevesebb fermentálható szubsztráthoz jutnak;
2. bendőpassázsa nem ritkán gyorsabb, ami lerövidíti a fermentációs időt, csökkentve egyúttal a metanogenezis lehetőségét (ez a kapcsolat azonban nem minden esetben figyelhető meg, és nem tekinthető az energiahasznosítási hatékonyság általános élettani okának);
3. genetikai háttere elősegítheti olyan mikrobiális közösségek bendőbeli kialakulását, amelyekre kevésbé CH_4 -intenzív fermentációs útvonalak jellemzők.

Fontos ugyanakkor kiemelni, hogy a takarmányhasznosítás hatékonysága és az enterális CH_4 -kibocsátás közötti negatív irányú kapcsolat nem minden populációban és takarmányozási/tartási körülmények között mutatható ki egyértelműen, különösen a szárazanyag-felvételen (dry matter intake, DMI) alapuló mutatók esetében. Egyes vizsgálatok nem találtak szignifikáns korrelációt e két tényező viszonylatában, ami arra utal, hogy az összefüggés mértékét többféle paraméter (például a takarmányozási rendszer típusa, a mérések módja, a bendőmikrobiom állapota stb.) alakíthatja.

Számos modellalapú becslés azonban arra utal, hogy a takarmányértékesítés genetikai javítása önmagában is hozzájárulhat az enterális CH_4 -termelés mérsékléséhez. Ennek hatása tovább fokozható, ha a CH_4 -kibocsátás negatív súllyal, közvetlenül is megjelenik az összetett szelekciós indexekben. Ugyanakkor ez a tenyésztési irányvonal együtt járhat a tejtermelés genetikai előrehaladásának lassulásával, ha a szelekcióban elsődleges szerepet kap az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése. A kedvezőtlen mellékhatások mértékét elsősorban a tenyészcélba foglalt tulajdonságok örökölhetősége és genetikai korrelációi, az alkalmazott szelekciós súlyok, valamint a szelekciós intenzitás együtt határozzák meg. Emellett kulcsszerepe van annak is, hogy sikerül-e a tenyészcélok közötti egyensúlyt hosszú távon fenntartani.

A takarmányhasznosítás jellemzésére különböző mutatók használhatók, például:

1. a fajlagos takarmányfelhasználás (más néven takarmányértékesítési hányados; angolul: feed conversion ratio, FCR);
2. a takarmányhasznosítási hatékonyság (vagy takarmányértékesítési hatásfok; feed conversion efficiency, FCE), amely a FCR reciproka;
3. a reziduális takarmányfelvétel (residual feed intake, RFI);
4. a takarmányenergia-hasznosítás (feed production efficiency, FPE); valamint
5. a takarmányértékesítési teljesítmény (feed performance, FP) (Lásd ezekről a táblázatot.).

A FCR- és FCE-értékek számításakor a tejhozamot a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően zsír- és fehérjetartalomra korrigálják az adatok összehasonlíthatósága érdekében. Az Egyesült Államokban jellemzően 3,5%-os, Európában pedig általában 4,0%-os zsírtartalomra és 3,3-3,4%-os fehérjetartalomra végzik a standardizálást.

A laktáció korai szakaszában a tehenek megnövekedett energiaigényüket részben testtartalékaik mobilizálásával fedezik, és az így felszabaduló energia jelentős része tejtermelésre fordítódik. Ez átmenetileg kedvezőbb FCR-/FCE-értékeket eredményezhet. A laktáció vége felé bekövetkező testtömeg-gyarapodás viszont az energiaraktárak feltöltését szolgálja, ami rontja a takarmányhasznosítási mutatók alakulását. E torzító hatások kiszűrése érdekében ezért célszerű a FCR és FCE értékelését állományszinten, átlagértékek alapján végezni.

A takarmányhasznosítás javítása és az enterális CH_4 -kibocsátás csökkentése összetett megközelítést kíván, amely a genetikai szelekció és a korszerű takarmányozási stratégiák összehangolt, célzott alkalmazására épül. Fontos hangsúlyozni, hogy jobb takarmányértékesítés nem kizárólag a tejhozam növelésével érhető el. A gazdaságilag hatékony és klímataudatos tejtermelés egyik kulcsa az, hogy a tehenek hosszú ideig stabil teljesítményt nyújtsanak. Az egészséges, jól tejlő, megfelelő szaporodásbiológiai mutatókkal rendelkező állományban alacsonyabb a selejtezési arány és kisebb az utánpótlási igény, ami csökkenti az üszőnevelés költségeit, valamint az 1 kg tejre jutó erőforrás-felhasználást.



