

PRECÍZIÓS ÁLLATTARTÁS ÉS TAKARMÁNYOZÁS

HALAS VERONIKA

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen közlemény célja, hogy bemutassa azokat a tendenciákat, amelyek hozzájárultak az élelmiszer előállítás hatékonyságának növekedéséhez és megteremtették az alapot a precíziós állattartás koncepciójának kidolgozásához, valamint hogy összefoglalja a precíziós állattartás és takarmányozás legfontosabb jellemzőit. Az irodalmi áttekintés rámutat az innováció fontosságára a folyamatban és tárgyalja azokat az elemeket, melyek megkülönböztetik a precíziós állattartást a hagyományos technológiáktól. A precíziós állattartás a legfejlettebb technológiák felhasználásával olyan tartási, takarmányozási és management rendszert valósít meg, amely a nagy létszámú telepeken is lehetővé teszi az állatok „egyedi gondozását”, a problémák korai felismerését és hatékony megoldását. Az ide vonatkozó vizsgálatok és áttekintő közlemények arra hívják fel a figyelmet, hogy a precíziós állattenyésztés és takarmányozás alkalmazásával az élelmiszer alapanyag (hús, tej, tojás) előállítás hatékonysága és az állati termék minősége javítható. Az info-kommunikáció integrálásával olyan gyors reagálású jelzőrendszereket lehet az állati termék előállítás során alkalmazni, melyek minimálisra csökkentik az állategészségügyi problémák kockázatát, így a precíziós termelési rendszerekben jelentősen növelhető a takarmány- és az élelmiszerbiztonság. További előnyt jelent, hogy nagymértékben csökkenteni lehet az állattartás környezetterhelését és ökológiai lábnyomát, ami vitathatatlanul hozzájárul az ágazat fenntarthatóságához.

SUMMARY

Halas, V.: PRECISION LIVESTOCK FARMING AND NUTRITION

The scope of the present paper is to introduce the tendencies resulted in improvement of the efficiency of animal farming and to serve as a startpoint to develop the concept of precision livestock management as well as to provide an overview on the most important attributes of precision livestock farming and nutrition. This literature review points out the importance of innovation in this progress and discusses the elements of the precision techniques compared to conventional animal farming. Precision livestock farming provides the opportunity for animal husbandry, nutrition and management to handle animals individually even on large scale farms, to identify problems early and solve problems with using state-of-the-Art technologies. Relevant studies and reviews suggest that application of precision farming and nutrition improves the efficiency of animal (meat, egg, and milk) production as well as the product quality. By integrating the info-communication techniques prompt alarm systems can be implicated that minimizes the animal health hazards and thus the feed and food safety can significantly be improved in precision farming systems. Further benefit is that the environmental load and ecological footprint of the animal production can be reduced, which supports the sustainability of the sector.

BEVEZETÉS

A precíziós állattartás vagy precíziós állattenyésztés kifejezéssel az utóbbi évtizedben ismerkedhetett meg a szakma. Az első, ebben a témában tartott európai konferenciát 2003-ban szervezték (Cox, 2003). Angol nyelvterületen Precision Livestock Farming (PLF) illetve smart farming elnevezéseket használnak, mely utóbbi találó kifejezés arra, hogy a precíziós gazdálkodás során számos úgynevezett „intelligens” technológiát alkalmaznak. Az élelmiszertermelés kapcsán a precíziós jelző először a növénytermesztéshez kapcsolódott arra utalva, hogy a növények tápanyag utánpótlása és növényvédelmi kezelése célzottan, a környezeti feltételek minél pontosabb ismeretével és annak figyelembevételével valósul meg. A precíziós állattartás és takarmányozás kifejezés is hasonló filozófiát takar, az állatoktól és a környezetről gyűjtött információk alapján egy nagyon jól szabályozott és felügyelt rendszert alakítunk ki, melynek segítségével az állatok genetikai lehetőségeit optimálisan tudjuk kihasználni. Mindezen célok megvalósításához a PLF rendszerek számos innovációra épülnek.

Jelen közlemény célja, hogy bemutassa azokat a tendenciákat, melyek hozzájárultak az élelmiszer előállítás hatékonyságának növekedéséhez, a precíziós állattartás koncepciójának kidolgozásához. További cél, hogy összefoglalja a precíziós állattartás és takarmányozás legfontosabb jellemzőit és azt, hogy milyen előnyök származnak az alkalmazás során.

INNOVÁCIÓ AZ ÉLELMISZER-ALAPANYAG ELŐÁLLÍTÁSBAN

Az agrártermelés célja, hogy az embereket megfelelő mennyiségű és minőségű táplálékkal lássa el, ami egyrészt az élelmiszer, másrészt az élelmiszer alapanyag előállítását jelenti. A fejlett civilizációk kialakulásában a mezőgazdasági tevékenységnek döntő szerepe volt, és a történelem során az agrárinnováció a népesség számának robbanásszerű növekedéséhez mindig nagymértékben hozzájárult.

Látva a népesség számának jelentős növekedését, már a 19. században többen a Föld túlnépesedését vizionálták, hiszen az akkori agrotechnikai lehetőségek valóban nem voltak alkalmasak a népességnövekedés ütemével arányosan növelni az élelmiszertermelést. A kémiai és az agrártudományok fejlődése azonban megoldotta a problémát. Az úgynevezett első zöld forradalom (1940-1960) a mezőgazdasági termelés – elsőként a növénytermesztés, majd az állattenyésztés – hatékonyságának ugrásszerű növekedését eredményezte. A forradalom kifejezés itt különösen helytálló, mert nem a korábbi technológiák fejlesztése, hanem a tudományos és technológiai tudástranszfer gyakorlati megvalósítása történt meg: nagy termőképességű növény (elsősorban gabona) fajták kialakítása, öntözéssel rendelkező rendszerek kidolgozása, műtrágyák, növényvédő szerek használata. Az első zöld forradalom egyenes következménye volt a növekvő állatlétszám. Az állatlétszám növekedése, főként a sertés és baromfi fajok esetében azonban tovább növelte az abraktakarmányok (gabona, hüvelyesek) iránti igényt.

Jelenleg a Föld agrártermelésbe vont területe gyakorlatilag nem növelhető, sőt a fejlett világ országaiban a termőterület aránya fokozatosan csökken az urbanizáció, a városok növekedése, az utak fejlesztése miatt. Ehhez járul továbbá az is, hogy a nem megfelelő agrotechnika alkalmazása miatt bekövetkező talajerózió

a fejlődő országokban épp azokat területeket sújtja a leginkább, melyekben a népességszám amúgy is kritikus. A 21. század fordulóján be kellett látni, hogy a Föld eltartó képessége rendkívül korlátozott és csak akkor lesz képes kiszolgálni az emberiséget, ha még tovább növeljük az agrártermelés hatékonyságát úgy, hogy közben a káros anyag kibocsátást drasztikusan lecsökkentjük. Ez a filozófia hívta életre az úgynevezett második zöld forradalmat, melynek lényege a fenntartható mezőgazdaság megteremtése.

A fenntarthatóság mellett azonban az agrártermelésnek további kihívásokkal is számolni kell: a jó minőségű és biztonságos élelmiszerek iránti igény és az ezt megfizetni képes kereslet is növekedésnek indult. Ez a tendencia elsősorban a dinamikusan fejlődő, nagy lélekszámú országok (India, Kína) esetében jelent megoldandó problémát. Az állattenyésztési ágazatok esetében a társadalom felől érkező nyomás az állatjólét vélt vagy valós megóvására további technológiai újításokat igényel az állatok tartási rendszereiben. A gazdasági haszonállatok megfelelő elhelyezése, a tartási körülmények javítása jogos elvárás, de sok esetben a hozzá nem értés nagyobb kárt tesz, mint amennyi jószándék vezetett az állatvédőket.

Az előttünk álló időszak nagy kihívása tehát a fenntartható mezőgazdaság megteremtése, ami csak akkor valósítható meg, ha az egyes ágazatokat nem kiragadva, hanem az élelmiszer előállító lánc részeként tekintjük és tudjuk, hogy a lánc minden elemében biztosítani kell az innovációt, a hatékony tudományos és technológiai tudástranszfert. Az innováció jellemzően több tudományág vagy tudományterület összefogásával erősíthető, hiszen az interdiszciplináris kutatások során az ismeretanyag összeadódik és így egy probléma megoldása során új dimenziók nyílhatnak meg.

Ismert, hogy az állati eredetű élelmiszertermelést a gazdasági haszonállatok genetikai képességein kívül döntően a takarmányozás határozza meg. A megtermelt tej, hús, tojás mennyiségét és minőségét az állatok táplálóanyag ellátásával befolyásolni tudjuk. Azt is látni kell azonban, hogy a hatékonyság növeléséhez, valamint az élelmiszer minőséggel és biztonsággal kapcsolatos elvárások teljesítéséhez a klasszikus takarmányozási ismeretek már nem elegendőek. Ezért szükséges a takarmányozásnak az újabb területeit is bevonni az innovációs tevékenységbe (Babinszky és Halas, 2009). Ez a folyamat nem most indult el, hiszen a takarmányozás-élettan vagy a takarmányozás-immunológia már korábban is nagyon fontos része volt a modern takarmányozásnak. Az 1. ábra azt mutatja, hogy a klasszikus takarmányozási ismereteket milyen más természettudományi és/vagy műszaki tudományterületekkel kell bővíteni annak érdekében, hogy a mai kihívásokra adekvát választ tudjunk adni. Ilyen viszonylag új terület például a molekuláris takarmányozás, vagy a növekedés matematikai modellezése. A klasszikus takarmányozási ismeretek, továbbá a természettudományi területekkel kibővített új takarmányozási ismeretek és az informatika sajátos ötvözéséből alakult ki a precíziós takarmányozás (Babinszky és Halas, 2009).

