

A TAKARMÁNYOZÁS ÉS A KÖRNYEZETVÉDELEM KAPCSOLATA

FÉBEL HEDVIG — GUNDEL JÁNOS

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat azokat az ismeretanyagokat foglalja össze, amelyek szorosan véve a takarmányozással összefüggő környezetvédelmi szempontokat érintik. A takarmányozás fő célja, hogy a haszon illetve a kedvtelésből tartott állatok igényeit (gazdasági állatok esetében az életfenntartó és termelő táplálóanyag-szükségletét) az egyes takarmányok értékének ismeretében fedezze. Mindezt úgy kell elérni, hogy a takarmányozás etikai és minőségi kérdéseket (állatjólét, állatvédelem), egészségi szempontokat illetve a környezetvédelem elvárásait is vegye figyelembe.

Ez utóbbit tekintve, a takarmányozás és a környezetvédelem összefüggésével kapcsolatban a N- és a P-kibocsátás, valamint a metánképződés csökkentésére irányuló törekvéseket illetve lehetőségeket tárgyalják. Emellett röviden ismertetik a legeltetés, valamint a takarmány- (fő- és melléktermékek) gyártás, tartósítás és feldolgozás környezetre gyakorolt hatásait.

SUMMARY

Fébel, H. Ms. – Gundel, J.: CONNECTION BETWEEN NUTRITION AND ENVIRONMENT PROTECTION

In the present paper the authors summarize those knowledges in environmental protection which are closely related to the theory and practice of animal nutrition. The animal nutrition science has been focusing to cover the nutrient requirements of livestock and pet animals completely, by utilizing knowledges in nutrient values of feedstuffs. Recently, further conditions should be taken into consideration, such as animal welfare, safety and quality of animal products, but major task is to fit the animal industry to the growing requirements of the global environmental protection.

In context of this latter, authors treat endeavours and possibilities in reducing the N and P emission and methane production of the livestock farming. In addition environmental impacts of grazing, feed processing, feed storage, and of by products are discussed.

BEVEZETÉS

Napjaink állati termék előállításában a termelés fenntarthatósága jelenti az egyik legnagyobb kihívást. Ez magába foglalja az állatok táplálóanyag-szükségletét kielégítő takarmányozást, aminek eredményeképp az állatok egészségesen és hosszú ideig a termelésben maradnak. Az állattermék-előállítás folyamatában azonban a takarmányozásnak is alkalmazkodnia kell az új szabályozásokhoz és a jövő egyéb kihívásaihoz. Ilyen követelmény az, hogy olyan környezetvédelmi szempontokat figyelembevevő (környezetkímélő) takarmányozási technológiákat dolgozzunk ki, melyek lehetővé teszik, hogy az állatok termelése során a kiválasztott (nem emésztett vagy nem hasznosult) anyagok mennyiségét csökkentsük. Az állattartás a szén- és a nitrogénciklusban egyaránt részt vesz, mert szervesanyagból széndioxidot termel, valamint fehérjét vesz fel és reaktív nitrogént ürít.

A takarmányozás tudománya sokáig arra helyezte a hangsúlyt, hogy a felvett takarmányból, az emésztési folyamatokat követően mennyi táplálóanyag hasznosul, és az fedezze az állatok szükségletét. A szervezetből kiválasztott anyagokkal, az utóbbi évekig, nem igen foglalkoztak. Erre azonban tekintettel kell lenni, hiszen a környezetbe kerülő N- és P-tartalmú vegyületek mennyisége nem lebecsülendő. Hazai kalkuláció szerint, a jelenlegi termelési szinten, a sertéságazat 35.200 tonna nitrogénnel és 7 400 tonna foszforral, a baromfi ágazat pedig 31.800 tonna nitrogénnel és 6 850 tonna foszforral terheli a környezetet (Babinszky és mtsai, 1998). Manapság számos országban rendelettel is szabályozzák, hogy a levegőbe, vízbe, talajba mekkora mennyiségű környezetet terhelő „anyag” kerülhet. Ez a kiválasztott anyag, a növények számára, megfelelő koncentrációban még hasznosítható, hiszen a N, illetve a P, a növények növekedéséhez esszenciális anyagnak tekinthető. A környezetbe kikerülő gázok kivétel nélkül olyan vegyületek, amiket egyik élőlény sem képes hasznosítani és közvetlenül károsíthatják az atmoszférát. Ilyen gáz, többek között egyes táplálóanyagok lebontása során a kérődzők bendőjében keletkező, metán. Ugyanakkor a trágyába kerülő N-tartalmú anyagok is bekerülnek a terméshet N-körforgásába, ahol a mikrobiális átalakulást követően gázok vagy egyéb káros vegyületek képződnek. Ezen a ponton, az állatok takarmányozásának környezetvédelmi kérdései szorosan összefüggnek a trágyatárolás, illetve annak kezelésének problematikájával. Ez utóbbi kérdéskör a környezetvédelem szempontjából különösen fajsúlyos problémának tekinthető, ezért ezt egy külön cikk tárgyalja (Pazsiczky, 2007). Jelen dolgozat legfontosabb célja, hogy azokat az ismeretanyagokat foglalja össze, amelyek szorosan véve a takarmányozással kapcsolatos környezetvédelmi szempontokat érintik. A takarmányozás fő célja, hogy a haszon illetve a kedvtelésből tartott állatok igényeit (gazdasági állatok esetében az életfenntartó és termelő táplálóanyag-szükségletét) az egyes takarmányok értékének ismeretében fedezze. Mindezt úgy kell elérni, hogy a takarmányozás során etikai és minőségi kérdéseket (állattólét, állatvédelem), egészségi szempontokat illetve a környezetvédelem elvárásait is vegye figyelembe.

Ez utóbbit tekintve, a takarmányozás és a környezetvédelem összefüggésének tárgyalásakor, dolgozatunkban a N- és a P-kibocsátás, valamint a metánképződés csökkentésére irányuló törekvéseket illetve lehetőségeket foglaljuk

össze. Emellett röviden ismertetjük a legeltetés, valamint a takarmány- (fő- és melléktermékek) gyártás, tartósítás és feldolgozás környezetre gyakorolt határait.

Takarmányozási módszerek az állattenyésztés nitrogén (N) kibocsátásának csökkentésére

Az intenzív mezőgazdaság (nagy- és kisüzem egyaránt) N-emissziójának több mint 90%-a közvetlenül vagy közvetve az állattenyésztési ágazatból származik. A N teljes körforgalmát tekintve, az állati termelés szinte minden szektorában megfigyelhető N-vesztesség (1. ábra). A N, az ammonifikáció következtében, elsősorban ammónia formájában könnyen elpárolog, ami a savasodást és az eutrofizációt fokozza (NRC, 2003). Az állattenyésztési ágazatból származik a légkörbe kerülő ammónia közel 50%-a. A nitrifikáció és denitrifikáció mikrobiális folyamatai miatt, a rendkívül veszélyes üvegházgáz, a dinitrogén-oxid kerül a levegőbe. A leggyakrabban trágyával kiszórt, és a talajba került N-tartalmú vegyületek kimosódhatnak és a talajvízbe valamint a felszíni vizekbe kerülhetnek (de Vries és mtsai, 2001). Az utóbbi évek legnagyobb problémáját a talajvízbe bemosódó nitrátok koncentrációjának emelkedése jelenti. Az 50 mg NO_3/l feletti koncentráció főleg a csecsemők és a kisgyerekek potenciális egészségkárosítója lehet (Di és Cameron, 2002a).

1. ábra: A N-körforgalma, és a N-vesztesség előfordulási helyei az állattermék-előállító farmon, ill. a farm és a környezet között

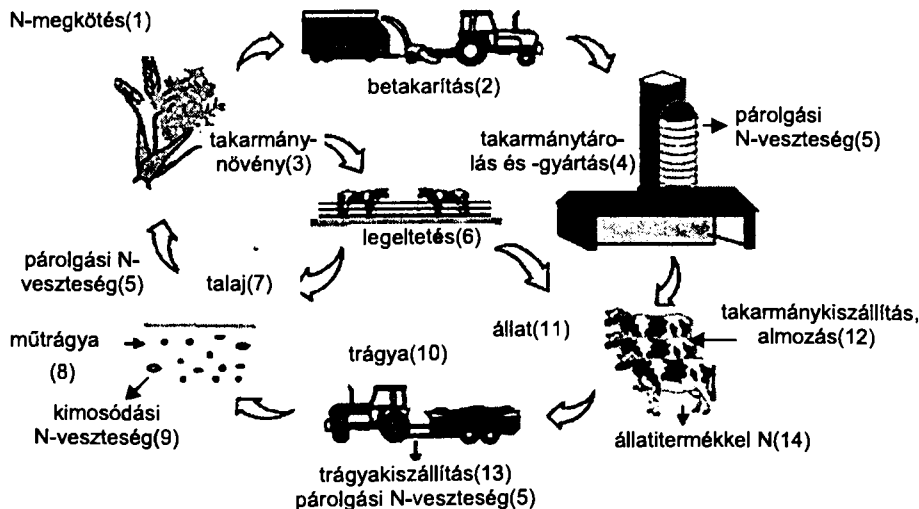


Fig. 1.: Major nitrogen flows, and place of nitrogen loss in animal production within the farm and between the farm and its environment

fixed nitrogen(1), harvest(2), crops(3), feed processing and storage(4), volatile loss(5), grazing(6), soil(7), purchased fertilizer(8), runoff and leaching N loss(9), manure(10), animal(11), transported feed, bedding(12), transported manure(13), N in animal product(14)

Az állattenyésztésben keletkező, fentiekben felsorolt N-emissziót takarmányozási módszerekkel, illetve megfelelő telepi gyakorlattal (management) csökkenteni lehet. A N-ürítést például úgy csökkenthetjük, ha a takarmány N-tartalmának állati terméké váló transzformációjának a hatásfokát javítjuk. Ennek értéke az egyes háziállatokban tág határok között változik és a hasznosítási irány szerint is nagy eltérések figyelhetők meg (1. táblázat). Tejelő tehenekben például a felvett N 20–30%-a jelenik meg tejfehérje formájában (Kohn és mtsai, 1997), a többi (azaz közel 80%) a bélsárral illetve vizelettel kiválasztódik, és a trágyába kerül. Legeltetésre alapozott marhahízlalás esetén a N-hasznosítás hatásfoka kevesebb, mint 15% (Bierman és mtsai, 1999). A sertés illetve baromfi esetében a felvett N a kérődzőknél jobb hatásfokkal hasznosul, általában 40% körüli, de brojlerben a 60%-ot is elérheti (Han és mtsai, 2001; Knowlton és Cobb, 2006).

1. táblázat

A felvett N és P hasznosításának hatékonysága különböző állatfajokban
(Knowlton és Cobb, 2006)

	N hasznosítás a felvett N %-ában(1)	P hasznosítás a felvett P %-ában(2)
Hízómarha(3)	15	23
Tejelő tehen(4)	24	18
Szárazonálló tehen(5)	6	nincs adat(6)
Tejítatásos borjú(7)	64	nincs adat(6)
Sportló, 500 kg, intenzív igénybevétel(8)	44	15
Sportló, 500 kg, nincs fizikai igénybevétel(9)	15	7
Brojlercsirke <35. nap(10)	60	49
Pulyka(11)	59	48
Tojótyúk(12)	35	19
Választott malac, 12,5 kg(13)	48	51
Hízósertés, 70 kg(14)	34	39
Vemhes koca, 200 kg(15)	23	27
Szoptató koca(16)	45	26

Table 1.: Utilization of N and P use in various species

N utilization, % of consumed N(1), P utilization, % of consumed P(2), beef cattle(3), dairy cow(4), dry dairy cow(5), not reported value(6), milk-fed dairy calf(7), intensively exercised horse, LW: 500 kg(8), sedentary horse, LW: 500 kg(9), broiler(10), turkey(11), laying hen(12), weaned piglet(13), growing-finishing pig(14), gestating sow(15), lactating sow(16)

A különböző transzformációs hatásfok következtében nagy mennyiségű N kerül a környezetbe az állatok termelése során (2. táblázat). Ha valamilyen módszerrel az állatok vizelettel illetve bélsárral való N ürítésének mértékét csökkenteni tudjuk, akkor a N-körforgalom 1. ábrán látható minden N-vesztéseget jelentő részében számottevő csökkenést érhetünk el. A N-ürítés mértéke elsődlegesen az állatok nyersfehérje felvételével van szoros kapcsolatban, vagyis egységnyi termék előállítását kevesebb fehérjével kellene megvalósítani. A N-ürítés csökkentéséhez két módszert lehet alkalmazni. Az egyik esetben úgy csökkentjük a takarmányadag nyersfehérje-tartalmát, hogy a fehérje minősége, azaz az aminosav-összetétel minél inkább közelítse az állat igényeit. A N-emissziót azáltal is mérsékelhetjük ha az állatok termelését fokozzuk.