Táblázat: Takarmányhasznosítási mutatók és alakulásuk holstein-fríz tehenek esetében

Mutató neve	Rövi- dítés	Számítási mód (mértékegység)	Jellemző érték	Értelmezés
Fajlagos takarmányfelhasználás (feed conversion ratio)	FCR	Felvett takarmány mennyisége (kg szá.) ÷ termelt tej mennyisége (kg)	1,2–2,0	Alacsonyabb értéke kedvezőbb
Takarmányhasznosítási hatékonyság (feed conversion efficiency)	FCE	Termelt tej mennyisége (kg) ÷ felvett takarmány mennyisége (kg szá.)	0,5–0,8	Magasabb értéke kedvezőbb
Reziduális takarmányfelvétel (residual feed intake)	RFI	Mért (tényleges) takarmányfelvétel (kg szá./nap) – genetikai modell/statisztikai becslés alapján elvárt takarmányfelvétel (kg szá./nap)	–2–+2 kg/nap	Alacsonyabb értéke kedvezőbb
Takarmányenergia-hasznosítás (feed production efficiency; csak a termelt tejre vonatkoztatva)	FPE	Termelt tej energiatartalma (MJ) ÷ felvett takarmány energiatartalma (MJ) vagy másképp: NEI-tej (MJ/nap) ÷ NEI-takarmány (MJ/nap)	0,95–1,15	Magasabb értéke kedvezőbb
Takarmányértékesítési teljesítmény (feed performance)	FP	Hatékonyabban értékesített takarmány az első laktáció során (kg)	< 1,5 kg/nap (< 300–450 kg/laktáció)	Magasabb értéke kedvezőbb

Megjegyzés: szá. – szárazanyag; NEI-tej – tejtermeléshez szükséges nettó energiafelvétel; NEI-takarmány – a takarmányból ténylegesen hasznosuló nettó energiamennyiség.

Forrás: Knob és mtsai. (2023); VandeHaar és mtsai. (2015); Connor és mtsai. (2019); Blake és Custodio (1984); Richardson és mtsai. (2020).

Ezért a takarmányértékesítést mindig az állatok hosszú hasznos élettartamának, egészségi állapotának és termékenységének együttes figyelembevételével kell értékelni.

A szarvasmarhák testtömege (illetve testmérete) szintén meghatározó tényező a takarmányhasznosítás szempontjából. Noha a nagyobb testű és termelésű tehenek létfenntartási energiaigénye értelemszerűen magasabb, e többletigény nem emelkedik arányosan a testméret/tejhozam növekedésével. A takarmányfelvételtől származó energiának ugyanis egyre kisebb hányada fordítódik létfenntartásra, miközben egyre nagyobb része hasznosulhat közvetlenül a tejtermelésben – feltéve, hogy a takarmányhasznosítás hatékonysága nem csökken. A nagyobb testméret tehát önmagában nem tekinthető kedvezőtlen tulajdonságnak, különösen akkor, ha magas termelési szinttel és hosszú hasznos élettartammal társul. Épp ezért a holstein-fríz populációk esetében nem a kisebb testű, jersey-típusú egyedek irányába történő szelekciós elmozdulás a cél, hanem sokkal inkább a testméret, a termelési szint és az energiahasznosítás közötti optimális egyensúly kialakítása. Ha ez az összhang megvalósul, annak kedvező hatásai állományi és ágazati szinten egyaránt érzékelhetők: azokban az országokban, ahol a tejhozam magas és az állatok energiahasznosítása hatékony, jellemzően alacsonyabb az egységnyi teje

jutó enterális CH₄-kibocsátás (Kirchgessner és mtsai., 1995).

A takarmányhasznosítás hatékonyságát emellett számos további tényező is befolyásolja, beleértve a felvett takarmány mennyiségét, összetételét és emészthetőségét, a takarmánykiegészítők használatát, valamint az állatok laktációs stádiumát. Mindezek kölcsönhatásban érvényesülnek, ezért a takarmányhasznosítás értékelése kizárólag komplex, rendszerszintű megközelítésben lehet megalapozott.