A precíziós takarmányozás gyakorlati megvalósítása a precíziós állattartás feltételeinek megteremtésével lehetséges. A következőkben áttekintjük a precíziós állattartás (precision livestock farming – PLF) lényegét és azokat a technológiai elemeket, amelyek megkülönböztetik a hagyományos technológiáktól.

1. ábra A klasszikus takarmányozás és a társtudományok kapcsolata
(Babinszky és Halas, 2009)

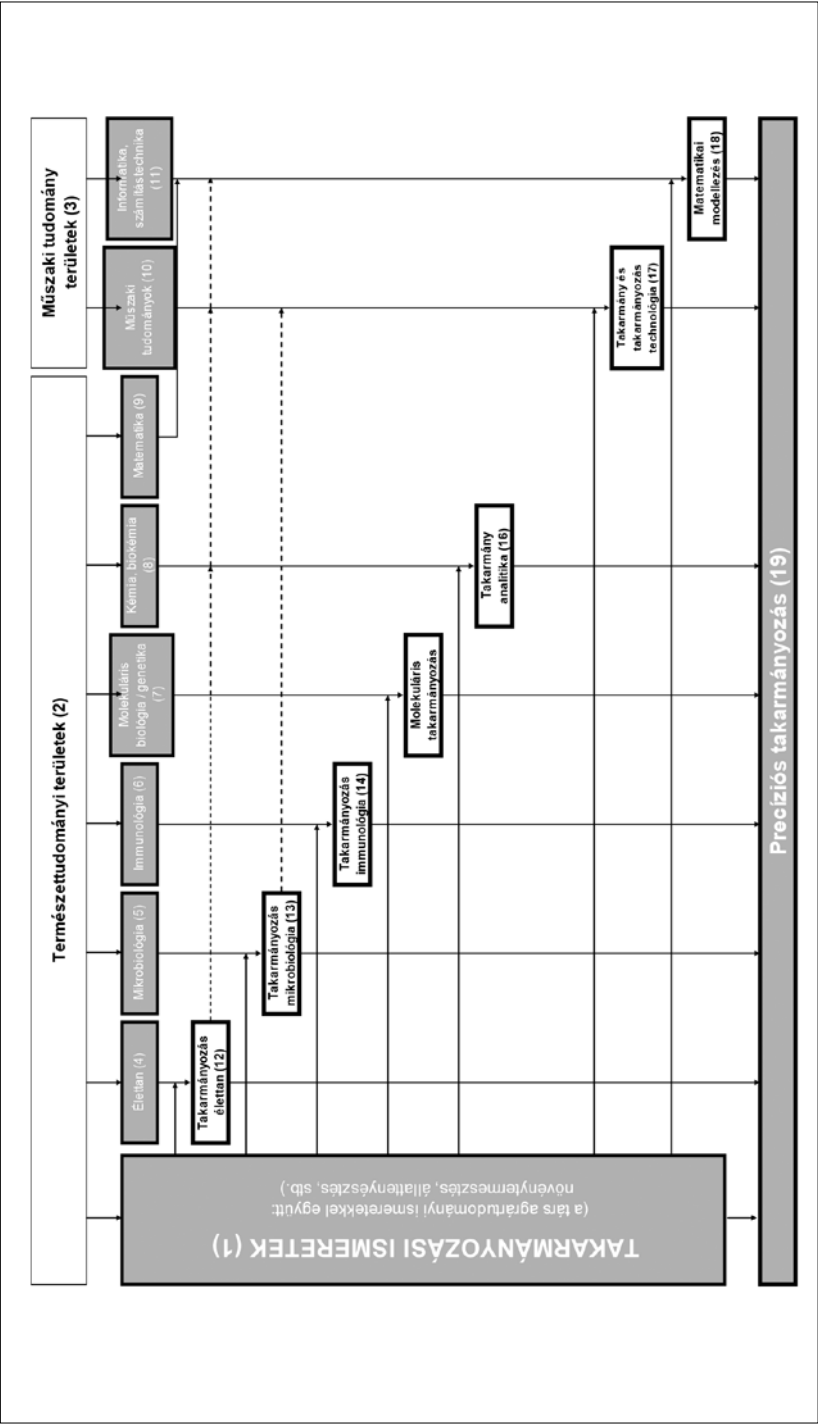


Figure 1. Relationship between traditional animal nutrition and other related sciences (Babinszky and Halas, 2009)
animal nutrition (including plant production, animal husbandry) (1); natural sciences (2); technological sciences (3); physiology (4); microbiology (5); immunology (6); molecular biology/genetics (7); chemistry, biochemistry (8); mathematics (9); technological sciences (10); informatics, computer sciences (11); nutritional physiology (12); nutritional microbiology (13); nutritional immunology (14); molecular nutrition (15); feed analysis (16); feed and feeding technology (17); mathematical modeling (18); precision nutrition (19)

PRECÍZIÓS ÁLLATTARTÁS

A PLF rendszerek a biológiai hatékonyság növeléséhez igénybe veszik a kutatás-fejlesztés eredményeit, melyek a technológiai innováció, a genetika, a takarmányozás, az etológia és egyéb, az állati termelést befolyásoló tényezőkkel kapcsolatos új tudományos ismeretekhez kötődnek (Mollo és mtsai, 2009). A precíziós állattartás az IT technológiák alkalmazásával olyan tartási, takarmányozási és management rendszert valósít meg, mely a nagy létszámú telepeken is lehetővé teszi az állatok „egyedi gondozását”, a problémák korai felismerését és hatékony megoldását. Céljait tekintve alapvetően nem különbözik a hagyományos termelési technológiákat alkalmazó rendszerektől, a hatékonyság és versenyképesség érdekében optimális készletgazdálkodást valósít meg, miközben az élelmiszerminőség és -biztonság legmagasabb elvárásainak kíván megfelelni. A PLF rendszerek előnye a gyors reagálási képesség, mely az úgynevezett „real-time monitoring” rendszerek használatának és a legmodernebb kommunikációs technológiák felhasználásának köszönhető. A hagyományos rendszerekhez képest újítás az is, hogy technológiai fejlesztések során figyelembe veszik az állatok (természetes) viselkedését, igényeit, és az etológiai kutatások eredményeit. Ismert ugyanis, hogy az állatok komfortérzete nagymértékben kihat a teljesítményükre. Kísérletek bizonyítják, hogy a stressz faktorok számának növekedése csökkenti az állatok önkéntes takarmányfelvételét, ezen keresztül a gyarapodásukat és az egyéb termelési eredményeket (Hyun és mtsai, 1998). Az állatjóllét és a termelékenység közötti összefüggést jól szemlélteti a 2. ábra. Látható, hogy az állatok a természetes élőhelyükön nem élik meg az úgynevezett „maximális welfare”-t,

2. ábra **Az állatjóllét és a termelékenység közötti kapcsolat** (Edwards, 2004)

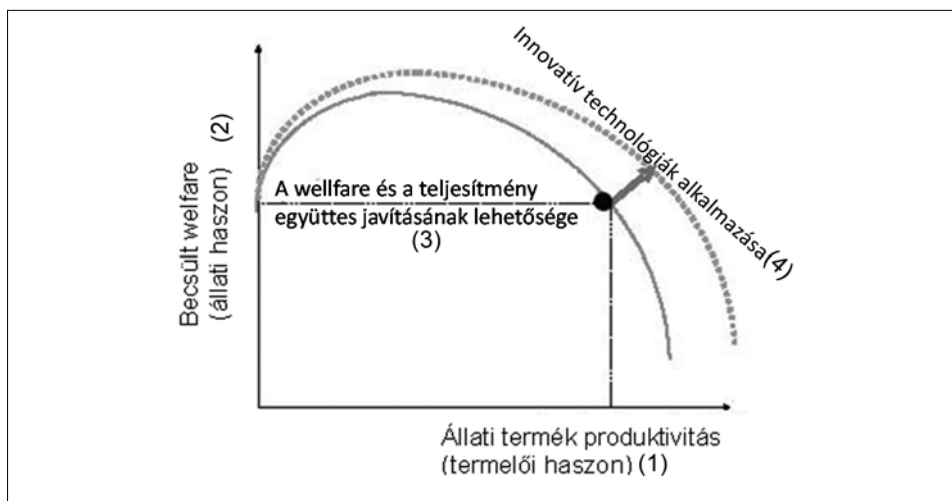


Figure 2. Relationship between predicted production and animal welfare (Edwards, 2004)
 animal production (human benefit) (1); estimated welfare (animal benefit) (2); improvement of animal production and welfare (3); application of innovation (4)

mivel a környezeti hőmérséklet, a ragadozók vagy egyéb állatok jelenléte, stb. zavarja a teljes nyugalmukat. A domesztikáció lényege, hogy az állatokat az ember kiszolgálja, a természetes élettérhez képest jobb (stressz mentesebb) körülményeket, állandó takarmány ellátást biztosít. Ezzel az állatjóllét is és ezen keresztül az állatok teljesítménye is jelentősen nő. Az állatsűrűség növelésével, az élettér korlátozásával a teljesítmény tovább növelhető, ez azonban az állatjóllét kárára történik. Az állatok komfortérzetének csökkenése egy ponton túl a teljesítmény drasztikus visszaesését eredményezi. A hagyományos rendszerekben azt a kompromisszumos állapotot igyekeztek megtalálni, ahol a termelés maximális, miközben az állatjólléti kérdések gyakran fel sem merültek. A technológiai elemek innovációja ezt a állatjóllét – termelési hatékonyság görbét mozdítja el úgy, hogy mind az állatjóllét, mind a termék előállítás hatékonysága javul.

