

A foszfor (natív és hozzáadott) értékesülés változása fitázenzim adagolásakor

Gundel János – Regiusné Möcsényi Ágnes –
Hermán Istvánné – Huszár Szilvia –
Votisky Lászlóné – Szelényiné Galántai Marianne –
Fébel Hedvig

Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet, Herceghalom

ÖSSZEFOGLALÁS

Magyar nagyfehér x holland lapály fajtájú 15–18 kg induló testsúlyú malacokkal, 2x2 elrendezésben, három ismétlésben, a következő elrendezésben állították be, az izotóp (^{32}P) foszforforgalom méréssel kiegészített anyagcsere kísérleteket.

	1/a	1/b	2/a	2/b
P-ellátás, g/kg	6,68	5,93	6,68	5,93
Fitáz-kiegészítés, FTU/kg	—	—	500	500

Az állatok takarmányadagja kukoricából és extrahált szójadarából állt, mindkét komponens fitátartalma nagy és fitáz aktivitása csekély. Az első szakaszban az 1/a állatok szükséglet szerinti P-ellátást kaptak, míg az 1/b csoport ennél mintegy 10%-kal kevesebbet, a második szakaszban mindkét csoport állatai azonos P-ellátás mellett 500 FTU/kg fitáz-kiegészítésben is részesültek (2a, 2b) a malacok. A P- és fitáz kiegészítéstől eltekintve, a malacok ellátása azonos volt.

Az összes P emészthetősége fitáz nélkül 52% körüli, ami fitáz-kiegészítéssel, szükséglet szerinti ellátáskor mintegy 4%-kal, szükséglet alatti foszforellátáskor 12%-kal növekszik, a fitáz hatására a táplálóanyagok emészthetősége ugyancsak valamelyest javult.

Az MCP-ben adott anorganikus P-hányad emészthetősége, az izotóp (^{32}P) kísérletek szerint, eléri a 82–90,8%-ot, ami fitáz kiegészítéskor 73,4–87,2%-ra csökken. Ezzel párhuzamosan a takarmányban levő natív P-emészthetősége 31,5–32,2%, ami a fitázkiegészítés hatására 42,5–54,5%-ra növekszik. Ezek az eredmények azt bizonyítják, hogy fitázkiegészítéssel az anorganikus P-bevitel csökkenthető, amivel a kiürülés és ezzel a környezetterhelés is nagymértékben csökkenthető.

SUMMARY

The experiments were carried out in a 2x2 factorial treatments with three replicates, and were completed with ^{32}P phosphorus metabolism measurement. Hungarian Large White x Dutch Landrace growing pigs with 15–18 kg starting live weight were involved in the experiment.

The experimental scheme was the following:

	1/a	1/b	2/a	2/b
P-supply, g/kg	6.68	5.93	6.68	5.93
Phytase-supplementation, FTU/kg	—	—	500	500

Diet consisted of maize and extracted soybean meal. Both components have high phytase content and low phytase activity. 1/a animals received their P-supply according to their needs and 1/b animals got 10% less than their actual P-need in the first part of the experiment.

In the second part of the experiment both groups (2/a, 2/b) received identical P-supply and 500FTU/kg P supplementation. Apart from P- and phytase-supplementation, the piglets' diet was identical.

Total P digestibility was 52% without phytase supplementation, which increases by 4% when P was added according to need and by 12% increase of decreased P-supply. Digestibility of nutrients somewhat increased as effect of phytase supplementation. According to the results of ^{32}P experiments, inorganic P digestibility of MCP was 82–90.8%, which decreases to 73.4–87.2% in case of phytase supplementation.

Parallel with tendency, native P digestibility of the diet was 31.5–32.2%, which increased to 42.5–54.5% in the case of phytase supplementation.

Results support the that inorganic P input can be decreased by phytase supplementation and as a consequence P output, the concept and environmental pollution can at the some time be decreased.

A takarmányozásban a táplálóanyag-ellátás optimalizálása régóta foglalkoztatja a szakembereket, ami a P-ellátásra is vonatkozik. Korábban az volt az elsődleges cél, hogy ne legyen hiányos az ellátás és mivel a különböző P-források hasznosítható hányada kevésbé volt ismert, a kiegészítés mértéke esetenként messze meghaladta a szükségletet. Mai ismereteink szerint túlzott biztonsági ráhagyásra nincs szükség, sőt a környezetterhelés szempontjából ez inkább káros. Ezt a tényt figyelembe véve végeztünk kísérleteket malacokkal eltérő P-ellátás mellett, annak nyomon követésére, hogy a natív és az anorganikus, jelzett P-hányad értékesülése és kiürülése hogy alakul, nagy fitinfoszfor-tartalma takarmány etetéskor, enzim-kiegészítéssel és anélkül.