Az elmúlt évtizedekben számottevő előrelépés történt a takarmányhasznosítás javítása terén, amely egyrészt a takarmányozási és tartástechnológiai feltételek fejlődésének, másrészt a célzott genetikai szelekciónak köszönhető. A genetikai előrehaladás alapvető feltétele, hogy az adott tulajdonság kellően nagy genetikai varianciával rendelkezzen. Ez a kritérium a takarmányhasznosítás esetében



teljesül: például a FCR értéke – amint azt a táblázat is szemlélteti – egyedenként 1,2 és 2,0 között változik, ami számottevő genetikai különbségekre és érdemi szelekciós potenciálra utal.

A takarmányhasznosítás értékelésére rendelkezésre álló mutatók közül a FCR, a FCE és a FPE széles körben elterjedtek a tenyésztési gyakorlatban. Az utóbbi évek

kutatásai azonban egyre nagyobb figyelmet fordítanak az eddig ritkábban alkalmazott RFI-re, valamint a nemrégiben kidolgozott FP-indexre, amelyek új szemléletet hoznak a takarmányhasznosítás genetikai értékelésébe, és lehetőséget teremtenek a szelekciós stratégiák továbbfejlesztésére. A következőkben mi is e két mutató részletes bemutatására helyezzük a hangsúlyt.

Takarmányhatékonyság új szemléletben: a reziduális takarmányfelvétel (RFI) gyakorlati jelentősége

A **RFI** elméleti alapjait Koch és mtsai. már 1963-ban lefektették, gyakorlati alkalmazása azonban csak az elmúlt évtizedekben vált lehetővé, miután a nagyüzemi technológiák – például az automata etetőrendszerek és az egyedi takarmányfelvétel mérésének – fejlődése biztosította bevezetésének feltételeit a tenyészértékbecslési rendszerekbe és a szelekciós programokba. Napjainkban már több ország – köztük Dánia és Hollandia – hivatalos tenyészértékbecslési rendszerének részét képezi.

A klasszikus mutatókkal (FCR, FCE, FPE) szemben a RFI nem két mérhető paraméter hányadosaként értelmezhető, hanem a tényleges (mért) és a becsült (elvárt) takarmányfelvétel különbségét jelöli. Az elvárt takarmányfelvétel értékét genetikai vagy többváltozós statisztikai modellekkel határozzák meg, amelyek kiszűrlik olyan befolyásoló tényezők hatását, mint a testtömeg, a tejtermelési szint, a laktációs stádium és a takarmányadag összetétele. Ennek eredményeként a RFI a főbb termelési és fiziológiai paraméterektől független, egyedekre jellemző takarmányfelvételi többletet vagy hiányt tükrözi.

Tejhasznú szarvasmarhák esetében a RFI örökölhetősége közepesnek tekinthető ($h^2 \approx 0,2\text{--}0,4$; Connor és mtsai., 2013; Tempelman és mtsai., 2015), míg ismételhetősége kifejezetten kedvező ($R = 0,33\text{--}0,67$; Basarab és mtsai., 2013), ami megerősíti, hogy indokolt lehet genetikai szelekció alkalmazása e jellemzőre. Mivel a CH_4 -kibocsátás szoros genetikai kapcsolatban áll a takarmányfelvétellel ($r_g = 0,7$; Clark és mtsai., 2005), és az alacsonyabb RFI-értékű egyedek kevesebb takarmány elfogyasztásával is képesek azonos teljesítményt nyújtani, a RFI-re irányuló szelekció közvetetten hozzájárulhat az enterális CH_4 -kibocsátás mérsékléséhez (Richardson és mtsai., 2020). Egyes, húshasznú szarvasmarhákon végzett vizsgálatok szerint a RFI-szintek közötti eltérések akár

a CH_4 -emisszió fenotípusos varianciájának 28%-áért is felelősek lehetnek (Nkrumah és mtsai., 2004; Hegarty és mtsai., 2007). Ez az adat azonban populációs szélsőértékeken alapuló összehasonlításból származik, így nem tükrözi közvetlenül a szelekcióval elérhető genetikai előrehaladás mértékét. Mindazonáltal a RFI csökkentését célzó tenyésztési programok már néhány éven belül is kézzelfogható eredményt hozhatnak: de Haas és mtsai.-nak (2011) modellszámításai szerint tízéves szelekciós időtáv alatt akár 11–26%-kal is mérsékelhető az egy tehénre vagy egységnyi tejre jutó enterális CH_4 -kibocsátás.