Egy egyszerű, innovatív megoldás arra, hogy az állatjóllét javításán keresztül növelni lehet a hatékonyságot, ha a napos csibék istállójában a tyúk hangját az első 8-10 nap során bejátszuk (*Manteuffel és mtsai*, 2004). A tyúk hangja csökkenti a stressz hormonok szintjét a vérben, ezért a kismadarak nyugodtabbak és a genetikailag rögzített takarmány-felvételképességüknek megfelelő mennyiségű takarmányt fogyasztanak. A nagyobb takarmányfelvétel gyorsabb növekedést eredményez, és nagymértékben hozzájárul a tápcsatorna korai fejlődéséhez. Kísérletek bizonyítják, hogy ha a napos csibék életük első napjaiban nem kapnak megfelelő táplálóanyag ellátást, akkor a bélrendszer morfológiai fejlődése késik és az emésztés hatékonysága romlik (*Noy és Skilan*, 1998).

A precíziós állattartás eszközei

A precíziós állattartás során megfelelő eszközök, szenzorok és informatika segítségével folyamatosan nagy mennyiségű adatot gyűjtenek. Ezen adatok egyrészt a termelést jellemző, a hagyományos állattartásban is vizsgált paraméterek (aktuális takarmányfelvétel, élősúly, környezeti hőmérséklet, páratartalom), másrészt olyan új tényezők, amelyeket eddig nem vizsgáltak, mint például az állatok viselkedése, hangja vagy a testhőmérséklet folyamatos kontrollja (*Könyves és mtsai*, 2015). Az így összegyűlt információ számítógépes modellekkel kerül feldolgozásra, mely adott esetben közvetlen visszacsatolással változtat a technológiai elemeken (ventilláció, hőmérséklet, takarmány kiosztás szabályozása, stb.) vagy figyelmezteti a gazdát a döntési helyzetre és a beavatkozás szükségességére.

Elektronikus azonosítás, követhetőség

Az elektronikus azonosítás az állatok egyedi, elektronikus jelölését jelenti, jellemzően sertéseknél bőr alá bejuttatott chip, szarvasmarhák esetében transzponder, ami a precíziós állattartás egyik legfontosabb, de messze nem az egyetlen eleme. Az állatok egyedi azonosítása teszi lehetővé az úgynevezett „személyre szabott kezelések” lehetőségét, azt, hogy a nagy létszámú telepeken is egyedi gondoskodásban részesüljenek az állatok. A chip vagy transzponder segítségével minden kontroll ponton (etető berendezés, mérlegelés, fejőház, stb.) beazonosítható az állat és a róla gyűjtött információ akár külön is kezelhető.

Kép és hang analízis, real-time monitoring

A kép- és hanganalízis kiegészíti azokat az információkat, melyeket például a klíma szenzorokkal gyűjtünk (Könyves és mtsai, 2015). Ha az állatok egy csoportba vagy csoportokba gyűlnek, akkor ez utalhat arra, hogy a ventiláció nem egyenletes, vagy egyéb stresszorok zavarják a természetes nyugodt viselkedést. Ezen problémák felderítésének legjobb eszköze az állomány eloszlásának képi analízise (Berckmans, 2014). A video lehetőséget teremt a lábproblémák kiszűrésére is. A jellegzetes testtartás, a kezdődő sántaság a felvételeken jól látható (Berckmans, 2014). Az állatok hangjának folyamatos ellenőrzése is segítséget ad a problémák gyors kiszűréséhez, az állatok egymás közti kommunikációja illetve az állategészségügyi problémák pl. köhögés rendkívül informatívak lehetnek (Vanmeulen és mtsai, 2001; Berckmans, 2004; Könyves és mtsai, 2015). Ahhoz azonban, hogy a kép és hang analízis eredményeit helyesen és gyorsan tudjuk értékelni, megfelelő szofver szükséges.

Az élősúly nyomonkövetése hagyományosan egyedi mérlegeléssel történik, de a nagyüzemi sertéstartás során a csoportos elhelyezés jelentősen megnehezíti ezt. Ezért ilyen körülmények között célszerű más megoldást keresni arra, hogy emberi beavatkozás nélkül folyamatosan nyomonkövethessük az állatok súlyának alakulását. A korábban említett video rendszer ebben is segítséget ad. Kifejlesztettek egy számítógépes programot, mely a felvételek képeinek elemzésével, az állatok felülnézeti képén az egyes testtámrókból, testhosszúságból nagy pontossággal képes becsülni az állatok élősúlyát (Bánházi és mtsai., 2009).

Szenzorok alkalmazása

Az állatokról egyedi információt különböző szenzorokkal tudunk gyűjteni. Szenzorok elhelyezhetők az állatokon is, pl. tejelő teheneken, tenyészkcókon, leggyakrabban a testhőmérséklet mérése céljából. A testhőmérséklet és az aktivitás változása érzékeny indikátora az állategészségügyi problémáknak (pl. mastitis), de az ivarzás időpontjának meghatározásához is az egyik legbiztosabb módszer (Brehme és mtsai, 2008).

A szenzorok egy másik csoportja a kép analízis helyett/mellett a lábproblémák és a technológiai problémák kiszűrésében segít (Wathes és mtsai, 2008). Az istálló vagy egy áthajtó folyosó talajában elhelyezett nyomásérzékelő megfelelő szoftver segítségével jelezni tudja az aszimmetrikus járást vagy terhelést, amely első jele a lábvég betegségeknek. A nagyüzemi állattartás során a lábproblémák szinte minden gazdasági haszonállat fajnál az egyik leggyakoribb selejtezési oknak tekinthetők, így ennek korai felismerése és kezelése komoly gazdasági előnyt jelent.

Az istállóklima kontrollja

A környezeti hőmérséklet mellett a levegő páratartalma, a légsebesség és a levegő minősége (szálló por, ammónia, stb.) is befolyásolja az állatok komfort érzetét. A megfelelő istállóklima fenntartásához ezeket az értékeket folyamatosan kontrollálni kell, szükség esetén nagyobb ventilációval, hűtéssel, fűtéssel szükséges az optimális környezet biztosítani. Az istállóklima kontrollja a precízi-

ós rendszerek szerves egysége, ami azonban nem új, sőt több helyen a hazai gyakorlatnak már most is része.

A fentiekben leírt adatok gyűjtése a precíziós állattartás során folyamatos. A testtömeg és a testösszetétel (pl. hátszalonna) becslése, valamint az állatok antiszociális/normális viselkedésének vizsgálata naponta, a takarmányfogyasztás mérése és az ivarzás (testhőmérséklet) ellenőrzése óránként történik. Tejelő tehenek esetében mérni lehet a bendőaktivitást a kérődzés on-line nyomonkövetésével, a fejés során a tejtermelést, a tej hőmérsékletét, vezetőképességét, a tejalkotók mennyiségét és a szomatikus sejtszámot (Gáspárdy és mtsai, 2015). A környezeti tényezők közül az alom/padozat állapotát (nedvesség), a hőmérsékletet, a levegő páratartalmát, a légsebességet, valamint a levegő minőségét (porszennyezés, CO₂, NH₃ koncentráció) óránként ellenőrzi a rendszer. Minden adat számítógépes modellek segítségével kerül feldolgozásra, probléma esetén a program jelzést küld, esetleg megoldást is javasol (Berckmans, 2004).

PRECÍZIÓS TAKARMÁNYOZÁS

A precíziós takarmányozás elméleti háttere

A precíziós takarmányozás, amint az előző fejezetből is kiderült, alkalmazza a klasszikus takarmányozás, valamint a takarmányozás új területeinek kutatási eredményeit (Babinszky és Halas, 2009). A precíziós takarmányozás során az állatok táplálóanyag szükségletét igyekszünk a lehető legpontosabban, az éppen aktuális termelési, állategészségügyi és technológiai elemekhez igazítva kielégíteni a biztonságos, jó minőségű és a leghatékonyabb termelés érdekében úgy, hogy a termelés a környezetünket a lehető legkisebb mértékben terhelje (Nääs, 2001; Sifri, 2007). A precíziós takarmányozást más néven „information intensive nutrition”-nak is nevezik, mivel az állatok igényének meghatározása nagyon széles adatgyűjtésen alapszik.