A P-kiürülés lényegében három részre bontható (Rodehutscord, 2001), van az ún. *elkerülhetetlen* hányad, amely az ellátástól független, sőt teoretikusan P-mentes takarmányozásnál is ürül elsősorban a bélsárban, esetleg a vizeletben is, a foszfátok endogén szekréciója következtében, ami az egygyomrú állatoknál a feltételezések szerint a testsúlyhoz kapcsolódó funkció (a kérdőzőknél ez a takarmányfogyasztás és az energia-ellátás függvénye). Az újabb kísérleti eredmények ezt a veszteséget 7 mg/kg élősúly/napra becsülik (Jongbloed és Everts, 1992; Rodehutscord és mtsai, 1998), és ennek kevesebb mint 10%-a ürülhet a vizeletben.

A P-ürülés második hányada a szabályozás, az egyensúly szabta kiürülés, amely az ellátástól függ. A

szükségletet meghaladó foszfor-kiegészítés mind a bélsárban, mind a vizeletben megnöveli a kiürülés mértékét (Fernandez, 1995; Vemmer, 1982), vagyis az ürülésnek ez a hányada kizárólag az ellátás függvénye.

Harmadsorban a takarmányban lévő P-vegyület kötési formájától is függ az ürülés mértéke (pl. fitinfoszfor). Günther és Al-Masri (1988) szerint az anorganikus, de elsősorban a natív P kötési formája nagyobb hatást gyakorol az endogén P-ürülés mechanizmusára, mint az adagban levő össze P mennyisége.

Ismert tény, hogy az eltérő P-emészhetőség legfőbb oka az abraktakarmányok fitintartalma, mivel a fitinsavhoz kötött P-t a nem kérődzők nem képesek hasznosítani, azt a hányadot azonban, amely abszorbeálódni képes, az az intermedier anyagcserében teljes mértékben hasznosul. Ezt figyelembe véve, szükségletként nem összes, hanem hasznosítható P-ról célszerű beszélni. A hasznosítható P-mennyiség alakulásához szeretnénk, malacokkal végzett kísérletek segítségével, további adatokat szolgáltatni.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Magyar nagyfehér x holland lapály fajtájú 15–18 kg induló testsúlyú malacokkal 2x2 elrendezésben három ismétlésben végeztük az anyagcsere kísérleteket. A kísérlet elrendezését az 1. táblázat tartalmazza. Az állatok takarmányadagja kukoricából és extrahált szójadarából állt, mindkét komponens fitáttartalma nagy és fitáz aktivitása csekély. Az első (1.) szakaszban az 1/a állatok szükséglet szerinti P-ellátást kaptak, míg az 1/b csoport ennél mintegy 10%-kal kevesebbet, a kettes (2.) szakaszban mindkét csoport állatai azonos P-ellátás mellett 500 FTU/kg fitáz-kiegészítésben (Novo Nordisk cég, Phytase Novo CT 2500 fitáz/g készítmény) is részesültek (2a, 2b) a malacok. A két szakaszban etetett takarmányok összetételét és táplálóanyag-tartalmát a 2. táblázat szemlélteti.

Az adatok szerint a P- és a kettes szakaszban adott fitáz-kiegészítéstől eltekintve az ellátás azonos volt (198,1–198,7 g/kg nyersfehérje és 14,1–14,2 DE MJ/kg energiaellátás mellett), az állatok naponta 600 g takarmányt fogyasztottak, 9+2 nap előtetéssel és 5 nap gyűjtési szakasszal. Az izotóp ^{32}P forgalomhoz a hagyományos 9 napos előtetést két napos izotópos előtetés követte, összesen 6 MBq/nap ^{32}P izotópot kaptak ($\text{H}_3^{32}\text{PO}_4$ hordozómentes, Izotóp Intézet Kft., Budapest), az öt napos főszakaszban 24 óránként folyt a bélsár és vizelet gyűjtése, majd megfelelő előkészítés után meghatároztuk a ^{32}P fajlagos aktivitását plasztiksztillátorral felszerelt detektor segítségével, amelyből a hozzátartozó P-tartalmat kiszámítottuk. A bélsárminták egy részét lefagyasztottuk és megfelelő várakozási idő után meghatároztuk az összes P-tartalmat (MSz-ISO 6491) és a többi táplálóanyagot is.

1. táblázat

Kísérleti elrendezés (n=2x2x3, induló élősúly \bar{x} =17,5 kg)

	1/a	1/b	2/a	2/b
P-ellátás, g/kg(1)	6,68	5,93	6,68	5,93
Fitázkiegészítés, FTU/kg(2)	—	—	500	500

Table 1: Experimental design (n=2x2x3, initial liveweight \bar{x} =17,5 kg)

P-supply(1), added phytase, FTU/kg(2)

2. táblázat

Az etetett abrakkeverékek összetétele (%) és táplálóanyag-tartalma (g/kg)

	1/a (Kontroll)	1/b
Kukorica(1)	66,8	67,4
Extr. szójadara 46%(2)	30,0	30,0
Tak. mész(3)	1,1	0,9
Monokálciumfoszfát(4)	1,2	0,8
Tak. só(5)	0,4	0,4
Malac premix (0,5%)*(6)	0,5	0,5
Táplálóanyag-tartalom(7)		
Száranyag(8)	903,2	902,2
Nyersfehérje(9)	209,6	209,2
Nyersrost(10)	33,8	32,8
Nyerssír(11)	33,3	31,6
DE sertés, MJ/kg(12)	14,1	14,2
ME sertés, MJ/kg(13)	13,5	13,6
Lizin(14)	10,7	10,7
Metionin(15)	3,2	3,2
Ca	7,3	6,2
P	6,68	5,93
Fitáz-kieg. tak. FTU/ kg(16)	—	500