2. táblázat

**Az évente ürített N mennyisége a testsúly százalékában különböző állatfajokban
(Koelsch és Shapiro, 1998)**

	Évi N ürítés a testsúly %-ában(1)
Sertés(2)	
Választott malac(3)	22
Hízósertés(4)	15
Szoptató koca és malacai(5)	17
Vernhes koca(6)	7
Tenyész kocasüldő(7)	9
Kan(8)	6
Baromfi(9)	
Jérce(10)	23
Tojótyúk(11)	30
Brojlercsirke(12)	40
Húsmarha(13)	
Hízómarha(14)	11
Anyatehén(15)	12
Tejelő típusú szarvasmarha(16)	
Tehén (20 kg tej/nap)(17)	18
Tehén (33 kg tej/nap)(18)	22
Tehén (45 kg tej/nap)(19)	27
Szárazonálló(20)	11
Üsző/borjú(21)	11

Table 2.: Amount of the annual N excretion by various animal species expressed as percentage of body weight

annual N excretion, in % of body weight(1), swine(2), weaned piglet(3), growing-finishing pig(4), lactating sow and litter(5), gestating sow(6), gilts(7), boars(8), poultry(9), pullet(10), laying hens(11), broiler(12), beef(13), beef cattle(14), suckling cow(15), dairy(16), lactating dairy cow, 20 kg milk/day(17), lactating dairy cow, 33 kg milk/day(18), lactating dairy cow, 45 kg milk/day(19), dry cow(20), heifers/calves(21)

A tej-, a hús, vagy a tojástermelés növekedésével, a napi fehérje-szükségletnek egyre kisebb hányadát képezi az életfenntartás igénye. Jóllehet a termelés növekedésével hatékonyan csökkenthetjük a N-ürítés mértékét. A gyakorlatban azon takarmányozási eljárásoknak, valamint takarmányozás-élettani szempontoknak van inkább jelentősége, amelyekben kisebb nyersfehérje-tartalmú takarmányadagokat etetünk, figyelembe véve az állatok fehérje-és aminosav-szükségletének minél pontosabb kielégítését. Több takarmányozási eljárást is alkalmazhatunk az állatok N-veszteségének mérséklésére, illetve a N-ürítés csökkentésére. Ezen lehetőségeket foglalja össze *Tamminga és Verstegen* (1992) munkája alapján a 3. táblázat.

A sertés és baromfi, a takarmányfehérjével szemben, mennyiségi és minőségi igényeket támaszt. A minőséget az emésztetőség, a biológiai érték és az esetleges antinutritív anyagok egyidejű jelenléte határozza meg. Az emésztés során a fehérje lebontása után keletkező és a vékonybélből felszívódó aminosavaknak minél inkább igazodni kell a szöveti szintézis igényeihez. A szöveti fehérjeszintézis (izom- vagy tojásfehérje) hatásfoka mindig a legkisebb mennyiségben jelenlévő aminosavtól függ, az limitálja. Ezt veszi figyelembe az ún. ideális fehérje ellátás elve, ami egy olyan aminosav-összetételű takarmányfehérjét jelent, ami a különböző aminosavak arányának tekintetében megfelel a

szöveti fehérjeszintézis aminosav-igényének. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a nyersfehérje-szükségleten túlmenően, megadjuk a konkrét lizinigényt (g/MJ energia), a többi esszenciális aminosavat pedig ennek százalékában fejezzük ki. Az ideális fehérje, vagy az ideális aminosav-összetétel az állat ivara, kora, genotípusa és termelési iránya szerint különböző (Han és Lee, 2000). Sertések fehérjeigényének még pontosabb értékelése az egyes takarmányfehérjék lizin-, metionin-, cisztin-, treonin- és triptofántartalmának látszólagos ileális emészthetőségének ismeretén alapul (Lenis és Jongbloed, 1999). Hízósertésekben a legnagyobb napi súlygyarapodás eléréséhez az ileálisan emészthető metionin+cisztin-, treonin- illetve triptofán-szükséglet az ileálisan emészthető lizin 59%-a, 60%-a, illetve 19%-a. Hasonló adatokat Gundel és mtsai (2004) közöltek, melyek a Magyar Takarmány Kódexben is megjelentek.

3. táblázat

A trágya nitrogéntartalmának csökkentési lehetőségei takarmányozási eljárásokkal (Tamminga és Verstegen, 1992)

Módszer(1)	Kérődző(2)	Sertés(3)	Baromfi(4)
A veszteségek csökkentése a bendőben(5)			
– a lebontás csökkentése(6)	X		
– a takarmányok (hő)kezelése(7)	X		
– a szénhidrátok és fehérjék lebontásának összehangolása(8)	X		
– a fejadag (TMR) <i>ad libitum</i> etetése(9)	X		
– pontosított takarmányértékelési rendszer használata(10)	X		
Az emészthetőség növelése(11)			
– technológiai eljárások(12)		X	X
– csíráztatás(13)		X	X
Az endogén veszteségek csökkentése(14)			
– technológiai eljárások(12)		X	X
– csíráztatás(13)		X	X
A hasznosulás hatékonyságának növelése(15)			
– kristályos vagy védett aminosav-kiegészítés(16)	X	X	X
– fázisos takarmányozás(17)		X	X
– pontosított takarmányértékelési rendszer használata(10)	X	X	X

Table 3.: Possibilities for reducing N content in manure with nutritional methods method(1), ruminants(2), pig(3), poultry(4), reduction of losses in the rumen(5), decreasing the degradation rate(6), heat treatment of feed(7), synchronization of carbohydrate and protein degradation(8), *ad libitum* TMR feeding(9), use more precise feed evaluation system(10), increase of digestibility(11), technological methods(12), sprouting(13), decreasing of endogen losses(14), improve of utilization(15), supplementation by crystalised or protected amino acid(16), phase feeding(17)

Monogasztrikus állatok esetében a fehérje-ellátás jobb illesztése a táplálóanyag-szükségletükhöz ún. fázisos takarmányozási rendszerrel régóta ismert technológiai lehetőség. Az egyfázisúról a kettőre való áttérés például 10%-os csökkenést eredményezett a N-ürítésben (Hartung és Phillips, 1994; Han és mtsai, 2001). További fázist alkalmazva (3 fázisos takarmányozás) hízósertések N ürítését 6%-kal csökkentették (Lenis, 1989). A multifázisos rendszerben hente változtatva hízósertések takarmányadagjának N-tartalmát elérik, hogy

15%-kal csökken az ürített N mennyisége (*van der Peet-Schwering és mtsai*, 1996). A N-ürítés csökkentésének további módszere, amikor a kisebb nyersfehérje-tartalmú takarmányt kristályos aminosavval egészítjük ki (*Sutton és mtsai*, 1999; *Nahm*, 2002). Brojlercsirkékben a takarmány DL-metioninnal való kiegészítése javította az állatok hízlalási paramétereit (*Schmidt és mtsai*, 1997). Más vizsgálatok szerint az adag nyersfehérje-tartalmának 2–4%-kal való csökkentése nem befolyásolta a súlygyarapodást illetve a takarmányértékesítést (*Han és Lee*, 2000). Hízósertésekben csak kukoricából és búzából valamint a szükséges vitamin és ásványianyag-kiegészítőkből álló takarmányadagot a négy limitáló aminosavval (lizin, metionin, treonin, triptofán) komplettálva az ipari abrakkeveréssel elérhető eredményeket jól megközelítő teljesítményt értek el (*Gundel*, 1999). Az aminosavakkal kiegészített abrak etetések a N-ürítés 30–40%-kal volt kisebb mint amikor 16% nyersfehérje-tartalmú tápot etettek.

Számos kísérlet eredményét összegezve megállapítható, hogy kisebb nyersfehérje-tartalmú takarmányadag aminosavval való kiegészítése a N-ürítést 3 és 62% között csökkentette. Az eredményként kapott értékek nagy eltérését az magyarázza, hogy a hatás nagymértékben függött a hízósertések korától és súlyától, az összehasonlításként szolgáló kontrolltakarmány fehérjetartalmától valamint a fehérjeszint csökkentésének mértékétől (*Sutton és mtsai*, 1999; *Han és mtsai*, 2001). A nyersfehérje-tartalom egységnyi csökkentésével a N-ürítés mértéke 8,5%-kal kisebb. Az aminosav-kiegészítés és a háromfázisos takarmányozási rendszer együttes alkalmazásakor a N-kibocsátás több mint 30%-kal kisebb (*Hartung és Phillips*, 1994). Baromfi esetében a kisebb nyersfehérje-tartalmú takarmányadag aminosavval való kiegészítése a N-ürítést csirkékben 10% és 27%, tojtyúkban 18% és 35% között csökkentette (*Nahm*, 2002).

A takarmánygyártás egyes lépései, mint a darálás, és a granulálás, a takarmány-felvételt, az emészthetőséget illetve a N-ürítést befolyásolhatják. A darálás különös fontos tényező, mivel a megfelelő szemcseméret a sertés illetve a baromfi takarmányértékesítését jelentősen módosítja (*Nahm*, 2002). Hízósertés tápban a szemcseméret 1000 μm -ról 440 μm -re való csökkentése javította a táplálóanyagok emészthetőségét, ennek következtében a kiválasztott N mennyisége 30%-kal csökkent (*Han és mtsai*, 2001). Az emészthetőség 1%-os javulása 1,4%-kal kisebb N-veszteséget eredményez 1 kg hús előállításánál. A granulálás kb. 6%-kal javítja sertésekben az átlagos súlygyarapodást és takarmányértékesítést (*Van Heugten és van Kempen*, 2000). A granulálás hatására 22%-kal csökkent a bélsár N-tartalma.

A különböző takarmány-kiegészítők, mint az enzimek, probiotikumok, szervesavak, ugyancsak csökkenthetik a N-ürítést, mivel javítják a takarmány-értékesítést. A N-kibocsátás csökkentésében ezen anyagok hatásossága kisfokú, általában 5% vagy annál kevesebb, bár ritkán 25%-os értékkel is találkozhatunk az irodalomban (*Han és mtsai*, 2001). Csak érdekességként említhető, mivel Európában tilos a használata, hogy növekedési hormon alkalmazásakor az elérhető csökkenés 12–38% is lehet.

A trágyába kerülő kisebb mennyiségű N-tartalmú vegyülettel az ammónia emissziót jelentősen csökkenthetjük. 41%-kal kisebb N-ürítés 47–59%-kal kevesebb légkörbe kerülő ammóniát jelent (*Kay és Lee*, 1997). A takarmány szénhidrátjai ugyancsak szerepet játszhatnak a sertés trágyából származó ammóniaemisszió csökkentésében. A baktériumok által fermentálható szénhid-

rát csökkenti a vizelet N/bélsár N-arányát (Lenis és Jongbloed, 1999). Mivel a bélsárban lévő N-tartalmú vegyületek nehezebben alakulnak ammóniává, az emisszió csökken. Burgonyakeményítő etetésekor a légkörbe kerülő ammónia mennyisége 13%-kal csökkent (Lenis és Jongbloed, 1999). A takarmány nem keményítő eredetű szénhidrátja is csökkenti az ammóniaemissziót (Cahn és mtsai, 1998). A nem keményítő típusú poliszacharid felvételének minden 100 g-mal való növelése a hígtrágya pH értékét 0,12-vel, az ammónia kibocsátás mértékét 5,4%-kal csökkentette. A takarmány kation-anion egyensúlyát módosítva, a savasabb vizelet kisebb ammóniaemissziót eredményez. Például ha a takarmányhoz Ca-pótlásként a bázikus kémhatású CaCO_3 helyett savanyító hatású Ca-sókat adunk, a vizelet pH-ja 1,6–1,8 értékkel csökken, aminek következtében a légkörbe kerülő ammónia mennyisége 26–53%-kal csökken (Lenis és Jongbloed, 1999). A fenti változások hátterében az áll, hogy a kisebb pH érték (pl. savasabb hígtrágya) az ureáz működéséhez nem kedvező kémhatás, ezáltal a trágyában lévő karbamidot alacsony hatásfokkal képes csak átalakítani ammóniává.