A RFI egyúttal jól példázza a termelési szinttől viszonylag független szelekciós megközelítés lehetőségét, hiszen számítási metodikájából adódóan a napi tejtermeléssel – hasonlóan a később tárgyalandó reziduális CH_4 -kibocsátáshoz (RMeP-hez) – nem, vagy csak gyenge genetikai korrelációban áll. Ez lehetőséget kínál arra, hogy a takarmányfelvétel genetikai úton anélkül legyen csökkenthető, hogy az közvetlenül visszafogná a tejtermelést. Manzanilla-Pech és mtsai.-nak (2019) modellalapú vizsgálatai ugyanakkor arra is rámutatnak, hogy a RFI genetikai mérséklése, amennyiben az elvártnál kisebb takarmányfelvételhez vezet, hosszabb távon lassíthatja a tejtermelés genetikai előrehaladását. Ennek hátterében az áll, hogy a magasabb tejhozamhoz szükséges többletenergia biztosítása akadályozottá válhat, ha a takarmányfelvétel (növekedése) nem tart lépést a termelési potenciállal. Így, bár a RFI és a tejtermelés elvileg függetlenül alakíthatók, a kiegyensúlyozott szelekció érdekében elengedhetetlen a körültekintő döntéshozatal.

Manzanilla-Pech és mtsai. (2022) egy átfogó vizsgálatukban arra kerestek választ, hogy miként alakul a holstein-fríz tehenek enterális CH_4 -kibocsátása, ha a tenyészcélok közé beemelik a RFI-t,



valamint negatív szelekciós súllyal figyelembe vesznek különböző CH_4 -kibocsátási jellemzőket is. A kutatás során összesen 647 dán holstein-fríz tehén napi DMI-jét, energiatartalommal korrigált tejtermelését (energy corrected milk, ECM), testtömegét, valamint CH_4 -kibocsátását elemezték (az utóbbira vonatkozó adatok több mint 26 000 olyan mérésen alapultak, melyeket automata fejőállásokba épített légzésmonitorozó rendszerrel végeztek). A tanulmányban a szerzők először hat különböző CH_4 -jellemzőt értékelték:

1. **MeC:** fejőállásban mért légzési CH_4 -koncentráció (ppm/log[ppm]),
2. **MeP:** napi CH_4 -termelés (MeC-ből számítva a szén-dioxid-termelés, ECM és testtömeg felhasználásával),
3. **MeY:** CH_4 -hozam (MeP/DMI),
4. **Mel:** CH_4 -intenzitás (MeP/ECM),
5. **RMeC:** reziduális CH_4 -koncentráció (ECM-mel és testtömeggel korrigált MeC),
6. **RMeP:** reziduális CH_4 -termelés (tényleges MeP – ECM és testtömeg alapján becsült MeP).

A MeC és a RMeC mutatókat ugyanakkor kizárták a további elemzésekből, mivel a mértékegységük (ppm vagy log[ppm]) nehezen értelmezhető, ráadásul a MeC-értékek összehasonlíthatóságát a mérőberendezések közötti eltérések is korlátozták. A kutatás fókuszát ezért ezt követően a másik négy mutatóra helyezték át. A tehénpopulációban a MeP átlagértéke 337,9 g CH_4 /nap, a Mel-é 9,2 g CH_4 /kg ECM, a MeY-é 15,4 g CH_4 /kg DMI, míg a RMeP-é – számítási módszeréből adódóan – ≈ 0 g CH_4 /nap volt. E jellemzők örökölhetősége a mérsékelt-közepes tartományba esett ($h^2 \approx 0,16\text{--}0,23$), ami arra utal, hogy célzott szelekcióval genetikailag befolyásolhatók. A közöttük fennálló genetikai (r_g) és fenotípusos korrelációk (r_i) mértéke mérsékelttől erősig terjedt, különösen a RMeP mutatott szoros együttjárást a Mel-vel és a MeY-vel ($r_g, r_i > 0,8$). A MeC-hez viszonyított kapcsolata viszont gyengébbnek bizonyult ($r_g = 0,70$; $r_i = 0,63$). Mindezek alapján a RMeP megbízhatóan alkalmazható más CH_4 -jellemzők helyettesítésére a tenyésztési gyakorlatban.