A precíziós takarmányozás megvalósítása során az alábbiakra kell tekintettel lenni:

- a takarmánykomponensek táplálóértékének pontos ismerete
- az állatok táplálóanyag-szükségletének ismerete
- a takarmányreceptúra optimalizálása
- a táplálóanyag-ellátás hozzárendelése az aktuális igényekhez

A takarmánykomponensek táplálóértékének pontos ismerete

A keveréktakarmányok, illetve a takarmány alapanyagok táplálóértékét kémiai összetételük (nyersfehérje, nyerszsír, ásványi anyag, stb. tartalmuk) és a táplálóanyagok biológiai értékesülése együttesen határozza meg. A kémiai összetétel meghatározásához számos klasszikus analitikai módszer használható. Ezek megbízhatósága általában megfelelő, de a vizsgálatok időigényesek és viszonylag drágák. A precíziós állattartás során, a gyors döntések meghozatalának igénye a gyors vizsgálati módszerek alkalmazását részesíti előnyben (Foley és mtsai, 2010). Ilyen gyors vizsgálati eljárás az úgynevezett közeli infravörös spektroszkóp

(NIRS) technikával végzett vizsgálat. A módszer lényege, hogy a takarmánymin-tákat az infravörös fény tartományához közeli spektrumú fénnel sugárzásnak teszik ki és a fényvisszaverődésből (NIR reflectance) vagy a fényelnyelésből (NIR transmission) következtetni lehet az adott minta kémiai összetételére. A mérés roncsolás nélkül képes a minta összetételének meghatározására, így gyakorlatilag a takarmánykeverő berendezés több pontján is el lehet helyezni, hogy a keverés pontosságát folyamatosan ellenőrizni lehessen. A klasszikus vizsgálatok természetesen használhatók a precíziós takarmányozásban is, azonban elsősorban ellenőrzésre, és nem a mindennapi analízisek során alkalmazzák őket.

A táplálóanyagok biológiai értékesülésének ismerete a takarmányok tápláló-értékének meghatározása során a legkritikusabb. A biológiai értékesülés függ a táplálóanyagok emészthetőségétől és azok hasznosíthatóságától. Az egyes takarmány összetevők táplálóértékének jellemzésére érdemes nem csupán a nyers összetételt, hanem az aminosavak esetében az ileálisan emészthető (ID) aminosav tartalmat, a P esetében legalább az emészthető, esetleg a hasznosítható P-tartalmat, az energia esetében pedig a rendelkezésre álló rendszerek közül a legpontosabb, kérődzők és sertés esetében a nettó energia (NE) tartalmat használni. Kérődzők esetében a NE rendszer már régóta használt és hivatalos takarmányértékelési rendszer, a sertés takarmányozásban azonban csak néhány országban alkalmazzák. Sertés esetében a NE rendszer használata akkor különösen indokolt, ha a keveréktakarmány mellékterméke(ke)t tartalmaz, illetve, ha nagy a rosttartalma (Noblet, 2006). A baromfi fajoknál a Magyarországon is használt zéró N-visszatartásra korrigált metabolizálható energia (AMEn) megfelelő. Kielégítő adathalmaz és becslő egyenletek ismeretében a NIRS technika alkalmas a takarmányok emészthető aminosav, emészthető vagy hasznosítható P-, valamint energiatartalmának becslésére is (van Kempen és mtsai, 1996).

Pontos táplálóanyag szükségleti értékek használata

Az állatok aktuális táplálóanyag szükségletét számos tényező befolyásolja. Az állattal kapcsolatos tényezők közül a genetikai potenciál, a kor/élő súly, az ivar és természetesen az egészségi állapot a legmeghatározóbbak. A nagy teljesítményre képes genotípusok táplálóanyag igénye nem feltétlenül nagyobb takarmányadaggal, sokkal inkább koncentráltabb takarmánnyal elégíthető ki, illetve olyan keverékkel, melyben a táplálóanyagok egymáshoz viszonyított aránya a hagyományos fajták igényéhez képest megváltozott (Varley, 2001). Nagy genetikai képességű állatok esetén, a létfenntartás szükséglete arányaiban kisebb lesz, a gyarapodás, illetve a termékképzésre fordított táplálóanyag mennyiség azonban jóval nagyobb, mint egy gyengébb képességű állat esetében. Ez az optimális Lys/DE, vagy Lys/NE arány megváltozását eredményezi, illetve nagy valószínűséggel némileg az ideális fehérje aminosav összetételét is befolyásolja. Az egyes genotípusok, pontosabban a különböző termelési potenciál kielégítéséhez szükséges ideális fehérje összetételére vonatkozóan azonban még viszonylag kevés *in vivo* vizsgálati adat áll rendelkezésre, de a teljesítménymodellek által faktoriális módon becsült értékek jelentős különbségeket mutatnak (van Milgen és Dourmad, 2015).

Tudjuk, hogy az állatok táplálóanyag szükséglete a kor előrehaladtával változik. Fiatal, intenzív növekedésű állat egységnyi takarmányban nagyobb mennyiségű

táplálóanyagot igényel, de az optimális Lys/DE (Lys/NE) arány csökken, ahogy az állat életkora/testtömege nő. Amennyiben jelentős az ivari dimorfizmus egy fajban, akkor a szükségleti értékekben is megmutatkozik az ivarok közti különbség. A nagyobb növekedési erélyű állatok koncentráltabb takarmányt igényelnek, csakúgy, mint a genetikai potenciál kapcsán ezt megtárgyaltuk.

Az állatok táplálóanyag szükségletét a takarmányok nutritív- és antinutritív anyag tartalma, a táplálóanyagok közötti kölcsönhatások, interakciók is befolyásolják. Az antinutritív faktorok egy csoportja az emésztés hatékonyságát rontja, míg mások az anyagcsere befolyásolása révén okoznak teljesítményromlást illetve jellegzetes elváltozásokat, betegségeket. Ezért a takarmány alapanyagok antinutritív anyag tartalma befolyásolja az adott komponens gyakorlati felhasználhatóságát is. A táplálóanyagok közötti interakciókat a szükségleti értékek megállapítása során figyelembe kell venni. Amennyiben az interakció csökkenti egy adott táplálóanyag értékesülését (antagonizmus), akkor meg kell növelni a kritikus táplálóanyag mennyiségét, esetleg olyan takarmánykiegészítőt vagy gyártástechnológiát kell alkalmazni, mely tompítja a negatív hatást. Szinergizmus esetén az egyes táplálóanyagok iránti igény csökken.

Az állatok táplálóanyag szükségletét a fent említetteken kívül egyes környezeti tényezők is befolyásolják, mint például a hőmérséklet, a levegő páratartalma, az elhelyezés, a férőhely nagysága, illetve a stressz tényezők száma. A környezeti hőmérséklet és a páratartalom az állat komfort érzetét befolyásolja. Ha csökken a környezeti hőmérséklet, akkor egy ideig az állat nagyobb adag felvételével igyekszik kompenzálni a megnövekedett energiaszükségletet, míg a komfort zóna feletti hőmérséklet a takarmányfogyasztás csökkenését eredményezi. Így a termékmennyiség és minőség megtartása érdekében megváltozott környezeti hőmérséklet esetén a takarmány táplálóanyag- és energiatartalmát kell módosítani (Babinszky és mtsai, 2011). Az alkalmazott tartástechnológia, a csoportméret, a padló és az alomanyag minősége vagy az alomanyag hiánya az állatok hőérzetét is befolyásolja. A szükségleti értékek meghatározásakor, elsősorban az energiaigény kielégítésekor érdemes figyelembe venni, hogy a komfortzóna alsó és felső kritikus értéke némileg különbözik, ha az állatok szalmán, betonon, vagy rácpadozaton vannak elhelyezve.

Az aktuális termelést a genetikai képességek és a takarmánnyal felvett táplálóanyagok, valamint az állatot ért környezeti hatások együttese alakítja ki. Az úgynevezett "total nutrition" elv ezt a hármas egységet mutatja be (3. ábra). Ahhoz, hogy hasznosítani tudjuk a "total nutrition" elvet, ismerni kell a takarmány – egészségi állapot – környezet összefüggéseit és hatását az állat fiziológiai állapotára. A takarmányok táplálóértékét a klasszikus értelemben vett táplálóanyagok (fehérje, aminosavak, zsír, vitaminok, stb.) és az úgynevezett közvetlen táplálóértékkel nem rendelkező, de a tápláló hatást támogató, úgynevezett nutricinek határozzák meg (Adams, 2001). A nutricinek közé soroljuk a tápcsatornában élő mikrobiótát támogató takarmány összetevőket (pre- és probiotikumok), azon kiegészítőket, melyek javítják a táplálóanyagok emésztését (enzimek, szerves savak), vagy melyek pozitívan hatnak az állatok étvágyára (ízfokozók), a keverék technológiai tulajdonságaira, eltarthatóságára (pelletkötők, antioxidánsok, emulgeátorok, penészgátlók, stb.).