* Premix összetétele (1000 g-ban)(17): Ca 20,9%; Fe 23616 mg/kg; Mn 11346 mg/kg; Cu 30800 mg/kg; Zn 23760 mg/kg; Se 20,3 mg/kg; Co 103,2 mg/kg; J 120,9 mg/kg; A-vitamin 2 500 000 NE/kg; D₃-vitamin 300 000 NE/kg; E-vitamin 6000 NE/kg; B₂-vitamin 576 mg/kg; B₁₂-vitamin 3 mg/kg; pantoténsav 1156 mg/kg; niacin 2940 mg/kg; kolinklorid 45 500 mg/kg

Table 2: Composition (%) and nutrient content (g/kg) of diets maize(1), extr. soybean 46%(2), chalk(3), monocalcium phosphate(4), salt(5), premix for piglets 0,5(6), nutrient content(7), DM(8), CP(9), CF(10), EE(11), DE pig, MJ/kg(12), ME pig MJ/kg(13), lysine(14), metionin(15), phytase suppl. FTU/kg feedstuffs(16), composition of premix(17)

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

Az etetett takarmánykomponensekben lévő P-mennyiségek értékesülése, a nagy fitin P-hányad miatt erősen korlátozott, irodalmi adatok szerint (Jongbloed és Kemme, 1991; Berk és Schulz, 1993; Kirchgessner, 1994; Schulz, 1997; DLG, 1999) a kukoricáé 15%-ban, az extr. szójáé 35%-ban emészthető, az MCP-é 90%-os. Az összes P-szükséglet ebben a korcsoportban (Takarmánykódex, 1990) 6 g/kg, a hasznosítható hányad 3,2 g/kg. A 2. táblázat adatait figyelembe véve a kontroll állatok összes és emészthető P-ellátása, míg a kísérleti kezeléseké alatta marad, megfelel a szükségleti

értékeknek. Az egyes kezelések Ca:P aránya megközelítően 1,12, ill. 1,11 az 1-hez volt.

A fitázos és a fitáz-kiegészítés nélküli kezelések összes P-forgalmának a felvétel az ürítés a bélsárban és a látszólagos P-emészhetőség alakulását a 3. táblázat, valamint az 1. ábra szemlélteti. A fitáz nélküli kontroll, 1/a kezelésben, az összes P emészhetősége 52,3%, ami a kisebb P-bevitel hatására, 1/b kezelésben, alig változik, 52,7% volt. Fitáz-kiegészítéskor a P látszólagos emészhetősége mintegy 6%-kal növekszik a kontroll kezelésben (2/a) így a szükségletként megadott, 3,2 g/kg hasznosítható hányad 3,6 g/kg lesz, ami a kísérleti állatoknál (2/b) tovább 3,8 g/kg-ra emelkedik. Schulz és Berk (1996) azt tapasztalták, hogyha az adag P-tartalmát növelik (3,6%-ról 4,4 g/kg-ra), valamelyest javul a napi súlygyarapodás. Az anyagcsere kísérlet időtartama túl rövid ahhoz, hogy a súlygyarapodást érdemben értékelni lehessen, bár a fitáz-kiegészítés hatására tendenciájában az állatok súlygyarapodása is javult, amit Hoppe (1992) szerint a jobb P-ellátás alátámaszthat. A P-felvételi és ürítési adatok Hoppe (1992) és saját korábbi (Gundel és mtsai, 1998) eredményeinkhez hasonló tendenciát mutatnak.

A fitáz-kiegészítés hatására a P-on kívül az egyes táplálóanyagok emészhetősége is javulhat, esetenként szignifikánsan vagy csak tendenciájában. Kemme és mtsai (1999) sertésekkel végzett kísérleteikben a fehérje látszólagos ileális emészhetőségének 2,5%-os javulását találták, más szerzők (Officer és Batterham, 1992; Khan és Cole, 1993; Gundel és mtsai, 1998) 12–14%-os fekális emészhetőség növekedésről számoltak be. Ezekkel

ellentétben Ketaron és mtsai (1993), Nási és Helander (1994) és Pallauf és mtsai (1994) fitáz-kiegészítéses kísérleti eredményei nem igazolták a fehérje emészhetőségének javulását.