Manzanilla-Pech és mtsai. a takarmányhatékonyságot két reziduális mutatóval fejezték ki: 1. **RFI1:** tényleges napi DMI – (metabolikus testtömeg és ECM alapján becsült DMI), valamint 2. **RFI2:** tényleges napi DMI – (metabolikus testtömeg, ECM és mérési időszak alatti testtömegváltozás alapján becsült DMI).

A RFI-k és a CH_4 -kibocsátási jellemzők között többnyire pozitív genetikai korrelációt figyeltek meg, vagyis a jobb takarmányhasznosítás (alacsonyabb RFI-érték) kedvezően befolyásolhatja a CH_4 -termelés csökkenését. A RFI1 esetében a r_g 0,16-tól (MeY) 0,65-ig (MeP) terjedt, míg a RFI2-nél 0,05-től (Mel) 0,76-ig (MeP). **A MeP fenotípusosan is szoros kapcsolatban állt a RFI2-vel, a RMeP pedig mindkét RFI-mutatóval.**



A kutatók különböző szelekciós forgatókönyveket vizsgáltak annak felmérésére, hogy milyen genetikai válasz várható az enterális CH_4 -kibocsátás tekintetében, ha a tejtermelésen (ECM) túl szelekciós szempontként a takarmányhasznosítási hatékonyságot (RFI), illetve egyes CH_4 -jellemzőket (MeP, RMeP és Mel) is figyelembe vesznek. **Főbb eredményeik a következők:**

- 1. forgatókönyv – **az ECM egy szórásnnyi növekedését modellezték: ennek hatására a MeP (+24 g/nap) és a RMeP értéke (+2,71 g/nap) egyaránt emelkedett, míg a Mel-é enyhén csökkent (–0,41 g/kg ECM).** (Itt és a továbbiakban a korrelált genetikai válaszok a kiindulási populációátlaghoz viszonyítva, egyedenként és egy szelekciós ciklusra [generációra] értendők.) Bár a Mel változása elsőre kedvezőnek tűnhet, nem tekinthető valódi genetikai előrehaladásnak, mivel elsősorban a nagyobb tejhozam hígító hatásából ered.
- 2. forgatókönyv – **az ECM növelését kisebb RFI irányába történő szelekcióval kombinálták:** a MeP és a RMeP kismértékben csökkent (–0,49, illetve –0,44 g/nap), a Mel pedig a korábbinál kedvezőbb elmozdulást jelzett (–0,42 g/kg ECM). Ezek az adatok arra utalnak, hogy a **RFI genetikai javítása – még ha korlátozottan is – hozzájárulhat a CH_4 -termelés mérsékléséhez.**
- 3.–4. forgatókönyv – **a szelekciós szempontok közé beemelték a CH_4 -kibocsátást is, forgatókönyvenként eltérő negatív súllyal:** ennek hatására a MeP és a RMeP értékei az 1. for-



gatókönyvhöz viszonyítva 6-17%-kal csökkentek, miközben a MeI a populációátlaghoz képest $-0,43 \text{ g CH}_4/\text{kg ECM}$ értékkel javult. Az egy laktációra vetített genetikai előrehaladás a 3. forgatókönyv szerint -440 g MeP -et és -420 g RMeP -et, míg a 4. forgatókönyv esetében $-1,3 \text{ kg MeP}$ -et és $-1,1 \text{ kg RMeP}$ -et tett ki tehenenként. Bár ezek az értékek egyedi szinten csekélyek, nagyüzemi vagy populációs léptékben már számottevő emissziócsökkenést eredményezhetnek.

Manzanilla-Pech és mtsai. arra is felhívták a figyelmet, hogy – a MeC és RMeC mutatókhoz hasonlóan – a takarmányértékelési gyakorlatban és a fenntarthatósági elemzésekben széles körben használt MeY és MeI sem tekinthetők megfelelő szelekciós célváltozóknak, mivel genetikai indexekbe integrálásuk statisztikai szempontból nehézséget jelent. Ezért a kutatók elemzéseiket végül a MeP-re és a RMeP-re szűkítették.