Kérődzők N-forgalmát értékelve megállapítható, hogy a takarmány N-tartalmú vegyületeinek termékké (tej, hús) való átalakításának hatásfoka eléggé alacsony (1. táblázat). Az adatokból kitűnik, hogy hizómarhában az értéke csak 15% és tejelő tehénben is nagyon ritkán éri el a 30%-ot. Ez utóbbi érték azt jelzi, hogy a felvett N 70%-a kiürül, amiből 30% a bélsárral és 40% mint karbamid, a vizelettel távozik. Kérődzők takarmányozásakor is az a fő cél, hogy megfelelő mennyiségű fehérjét biztosítsunk az állatnak. A fehérje lebontása ugyanakkor sokkal bonyolultabb mechanizmus, ami maga után vonja, hogy a N-ürítés csökkentésének lehetséges útjai beszűkülnek, sok esetben szinte lehetetlen. Ennek magyarázatához röviden át kell tekinteni a kérődzők fehérje ellátásának legfontosabb szempontjait. A monogasztrikus állatokkal összehasonlítva a kérődzőkre jellemző előgyomor-emésztés miatt, a gazdaszervezet N-ellátása eltérő módon valósul meg. A takarmánnyal bevitt fehérjének a gazdaszervezet szöveteinek aminosavak iránti igény kielégítésén túl, a bendőben élő baktériumok N-igényét is fedeznie kell. Már az első szempont, azaz a gazdaszervezet aminosav-igényének kielégítése sem egyszerű feladat, hiszen a vékonybélbe jutó fehérje aminosav-összetétele egyáltalán nem tükrözi a kiindulási takarmányfehérje aminosav garnitúráját. Mindez a bendőbeli mikrobiális fehérjeszintézissel magyarázható, aminek mértékét az ott rendelkezésre álló energia és nitrogén határozza meg. A fehérjeszintézis sebessége egyenesen arányos a mikroorganizmusok szaporodásának ütemével. A bendő mikrobái a szaporodásukhoz szükséges energiát a takarmányok szerves anyagainak lebontásából nyerik. Optimális esetben naponta 2,8–3,5 kg mikroba-szárazanyag is képződhet a bendőben, amely 1,5–1,9 kg nyersfehérjét jelent. A hatékony bendőbeli emésztés, a fejadag szárazanyag-tartalmára vonatkoztatva, minimálisan 11% nyersfehérjét igényel. A kérődző állatok fehérjeforgalmát illetően, mindenekelőtt a bendőben zajló mikrobás fermentációról, továbbá az utóbélben végbemenő mikrobás folyamatokról, az utóbbi évtizedben napvilágra került eredmények megmutatták, hogy a nyersfehérjével való számolás nem eléggé informatív és nem alkalmas a takarmányok fehérjeértékének, illetve a kérődzők adekvát fehérjeszükségletének jellemzésére.

Egyrészt a nyersfehérjében való számolás nem ad felvilágosítást, hogy a felvett fehérje mekkora része bomlik le (bendőben lebomló fehérje; RDP=Rumen Degradable Protein) vagy halad át a bendőn lebontatlanul (bendőbeli lebontást elkerülő fehérje; UDP=UnDegradable Protein vagy bypass protein), illetve az illető takarmányból mennyi és milyen aminosav szívódik fel a vékonybélben, pedig ez jellemezné az adott takarmányfehérje értékét. Másrészt nem veszi figyelembe a bendőbeli energia ellátottságnak a mikrobiális fehérjeszintézisben betöltött meghatározó szerepét. A megfelelő fehérjellátás jelentősége különösen nagy tejtermelésű tehén esetében fontos, hiszen 35 liter napi tejtermeléssel kb. 1300 g fehérje ürül, azaz ennyi fehérjét kell szintetizálnia az állatnak.

Kérdőzők pontosabb fehérjeértékelését szolgálja az ún. metabolizálható fehérjén alapuló rendszer, amely a vékonybélben rendelkezésre álló aminosavak mennyiségének és felszívódásának mérésén alapul (Schmidt és mtsai, 2000). Ezen aminosavak két forrásból származnak: a bendőben képződött mikrobiális fehérjéből és a bendőben lebontatlan takarmányfehérjéből. Alacsony tejtermelésű tejelő tehén, a hízómarha vagy az anyatehén fehérjeszükségletének kielégítéséhez a takarmányfehérje bendőben lebomló részéből (RDP=rumen degradable protein) képződő mikrobiális fehérje a takarmány maradék UDP részével együtt általában fedezi az állat metabolizálható fehérjeigényét. Nagy tejtermelésű tehénben ugyanakkor ez nem fedezi az állat szükségletét. A tehén fejadagjában lévő különböző RDP, illetve UDP iránti igényt mutatja a 4. táblázat.

4. táblázat

Különböző termelési szinteken a tejelő tehén bendőben lebomló (RDP) illetve nem lebomló (UDP) fehérje iránti igénye, g (ARC, 1984)

q*=ME/BE	Fehérje(1)	Napi tejtermelés, kg (2)		
		0	15	30
0,5	RDP	395	1040	**
	UDP	—	155	
0,7	RDP	380	935	1545
	UDP	—	240	615

*A fejadag metabolizáltsági foka (3); ** Ez a szint magasabb metabolizáltságú fejadagot igényel(4)

Table 4.: RDP and UDP requirements of dairy cattle at different milk production levels, g (ARC, 1984)

protein(1), daily milk production(2), metabolizability rate of ration(3), this production level needs higher ME/BE rate(4)

Látható, hogy a 15 l tejtermeléséhez szinte alig szükséges UDP. A dupla mennyiségű tej termeléséhez, 65%-kal több RDP-t és 156%-kal több UDP-tartalmat kell biztosítani a takarmánnyal. Ez a számadat jól mutatja, hogy nagy tejtermelésű tehének fejadagjában az RDP/UDP arányát szűkíteni kell. Mivel a legtöbb, jelenleg használt takarmány, a tömeg- és abraktakarmányok egyaránt, általában magas RDP értékűek, nagyon nehezen biztosítható a fejadag magasabb UDP-szintje. Korábban állati eredetű fehérjékkel (hús-, csont-, vérliszt, stb.) mindezt biztosíthattuk, jelenleg azonban ez tilos. A takarmányozás napi gyakorlatában, a használható magasabb UDP értékekű növényi fehérjeforrások

közül, csak a különböző módon kezelt extrahált szóját vagy a kukoricaglutént alkalmazhatjuk. A probléma az, hogy ezen alapanyagok UDP értéke nem éri el az állati fehérjeforrásokét (70–80% UDP), azaz, a takarmányban megemelkedik az RDP hányad is. Ez óhatatlanul odavezet, hogy a bendőben lebomló fehérjéből több ammónia képződik, ami jóval meghaladja azt az értéket, amit a mikrobák fehérjeszintézisükhöz felhasználnak (erősen pozitív fehérjemérleg a bendőben). Az ammóniafelesleg a bendőből felszívódik és megnöveli a vizelettel ürülő karbamid-koncentrációt, azaz a környezetbe több N kerül. A gyakorlatban valamilyen szintig megengedett a pozitív mérleg, sőt nagy termelésű (30 kg feletti) tehenekben, a mintegy +100 g fehérjemérleg előnyösnek is tekinthető, mivel ez elősegíti a nagyobb takarmányfelvételt. A túlzott mértékű pozitív fehérjemérleg (>300 g), a nagyobb N-kiválasztás miatt, kerülendő. Az előbbieket igazolják, hogy a nagy tejtermelésű tehenek fehérjeellátásának fedezése nem egyszerű feladat, és még ezen felül, a környezetvédelmi szempontokra is tekintettel lenni, rendkívül nehéz. E témakörben döntően a N-ürítés és a fehérjefelvétel összefüggését tanulmányozták. Megállapították, hogy ha az állatok metabolizálható fehérjeigényét 18% nyersfehérje-tartalmú takarmánnyal biztosították a vizelettel 2,3-szor több N ürült mint alacsonyabb nyersfehérje-tartalmú (12%) fejadag etetésekor (Tomlinson és mtsai, 1996). Több N-felvételekor a bélsárral ürülő N csak 25%-kal nőtt meg, ami jól mutatja, hogy a felesleges N döntően a vizelettel ürül. Egy másik vizsgálatban, 14-, illetve 19% nyersfehérje-tartalmú fejadag felvételét követően, a trágyából mért ammóniaemisszió mértéke háromszor magasabb volt a nagyobb fehérjefelvétel esetén (Frank és mtsai, 2002). Hasonló eredményről számoltak be Kulling és mtsai (2001), megállapítva, hogy 17,5% nyersfehérje-tartalmú fejadaggal összehasonlítva a kisebb fehérjefelvétel (12,5%) esetében 70%-kal csökkent a trágyából a környezetbe kerülő ammónia mennyisége. Nagy tejtermelésű tehenekben, a teljes laktációs szakaszt figyelembe véve, a fejadag nyersfehérje-tartalmának 17,5%-ról 16%-ra csökkentése az állatok tejtermelését nem befolyásolta (Wu és Satter, 2000). A kisebb fehérje-felvétellel 14%-kal kevesebb N került a környezetbe. Rotz és mtsai (1999) számításai szerint, alacsonyabb RDP-tartalmú fejadag etetésekor, a N-kibocsátás szintjét évente, teheneként 39 kg-mal lehet csökkenteni, valamint ennek következtében, a trágyából származó elpárolgási N-veszteség is 27%-kal kevesebb. A tehenek kor és laktációs teljesítmény szerinti csoportosításával csökkenthető a N-kibocsátás, hiszen pontosabban elégíthetjük ki az állatok táplálóanyag-igényét. Hat termelési csoportot alkalmazva a N-ürítést 8%-kal csökkentették (St-Pierre és Thraen, 1999).

Összegezve megállapítható, hogy tejelő tehenek N-ürítését egy minél pontosabb, az állatok aktuális fehérjeigényéhez igazodó takarmányozással csökkenthetjük. Ehhez az új fehérjeértékelési rendszer használatára van szükség, ami megadja, hogy az egyes tejtermelési szint fehérjeigényének kielégítéséhez mekkora metabolizálható fehérjét kell biztosítani. Újabban a gazdaszervezet még pontosabb fehérje-ellátásához, a vékonybélben felszívódó lizin illetve metionin mennyiségére is tesznek ajánlásokat (NRC, 2001), ami megteremti annak a lehetőségét, hogy a fehérjefelvételt csökkentsük. Sajnos a gyakorlati tapasztalatok sok esetben nem igazolják vissza a tejelő tehenek fehérjeszükségletének még pontosabb kielégítésére tett erőfeszítéseinket. Santos és mtsai (1998) 108 olyan vizsgálat tapasztalatát összegezték, amiben a tehenek tejter-

melését nagyobb UDP-tartalmú fejadaggal vagy védett aminosav-kiegészítéssel igyekeztek fokozni. Nagyobb tejtermelésről mindössze 1–5 esetben számoltak be. Ez azt jelenti, hogy nagy tejtermelésű tehenek fehérjeigényét, további befolyásoló tényezők miatt, nem tudjuk pontosan kielégíteni és a belátható jövőben a teheneket a szükségletüknél valószínűleg több fehérjével takarmányozzuk.