Az, hogy az állati szervezet milyen mértékben és hatékonysággal tudja a takarmányt értékesíteni és nagy biológiai értékű termék (hús, tej, tojás) átalakítani,

3. ábra A totális takarmányozás (total nutrition) elve (Adams, 2001)

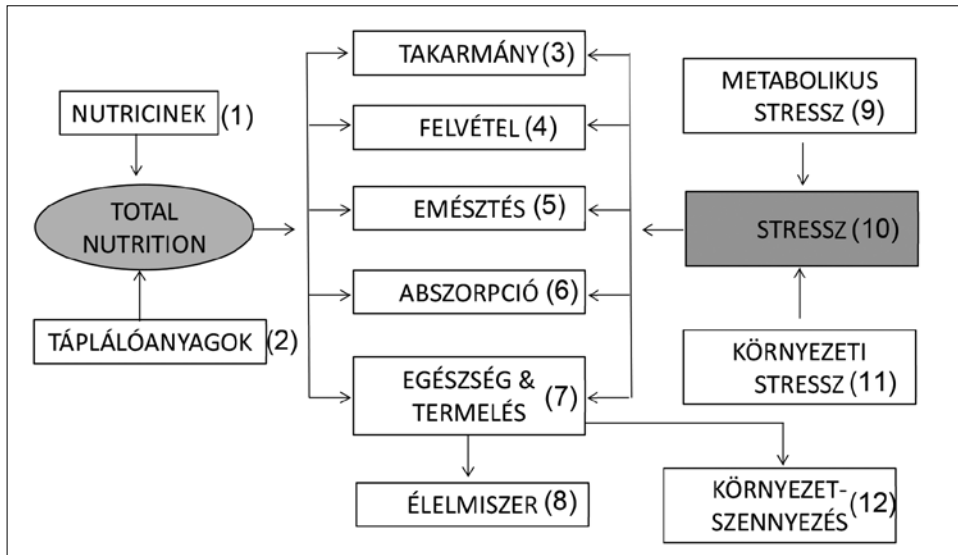


Figure 3. Concept of total nutrition (Adams, 2001)

nutricines (1); nutrients (2); feed (3); intake (4); digestion (5); absorption (6); health & production (7); food (8); metabolic stress (9); stress (10); environmental stress (11); environmental load (12)

függ az önkéntes takarmányfelvételtől, a táplálóanyagok emészthetőségétől és a felszívódás mértékétől, valamint a szervezet egészségi állapotától és növekedési ütemétől. A táplálóanyagok értékesülését ezen kívül még a környezeti stressz (kórokozók, vakcinák, toxinok, hő- és hidegsztréssz, szociális stressz, a takarmány antinutritív anyagai) és az úgynevezett metabolikus stressz (oxidáció, immunstimulánsok, immunszuppresszorok, mérgező köztes anyagcsere termékek) is befolyásolja (Adams, 2001). A tápláló hatást támogató és rontó tényezők együttesen határozzák meg a takarmány aktuális táplálóértékét azáltal, hogy befolyásolják az állatok étvágyát és a takarmányfelvételt, a táplálóanyagok emészthetőségét, abszorpcióját és metabolizmusát (Halas és Babinszky, 2014).

A takarmányreceptúra optimalizálása

A receptúra készítés során arra törekszünk, hogy az állat szükségletét a lehető legpontosabban elégítsük ki. A gyakorlatban az ajánlásokban megadott igényeket minimum feltételnek tekintjük, ennek biztosítása érdekében a gyártás során úgynevezett biztonsági rátartással állítják össze a takarmányokat. A hagyományos kémiai vizsgálatokon alapuló analízisek elvégzése időigényes és drága, amire a nem precíziós technológiát követő gyakorlatban nem minden tételnél kerül sor. A hagyományos komponensekből összeállított abrakkeverékek esetében általában 7,5% felülformulázással tudják azt elérni, hogy a takarmánykeverékek kevesebb, mint 20%-a legyen nem megfelelő (hiányos) táplálóanyag tartalmú (van Kempen and Simmins, 1997). A precíziós takarmányozás során az ilyen

mértékű „felülformulázás” nem megengedhető. Amennyiben az alapanyagokat folyamatosan, tételenként vizsgálják, abban az esetben a receptúrát pontosítani lehet, a biztonsági rátartás jelentős csökkentésével. A tételenkénti folyamatos vizsgálat gyors módszerek, például NIR technika alkalmazásával nagymértékben racionalizálható. Ennek feltétele azonban, hogy a műszert megfelelő adatállománnyal kalibrálják, vagyis a NIR mérések valóban megbízható becslést adjanak. A takarmány táplálóanyag tartalma tovább pontosítható, ha a keverő berendezés beöntő garatánál elhelyezett NIR készülék „real-time” eredményei alapján egy szoftver a receptúrát azonnal újra formulázza. Ezzel a biztonsági rátartás 0-ra csökkenthető (van Barneveld, 2003).

Receptúrákészítéshez ma már számos szoftver rendelkezésre áll. Ezek általában árra optimalizálnak, vagyis a program a legolcsóbbat választja ki azon takarmánykeverékek közül, melyek biztosan kielégítik az adott állat igényét. Mivel a takarmány összetevők ára számos tényezőtől függ, ezért az árak meghatározása során olyan költségeket is érdemes figyelembe venni, mint a tárolás vagy a szállítás költsége.

A táplálóanyag ellátás hozzárendelése az aktuális igényekhez

Az állatok táplálóanyag szükséglete a kor előrehaladtával változik. Fiatal korban a fehérje beépülés dominál, amit nagyobb aminosav- és nagyobb energiatartalmú takarmánnyal tudunk kielégíteni. Ahogy a relatív fehérje beépülés csökken, úgy csökken az aminosav tartalommal szemben támasztott igény is. Az energia igény kisebb mértékben csökken, mint az aminosavak iránti igény, ezért a kor előrehaladtával a takarmány optimális Lys/DE vagy a Lys/ NE aránya is folyamatosan csökken. A fázisos takarmányozás már régóta alkalmazott módszer a szükségleti értékek pontosabb kielégítésére. A hagyományos technológiákban a sertés esetében csupán 2, esetleg 3 szakaszt különítettek el a hízalás során, a precíziós gazdálkodást folytató telepeken lehetőség van arra, hogy ennél jóval több, akár 10 fázist alkalmazzanak (Pomar és Pomar, 2012). A takarmányváltás általában megviseli az állatokat, ezért sok fázis nem tűnik ésszerűnek. Könnyen belátható azonban, hogy minél több szakaszra bontjuk a hízalási időszakot, annál kisebbek lesznek a különbségek az egyes fázisok között etetett takarmányok táplálóanyag tartalmában. Érdemes a hízalás során azonos alapanyagokból keverni a takarmányokat, ezzel tulajdonképpen olyan kis különbségeket hozunk létre az egyes fázisokban használt receptúrák között, ami miatt a váltás nem okozhat problémát. A sok fázis alkalmazásának a gyakorlatban csak akkor van értelme, ha a lehető legkisebbre lehet szorítani a takarmányok táplálóanyag tartalmának bizonytalanságát, vagyis ha nincs vagy minimális a biztonsági rátartás.

Az állatok egyedi varianciája miatt az a takarmány, ami az adott csoport maximális gyarapodásához szükséges, értelemszerűen nem optimális minden egyednek. Hauschild és mtsai (2010) eredményei azt mutatják, hogy az a keverék, melynek Lys/NE aránya a sertések egyedi szükségleti értékeinek aritmetikai átlagának felel meg (vagyis a csoport átlagos Lys/NE szükségletét kielégítő takarmány), nem elegendő a maximális növekedés eléréséhez (4. ábra). A legjobb gyarapodást akkor érte el a csoport, ha az abrakkeverék az állatok legalább 82%-ának táplálóanyag igényét fedezte. Értelemszerűen az egyedi táplálóanyag szükségletben

4. ábra A faktoriális módszerrel becsült szükségleti értékek kumulatív eloszlása és a takarmány Lys/NE arányának hatása az csoportosan tartott sertések átlagos napi gyarapodására (Hauschild és mtsai. 2010)

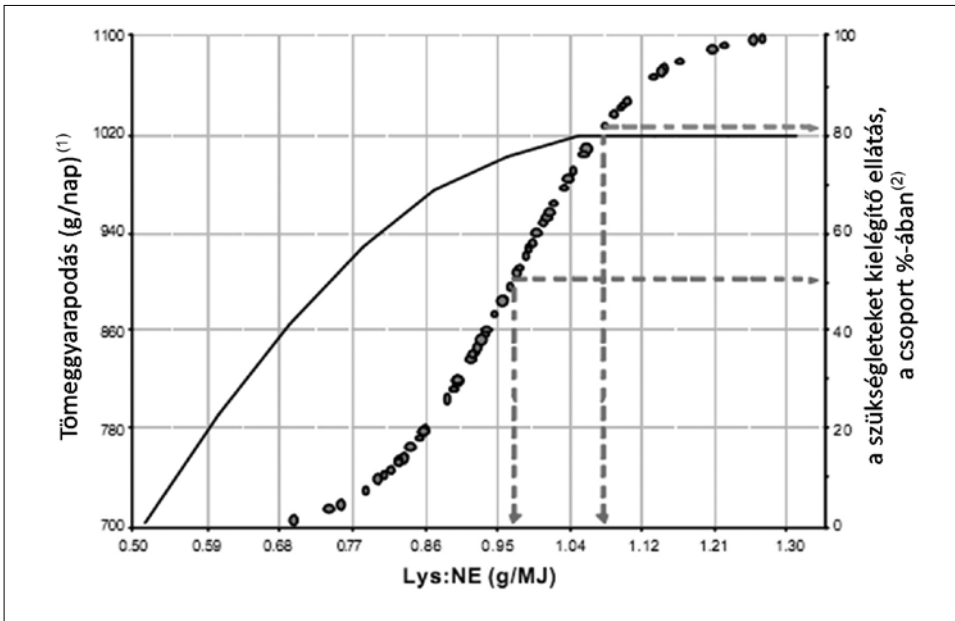


Figure 4. Cumulative distribution of requirements estimated by the factorial method and effect of different lysine-to-net energy (Lys:NE) ratios on weight gain estimated by the empirical method (Hauschild et al., 2010)

daily gain (g/day) (1); relative nutrient requirement, % of the group (2)

mérhető különbség a csoport heterogenitásával arányosan változik, melyet a genetika, a környezeti feltételek és a technológia nagymértékben meghatároznak (Pomar és mtsai, 2003). Az állatok genotípusához, ivarához (split-sex feeding) és az aktuális felvételhez igazított egyedi takarmányozással a csoport heterogenitása nagymértékben csökkenthető.