Az ECM és a MeP között szoros, pozitív genetikai kapcsolat áll fenn, mivel a nagyobb tejtermelés fokozott takarmányfelvétellel jár, ami magasabb napi CH_4 -kibocsátást eredményez. Fontos megjegyezni, hogy a MeP csökkenése csak akkor vezet alacsonyabb MeI-értékhez, ha a tejhozam nem esik vissza jelentősen – ellenkező esetben a kívánt javulás elmaradhat, sőt, a MeI akár növekedhet is.

A RMeP ugyanakkor – számítási módjának köszönhetően – kiszűri a tejhozam, a testméret és a takarmányfelvétel hatását, így ezekkel a tényezőkkel nem, vagy csak gyenge genetikai kapcsolatban áll. Örökölhetősége stabil, erős genetikai korrelációt mutat a hatékonysági (RFI) és más CH_4 -jellemzőkkel, mértékegysége (g/nap) pedig egyszerű és közvetlenül értelmezhető, ami előnyt jelent a gyakorlati alkalmazás során. Mindezek alapján **a RMeP tekinthető a legalkalmasabb CH_4 -kibocsátási szelekciós célváltozó**nak, ha a cél az emisszió mérséklése a termelési szint megőrzése mellett.

Visszatérve a takarmányhasznosítás kérdésére, **a RFI és a CH_4 -kibocsátás közötti genetikai kapcsolat erőssége** – amint arra a takarmányhasznosítás kapcsán már általánosságban utaltunk – **jelentős mértékben változhat a populációk genetikai hátterétől, valamint a takarmányozási és tartási körülményektől függően**. Difford és mtsai. (2019a)

például egy dán holstein-fríz állományban $0,42\text{--}0,69$ közötti r_g -értékeket állapítottak meg, míg de Haas és mtsai. (2011) ennél alacsonyabb, $0,32$ körüli értékről számoltak be. Ezzel szemben Breider és mtsai. (2018) legelőn tartott holstein-fríz tehenek esetében nem találtak szignifikáns genetikai kapcsolatot a két tulajdonság között, és több takarmányozási kísérlet sem igazolta egyértelműen, hogy az alacsonyabb RFI szükségszerűen kisebb CH_4 -kibocsátással járna (Hegarty és mtsai., 2007; Fitzsimons és mtsai., 2013; McDonnell és mtsai., 2009, 2016).

Az ellentmondó eredmények hátterében több tényező is állhat. Egyrészt a megfigyelt korrelációk sok esetben inkább a DMI varianciáját tükrözik, semmint valós genetikai különbségeket. Másrészt bizonyos takarmányozási beavatkozások – például az adag összetételének módosítása vagy kiegészítők használata – átmenetileg befolyásolhatják a RFI értékét, torzítva ezáltal a genetikai kapcsolat megítélését. Difford és mtsai. egy másik vizsgálatukban (2019b) ellentétes irányú genetikai korrelációkat is bemutattak: a r_g -értékek a RFI és a CH_4 -kibocsátás viszonylatában $-0,69$ és $+0,46$ között szóródtak, ami szintén jól jelzi a kapcsolat irányának és mértékének erőteljes környezeti és metodikai érzékenységét.

Végül érdemes kiemelni, hogy a RFI-alapú szelekció nem minden esetben kockázatmentes. A laktáció korai szakaszában, amikor a tehenek takarmányfelvétele általában nem fedezi a tejtermelés gyorsan növekvő energiaigényét, a genetikailag alacsonyabb RFI-értékű egyedek különösen sérülékenyek lehetnek. Esetükben ugyanis fokozott a tartós negatív energiamérleg kialakulásának veszélye, ami kedvezőtlen hatást gyakorolhat a testkondíciójukra, termékenységre és tejhozamukra. Ezért a RFI-re irányuló szelekciót mindig körültekintően kell végezni a takarmányozási feltételek, a populáció tejtermelési szintjének és az állatok energiaháztartásának figyelembevételével. Írásunkat a következő számban folytatjuk.