3. táblázat

Összes P-forgalom alakulása, mg/nap (n=2x2x3)

Kezelések(1)	P-felvétel (2)	Ürítés bélsárral (3)	Abszorb. P(4)	Látszólagos em., %(5)
	összesen(6)			
1/a Kontroll(7)				
\bar{x}	4008	1907	2101	52,3
$\pm s$	—	50	60	1,5
1/b Kísérleti(8)				
\bar{x}	3558	1683	1875	52,7
$\pm s$	—	100	110	2,9
Fitáz-kiegészítés (500 FTU/kg)(9)				
2/a Kontroll(7)				
\bar{x}	4008	1762	2246	56,0**
$\pm s$	—	50	70	1,5
2/b Kísérleti(8)				
\bar{x}	3558	1260	2300	64,6**
$\pm s$	—	60	60	2,1

1/a–2/a P<0,01

1/b–2/b P<0,01

Table 3: Total P-turnover, mg/day (n=2x2x3)

treatments(1), P-intake(2), output by faces(3), absorbed(4), apparent digestibility, %(5), total(6), control(7), experimental(8), phytase supplemented (500 FTU/kg)(9)

1. ábra: Felvett és bélsárban ürített összes P-mennyiségek

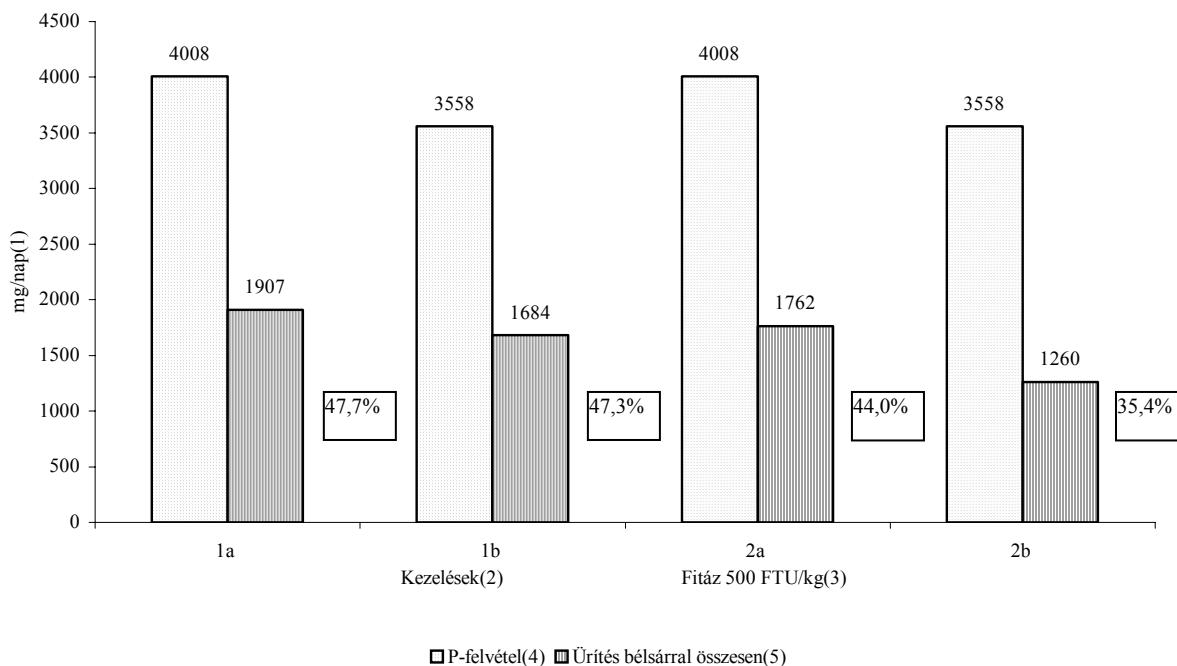


Figure 1: Total P- amount (intake-output) mg/day(1), treatments(2), phytase 500 FTU/kg(3), P-intake(4), output by faces, total(5)

A 4. táblázat adatai szerint — korábbi eredményeinktől eltérően, amikor 6–8%-kal növekedett a fehérjeemészthetőség — (Gundel és mtsai, 1998) a fehérje látszólagos emészthetősége a fitázkiegészítés hatására alig változott.

4. táblázat

Táplálóanyagok látszólagos emészthetősége (%) az egyes kezelésekben

Kezelések(1)	1a	1b	2a		2b	
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	Fitázkiegészítés, 500 FTU/kg(2)			
			$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
Száranyag(3)	88,3±0,9	87,5±0,2	88,7±0,2	88,90,4		
Nyersfehérje(4)	85,6±2,1	83,0±1,5	86,3±1,2	84,4±0,5		
Nyersrost(5)	63,5±6,9	59,7±3,7	67,7±2,9	65,6±2,8		
Nyerszsír(6)	43,6±4,8	38,0±6,1	48,2±1,0	41,6±2,0		
N ment. kiv. a.(7)	94,9±0,2	94,2±0,3	94,7±0,4	94,8±0,1		
Szervesanyag(8)	89,3±3,0	88,0±0,9	89,7±0,2	89,0±0,2		

Table 4: Apparent digestibility of nutrients, % treatments(1), phytase 500 FTU/kg(2), DM(3), CP(4), CF(5), EE(6), N free extr.(7), OM(8)

Thompson és Serraino (1986) szerint a repcében levő fitáz nem befolyásolta a fehérje értékesülését patkányoknál, míg Atwal és mtsai (1980) kimutatták, hogy a fitinsavtartalom mennyiségétől (0,01–1,24%) függően változott a fehérjeértékesülés és a súlygyarapodás.