Az egyedi takarmányozás csak úgy valósítható meg, ha az állatok egyedi azonosítóval rendelkeznek és saját fejadagot kapnak az etetőben. A napi abrakadag mennyiségének és összetételének kiszámítása az integrált telepírányítási rendszer adott moduljának a feladata, azt a szoftver az aktuális napi élősúlyból számolja ki. Az úgynevezett intelligens egyedi etető berendezéssel nem csak a napi kiosztott adag mennyiségét, de annak összetételét is lehet módosítani. Ehhez a berendezés tartályában két különböző összetételű abrakkeverék van, melyek közül az egyik a hizlalás elején, az induló testsúlynak, míg a tartályban lévő másik keverék a hizlalás végén mérhető testsúlynak megfelelő táplálóanyagtartalmú összetételnek felel meg. A hizlalás során az állatok aktuális testsúlya alapján az etetővel kommunikáló teljesítménymodell kiszámítja az adott sertés táplálóanyag szükségletét és azt, hogy az a két különböző takarmánykeverék milyen arányú kombinációjával (blending) illetve milyen mennyiség felvételével elégíthető ki (Pomar és mtsai,

2009). A berendezéssel a csoport homogenitása jelentősen javul a hagyományos rendszerhez képest. A precíziós takarmányozás során gyakorlatilag megszűnik az a helyzet, hogy a csoport egyedei nem a növekedési intenzitásukhoz igazodó mennyiségű és táplálóanyag-tartalmú keveréket fogyasztanak.

A precíziós takarmányozás gyakorlata

A precíziós takarmányozás gyakorlatban történő megvalósítása során az alábbiakat kell szem előtt tartani (*Shifri*, 1997):

- nagy genetikai képességű állatok és növények használata
- az állatok szükségleti értékeinek folyamatos pontosítása
- a takarmánykomponensek táplálóanyag tartalmának ismerete
- takarmány adalékok megfelelő használata (enzimek, pre- és probiotikumok, antioxidánsok, penészedésgátlók, etc.)
- toxikus és antinutritív anyagok csökkentése
- takarmánygyártás-technológia megválasztása

Nagy genetikai képességű állatok és növények használata

A precíziós takarmányozás és precíziós állattartás célja a termelés hatékonyságának növelése, ami mind ökonómiai, mint ökológiai szempontból kívánatos. A nagy termőképességű növények, mint takarmány alapanyagok használatával kisebb termőterület terheli az állati termék előállítását, vagyis csökkenthető az agrárium ökológiai lábnyoma. Ugyanez a helyzet a nagy genetikai képességű állatok esetében is.

A *szükségleti értékek folyamatos pontosítására* azért van szükség, mert a gazdasági haszonállatok, elsősorban a sertés és húsbaromfi esetében olyan mértékű a genetikai előrehaladás, ami az állatok táplálóanyag szükségletének változását is magával hozta. Az egyes új hibridek esetében nem csak a takarmányértékesítés javul, de jelentősen megnő az izom aránya is a testben, ami a nagyobb mértékű fehérjebeépítés következménye. *Varley* (2001) adatai azt mutatják, hogy a nagy genetikai képességű, úgynevezett superior sertés hibridek esetében a takarmány Lys/DE arányát mintegy 10-20%-kal növelni kell annak érdekében, hogy az állatok a genetikai képességüknek megfelelő fehérje beépülést és hús kihozatalt érjenek el. Amennyiben a nagy teljesítményű állatokat a hagyományos teljesítményű keresztezett állományok szükségletéhez igazított takarmánnyal etetjük, akkor a fehérje beépülés elmarad a maximálistól, a zsírbeépülés viszont nagyobb lesz, mint ami elvárható lenne az adott genotípustól. Ez az állatok növekedési ütemét és a húsminőséget egyaránt negatívan befolyásolja. A precíziós takarmányozást megvalósító telepeken az állatok növekedését folyamatosan ellenőrzik (*Könyves és mtsai*, 2015). Ez nem csupán a gyakori, kéthetente történő, esetleg napi élő súly mérést jelenti, hanem azt, hogy az élő súlyt és a növekedés ütemét, sertés esetében a hátszalonna vastagságot egy teljesítménymodell által becsült értékkel is összevetik. A teljesítménymodell (pl. InraPorc: *van Milgen és mtsai*, 2008; *Hauschild és mtsai*, 2011) megfelelő kalibrációt követően képes arra, hogy megadja az adott genotípus pontos szükségleti értékeit a hizlalás bármely időpontjában. Amennyiben

a modell által becsült értéktől meghatározott mértékben eltér a mért súly, akkor a szoftver jelzi ezt. Egyedi, „intelligens etető berendezés” használata esetén arra is lehetőség van, hogy a kisebb súlyú vagy csak a kisebb adagot fogyasztó állat esetében a takarmány táplálóanyag koncentrációját növeljék.

A komponensek táplálóanyag tartalmának ismerete

Ahogy az már a precíziós takarmányozás elméleti hátterének bemutatása során említésre került, a komponensek táplálóanyag tartalmának ismerete elengedhetetlen a szükségleti értékeket pontosan kielégítő takarmány összeállításához. A gyors reagálás érdekében olyan technológiákat kell használni, melyek során azonnali információt lehet szerezni. Ilyen a már korábban is említett NIRS, ami megfelelő kalibrációs adathalmaz esetén pontos becslést ad a takarmány fizikai és kémiai jellemzőire. A NIRS makro komponensek mellett (szárazanyag, fehérje, zsír, stb.) mikro komponensek mérésére is alkalmas (pl. vitaminok, klorofill, mikotoxinok), ráadásul a minták vizsgálata egyszeri méréssel, roncsolás nélkül történik (Berardo és mtsai, 2005).

A takarmányipar számos adalékot használ, melyek növelik a takarmány közvetlen táplálóértékét, eltarthatóságát, esetleg technológiai szempontból kedvezőek. A táplálóértéket javító kiegészítők esetében ismerni kell, hogy ezek a kiegészítők pontosan hogyan és milyen mértékben járulnak hozzá takarmány nutritív értékéhez. A 5. ábra azt mutatja be, hogy különböző minőségű fehérjeforrások esetében az állatok optimális fehérjeellátása eltérő, amit a receptúra készítés során figyelembe kell venni. Gyenge minőségű fehérje esetén az állatnak több

5. ábra A fehérje ellátás hatása a napi fehérje beépülésre különböző minőségű fehérjeforrások esetében (Wray-Cahen, 2001 nyomán)

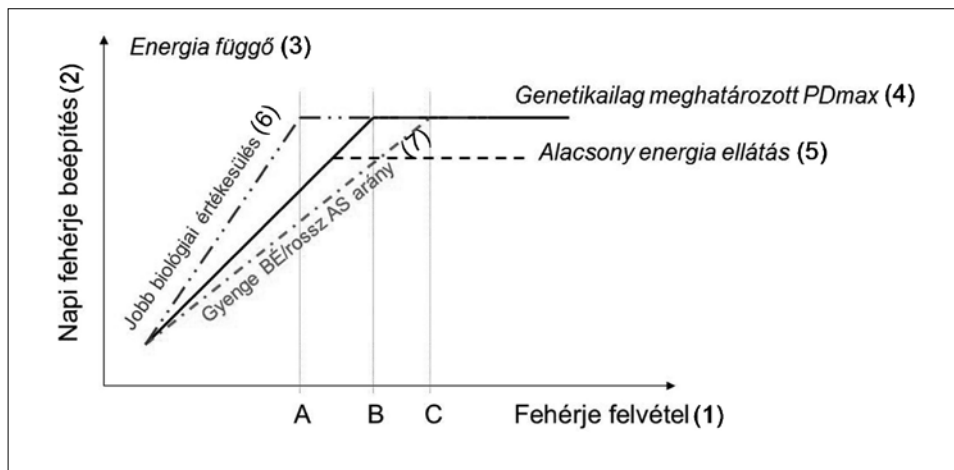


Figure 5. The effect of protein supply on the daily protein deposition upon different protein quality (according to Wray-Cahen, 2001)

protein intake (1); daily protein deposition (2); energy dependent phase (3); genetically determined maxPD (4); low energy supply (5); enhanced bioavailability (6); poor biological value/improper amino acid ratio (7)