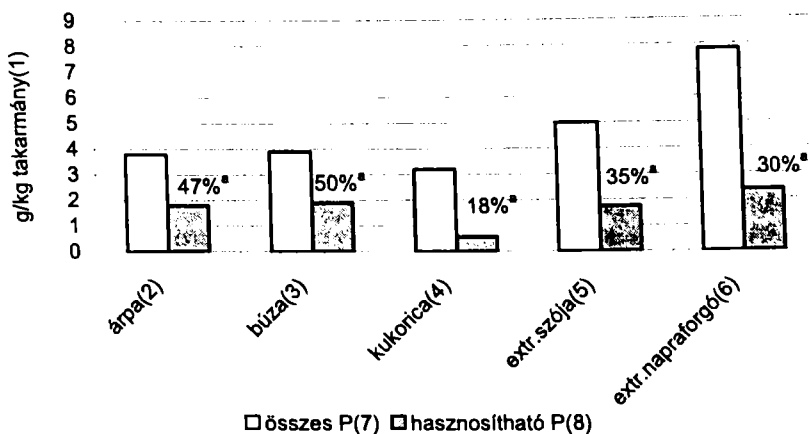
Takarmányozási módszerek az állattenyésztés foszfor (P) kibocsátásának csökkentésére

A foszforhasznosítás hatékonysága, a monogasztrikus állatokban különösen rossz, mindössze 20–40%, azaz a felvett P 60–80%-a a környezetbe kerül. A P elsődlegesen talajerózióval kerül be a felszíni vizekbe. Ha a földre kerülő P koncentrációja a talaj anionkötő képességét meghaladja, a P kimosódik és a felszíni vizekbe jutva, a folyóban, a tavakban és a tengerekben eutrofizációhoz vezet (Daniel és mtsai, 1992). Az állattartásból származó, környezetet terhelő, növekvő mértékű P-terhelés miatt, újabb módszereket kell találni ennek csökkentésére, illetve elkerülésére. Az állatok P emésztését, illetve P metabolizmusát érintő folyamatok megismerése elősegíti a jobb transzformációt és ezzel a trágya P-tartalmának csökkentését. A transzformáció határfokát, monogasztrikus állatokban és kérődzőkben is, a genotípus, az életkor, a testsúly, a D-vitamin ellátottság, a takarmánykeverék Ca:P aránya, a takarmánykeverék P-tartalmának eredete, az állatok egészségi állapota, a táplálóanyag-ellátás kiegyensúlyozottsága befolyásolja. Az előgyomrokban zajló bakteriális fermentáció a P metabolizmust, illetve transzformációt jelentősen módosíthatja, ezért a kérődzőkre vonatkozóan a takarmányozási lehetőségeket külön tárgyaljuk.

Monogasztrikus állatok P-szükségletét az abrakkeverék P-tartalma fedezi, ami két forrásból, az egyes takarmánykomponensek natív, illetve a takarmánykiegészítőként használt anorganikus P-források P-tartalmából származik. Már az egyes takarmánynövények összes P-tartalma is eltérő, de azok emészthetőségében még nagyobb különbséget találunk (2. ábra). Mint látható a búza P-tartalmának kb. 50%-a értékesül, míg a kukorica esetében alig 20%. A felszívódásban található különbség okát a növények eltérő saját fitázaktivitásában kell keresni. A fitinfoszfor, eltérően a kérődzőktől, melyekben a baktériumflóra termel fitázt, a monogasztrikus állatokban csak kismértékben hasznosul (Pallau és mtsai, 1994), ugyanis a sertésben illetve a baromfifajokban szinte alig van fitáztermelés (Cromwell, 1992; Ravindran és mtsai, 1994, 1995) és fitáz a vékonybélbe csak a takarmánynövényekben, különböző mennyiségben megtalálható fitázzal kerülhet be. A fitin P felszívódása a vékonybélből csak akkor lehetséges, ha az inozitolgyűrűről a fitáz lehasítja a foszfátgyököket. Az 5. táblázat adataiból kitűnik, hogy legnagyobb a tritikálé és a búza fitázaktivitása, a kukoricáé viszont rendkívül alacsony. A takarmányban lévő fitáz + a bélcsatorna minimális fitázaktivitása nem elegendő a kukorica+szójaalapú takarmánykeverékek fitinfoszfor-tartalmának hidrolizására. A takarmánykeveréket ezért mikrobiológiai úton előállított fitázzal célszerű kiegészíteni, aminek részleteit később tárgyaljuk. A takarmánynövények P-tartalmának felszívódásában, illetve a fitin-P alacsony hasznosíthatósága miatt, a sertés és baromfi P-szükségletének kielégítéséhez szerves foszfátvegyületeket használunk. Az anorganikus foszfátok emészthetősége elég tág határok, 65–95% között változik, de az alacso-

nyabb érték is jóval meghaladja az abraknövények P-tartalmának felszívódását. A szervesen foszfátvegyületek átlagos hasznosítható P értéke sertésben, 50 kísérlet eredményeit értékelve, 76,7% (Kornegay és mtsai, 1998).

2. ábra: Néhány takarmány összes- és hasznosítható P-tartalma



*: az össz P-tartalomból felszívódott P mennyisége, (%)

Fig. 2.: Total P and available P content in some of feedstuffs g/kg feed(1), barley(2), wheat(3), maize(4), extr. soybean meal(5), extr. sunflower meal(6), total P(7), available P(8), *: absorbed P in % of total P(9)

5. táblázat

Néhány gabonamag összes- és fitinfoszfor-tartalma, valamint fitázaktivitása (Babinszky és Tossenberger, 1997)

Növény(1)	Összes P(2)	Fitin-P(3)	Fitázaktivitás, U/kg(4)
Árpa(5)	3,8	2,6	350
Búza(6)	3,9	2,8	900
Kukorica(7)	3,9	2,9	<50
Trikálé(8)	6,9	4,0	1475

Table 5.: Level of total P and phytate P and phytase activity in some grains plants(1), total P(2), phytate P(3), phytase activity, U/kg(4), barley(5), wheat(6), com(7), triticale(8)

A sertés- és baromfiágazat által okozott nagymértékű P-kibocsátást, elsődlegesen, a P-tünetetés elkerülésével, azaz az állatok pontos P-szükségletének kielégítésével érhetjük el. A sertések P-szükségletét takarmányozás-élettani (P-források felszívódásában található nagy eltérések) és környezetvédelmi szempontok miatt sem indokolt összes P-ban megadni. Jól lehet a takarmányozási táblázatokban a mai napig ezt az értéket is feltüntetni, de mellette a hasznosítható P mennyiségét is megadják (6. táblázat). Gundel és mtsai (2004) adtak ajánlásokat a sertések különböző abrakkeverékeinek hasznosítható foszfartartalmára (Magyar Takarmány Kódex). Kornegay és Verstegen (2001) felmérése szerint az 1980-as évek végétől, az 1990 évek közepéig, a sertések 10–55%-

kal kaptak több P-t, mint azt szükségletük indokolta volna. A P felszívódását befolyásoló mechanizmusok jobb megismerésével, a hasznosítható P-szükséglet alapján történő számolással, valamint fitáz alkalmazásával ugyanakkor jelentősen csökkent a P-kibocsátás. *Jongbloed és mtsai* (1997) vizsgálatai szerint Hollandiában, 1973 és 1995 között 50%-kal csökkent a P-ürítés mértéke. Ebben az időszakban a hizósertések takarmányában 2,5 g/kg értékkel csökkent az összes P-tartalom.

6. táblázat

A különböző testsúlyú sertések takarmányának ajánlott P-tartalma (%/tak. sz.a.) (NRC, 1998)

Megnevezés(1)	Testsúly, kg(2)			
	10–20	20–50	50–80	80–120
Összes P(3)	0,60	0,50	0,45	0,40
Hasznosítható P(4)	0,32	0,23	0,19	0,15

Table 6.: Dietary P requirements (% of dietary DM) of swine of varying body weight (NRC, 1998) item(1), body weight, kg(2), total P(3), available P(4)

Baromfitakarmányok nem fitin-P-tartalma 1–21. napos brojlercsirkék részére 0,45%, amit a befejező szakaszban 0,3%-ra csökkentenek (NRC, 1994). A hazai illetve a nemzetközi foszforajánlások nem egységesek a tekintetben, hogy milyen foszforban adják meg a baromfifajok P-ellátását. Legpontosabban a hasznosítható P-ral tudjuk jellemezni, de madarak esetében, az ürülékben található P, különböző forrásból származik. Egy része a takarmány azon mennyisége, ami nem szívódott fel, azaz a bélsárral ürülne, a másik része pedig, a felszívódott, de be nem épült P, ami a vizelettel ürülő rész. Mivel madarakban rendkívül nehéz a bélsár és a vizelet különválasztása (colonkanül használata szükséges), a gyakorlati alkalmazás nehézségei miatt, a P-ellátás hasznosítható foszforban megadása nem terjedt el. Az állatok optimális P-ellátása érdekében ugyanakkor jó lenne tudni, hogy a takarmányban lévő P-nak mekkora része szívódott fel. A gyakorlatban, vagy összes foszforban, vagy a nem fitin-foszforban adják meg a baromfitakarmányok P-szintjét. A nem fitin-P pusztán kémiai megkülönböztetés, a nem fitinkötésben lévő P-t jelzi, ugyanakkor nem veszi figyelembe azt, hogy a növények egy részének van saját fitáz aktivitása. A baromfi P-szükségletének megállapítására vonatkozó kutatások döntően 1952 és 1983 között folytak, a súlygyarapodást, a takarmányértékesítést és a csont hamutartalmát vizsgálva. Az utóbbi időszakban kevés vizsgálat történt. Brojlercsirkék, lényegesen kisebb N-ürítése mellett, termelési mutatóira, a takarmány hasznosítható P-tartalmának akár 30%-kal való csökkenése sem gyakorolt negatív hatást (*Fritts és Waldroup*, 2003). Más szerzők szerint szervetlen foszfátvegyületek nélküli táp etetésekor nem változott a súlygyarapodás, a takarmányértékesítés, valamint csontabnormalitás sem jelentkezett a brojlercsirkékben (*Skinner és mtsai*, 1992). Tojtyúkokban 0,2, 0,3 és 0,4% hasznosítható P-tartalmú takarmány etetésekor a P-ürítés fokozatos csökkenését tapasztalták (20, illetve 40%-kal) ugyan, de a 0,2% hasznosítható P-tartalom már negatívan hatott a tojástermelésre, tehát 0,3% alatti értéket el kell kerülni (*Summers*, 1995). *Kovács és Babinszky* (2006) véleménye szerint tojtyúkok-

ban, a gyakorlatban alkalmazott 6 g/kg összfoszfortartalom közel 40%-kal csökkenthető. Tojótúkok P-szükséglete 1,5 g/kg nem fitin foszfor, illetve 2 g/kg hasznosítható P-tartalmú takarmánnyal kielégíthető.

Monogasztrikus állatokban a P-értékesülés javítására, és ezzel a környezetbe kerülő P mennyiségének csökkentésére, két lehetőség kínálkozik, vagy a növények fitin P-tartalmát csökkentjük vagy exogén fitázt etetünk. Mindkét módszerrel növelhetjük a P-felszívódást és csökkenthetjük a P-ürítést. A két módszer közül, a gyakorlatban jelenleg az enzim alkalmazása a járható út, de az utóbbi években számos kísérleti eredmény jelent meg az alacsony fitinsav-tartalmú takarmányokkal kapcsolatban, sertésben (*Sands és mtsai*, 2001), illetve baromfiban (*Li és mtsai*, 2000; *Yan és mtsai*, 2000).

Alacsony P-tartalmú takarmányt mikrobiológiai úton előállított fitázzal kiegészítve javult a sertések súlygyarapodása (*Simons és mtsai*, 1990; *Jongbloed és mtsai*, 1996). A P kiválasztás mértéke 25–50%-kal csökkent fitáz alkalmazásakor (*Lei és mtsai*, 1993; *Yi és mtsai*, 1996), növelve a P felszívódás mértékét. Egy korábbi, ^{32}P -ral végzett kísérletünk (*Fébel és mtsai*, 2003; *Gundel és mtsai*, 2004) fő eredményeit összefoglaló ábrán (3. ábra) látható, hogy az enzimkiegészítés (2b csoport) növelte az anorganikus foszfátkiegészítésből származó foszfát fekális ürítését, ugyanakkor a fitinfoszfor felszívódása fokozódott. Az eredmények szerint fitáz alkalmazásával szervesen eredetű foszfor váltható ki, azaz sertések takarmányadagjában, a gyakorlatban előszeretettel használt takarmányfoszfátok mennyiségét csökkenthető.