Kemme és mtsai (1999) szüldökkel végeztek kísérleteket, amelyekben a fitáz enzimnek és tejsavkiegészítésnek a fehérje és aminosavak értékesülésére gyakorolt hatását vizsgálták. Feltételezték ugyanis, hogy a tejsav és fitáz együtt nagyobb mértékben növeli a fehérje értékesülést a fitinben gazdag adagok etetésekor. Ezt a hipotézist azonban nem tudták bizonyítani, a két anyag hatékonyságát külön-külön azonban igen. Hartman (1979) már több évtizede megállapította, hogy a szójafehérjének 2–3%-a a fitinnel nagyon szoros komplexet alkot. Ennek a komplexnek a kötési formájától függ, hogy a fehérjeértékesülés milyen mértékben növelhető enzim-kiegészítéssel. A fitin és fehérje komplex milyensége nem becsülhető előre és feltehetően ez az oka annak, hogy esetenként ellentmondások az eredmények a fehérjeemészthetőség alakulását illetően fitinben gazdag abrakanyagok etetésekor (Gifford és Clydesdale, 1990; Caldwell, 1992; Atwall és mtsai, 1980; Thompson és Serraino, 1986).

Az anorganikus P-forgalom izotóp (^{32}P) metodikával való vizsgálatának adatait az 5. táblázatban és a 2. ábrán foglaltuk össze. Irodalmi adatok szerint a MCP-ben levő P 90%-ban hasznosítható, ami korábbi adatainkkal összhangban (Gundel és mtsai, 1998) valamelyest túlértékelt hányadnak tűnik, bár szükséglet alatti ellátásnál és nagy fitin P-tartalmú adagok etetésekor az MCP-ben levő P-emészthetősége (1/b kezelés) eléri a 90,8%, ami arra utal, hogy a malacok szükséglete maximális anorganikus P hasznosítást eredményezett.

Ez annál is inkább lehet így, mivel a szükséglet szerinti ellátás (1/a) az emészthetőség (82,3%), mintegy 9%-kal kisebb értékű.

Az MCP-ből felvett P-értékesülése fitázkiegészítéskor szignifikáns mértékben csökken a szükséglet szerinti és az alatti ellátású kezelésekben egyaránt sorrendben 11%, illetve 4%-ban. A szükséglet alatti ellátás jobb anorganikus P-hasznosítása alátámasztja az ellátás és az emészthetőség közötti összefüggést (Fernandez, 1995; Rodehutsord és mtsai, 1999), míg a fitázkiegészítés hatására bekövetkezett anorganikus P-értékesülésének csökkenése arra utal, hogy az adagban lévő összes P-ből, a hozzáférhető natív P-értékesülése növekszik.

Ez a megállapítás annál is inkább lényeges, mivel az állati eredetű P-kiegészítők felhasználása megszűnik és az anorganikus P-források iránti igény, illetve a fitinforrás hozzáférhetőségének növelése kell, hogy előtérbe kerüljön.

A 6. táblázatban és a 3. ábrán a natív P-forgalom alakulását foglaltuk össze. Az 1. kontroll (1/a) és kísérleti (1/b) kezelésekben a takarmányból származó P-bevitel, a bélsárban ürülő hányad és ennek következtében a látszólagos emészthetőség alakulása is közel azonos. A 2. kezelésben a fitázkiegészítés hatására a szükséglet szerinti ellátásban (2/a), szignifikáns mértékben, 31,5%-ról 42,5%-ra emelkedett a natív P-emészthetősége, a szükséglet alatti ellátásban (2/b) 35,8%-ról 54,5%-ra ($P < 0,001$). Goloran és mtsai (2001ab) megállapítása szerint a transzgenikus sertés (Enviropig), amelynek a génmanipuláció révén fitáz enzim termelődik a nyálában, a fitinforrást mintegy 75%-ban értékesíti jobban és ezzel feleslegessé válik a takarmányadag P-kiegészítése.

5. táblázat

Anorganikus P-forgalom

Kezelések(1)	Szervetlen P-bevitel, mg/nap(2)	Szervetlen P-ürítés bélsárral, mg/nap(3)	Látszólagos emészthetőség, %(4)
1/a kontroll(5)			
\bar{x}	1642	290	82,3
$\pm s$	—	60	3,6
1/b kísérleti(6)			
\bar{x}	1094	101	90,8
$\pm s$	—	11	1,5
Fitázkiegészítés (500 FTU/kg)(7)			
2/a kontroll(5)			
\bar{x}	1642	436	73,4***
$\pm s$	—	120	7,2
2/b kísérleti(6)			
\bar{x}	1094	140	87,2**
$\pm s$	—	88	1,0

*** 1/a–2/a $P < 0,001$

** 1/b–2/b $P < 0,01$

Table 5: Anorganic P – turnover treatments(1), anorganic P-intake(2), output of anorganic P(3), apparent digestibility, %(4), control(5), experimental(6), phytase (500FTU/kg)(7)