fehérjét kell elfogyasztani (B vs. C pont), hogy kielégítse a termékképzés igényét. Szélsőséges esetben nem is biztos, hogy ez sikerül, vagyis egy jobb minőségű fehérjeforrással etetett állathoz képest kisebb az állatok teljesítménye. Ha javítjuk a fehérje minőségét, például jobb emészthetőségű, nagyobb biológiai értékű fehérjét etetünk, vagy hozamfokozót használunk, akkor kisebb fehérjetartalmú keverék is megfelelő lesz a genetikai képesség realizálásához (A vs. B pont). Amennyiben tehát olyan adalékot használunk, ami javítja a takarmányfehérje emészthetőségét vagy biológiai hasznosulását, akkor a precíziós takarmányozás gyakorlati megvalósításához azt is fontos (volna) tudni, hogy ez a javulás milyen mértékű. Ha a fehérje biológiai értékesülését anélkül növeljük, hogy pontosítottuk volna a receptúrát, akkor a feleslegben biztosított fehérje nitrogénje a vizelettel távozni fog, így sem ökonómiai sem ökológiai szempontból nem járunk el helyesen. A jelenleg rendelkezésre álló modellek elsősorban az emészthető táplálóanyagok értékesülését követik a szervezetben, vagyis a táblázatos értékek alapján számított emészthető összetételű keverék teljesítményre gyakorolt hatását becslik. A modellek fejlesztésének új iránya, hogy azok az emésztési folyamatokat is képesek legyenek pontosan becsülni. Ez azt jelenti hogy nem statikus adatokat használunk a takarmány táplálóanyagainak emészthetősége tekintetében, hanem azt a takarmány összetétele (energia- és fehérjehordozók, takarmány kiegészítők), táplálóanyag tartalma, fizikai tulajdonságai, illetve az állatok kora, hasznosítási iránya alapján „dinamikus bemeneti adatként” kezeljük (<http://www.feed-a-gene.eu>). Ezzel a teljesítménymodellek becslési pontosságát jelentősen javítani lehet.

Toxikus és antinutritív anyagok csökkentése

Toxikus és antinutritív anyagok csökkentésére azért van szükség, mert ezek értelemszerűen az állat teljesítményét rontják. Legtöbbjük fogyasztása egészségkárosodással is jár, így ételbiztonsági kockázatot is jelenthetnek az állati eredetű ételkészítés során. A takarmányban napjainkban leggyakrabban előforduló és a legtöbb problémát okozó toxikus anyagok a mikroszkópikus penészgombák által termelt mikotoxinok. Ezekkel szemben az állatok egyedi fogékonysága különböző, de mikotoxin terhelés esetén legtöbbször az egész populációban érezhető a teljesítmény visszaesés (Kovács, 2010). A mikotoxikózisok lehetnek akut és krónikus lefolyásúak is, nagy dózis esetén a tünetek specifikusak. Gyakorlati körülmények között penészgomba fertőzés esetén legtöbbször multitoxikus hatással kell számolni. A mikotoxikózisok csökkentése érdekében a takarmányba toxinkötőket lehet keverni. A jelenleg forgalomban lévő toxinkötők azonban csak bizonyos toxinokat (pl. aflatoxin, fumonizin, zearalenon) képesek eredményesen megkötni, és így a felszívódást gátolni. Az alapanyagok és a keverék mikotoxin tartalmát érdemes folyamatosan ellenőrizni, melyre a gyors módszerek közül az úgynevezett folyadék citometriai (flow cytometry) és az immunassay (ELISA) vizsgálatok a leggyakoribbak (Kovács, 2010). Megfelelő, speciális fejjel és kalibrációs adathalmazzal a NIRS technika is reménykeltő eredményeket mutat (Berardo és mtsai, 2005).

A takarmányok antinutritív anyagai nagyon különböző kémiai vegyületek, csupán egy közös jellemzőjük van, hogy rontják a takarmány tápláléértékét.

A táplálóérték csökkentését okozhatja a rosszabb emészthetőség vagy az, hogy a felszívódást követően a vegyület maga, vagy annak egy része megváltoztatja az anyagcserét, esetleg mérgező. A magok többsége tartalmaz valamilyen antinutritív anyagot, de sok esetben olyan kis mennyiségben, ami nem okoz problémát. A gabona és az olajos magvakban elsősorban a nem keményítőszerű szénhidrátok és a fitinsav előfordulása jellemző, ezek bontására speciális enzimeket lehet alkalmazni (Mézes, 2014). Bizonyos olajos magvak, mint például a repce vagy a len, valamint a hüvelyes magvak viszont jelentős mennyiségű más antinutritív anyagot is tartalmaznak. Ezek egy része hőre érzékeny, vagyis hőkezeléssel jelentősen csökkenthető a mennyiségük, mások viszont elsősorban nemesítő munkával csökkenthetők csak eredményesen (Soetan és Oyewole, 2009).

Takarmánygyártás technológia megválasztása

Az ipari abrakkeverékek gyártása során a granulálás számos előnnyel jár. Az állatok többsége szívesebben eszi a granulált takarmányt, ráadásul fajsúlya (g/cm³) jóval nagyobb, mint a dercés takarmánynak. Ezért granulált táp használatakor mindig nagyobb az önkéntes takarmányfogyasztás. Kísérleti adatok bizonyítják, hogy granulálás hatására a zsír és a takarmány bruttó energiájának emészthetősége is nő (Noblet, 2006), így az állatok táplálóanyag ellátása jelentősen javítható.

A hőkezelés régóta ismert és alkalmazott módszer a takarmányok táplálóértékének javítására. Ennek oka, hogy az antinutritív faktorok egy jó része hőlabilis, tehát hőkezeléssel ezeknek a táplálóértéket rontó tényezőknek a jelenléte csökkenthető vagy akár meg is szüntethető. A hőkezelés ezen kívül a fehérjék mérsékelt denaturálódásával valamint a keményítő zselatinizációjával is együtt jár. Mindhárom esetben javul a táplálóanyagok emészthetősége. A gyártástechnológia során alkalmazott hőkezelés lehet száraz vagy nedves, esetleg nagy nyomással kombinált kezelés. Az említett technológiákkal előállított ipari abrakkeverékek javítják a táplálóanyagok hasznosulását. Ezen technológiák hatásának számszerűsítésére nagy szükség lenne a precíziós takarmányozás gyakorlati megvalósítása során.

A precíziós takarmányozás gyakorlati megvalósítása jelenleg még kezdeti állapotban van. Néhány évvel ezelőtt Wathes és mtsai (2008) az alábbi kérdés tették fel: „Vajon a precíziós állattartás mérnöki álom vagy rémálom, a haszonállatok barátja vagy ellensége, a gazdák kincse vagy kénköve?” van Milgen és mtsai. (2012) szerint ezt most még nem tudjuk pontosan megítélni, az idő majd eldönti. Néhány *in silico* (modellel végzett szimuláció) illetve *in vivo* vizsgálat eredménye azonban már rendelkezés áll annak megítélésére, hogy tud-e többet nyújtani az infó-kommunikációval kiegészített új technológia a hagyományos rendszerekhez képest. *In silico* vizsgálatukban Pomar és mtsai (2011) az InraPorc szoftvert használták kis változtatással egy növendék- és hízósertés csoport illetve egyetlen állat lizin szükségletének meghatározására. A szimuláció célja annak vizsgálata volt, hogy a precíziós, egyedre szabott takarmányozás a hagyományos háromfázisú takarmányozáshoz képest milyen mértékben járul hozzá a N- és P-ürítés csökkentéséhez. Az eredmények azt mutatták, hogy miközben a N- és P-visszatartásban nem volt különbség, addig az egyedre szabott, folyamatosan változó takarmánnyal összességében 25 %-kal kevesebb N, illetve 29%-kal kevesebb P fogyott

és a szükségleti értékek pontosabb kielégítése miatt közel 40%-kal kevesebb N és P ürült, mint a 3 fázisú takarmányozás esetében. A kisebb fehérje bevitel a takarmány árát is mintegy 10%-kal csökkentette (*Pomar és mtsai*, 2011). A szerzők felhívják a figyelmet arra, hogy az *in silico* vizsgálat eredményeinek értékelése során nem szabad megfeledkezni arról, hogy szimuláció során a takarmányokat olyan módon vették figyelembe, hogy azok táplálóanyagai biztonsági rátartást nem tartalmaztak. A precíziós takarmányozás gyakorlati alkalmazásának környezetvédelmi aspektusait vizsgálva *Andretta és mtsai* (2014) hasonló nagyságrendű N- és P-terhelés csökkentésről számoltak be, mint az említett *in silico* vizsgálatban. A 3 fázisú hagyományos takarmányozáshoz képest a precíziós, egyedre szabott takarmányozással a lizin felvétel 22%-kal, a N- és P-ürítés mértéke mintegy 22 illetve 27%-kal csökkent úgy, hogy sem a teljesítményben, sem a vágási minőségben nem volt különbség az egyes csoportok között.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az idevonatkozó vizsgálatok és áttekintő közlemények arra hívják fel a figyelmet, hogy a precíziós állattenyésztés és takarmányozás alkalmazásával az élelmiszer alapanyag (hús, tej, tojás) előállítás hatékonysága és az állati termék minősége javítható. Az info-kommunikáció integrálásával olyan gyors reagálású jelzőrendszereket lehet az állati termék előállítás során alkalmazni, melyek minimálisra csökkentik az állategészségügyi problémák kockázatát, így a precíziós termelési rendszerekben jelentősen növelhető a takarmány- és az élelmiszerbiztonság. További előnyt jelent, hogy nagymértékben csökkenteni lehet az állattartás környezetterhelését és ökológiai lábnyomát, ami vitathatatlanul hozzájárul az ágazat fenntarthatóságához.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző részt vesz az Európai Unió H2020 által támogatott Feed-a-Gene kutatási programban (nyilvántartási szám: 633531).