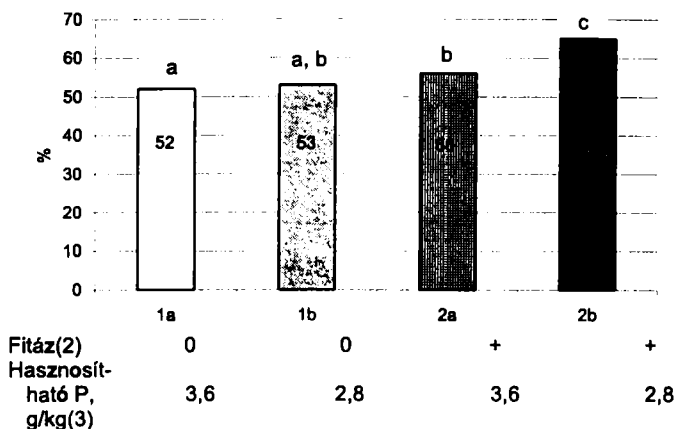
A fitáz dózisára illetve a P-felszívódás nagyságára irányuló kinetikus vizsgálatok (4. ábra) szerint 500 U/kg fitáz adagolásakor 0,75 g-mal több P szívódik fel (*Kornegay és mtsai*, 1998). Az anorganikus foszfát hasznosulási értékét (76,7%) figyelembe véve 500 U/kg fitázzal 0,98 g anorganikus eredetű P váltható ki. Más vizsgálatokban is hasonló értékről számoltak be. Így *Harper és mtsai* (1997) 0,96 g, *Radcliffe és Kornegay* (1998) 0,84 g értéket állapítottak meg. A kísérletek arra is felhívták a figyelmet, hogy növendék sertések takarmánykeverékébe 500 U/kg-nál nagyobb koncentrációban nem célszerű a fitázt bekeverni.

A fitáztatás P-ürítésre gyakorolt hatásának értékelésekor az egész P-forgalmat érdemes komplexen értékelni, azaz a felszívódás mellett fontos figyelemmel lenni, hogy valójában mennyi P retineálódik. Hazai kutatók (*Babinszky és Tossenberger*, 1997) vizsgálata szerint a kukorica-szója alapú takarmánykeverékek esetében a fitáz, függetlenül az abrak P-tartalmától, javította a P-emészthetőséget (7. táblázat). Ugyanakkor a P-retenció csak az anorganikus foszfor-kiegészítést nem tartalmazó abrak esetében javult. Ez azt mutatja, hogy a nagyobb P-felszívódás következtében a bélsár P-tartalma ugyan kisebb, de a változatlan P-retenció miatt a vizelettel több P ürült, azaz a környezet P-terhelése nem csökkent. Az eredmények szerint növendéksertések P-szükséglete anorganikus P-kiegészítést nem tartalmazó takarmánykeverék esetében is kielégíthető, ha a takarmánykeveréket 250 U/kg fitázzal egészítjük ki.

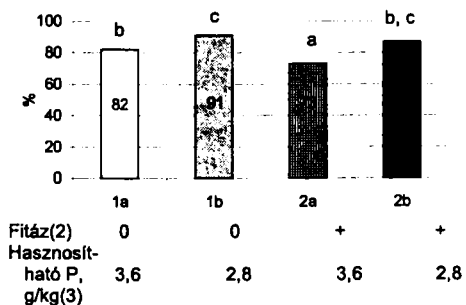
Baromfiágazat P-kibocsátásának csökkentésére szolgáló takarmányozási lehetőségek főbb hatásait a 8. táblázat foglalja össze. A gyakorlatban leginkább használt módszer a fitáz adagolása. A fitin-P hasznosulás 20–30%-kal is javulhat fitáz etetésekor (*McKnight*, 1996; *Kornegay*, 1999).

3. ábra: P^{32} forgalom változása sertésekben eltérő hasznosítható P-tartalom, ill. fitáz-kiegészítés esetén

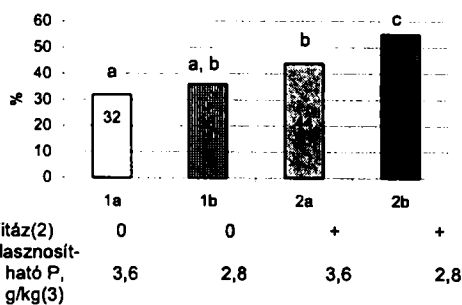
A felvételhez viszonyított felszívódott összes P(1)



A szervesen eredetű P felszívódása a felvételhez viszonyítva(4)



A fitin-P felszívódása(5)



a, b, c különböző betűvel jelölt értékek eltérnek $P < 0,05$ szignifikanciaszinten(6)

Fig. 3.: P^{32} metabolism in pigs fed diet with different levels of available P and phytase supplementation

P absorption % of total P intake(1), phytase(2), available P(3), inorganic P absorption % of P intake(4), phytate P absorption % of intake(5), ^{abc}: means with different superscripts are significantly different at $P < 0.05$ (6)

Alacsony hasznosítható P-tartalmú (0,26%) takarmány 900 U/kg fitázzal való kiegészítésével nőtt a súlygyarapodás, a csont hamutartalma, valamint a P- és Ca-retenció (Qian és mtsai, 1997). A kapott eredményeket a D_3 -vitamin-adagolás (660 μ g D_3 -vitamin/kg takarmány) még tovább javította, ugyanakkor a Ca:P arány 1,1-ről 1,7-re való növelése rontotta. Hazai szerzők (Babinszky és Tossenberger, 1997) a fitáz hatását, a colon terminális részébe beültetett kanüllel ellátott kifejlett ludakban vizsgálták. Megállapították, hogy a takarmány 450 U/kg koncentrációban fitázzal történő kiegészítése esetén 23%-kal csök-

kent a bélsárral ürített foszfor mennyisége. Nagy teljesítményű tojóhibridek takarmányainak nem fitin P-tartalmának akár 40%-os csökkentése is javasolható, abban az esetben, ha a tojótápot legalább 250 U/kg mennyiségben fitázzal (*Trichoderma reesei* által termelt 3-típusú fitáz) egészítjük ki (Tossenberger és mtsai, 2007).

4. ábra: A fitázadagolás hatása a felszívódott P mennyiségének növekedésére

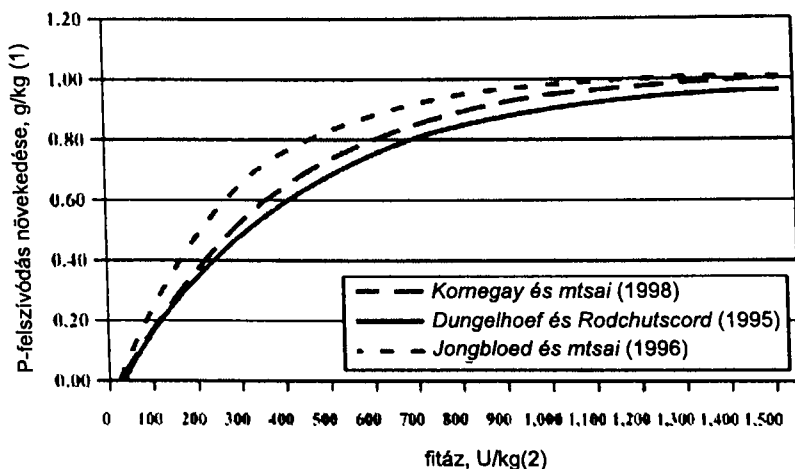


Fig. 4.: Comparison of phytase response curves for the increase in P absorbed increased in P absorbed(1), phytase, U/kg(2)

7. táblázat

A fitáz-kiegészítés hatása kukorica-szója bázisú takarmánykeverékek foszfortartalmának emészthetőségére, és növekedéscsökkentése foszforretenciójára (Babinszky és Tossenberger, 1997)

Megnevezés(1)	Fitáz-kiegészítés, U/kg(2)			
	0	250	500	1000
Anorganikus P-kiegészítést nem tartalmazó takarmánykeverékek(3)				
P-emészthetőség, %(4)	36 ^a	56 ^b	61 ^c	64 ^d
P-retenció, %(5)	35 ^a	55 ^b	54 ^b	53 ^b
Anorganikus P-kiegészítést (2 g/kg) is tartalmazó takarmánykeverékek(6)				
P-emészthetőség, %(4)	46 ^a	51 ^b	54 ^c	60 ^d
P-retenció, %(5)	37 ^a	38 ^a	37 ^a	37 ^a

abcd: azonos sorokon belül, az eltérő betűk, P<0,05 szinten szignifikáns különbséget jelölnek(7)

Table 7.: Effect of phytase supplementation on P digestibility and P-retention in pigs fed corn-soybean meal based diet (Babinszky and Tossenberger, 1997)

item(1), phytase-supplementation, U/kg(2), without inorganic P-supplementation(3), P-digestibility, %(4), P-retention, %(5), with inorganic P-supplementation, 2 g/kg(6), ^{abcd}: means with different superscripts are significantly different within the row at P<0.05(7)

8. táblázat

**Különböző takarmánykomponensek hatása a fitinfoszfor hasznosulására
és a foszforürítés mértékére baromfiban**

	Összes P, g/kg(1)	Hasznosítható P, g/kg(2)	Fitáz, U/kg(3)	D ₃ -vitamin μg/kg(4)	1-OHD ₃ , μg/kg	25-OHD ₃ , μg/kg	1,25(OH) ₂ D ₃ , μg/kg	Ürített P, g/kg(5)	Fitin-P retenci- ció, % (6)	Forrás* (7)
Brojler										
2–5 hét(8)	4,6	2,1	0; 250; 500; 2 500	—	—	—	—	2,08; 2,03; 1,9; 1,84	—	1
0–16 nap(9)	5,2	2,2	—	27,5; 112; 220	—	—	—	—	51; 58; 57	2
0–16 nap(9)	5,2	2,2	—	—	—	—	0; 10	—	55,3; 72,7	2
0–16 nap(9)	4,7	2,1	—	—	5	5	5	—	53,3**; 76,2; 71,2; 74,4	2
0–21 nap(9)	5,1	2,7	0; 300; 600; 900	—	—	—	—	—	54,1; 56,4; 58,3; 59,9	3
0–21 nap(9)	5,1	2,7	—	66; 660; 6 600	—	—	—	—	56; 58,4; 58,2	3
Tojó- tyúk (10)	3,3	1,55	600	—	—	—	0; 5	—	62,9; 76,6	4

* 1=Zhang és mtsai (2000), 2=Edwards (2002), 3=Qian és mtsai 1997), 4=Carlos és Edwards (1998)

** kontroll csoport, kiegészítés nélkül(11)

Table 8.: Effect of various feed ingredients on phytate P utilization and excretion in poultry total P, g/kg(1), available, P, g/kg(2), phytase, U/kg(3), vitamine D₃, μg/kg(4), excreted P, g/kg(5), phytate P retention, % (6), source*(7), week(8), day(9), layers(10), ** control treatment, without supplementation(11)

Kérdődzőkben, a szokásos takarmányokkal 2,5–5,0 g/kg szárazanyagnak megfelelő P jut a bendőbe. A gazdaszervezet számára, a nyálon és a takarmányon kívül, a harmadik P-forrást a bendőbaktériumok jelentik. A szakirodalom eddig meglehetősen alábecsülte a mikrobiális foszfornak a gazdaszervezet P-ellátásában betöltött szerepét. Ezek a bendőfolyadékból illetve a takarmányból (*Beaumat*, 1981) származó P-t főként szerves formában (nukleotidok) halmozzák fel (*Komisarczuk*, 1985).

A nettó életfenntartó P-szükségletet leggyakrabban az állat súlya alapján számítják ki (*NRC*, 1989), jöllehet az azonos súlyú állatok is különböző mennyiségű és típusú takarmányt fogyaszthatnak. Pontosítást jelent ezen a téren az igény szárazanyag-felvételre vonatkozó kifejezése (*NRC*, 2001). Meg kell jegyezni azonban, hogy a szárazanyag-felvételen túl, a fejadag összetétele is fontos szempont, hiszen a P hasznosíthatósága függ az etetett takarmányoktól, valamint az azokban lévő ásványi anyagok interakciójától. Ezen túlmenően, a fejadag abrak:tömegtakarmány aránya is jelentősen befolyásolja a nyálterme-
lést, és így a bendőbe jutó P mennyiségét, de hat a takarmány bendőn való

áthaladásának mértékére (outflow rate) is. Ennek következtében alapvetően meghatározza, hogy mennyi hasznosítható P áll az állat rendelkezésére. Mindezekre tekintettel célszerű lenne a nettó P-szükségletet abszolút mennyiségben és nem a szárazanyag %-ában megadni. Végezetül a szükséglet megadásakor tekintettel kellene lenni a bendőbaktériumok P-felvételére (AFRC, 1991) és az állat élettani állapotára is.