2. ábra: Anorganikus P-forgalom

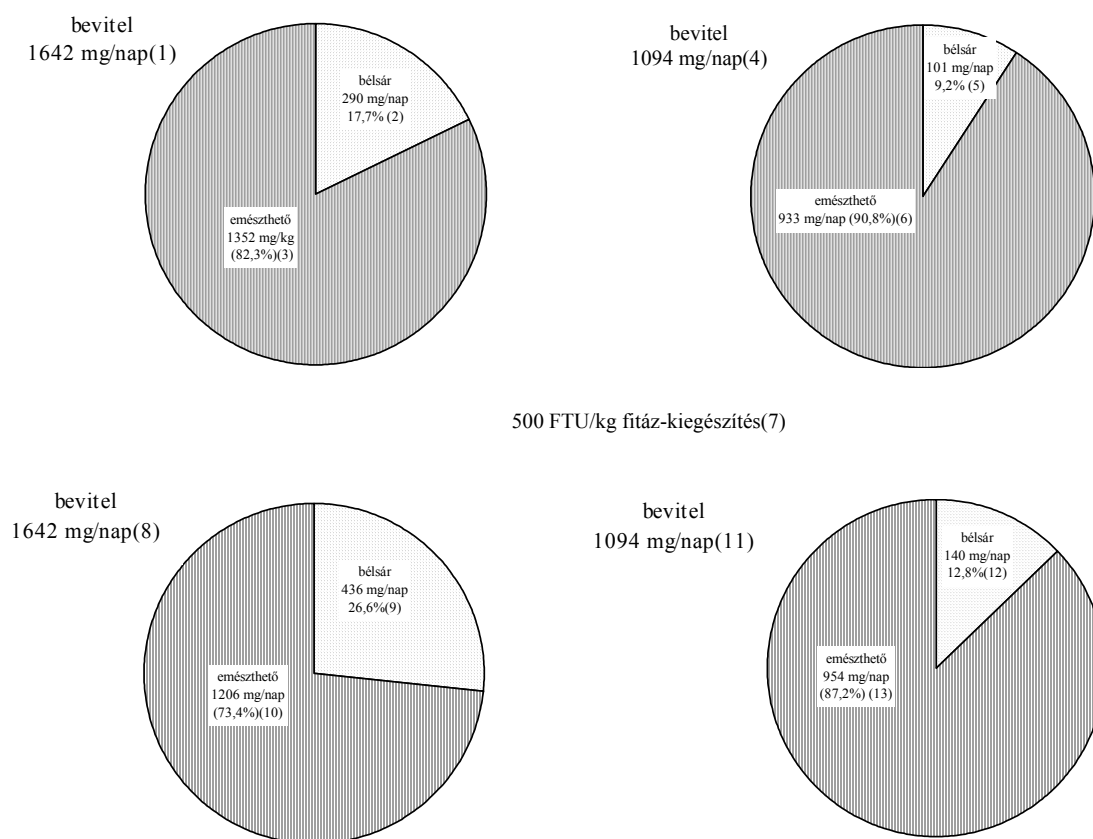


Figure 2: Anorganic P-turnover

intake 1642 mg/day(1), output by faces 290 mg/day 17.7%(2), digestible 1352 mg/kg (82.3%)(3), intake 1094 mg/day(4), output by faces 101 mg/day 9.2%(5), digestible 933 mg/day (90.8%)(6), 500 FTU/kg phytase(7), intake 1642 mg/day(8), output by faces 436 mg/day 26.6%(9), digestible 1206 mg/day (73.4%)(10), intake 1094 mg/day(11), output by faces 140 mg/day 12.8%(12), digestible 954 mg/day (87.2%)(13)

6. táblázat

Natív (kukorica+szója) P-forgalom (mg/nap)

Kezelések(1)	bevétel(2)	ürítés(3)	abszorbeált(4)	látsz. em. % (5)
1/a Kontroll(6)				
\bar{x}	2366	1620	746	31,5
$\pm s$		120	42	3,5
1/b Kísérleti(7)				
\bar{x}	2464	1670	794	32,2
$\pm s$		100	45	3,5
Fitázkiegészítés (500 FTU/kg)(8)				
2/a Kontroll(6)				
\bar{x}	2366	1360	1006	42,5***
$\pm s$		80	40	3,4
2/b Kísérleti(7)				
\bar{x}	2464	1120	1344	54,5***
$\pm s$		100	48	2,3

*** 1/a-2/a P<0,001

*** 1/b-2/b P<0,001

Table 6: Turnover of native (corn+soy) phosphorus (mg/day) treatments(1), intake(2), output(3), absorbed(4), app.dig.%(5), control(6), experimental(7) phytase(500 FTU/kg)(8)

Irodalmi adatok szerint (Jongbloed, 1989; Simons és mtsai, 1990; Beers és Jongbloed, 1991; Hoppe, 1992; Lantsch és Wjst, 1992; Pallauf és mtsai, 1992; Düngelhoef és Rodehutsord, 1995) a fitáz enzim hatására csökken a natív P-ürülés mértéke. Hoppe (1992) 400 FTU/kg fitáz-kiegészítéssel 1 g MCP-ből származó P-megtakarítást ért el a takarmányból.