IRODALOMJEGYZÉK

- Adams, C.A.* (2001): Total nutrition. Feeding animals for health and growth. Nottingham: University Press, 248.
- Andretta, I. - Pomar, C. - Rivest, J. - Pomar, J. - Lovatto, P.A. - Radünz Neto, J.* (2014): The impact of feeding growing–finishing pigs with daily tailored diets using precision feeding techniques on animal performance, nutrient utilization, and body and carcass composition. *J. Anim. Sci.*, 92. 3925-3936.
- Babinszky L. - Halas V.* (2009): Kihívások és kutatási irányok a 21. század sertéstakarmányozásában. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 58. 411-426.
- Babinszky L. - Halas V. - Verstegen, M.W.A.* (2011): Impacts of Climate Change on Animal Production and Quality of Animal Food Products. In: *Climate Change – Socioeconomic Effects*, (eds) H. Blanco and H. Kheradmand, InTech., 165-190. ISBN 978-953-307-411-5
- Banhazi T. - Babinszky L. - Halas V. - Tschärke, M. - Lewis, B.* (2009): Precision nutrition and smart farming developments for sustainable agriculture production. In: *Proceedings of the 14th International Symposium on Animal Nutrition*, Kaposvár, Hungary, October 6, 2009. Kaposvár, University Press, 83-95.

- Berardo, N. - Pisacane, V. - Battilani, P. - Scandolaro, A. - Pierti, A. - Marocco, A. (2005): Rapid detection of kernel rots and mycotoxins in maize by near-infrared reflectance spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.*, 53. 8128-34.
- Berckmans, D. (2004): Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming. In *Proceedings of International Society for Animal Hygiene*, Saint-Malo, 2004. 27-30.
- Berckmans, D. (2014): Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 33. 189-196.
- Brehme, U. - Stollberg, U. - Holz, R. - Schleusener, D. (2008): ALT pedometer—New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Comput. Electronics Agric.*, 62. 73-80.
- Cox, S. (2003): *Precision Livestock Farming*. (szerk.) S. Cox. Wageningen Academic Publishers, 184. ISBN: 978-90-76998-22-0
- Edwards, J.D. (2004): The role of the veterinarian in animal welfare: a global perspective. In *Proc. Global Conference on animal welfare: an OIE initiative*, 23-25 February 2004, Paris. OIE, Paris, 27-35
- Gáspárdy A. - Efrat G. - Ari M. - Harnos A. - Bajcsy Á. Cs. - Fekete S. Gy. (2015): A kérődzés aktivitásának online követése szubklinikai tőgygyulladásban szenvedő tehenekben. *MÁL*, 137. 283-291.
- Halas V. - Babinszky L. (2014): Role of dietary polysaccharides in monogastric farm animal nutrition. In: *Polysaccharides: Natural Fibers in Food and Nutrition*, Ed: N. Benkeblia, CRC Press, 429-476.
- Hauschild, L. - Pomar, C. - Lovatto, P.A. (2010): Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. *Animal*, 4. 714-723.
- Hauschild, L. - Lovatto, P. A. - Pomar, J. - Pomar, C. (2011): Development of sustainable precision farming systems for swine: Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 90. 2255-63.
- Hyun, Y. - Ellis, M. - Riskowski, G. - Johnson, R.W. (1998): Growth performance of pigs subjected to multiple concurrent environmental stressors. *J. Anim. Sci.*, 76. 721 - 727.
- Kovács M. (2010): *Aktualitások a mikotoxin kutatásban*. Agroinform, Kaposvár, Budapest, 160, ISBN: 9789635029129
- Könyves L. - Reibling T. - Bodor A. - Brydl E. - Adorján A. - Solymosi N. (2015): Egy precíziós állattartási projekt tapasztalatai. *MÁL*, 137. 719-727.
- Manteuffel G. - Puppe, B. - Schön, P.C. (2004): Vocalization of farm animals as a measure of welfare. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 88. 163-182.
- Mollo M.N. - Vendrametto O. - Okano M.T. (2009): Precision Livestock Tools to Improve Products and Processes in Broiler Production: A Review. *Brazilian J. Poultry Sci.*, 11. 211-218.
- Nääs, I. (2001): Precision Animal Production. *Agr. Eng. Int. GIGR J. Scient. Res. Dev.*, 1-10.
- Noblet, J. (2006): Energy Evaluation of Feeds for Pigs: Consequences on Diet Formulation and Environment Protection. *Lohmann Information*, 41. 38-45.
- Noy, Y. - Sklan, D. (1998): Metabolic responses to early nutrition. *J. Appl. Poultry Res.*, 7. 437-451.
- Pomar, C. - Kyriazakis, I. - Emmans, G.C. - Knap, P.W. (2003): Modeling stochasticity: dealing with populations rather than individual pigs. *J. Anim. Sci.*, 81. 178-186.
- Pomar, C. - Hauschild, L. - Zhang, G.H. - Pomar, J. - Lovatto, P.A. (2009): Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. *Rev. Brasil. Zootec.*, 38. 226-237. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v38nspe/v38nspea23.pdf>
- Pomar, C. - Hauschild, L. - Zhang, G.H. - Pomar, J. - Lovatto, P.A. (2011): Precision feeding can significantly reduce feeding cost and nutrient excretion in growing animals. In: *Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals*, szerk: D. Sauvant, J. van Milgen, P. Faverdin, N. Friggens, Wageningen Academic Publishers, 327- 334. ISBN: 978-90-8686-712-7
- Sifri, M. (1997): Precision nutrition for poultry. *J. Appl. Poult. Res.*, 6. 461.
- Soetan, KO - Oyewole, OE (2009): The need for adequate processing to reduce the antinutritional factors in plants used as human foods and animal feeds: A review. *Afr. J. Food Sci.*, 3. 223-232.

- Van der Meulen, J. - Kashiha, M. - Ott, S. - Bahr, C. - Moons, C. - Tuytens, F. - Niewold, T. - Berckmans, D. (2001):* Combination of image and sound analysis for behaviour monitoring in pigs. *Precision livestock farming*. 2013. 263-268.
- van Kempen, T. - Simmins, T.O. (1997):* Near-Infrared Reflectance Spectroscopy in Precision Feed Formulation. *J. Appl. Poultry Res.*, 6. 471-477.
- van Milgen, J. - Dourmad, J-Y. (2015):* Concept and application of ideal protein for pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 6. 15.
- van Milgen, J. - Valancogne, A. - Dubois, S. - Dourmad, J.Y. - Sève, B. - Noblet, J. (2008):* InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 143. 387-405.
- Varley, M. (2001):* The genetics of pig lean tissue growth. *Feed Mix*. 3. 8-10.
- Wathes, C.M. - Kristensen, H.H. - Aerts, J.M. - Berckmans, D. (2008):* Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? *Computers and Electronics in Agriculture*, 64. 2-10.
- Wray-Cahen, D. (2001):* Performance-enhancing substances. In *Swine Nutrition 2nd ed.* A. J. Lewis and L. L. Southern, eds. CRC Press LLC. Washington, D. C., 427-446.

Egyéb hivatkozások:

- Foley, J. - Barbi, A. - Eden, E. - Jerred, M. - Giri, A. - DeMatteo, JC, (2010):* Precision Animal Nutrition: The Role of Portable NIR on the Farm. The First North American Conference on Precision Dairy Management 2010. <http://precisiondairy.com/proceedings/s11foley.pdf>
- Mézes M. (2014):* Enzimek felhasználása a sertéstakarmányozásban. *Agronapló*. 2014.04.17. <http://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2007/08/takarmanyozas/enzimek-felhasznalasa-a-sertestakarmanyozasban>
- Pomar, C. - Pomar, J. (2012):* Sustainable Precision Livestock Farming: A Vision for The Future of the Canadian Swine Industry. <http://www.prairieswine.com/wp-content/uploads/2012/06/Sustainable-Precision-Livestock-Farming-A-visions-for-the-canadina-Swine-Industry.pdf>
- van Barneveld, R.J. (2003):* Prospects for predicting feed quality for monogastrics by near infrared spectroscopy pre-delivery. http://www.cdesign.com.au/proceedings_abts2003/papers/129vanBarneveld.pdf
- van Kempen, T. (1996):* NIR technology: Can we measure amino acid digestibility and energy values? 12th Annual Carolina Swine Nutrition Conference, November 13th, 1996. https://www.ncsu.edu/project/swine_extension/nutrition/miscellaneous/theo96csnc.htm
<http://www.feed-a-gene.eu/>

Érkezett: 2016. július

Szerzők címe: Halas V.

Kaposvári Egyetem, Takarmányozástani Tanszék

Autor's address: Kaposvár University, Department of Animal Nutrition

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.