A P-szükséglet megállapításának kulcsa, kérdődzőkben is, a takarmányok hasznosítható (available) P-tartalmának ismerete. A fejadag fitinfoszfor-tartalma az egyik olyan tényező, mely jelentősen befolyásolja a hasznosítható P mennyiségét. A foszfort a fitinkötésből kiszabadító fitáz aktivitásának vizsgálata lényeges kérdés, mert a bendőt elhagyó fitinfoszfor az emésztőcsatorna további részében már nem hidrolizálható. A fitinsav, a foszfortól függetlenül is antinutritív anyag, mert más enzimek (pl. tripszin) gátlásával rontja egyes táplálóanyagok (pl. fehérjék) emészthetőségét (Caldwell, 1992), magukat a fehérjéket is megkötheti (Gifford és Clydesdale, 1990), továbbá különböző ásványi anyagokkal (pl. Ca, Zn, Fe) oldhatatlan komplexeket (fitátok) képez.

A fitinfoszfor jól hasznosul a kérdődzőkben, mert a bendő-mikroorganizmusoknak van fitázaktivitása. Tejelő tehenekkel végzett kísérletben kimutatták (Clark és mtsai, 1986), hogy a fitinfoszfor 98%-a lebomlik (hidrolizál). A búzából és extrahált szójadarából származó fitinfoszfor több, mint 99%-a bomlik le a bendőben. Egy másik kísérletben 8 különböző koncentrátum fitinfoszfor-tartalmának lebomlását vizsgálták *in vitro* és *in vivo* tehenekben (Morse és mtsai, 1992). Ezek a keverékek az összes P 32–81%-át tartalmazták fitinfoszfor formájában. Az *in vitro* vizsgálatok szerint, a fitinfoszfor több, mint 90%-a hidrolizált. Az *in vivo* vizsgálatban ugyanez az érték meghaladta a 94%-ot. Amikor a különböző tömegtakarmányok P-tartalmának hasznosíthatóságát aszerint tanulmányozták, hogy az miként alakul abrak- és D-vitamin-kiegészítés hatására, vagy anélkül, azt tapasztalták, hogy abrak-kiegészítés hatására javult a tömegtakarmány P-tartalmának hasznosíthatósága (Hibbs és Conrad, 1983). Mindezek következtében olyan szakmai javaslatokkal is találkozhatunk, hogy a fitinfoszfor kompenzálására való hivatkozással nem szabadna emelni a napi P-bevitelt.

Ismert azonban, hogy a takarmánykezelés (formaldehid, hő) hatására a fitinfoszfor ellenállóvá válhat a fitázzal szemben (Konishi és mtsai, 1999; Park és mtsai, 1999). Más részről, a tejtermelés egyre magasabb szintje miatt, folyamatosan emelkedik a tehenek fejadagjának abrakhányada, melynek hatásai az alábbiakban összegezhetők.

a) Nő a bendőbe jutó fitinfoszfor mennyisége. Abraktakarmányokban a fitinfoszfor eléri az összes P 50–70%-át. Ha viszont túl sok a bendőbe jutó fitinfoszfor, a bendőmikrobák fitáztermelése kevésnek bizonyulhat (Pfeffer, 1995; Meschy és Guéguen, 1998) a megfelelő mértékű hidrolízishez.

b) A fejadag emelésével nő a bendőfolyadék átfolyási sebessége, azaz a mikrobák által termelt fitáz túl rövid ideig érintkezhet a szubsztráttal és ez limitálhatja a fitinfoszfor hasznosíthatóságát. Így például 5%/óra bendőátfolyási sebesség esetén, a fűszilázs P-tartalmának 73%-os hasznosíthatóságát mérték (Rooke és mtsai, 1983). Emanuele és Staples (1990) 72 órás inkubálás időt alkalmazva, 66–80% közötti értékűnek találta hat különböző tömegtakarmány P-tartalmának hasznosíthatóságát. Megállapították ugyanakkor, hogy a bendő-

tartalom átfolyási sebességének 2%/óra értékről 8%/óra történő növekedésével, az extrahált szójadara fitinfoszfor-tartalmának lebomlása 62%-ról 37%-ra csökkent (*Park és mtsai*, 1999). Ez pedig, az amúgy is erős igénybevételnek kitett, nagy tejtermelésű tehenek megfelelő P-ellátását veszélyeztetheti.

c) Tovább súlyosbíthatja a helyzetet, hogy az abrak mennyiségének növekedésével, csökken a rágás ideje, ezáltal a nyáltermelés, melynek következtében kevesebb foszfor jut a bendőbe a nyállal.

d) A hasznosítható P értékét az abrakfélék más összetevői is befolyásolhatják. A bennük lévő egyéb ásványi anyagok (Ca, Zn) például oldhatatlan komplexet képezhetnek a foszforral a felszívódás helyén (*Field és mtsai*, 1983; *Gifford és Clydesdale*, 1990; *Maenz és mtsai*, 1999).

A foszfor különböző formáinak egymáshoz viszonyított aránya nagy változatosságot mutat a különböző takarmányokban. A gyakorlatban a takarmányok fitinfoszfor-tartalmát 50–70% között értékként adják meg (*USA/NRC*, 1989): 50%, UK: 58%, Hollandia: 60%, Németország: 60%). Franciaország (*AFRC*, 1991) 70%-ot ad meg az abrakfélékre és csak 58%-ot a tömegtakarmányban gazdag adagokra. Ilyen irányú konkrét vizsgálatok szerint, a magvak és azok melléktermékei, a foszfor 50–70%-át tartalmazzák fitinfoszfor formájában (*Pointillart*, 1994), 20–30%-át pedig foszfolipidek, nukleinsavak és fehérjéhez kötött foszforként és mindössze 8–12%-át szervesen alakban (*Georgievskii*, 1981). A tömegtakarmányok fitinfoszfor-tartalmára vonatkozóan vannak, akik 70 (*Guéguen és Durand*, 1976) mások 75 (*Dayreii és Ivan*, 1989), illetve 80%-os értéket adnak meg (*Martz és mtsai*, 1990). Éppen ezért a jelenlegi rendszer legfőbb kritikája nem a hasznosítható foszforra vonatkozó konkrét százalékos értékeket érinti, hanem e számok állandóságát. A 60%-os értéket elfogadhatónak tartják olyan fejadag esetén, amelyik nagy mennyiségű szénát tartalmaz, míg a 70%-os hasznosíthatósággal történő számolást javasolják a szilázsra alapozott takarmányozásban (*Bravo és mtsai*, 2003). Csak az *AFRC* (1991) veti fel, hogy különböző hasznosítható P-mennyiséggel számoljunk tömegtakarmányra alapozott illetve nagymennyiségű abrakot tartalmazó fejadag esetén.

A P-ellátás optimalizálásával csak az utóbbi 2–3 évben kezdtek el foglalkozni a kérődzők takarmányozásában, jól lehet itt is további vizsgálatokra ösztönöznek a környezet P-terhelésének mérséklése érdekében felmerülő igények. A tejelő tehenek takarmányozásában alkalmazott P-szint általában 4,5–5,0 g/kg szárazanyag. Ez mintegy 20%-kal haladja meg az *NRC* (2001) által javasolt értéket. Mi lehet az oka, a gyakran túlzott P-adagolásnak? Ezzel kapcsolatosan legalább 3 tényezőt érdemes megfontolni (*Satter és mtsai*, 2002):

a) Az egyik feltevés, hogy a többlet P javítja a tehenek szaporodási mutatóit. *Lopez és mtsai* (2004) 250 tehénnel végeztek vizsgálatokat, amiben az állatokat az *NRC* (2001) ajánlásának megfelelően 0,37% P-, illetve ennél magasabb, 0,57% P-tartalmú fejadaggal etették. A nagyobb P-tartalmú takarmány etetése nem növelte a tejtermelést és az állatok szaporodásbiológiai mutatóiban sem találtak eltérést. Ez utóbbi cáfolja azt a széles körben tartott nézetet, mi szerint a nagyobb mennyiségű P javítja a termékenységet.

b) A P-túletetés másik gyakori oka, hogy egy úgynevezett „biztonsági tartaléktól”, a tejtermelési szint nagyobb megbízhatóságát várják. Ezzel szemben az eredmények azt mutatják, hogy 7000–13000 kg laktációs tejtermelés között, a P-hiány kezdeti, enyhe tüneteit akkor lehet felfedezni, ha a takarmány P-

tartalma mindössze 3 g/kg szárazanyag (Brintrup és mtsai, 1993; Valk és Ebek, 1999; Wu és mtsai, 2000, 2001).

c) A harmadik tényező, ami hozzájárulhat a gyakori P-túladagláshoz, a P-kiegészítők agresszív reklámozása (Satter és mtsai, 2002). Klopfenstein és Erickson (2002) egyenesen a takarmányozási menedzsment fontos feladatának tartja a P-kiegészítés megszüntetését a tehenek takarmányozásában. Tény, hogy a szakirodalmi adatok alapján, a valódi szükséglet (3,5–4,0 g/kg szárazanyag) szerinti adagolás mintegy 25–30%-kal csökkenthetné a P-ürítést és ezáltal mérsékelné a környezet P-terhelését. Wu és mtsai (2000) tejelő tehenekkel végzett vizsgálata szerint, a napi P-bevitel 4,9 g/kg szárazanyag értékről 4,0 g/kg szárazanyagra történő mérséklése, 23%-kal csökkentette a bélsárral ürített P mennyiségét anélkül, hogy a tejtermelés módosult volna. A szakmai közvélemény tehát, elsősorban környezetvédelmi okokból hangsúlyozza a szükségletnek valóban megfelelő, azt „biztonsági” okokból nem meghaladó P-ellátást.

A P-ellátás pontosítása, valamint a nem elhanyagolható környezetvédelmi szempontok egyaránt megkívánják, hogy a hasznosítható P-mennyiségét vegyük figyelembe és azzal számoljunk. Ennek érdekében a szakirodalomban már egyre jobban hangsúlyozzák „a foszforellátás optimalizálására alapozott takarmányozási program” kidolgozásának és alkalmazásának szükségességét (Knowlton és mtsai, 2004).

Takarmányozási módszerek a metánképződés csökkentésére

A metántermelő baktériumok (döntően *Methanobacterium ruminantium*) a saját sejttérfogatuknak 500-szorosa mennyiségű gázt termelnek percenként. Ugyanakkor a bendőben élő mikrobapopulációnak mindössze 2–3%-át alkotják, így a gazdaszervezet számára hasznosítható mikrobiális biomassza képződéséhez csak 1%-ban járulnak hozzá. Ennek ellenére, tevékenységük következtében, a bruttó energia 2–12%-a, metán formájában vesz el (Johnson és Johnson, 1995). Becslések szerint, egy kifejlett szarvasmarha bendőjében naponta 300–600 liter metán termelődik, ami egyrészt a gazdaszervezet számára energiavesztést jelent, másrészt a környezetbe kerülve, mint ún. üvegházgáz az atmoszférát károsítja.

A metántermelést különböző takarmány-kiegészítőkkel csökkenthetjük. Már a 70-es években számos anyagot kipróbáltak a bendőbeli metánképződés gátlására, és többükről (halogénezett metánanalógok, szulfitek, nitrátok) bebizonyosodott, hogy gátolják a metántermelő baktériumok növekedését (Czerkawski és Breckenridge, 1975; Demeyer és Van Nevel, 1975). A metáninhibitorok közül, legjobb eredményt a klorálhidrát keményítővel képzett komplex vegyületével (amiklorál) érték el. *In vitro* körülmények között az amiklorál alkalmazásakor, a fermentáció hatásfoka 6–8%-kal nőtt, az aminosavak lebontása pedig 50%-kal csökkent (Chalupa és mtsai, 1980). A klorálhidrát 1–4 g/nap/állat adagban csökkentette a juhok bendőjében a metántermelődés mértékét (Mathers és Miller, 1982), amiklorál adagolásakor pedig nagyobb N-retenciót figyeltek meg (Leibholz, 1975). Klórozott vagy brómozott metánanalógok, a takarmányfelvétel 5%-os csökkenése mellett a takarmányértékesítés 5%-os javulását eredményezték bárányokban (Trei és mtsai, 1971a), hatásukra hizómarhákban is a

takarmányhasznosítás 5–9%-os javulását észlelték (*Trei és Scott, 1971b; Leibholz, 1975*). A szénhidrogének klórozott származékainak gyakorlatban való felhasználását nehezíti e készítmények étvágyrontó, valamint esetenkénti test-súlygyarapodást csökkentő hatása. További problémát jelent, hogy a bendő metántermelő mikroorganizmusai idővel „hozzászoknak” a klorálhidrát-származékokhoz, ezért alkalmazásuk eddig még nem járt átütő sikerrel.