Düngelhoef és Rodehutsord (1995) szerint 100 FTU/kg mikrobiális fitázzal 0,16 g emészthető P-t lehet megtakarítani fitinben gazdag adagok etetésekor a sertéseknél, ami 500 FTU/kg fitáz mennyiségekig eredményesen használható.

A 6. táblázat adatai szerint a felvett natív P-nak valamivel több mint 30%-a értékesült, ez fitáz-kiegészítéssel relatív értékben 26%, ill. 34,4%-kal növekedett, ami 0,26 g, ill. 0,46 g hasznosítható P-többletet jelent. Ez az érték különbözőképpen értelmezhető, elképzelhető, hogy a tényleges P-szükséglet az adott szinten kielégített volt (Tossenberger és mtsai, 1999), egy másik feltételezés, hogy kisebb anorganikus P-kiegészítéskor a fitázenzim fitinbontó hatása nagyobb hatékonyságú (Düngelhoef és Rodehutsord, 1995), egy harmadik pedig Zacharias és mtsai (2001) megállapítása, akik 250 FTU/kg fitáz adagolásával

ugyanolyan P-beépülést állapítottak meg mint, 500 FTU/kg-val. Mindebből arra következtetünk, hogy jelen körülmények között kevesebb fitázzal is esetleg azonos hatás lett volna elérhető.

Az izotópos ^{32}P -forgalmi kísérletek egyértelművé teszik azt a feltételezést, hogy fitáz-kiegészítés hatására a kiürülő P anorganikus hányada növekszik.

3. ábra: Natív P-forgalom

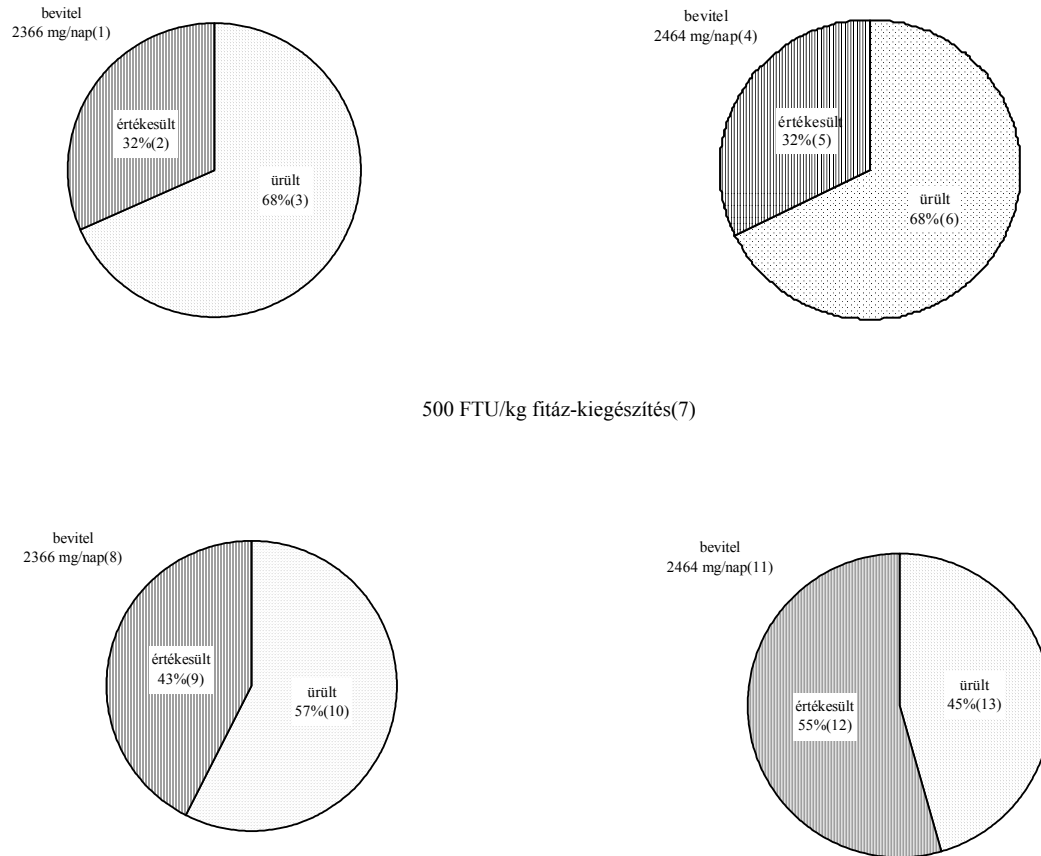


Figure 3: Native P turnover

intake 2366mg/day(1), utilised 32%(2), output 68%(3), intake 2464 mg/day(4), utilised 32%(5), output 68%(6), 500 FTU/kg phytase(7), intake 2366mg/day(8), utilised 43%(9), output 57%(10), intake 2464 mg/day(11), utilised 55%(12), output(13)

IRODALOM

- DLG (1999): Schweinefütterung auf der Basis des Verdaulichen Phosphors. DLG-Information, 1.
- Düngelhoff, M. M. – Rodehutsord, H. (1995): Wirkung von Phytasen auf die Verdaulichkeit des Phosphors beim Schwein. Übers. Tierernährg., 23. 133–157.
- Fernández, J. A. (1995): Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. II. Simultaneous radio-calcium and radio-phosphorus kinetics. Livest. Prod. Sci., 41. 234–254.
- Gifford, S. R. – Clydesdale, M. (1990): Interactions among calcium, zinc and phytate with three protein sources. J. Food Sci., 55. 1720–1724.
- Gundel J. – Regiusné Mócsényi Á. – Hermán A. – Votisky E. – Huszár Sz. – Vigh L. (1998): Az ökológiai egyensúly, valamint a sertések foszfor és nitrogénellátásának összefüggései. 1. Közlemény: A foszforértékesülés alakulása a malacnevelésben a foszforforrástól és enzim alkalmazástól függően. Állattenyésztés és Takarmányozás, 47. 5. 423–434.
- Günther, K. D. von – Al-Masri, M. R. (1988): Untersuchungen zum Einfluss einer variierten Phosphorversorgung auf den P-Umsatz und die endogene P-Ausscheidung beim wachsenden Geflügel mit Hilfe von ^{32}P . J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 59. 132–142.
- Hartman, Jr. G. H. (1979): Removal of phytate from soy protein. J. Am. Oil Chem. Soc., 56. 731–735.
- Jongbloed, A. W. – Everts, H. (1992): Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. 2. The requirement of digestible phosphorus for piglets, growing-finishing pigs and breeding sows. Nehtl. J. Agric. Sci., 40. 123–136.
- Kemme, P. A. – Jongbloed, A. W. – Mroz, Z. – Beynen, A. C. (1999): Digestibility of nutrients in growin-finishing pigs is affected hby *Aspergillus niger* phytase, phytate and lactic acid levels. 2. Apparent total tract digestibility of phosphorus, calcium and magnesium and ileal degradation of phytic acid. Livest. Prod. Sci., 58. 119–127.
- Ketaren, P. P. – Batterham, E. S. – White, E. – Farell, D. J. – Milthorpe, V. K. (1993): Phosphorus studies in pigs. Effect of phytase supplementation on the digestibilizx snf sbslsnility of phosphorus in soya-bean meal for grower pigs. Br. J. Nutr., 70. 289–311.

-
- Khan, N. – Cole, D. J. A. (1993): The effect of dietary inclusions of phytase and yeast on apparent phosphorus digestibility in pigs. Proc. Winter Meeting of the British Society of Animal Production. Scarborough, England
- Kirchgessner, M. (1994): Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Die Bestimmung des verdaulichen Phosphors beim Schwein. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 2. 113–119.
- Näsi, M. – Helander, E. (1994): Effects of microbial phytase supplementation and soaking of barley-soybean meal on availability of plant phosphorus for growing pigs. Acta Agric. Scand. Sect. A. Animal Sci., 44. 79–86.
- Officer, D. I. – Batterham, E. S. (1992): Enzyme supplementation of Linola™ meal. Proc. of Wollongbar Pig Industry Seminar on Feed Enzymes, 56–57.
- Pallauf, J. – Rimbach, G. – Pippig, S. – Schindler, B. – Most, E. (1994): Effect of phytase supplementatio to a phytase supplementation to a phytase-rich diet based on wheat, barley and soya on the bioavailability of dietary phosphorus, calcium, magnesium, zinc and protein in piglets. Agribiol. Res., 47. 39–48.
- Rodehutsord, M. – Faust, M. – Pfeffer, E. (1999): The course of phosphorus excretion in growing pigs fed continuously increasing phosphorus concentrations after a phosphorus depletion. Arch. Anim. Nutr., 52. 323–334.
- Rodehutsord, M. – Haverkamp, R. – Pfeffer, E. (1998): Inevitable losses of phosphorus in pigs, estimated from balance data using diets deficient in phosphorus. Arch. Anim. Nutr., 51. 27–38.
- Rodehutsord, M. (2001): Der gegenwärtige Stand der Phosphorbewertung für Nutztiere. Lohman Information, 1. 26–34.
- Schulz, E. (1997): Phosphorus requirement and supply recommendations for pigs. Kraftfutter, 9. 372–384.
- Thompson, L. U. – Serraino, M. R. (1986): Effect of phytic acid reduction on reapeeed protein digestibility and amino acid absorption. J. Agric. Food. Chem., 34. 468–469.
- Tossenberger J. – Babinszky L. – Szabó J. – Pálos J. (1999): Az eltérő fitázdózis hatása a foszfor emészthetőségére és a növendék sertések foszfor-retenciójára. Állattenyésztés és Takarmányozás, 48. 4. 465–474.
- Vemmer, H. (1982): Der Einfluss der Phosphorversorgung auf die intestinale Absorption von Phosphor bei wachsenden Schweinen. Z. Tierphysiol. Tierernährg. Futtermittelkde., 47. 220–230.
- Zacharias, B – Ott, H. – Drochner, W. (2001): The effect of supplement of 250 and 500 units of microbial phytase per kg feed on the concentration of ash and the content of P, Ca, Mg and Zn in bone of growing pigs. Proc. Soc. Nutr. Physiol. Bd. 10. 158.