A metáninhibitorok alkalmazásakor nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a metanogén baktériumok nagyon fontos szerepet játszanak a H_2 megkötésében, és ezzel lehetővé teszik a bendőben folyó fermentációs folyamatok megfelelő lefolyását (*Russell és Martin, 1984; Hino és Russell, 1985*). A metántermelés visszaszorítása a H_2 felszaporodását idézi elő, ami negatív hatással van a rostemésztésre, a fehérjelebontásra, valamint a mikrobiális fehérjeszintézisre. H_2 felhalmozódása esetén ugyanis, gátolt a NADH-ból történő H_2 képződés, aminek következtében a glükolízis során képződő NADH reoxidálása csökkenhet, a fermentáció lelassulhat. Azt is megfigyelték, hogy a metántermelés gátlásakor a H_2 vagy nem akkumulálódott a bendőben vagy sokkal kisebb mértékű volt a felhalmozódása, mint amit a sztöchiometriai számítások alapján, várni lehetett. Valószínűsítik, hogy a bendő mikroorganizmusai valamilyen úton átállnak a H_2 felhasználására (*Wolin, 1979*). A legtöbb esetben a metángátlást kisebb ecetsav-propionsav-hányados és néha nagyobb moláris vajsav arány kíséri. Az előbbieken leírt kölcsönhatás miatt, *Van Nevel és Demeyer (1988)* szerint, a metáninhibitorok egyben propionsavtermelést fokozó anyagok és viszont. A fumársav például, mint a propionsav-képződés egyik prekursora ugyancsak csökkenti a metánképződést (*Itabashi, 2002*). A fumársav *in vitro* (*Asanuma és mtsai, 1999*), illetve *in vivo* kísérletben (*Bayaru és mtsai, 2001*) csökkentette a metánemissziót, de más vizsgálat (*McGinn és mtsai, 2004*) nem igazolta ezt a hatást. Az ellentmondó eredmények oka valószínűleg a fumársav alkalmazott koncentrációjának különbözőségében keresendő. A metántermelés csökkentési lehetőségeivel kapcsolatos legtöbb irodalmi adat, a telítetlen zsírsavak etetésére vonatkozik. Nagyobb adagú zsírkiegészítés (>4%) több mint 20%-kal csökkentette a metántermelést. Hízómarhákban nagy tömegtakarmányú fejadag 4,6%-os repceolaj kiegészítése esetén, a metántermelés 32%-kal csökkent, ami a bruttó energia-felvétel arányában (a klímaváltozásra alakult kormányok közötti bizottság (*IPCC, 1996*) tervezete szerint, a metán kibocsátás számolt értékének alapja) 21% (*Beauchemin és McGinn, 2006*). Jóllehet a metántermelés csökkenése jelentősnek mondható, de ez döntően az állatok szignifikánsan alacsonyabb takarmányfelvételének tudható be. A repceolaj etetésekor ugyanis 21%-kal csökkent a takarmányfelvétel, továbbá a szárazanyag látszólagos emészthetősége is 15%-kal alacsonyabb volt, és az energiafelvétel, csak a kontrollcsoport 74%-át érte el. *Boadi és mtsai (2004)* számos más vizsgálat eredményét áttekintve összegzésként megállapították a repceolaj metántermelést csökkentő hatását. Más telítetlen hosszú szénláncú zsírsavak esetében is a metánemisszió csökkenéséről számoltak be. *McGinn és mtsai (2004)* napraforgóolaj (a szárazanyag 5%-a) etetésekor is a metántermelés csökkenését (felvett bruttó energia 21%-ával) tapasztalták hízómarhákban. Az olajetetést követő metántermelés csökkenését korábban azzal magyarázták, hogy a telítetlen zsírsavak bendőbeli hidrogénezéséhez H_2 vonódik el (*Johnson és Johnson, 1995*). A magyarázat inkább abban keresendő, hogy az olajkiegészítést köve-

tően csökkent a cellulolízis, követően a bendőtelítettség fokozódik. A lebontási folyamatok csökkenése (kisebb összes illózsírsav-tartalom) miatt, a rost látszólagos emésztése is kisebb. A csökkent metánképződés további oka lehet, hogy a bendőben, olaj-kiegészítéskor a protozoák száma is csökken (*Ivan és mtsai, 2004*). A metanogén baktériumok élettevékenysége *Newbold és mtsai (1995)* vizsgálatai szerint szoros kapcsolatban áll a protozoák működésével.

Az olajok adagolásával kapcsolatban mérlegelni kell, hogy a készítmények magas ára miatt, használatuk gazdaságos-e, illetve azt az élettani következményt is figyelembe kell venni, hogy a zsírsavak hatása nem szelektív. Alkalmazásukkor mindig tekintettel kell lenni arra, hogy a bendőbeli cellulózbontást csökkentik, aminek következménye egy csökkent takarmányfelvétel, ami természetesen negatív hatású a kérődzők termelésére.

A bendőbeli metántermelés gátlására jelenleg nincs olyan takarmányozási módszer, ami átütő hatású lenne, vagy mellékhatásként nem csökkentené az állatok termelését. További vizsgálatok szükségesek a kérődzők normális bendőműködését kísérő, de a környezetvédelmi problémát okozó metán termelésének csökkentésére.

A legeltetés hatásai a környezetre

A legeltetés gazdasági haszonállataink legtermészetesebb tartási és takarmányozási módja, ezért a szakszerű legeltetés nem csak környezetbarát — és meghatározó része az ún. fenntartható mezőgazdaságnak — hanem fontos szerepet tölthet be a természetvédelemben is. A természetes gyepek kiemelt értéke a növényállomány fajgazdagsága. Köztük nagyon sok védett, gyógyhatású, illetve a mézelő faj él. A szakszerűtlen legeltetés ezek fennmaradását veszélyezteti, azaz környezeti károsodást okoz.

A legelő állat fogyasztja a gyepek növényzetét, befolyásolva ezzel annak összetételét, és vele közvetlenül alakítja a környezetet. A „túllegeltetésnek” és az „alulegeltetésnek” egyaránt kedvezőtlen hatásai lehetnek. Az aránytalanul nagy terhelés a növényzet degradációjához vezet, amire gyakori példa a tenyész- és húsliba állományok túlzottan kis területre szorított legeltetése. A legeltetés elmaradásának hatásaként viszont megbomlik a korábbi évtizedekben kialakult, botanikai kép és egyensúlyba kerül az ún. „klímax” flóra. Megkezdődik a kőrös száru kétszikű gyomok, a bokrok és cserjék terjedése, távlatilag pedig (a nem kívánatos) erdősödés. Erre a folyamatra azért kell figyelmet fordítani, mert a legszigorúbban védett területeken (nemzeti parkokban, természetvédelmi területeken), éppen a gyepek az elsődleges földhasználati mód, megelőzve még az erdőt is.

A terhelésen kívül, a legeltetett állat faja (fajtája), illetve annak „szokásai”, legelési módja is befolyásolja a flóra összetételét. A szelektív legelés annál komolyabb veszély, minél kisebb az állat. Ebből a szempontból tehát a lúd és a kecske jelenti a legnagyobb veszélyt a gyepek növényállományára és ezen keresztül végül is a környezetre (*Mihók és Nagy, 1991*). Legeléskor a talaj taposása természetesen elkerülhetetlen, ami a növényzet szükségtelen tiprása mellett, főleg nedves talajokon okozhat rendkívüli károkat. Sík területeken, az ún. „marhajárás” effektus hatására, zsombékosodás indulhat meg. Lejtőkön, az

„agyontapostatott” gyepek nem képesek mérsékelni a vízfolyás sebességét, ami a talajerózió különböző formáinak kialakulását eredményezheti.

A legelőre kerülő trágyából jelentős N-kibocsátást jelent az elpárolgás, a kimosódás valamint a denitrifikáció. Legelőn, az istállózott tartással összehasonlítva, a trágya N-vesztesége jelentősen eltérő. A bélsárral ürülő N legnagyobb része szerves vegyület, ami eléggé stabilnak tekinthető, kb. 5%-a párolog el (Ryden, 1986). A kiválasztott N nagyobb része (55–75%) a vizelettel ürül, ami nagyon gyorsan ammóniává alakul. A rapid ammónia elpárolgást csökkenti, hogy a vizelet nagyobb része a földbe beszívódik. A vizelet összes N-tartalmának a környezetbe kerülő része, az időjárástól, talajtípustól függően, tág határok között 5% és 66% között változhat, az átlagos érték 10% (Oenema és mtsai, 2001). Forró, száraz időjárás esetén a N-veszteség értéke magas (Jarvis és mtsai, 1989). Döntően csapadékos, szélmentes időjárás esetén csökken a N-veszteség mértéke (Ryden, 1986). A sertések szabadtartásáról rendelkezésünkre álló kevés adat alapján úgy tűnik, hogy tőlük kétszer akkora a környezetbe kerülő N-vegyületek mennyisége, mint szarvasmarhák legeltetésekor (Eriksen és mtsai, 2002). Legeltetéskor, a talajba való bemosódásból eredő N-veszteség sokkal nagyobb, mint a termőföldek trágyázása esetén. A vizeletfoltokban a N koncentráció rendkívül magas, 300–1000 kg/ha N műtrágya területre való kijuttatásának felel meg. Ez a N messze meghaladja a növények N szükségletét, azaz a fölösleg belemosódik a föld mélyebb rétegeibe a talaj típusától függően (Di és Cameron, 2002b). A talajba bemosódott N-mennyiség, a földbe került vizelet N 10 és 60%-a. Tavasszal az érték jóval kisebb (fele az őszi időszaknak), mert a növények intenzívebb növekedésükkor során több N-t vesznek fel (Stout és mtsai, 1997). A vizelet-N kb. 5–30%-a a denitrifikáció következtében kerül a környezetbe (Di és mtsai, 2002c). A keletkezett vegyületek többsége a környezetre nézve ártalmatlan, de egy részéből (8%) a légkört károsító N_2O képződik (Oenema és mtsai, 2001). A legelőn megjelenő környezetet terhelő N-tartalmú anyagok mennyiségét, ésszerűen adagolt, és megfelelő hatékonysággal értékesülő nyersfehérje adaggal csökkenthetjük. A túl nagy állatsűrűséget el kell kerülni, és a szükséges szilaktakarmány és egyéb kiegészítéseket célszerűen, az állatok szükségletének megfelelően kell alkalmazni. A növények egyenletes táplálóanyag-ellátása a legelő egész területén nagyon fontos és elkerülendő a nagy N-veszteségeket, az itatók, illetve a kiegészítő takarmányok etetési helyét változtassuk többször a legeltetési szezonban. A legelőn, a sok esetben felesleges N műtrágyázás helyett, nagyobb területen termesszünk hereféléket és más pillangósokat, melyek megkötik a vizelettel és bélsárral a talajba kerülő N-tartalmú vegyületeket.

A takarmánygyártás, a tartósítás, valamint a feldolgozás környezetre gyakorolt hatása

E kérdéskör két, nem szükségszerűen, azonban a gyakorlatban mégis elkülönülő helyszínen jelentkezhet: a mezőgazdasági üzemben, vagy pedig a takarmányiparban. A mezőgazdasági üzemben jelentkező probléma a silózásakor keletkező csurgalék. A táplálóanyagokat is tartalmazó anyag, abszolút veszteség, ráadásul táptalaja lehet fertőzéseknek, élővízbe kerülhet, amelyben a szervesanyag hányad növelésével okozhat károkat. Előfordulásának gyakori-

- Demeyer, D.I. – Van Nevel, C.J.(1975) Methanogenesis, an integrated part of carbohydrate fermentation, and its control. In: Digestion and Metabolism in the Ruminant. Ed: McDonald, I.W. – Wamer, A.C.I., University of New England, Publ. Unit., Armidale, Australia, 366.
- Di, H.J. – Cameron, K.C.(2002a): Nitrate leaching in temperate agroecosystems: Sources, factors and mitigating strategies. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 46. 237–256.
- Di, H.J. – Cameron, K.C.(2002b): Nitrate leaching and pasture production from different nitrogen sources on a shallow stony soil under flood-irrigated dairy pasture. *Aust. J. Soil Res.*, 41. 317–334.
- Di, H.J. – Cameron, K. C. – Silva, R.G. – Russell, J.M. – Barnett, J.W.(2002c): A lysimeter study of the fate of ¹⁵N-labelled nitrogen in cow urine with or without farm dairy effluent in a grazed dairy pasture soil under flood irrigation. *N. Z. J. Agric. Res.*, 45. 235–244.
- Duengelhof, M. – Rodehutsord, M..(1995): Wirkung von phytasen auf die verdaulichkeit des phosphors beim schwein. Übers. Tierernährg., 23. 133–157.
- Edwards, Jr., H.M.(2002): Studies on the efficacy of cholecalciferol and derivatives for stimulating phytate utilization in broilers. *Poult. Sci.*, 81. 1026–1031.
- Emanuele, S.M. – Staples, C.R.(1990): Ruminant release of minerals from six forage species. *J. Anim. Sci.*, 68. 2052.
- Eriksen, J. – Petersen, S.O. – Sommer, S.G.(2002): The fate of nitrogen in outdoor pig production. *Agronomie*, 22. 863–867.
- Fébel, H. – Gundel, J. – Huszár, Sz. – Régius, Á. – Hermán, A.(2003): A foszforútítás mértékének alakulása növedék sertésekben a táp hasznosítható P-tartalmától illetve a fitázkiegészítéstől függően. *Akadémiai Beszámoló*, 30. 16.
- Field, A.C. – Kamphues, J. – Woolliams, J.A.(1983): The effect of dietary intake of calcium and phosphorus on the absorption and excretion of phosphorus in chimaera-derived sheep. *J. Agric. Sci.*, 101. 597–602.
- Frank, B.M. – Persson, M. – Gustafsson, G.(2002): Feeding dairy cows for decreased ammonia emission. *Livest. Prod. Sci.*, 76. 171–179.
- Fritts, C. – Waldroup, P.W.(2003): Modified phosphorus program for reducing excreta phosphorus levels based on commercial feeding intervals for broilers. *Poult. Sci.*, 82 (Suppl. 1):35. (Abstr.)
- Georgievskii, V.I.(1981): The physiological role of macroelements. In: Georgievskii, V.L. – Annekov, B.N. – Samokhin, V.I. (Eds). *Mineral nutrition of animals*. Butterworths, London, Boston, Sydney, Durban, Wellington, Toronto
- Gifford, S.R. – Clydesdale, F.M.(1990): Interaction among calcium, zinc and phytate with three protein sources. *J. Food Sci.*, 55. 1720–1724.
- Guéguen, L. – Durand, M.(1976): Utilisation des principaux éléments minéraux du maïs ensilé par le mouton en croissance. *Ann. Zootech.*, 25. 543–549.
- Gundel, J.(1999): Sertéshústermelés és ökológia. *Állattenyésztés és takarmányozás*, 48. 752–756.
- Gundel, J. – Hermán, I.-né – Szelényiné Galántai, M.(2004): Különböző hasznosítású sertések táplálékanyag-szükséglete, ill. ajánlások az abrakkeverékekben biztosítandó táplálékanyagok mennyiségére. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 53. 3. 291–301.
- Gundel, J. – Régius Mócsényi, Á. – Hermán, A. – Fébel, H. – Huszár, Sz. – Szelényi, M. – Szabó, A.(2004): Change of the apparent digestibility of nutrients and phosphorus as a function of phosphorus source and phytase supplementation in pigs. *J. Anim. Feed Sci.*, 13. 133–141.
- Han, I.K. – Lee, J.H.(2000): The role of synthetic amino acids in monogastric animal production. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 13. 543–560.
- Han, I.K. – Lee, J.H. – Piao, X.S. – Defa, L.(2001): Feeding and management system to reduce environmental pollution in swine production. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 14. 432–444.
- Harper, A.F. – Kornegay, E. T. – Schell, T.C.(1997): Phytase supplementation of low-phosphorus growing-finishing pig diets improves performance, phosphorus digestibility, and bone mineralization and reduces phosphorus excretion. *J. Anim. Sci.*, 75. 3174–3186.
- Hartung, J. – Phillips, V.R.(1994): Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. *J. Agric. Eng. Res.*, 57. 173–189.
- Hibbs, J.W. – Conrad, H.R.(1983): The relation of calcium and phosphorus intake and digestion and the effects of Vitamin D feeding on the utilization of calcium and phosphorus by lactating dairy cows. *Res. Bull.* 1150. Ohio Agric. Res. Center. Wooster, OH
- Hino, T. – Russell, J.B.(1985): Effect of reducing-equivalent disposal and NADH/NAD on deamination of amino acids by intact rumen microorganisms and their cell extracts. *Appl. Environ. Microbiol.*, 50. 1368.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*(1996): Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Workbook (Vol. 2), Module 4, Agriculture. Available: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5.htm> Accessed Mar. 29.
- Itabashi, H.*(2002): Reducing ruminal methane production by chemical and biological manipulation. Page 139., In: Greenhouse Gases and Animal Agriculture. *Takahashi, J. – Young, B.A.* (Ed.), Elsevier Sciences B.V., Amsterdam, The Netherlands
- Ivan, M. – Mir, P.S. – Mir, Z. – Entz, T. – He, M.L. – McAllister, T.A.*(2004): Effects of dietary sunflower seeds on rumen protozoa and growth of lambs. *Br. J. Nutr.*, 92. 303–310.
- Jarvis, S.C. – Hatch, D.J. – Roberts, D.H.*(1989): The effects of grassland management on nitrogen losses from grazed swards through ammonia volatilization; the relationship to excretal N returns from cattle. *J. Agric. Sci., Camb.* 112. 205–216.
- Johnson, K.A. – Johnson, D.E.*(1995): Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.*, 73. 2483–2492.
- Jongbloed, A.W. – Kemme, P.A. – Mroz, Z.*(1996): Effectiveness of Natuphos phytase in improving the bioavailabilities of phosphorus and other nutrients for growing-finishing pigs. *Phytase in Animal Nutrition and Waste Management*, M. B. 393.
- Jongbloed, A.W. – Lenis, N.P. – Mroz, Z.*(1997): Impact of nutrition on reduction of environmental pollution by pigs: An overview of recent research. *Vet. Q.*, 19. 130–134.
- Kay, R.M. – Lee, P.A.*(1997): Ammonia emission from pig buildings and characteristics of slurry produced by pigs offered low crude protein diets. In: *Proc. Symp. Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities*. Vinkeloord, The Netherlands, 253–259.
- Klopfenstein, T.J. – Erickson, G.E.*(2002): Effects of manipulating protein and phosphorus nutrition of feedlot cattle on nutrient management and the environment. *J. Anim. Sci., Suppl.* 2. 106–114.
- Knowlton, K.F. – Cobb, D.T.*(2006): Implementing waste solutions for dairy and livestock farms. *J. Dairy Sci.*, 89. 1372–1383.
- Knowlton, K.F. – Radcliffe, J.S. – Novak, C.L. – Emmerson, D.A.*(2004): Animal management to reduce phosphorus losses to the environment. *J. Anim. Sci.*, 82. 173–195.
- Koelsch, R. – Shapiro, C.*(1998): Estimating manure nutrients from livestock and poultry. G97–1334A. University of Nebraska, Available: <http://www.ianr.unl.edu/pubs/wastemgt/g1334.htm>
- Kohn, R.A. – Dou, Z. – Ferguson, J.D. – Boston, R.C.*(1997) A sensitivity analysis of nitrogen losses from dairy farms. *J. Environ. Manag.*, 50. 417–428.
- Komisarczuk, S.*(1985): Étude de l'influence du phosphore sur l'activité fermentaire, la protéosynthèse et les teneurs en ATP de contenus de rumen dans différents systèmes de culture continus. Thèse, Université de Paris Sud Centre d'Orsay
- Konishi, C. – Matsui, T. – Park, W. – Yano, F.*(1999): Heat treatment of soybean meal and rapeseed meal suppresses rumen degradation of phytate phosphorus in sheep. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 80. 115–122.
- Kornegay, E.T.*(1999): A review of phosphorus digestion and excretion as influenced by microbial phytase in poultry. *Proc. 1999 BASF Technical Symp.*, Atlanta, GA
- Kornegay, E.T. – Radcliffe, J.S. – Zhang, Z.*(1998): Influence of phytase and diet composition on phosphorus and amino acid digestibilities, and phosphorus and nitrogen excretion in swine. *BASF Technical Symp.*, Durham, NC, 125.
- Kornegay, E.T. – Verstegen, M.W.A.*(2001): Swine nutrition and environmental pollution and odor control. Page 609., In: *Swine Nutrition*. Ed: *Lewis, A.J. – Southern, L.L.*, CRC Press, Boca Raton, FL
- Kovács, R.K. – Babinszky, L.*(2006): A foszforellátás hatása a tojótyúk teljesítményére. *Takarmányozás*, 9. 3–4. 13–15.
- Kulling, D.R. – Menzi, H. – Krober, T.F. – Neftel, A. – Sutter, F. – Lischer, P. – Kreuzer, M.*(2001): Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from different types of dairy manure during storage as affected by dietary protein content. *J. Agric. Sci.*, 137. 235–250.
- Lei, X.G. – Ku, P.K. – Miller, E.R. – Yokoyama, M.Y. – Ullrey, D.E.*(1993): Supplementing corn soybean meal diets with microbial phytase maximum phytate phosphorus utilization by weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, 71. 3369–3375.
- Leibold, J.*(1975): Ground roughage in the diet of the early weaned calf. *Anim. Prod.*, 20. 93.
- Lenis, N.P.*(1989): Lower nitrogen excretion in pig husbandry by feeding: Current and future possibilities. *Neth. J. Agric. Sci.*, 37. 61–70.
- Lenis, N.P. – Jongbloed, A.W.*(1999): New technologies in low pollution swine diets: Diet manipulation and use of synthetic amino acids, phytase and phase feeding for reduction of nitrogen and phosphorus excretion and ammonia emission. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 12. 305–327.

- Wolin, M.J.(1979): The rumen fermentation: a model for microbial interactions in anaerobic ecosystems. In: *Advances in Microbial Ecology*. Ed.: Alexander, M., New York and London, 3. 49.
- Wu, Z. – Satter, L.D.(2000): Milk production during the complete lactation of dairy cows fed diets containing different amounts of protein. *J. Dairy Sci.*, 83. 1042–1051.
- Wu, Z. – Satter, L.D. – Blohowiak, R.H. – Stauffacher, R.H. – Wilson, J.H.(2001): Milk production, estimated phosphorus excretion, and bone characteristics of dairy cows fed different amounts of phosphorus for two or three years. *J. Dairy Sci.*, 84. 1738–1748.
- Wu, Z. – Satter, L.D. – Sojo, R.(2000): Milk production, reproductive performance, and fecal excretion of phosphorus by dairy cows fed three amounts of phosphorus. *J. Dairy Sci.*, 83. 1028–1041.
- Yan, F. – Kersey, J.H. – Fritts, C.A. – Waldroup, P.W. – Stilborn, H.L. – Crum R.C. – Rice, D.W. – Raboy, V.(2000): Evaluation of normal yellow dent corn and high available phosphorus corn in combination with reduced dietary phosphorus and phytase supplementation for broilers grown to market weights in litter pens. *Poult. Sci.*, 79. 1282–1289.
- Yi, Z. – Kornegay, E.T. – Lindemann, M.D. – Ravindran, V. – Wilson, J.H.(1996): Effectiveness of Natuphos phytase in improving the bioavailabilities of phosphorus and other nutrients in soybean meal-based semipurified diets for young pigs. *J. Anim. Sci.*, 74. 1601–1611.
- Zhang, Z.B. – Kornegay, E.T. – Radcliffe, J.S. – Denbow, D.M. – Viet, H.P. – Larsen, C.T.(2000): Comparison of genetically engineered microbial and plant phytase for young broilers. *Poult. Sci.*, 79. 709–717.

Érkezett: 2007. szeptember
Szerzők címe: Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet
Authors' address: Research Institute for Animal Breeding and Nutrition
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.