WODA-ŚRODOWISKO-OBSZARY WIEJSKIE 2010: t. 10 z. 3 (31)
WATER-ENVIRONMENT-RURAL AREAS s. 19–32
www.itep.edu.pl © Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, 2010

ROZPRASZANIE ZWIĄZKÓW AZOTU I FOSFORU Z PRODUKCJI ZWIERZĘCEJ

Jerzy BARSZCZEWSKI[1)], Anna KILISZCZYK[1)], Tomasz SAKOWSKI[2)], Ewa METERA[2)]

[1)] Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Użytków Zielonych
[2)] Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt w Jastrzębcu, Zakład Doskonalenia Zwierząt

Słowa kluczowe: chów bydła i trzody chlewnej, rozpraszanie azotu i fosforu

S t r e s z c z e n i e

Przedstawiono dane dotyczące rozpraszania azotu i fosforu w chowie trzody chlewnej (wyniki literaturowe) oraz bydła mlecznego (dane literaturowe oraz wyniki własne z gospodarstw w Biebrzy, Falentach i Jastrzębcu z lat 2003, 2005 i 2008). W zakresie żywienia trzody chlewnej omówiono różne metody bilansowania dawki żywieniowej, mające na celu poprawę stopnia wykorzystania azotu i fosforu przez zwierzęta, takie jak: ograniczenie energii, stosowanie egzogennej fitazy, zmniejszenie udziału białka ogólnego oraz dodatek egzogennych aminokwasów. W części dotyczącej bydła mlecznego przedstawiono dane ilustrujące wpływ różnych dawek i sposobów żywienia na bilans azotu i fosforu.

Wykazano, że zarówno w przypadku zwierząt monogastrycznych, jak i bydła wykorzystanie azotu i fosforu w znacznym stopniu zależy od poziomu intensywności chowu i może być modyfikowane przez bilansowanie dawki żywieniowej oraz stosowanie dodatków żywieniowych.

WSTĘP

Jednym z ważnych źródeł rozpraszania azotu i fosforu z rolnictwa do środowiska jest produkcja zwierzęca, wnosząca do gospodarstw nawozy naturalne: obornik, gnojówkę, gnojowicę oraz pomiot ptasi. Na szczególnie dużą rolę nawozów naturalnych w gospodarstwach o znacznej obsadzie inwentarza wskazują niektóre prace [BARSZCZEWSKI, 2008; KOWALEWSKA, PRĘGOWSKA, RZEPIŃSKI, 2009;

Adres do korespondencji: doc. dr hab. J. Barszczewski, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Użytków Zielonych, al. Hrabska 3, 05-090 Raszyn; tel. +48 (22) 720-05-31 w. 217, e-mail: j.barszczewski@itep.edu.pl

MARCINKOWSKI, 2002]. Sam fakt dużej obsady inwentarza, ponad 1,0 lub 1,5 SD·ha^{-1}, może sam w sobie powodować nadmierne wnoszenie fosforu i azotu, wynikające z wykorzystania zasobów nawozów naturalnych w tym gospodarstwie ze szkodą dla środowiska glebowo-wodnego. Zazwyczaj gospodarstwa o dużej obsadzie inwentarza, niezależnie od tego, czy jest to bydło [BARSZCZEWSKI, WRÓBEL, WASILEWSKI, 2006], trzoda chlewna [MARCINKOWSKI, 2002], czy drób – specjalizując się w chowie – prowadzą intensywną produkcję. Wraz z rosnącą intensywnością produkcji we wszystkich typach tych gospodarstw zmieniają się sposoby żywienia inwentarza, zwiększające wydajność produkcji mleka, mięsa lub jaj. Stosowane pasze gospodarskie z reguły są zbyt ubogie w białko oraz składniki mineralne, zwłaszcza w fosfor, i nie pokrywają potrzeb zwierząt w tym zakresie. W związku z tym wymagane jest uzupełnienie ich diety komponentami o dużej zawartości białka i odpowiednimi dodatkami mineralnymi. Intensywne sposoby żywienia nie zwiększają jednak wykorzystania fosforu i azotu ze skarmianej paszy, które – jak podają POTKAŃSKI i SAPEK [1997] – mieści się w przedziale od 5 do 25% ogólnej ilości, biorącej udział w obiegu tych składników. Żywienie, które zmniejsza ilości zużytego fosforu i azotu na jednostkę produkcji, a nie zwiększa wykorzystania tych składników wraz ze zwiększeniem ich zawartości w dawkach, powoduje również zwiększenie ich zawartości w odchodach, naruszając tym samym równowagę obiegu tych składników w gospodarstwie. Istnieje jednak możliwość zwiększenia efektywności żywienia, a przez to ograniczenie zawartości azotu i fosforu w odchodach zwierzęcych. Niewłaściwe stosowanie nawozów naturalnych, nieuwzględniające w nich zwiększonej zawartości azotu i fosforu, zwłaszcza w gospodarstwach prowadzących intensywną produkcję zwierzęcą, może zagrażać środowisku.

Zwierzęta gospodarskie, wykorzystujące w ograniczonym zakresie azot i fosfor z pasz, wydalają te składniki wraz z odchodami. Głównym problemem jest mała przyswajalność tych pierwiastków.

Wykorzystanie azotu zależy od jakości biologicznej białka w skarmianych paszach oraz poziomu energii.

Fosfor występuje w roślinach w postaci soli kwasu fitynowego – 55–77% wg POTKAŃSKIEGO [2004], a 65–70% wg KNOWLOTONA i in. [2004]. Wykorzystanie tego związku przez zwierzęta nie jest jednakowe. Zwierzęta monogastryczne, tj. świnie i drób, nie produkują enzymu rozkładającego fityniany do form dostępnych dla kolejnych procesów trawiennych, stosuje się więc fitazę w celu poprawy wykorzystania fosforu. Zwierzęta przeżuwające trawią fityniany z udziałem mikroflory, żyjącej w przewodzie pokarmowym.

Celem pracy jest przegląd badań w zakresie rozpoznania obiegu azotu i fosforu oraz wykorzystania tych składników w warunkach różnych poziomów intensywności produkcji trzody chlewnej oraz porównanie wyników badań własnych w zakresie bilansów tych składników z trzech gospodarstw, ukierunkowanych na chów bydła mlecznego.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

TRZODA CHLEWNA

Na podstawie danych z literatury wykazano znaczną złożoność procesów rozpraszania związków azotu i fosforu w chowie trzody chlewnej. Na wykorzystanie tych składników w produkcji zwierzęcej ma wpływ wiele czynników, wynikających ze składu skarmianej dawki pokarmowej. Jednym z nich jest poziom energii. Badania Verstegena i van der Peeta [1996] (za: GRELA [2004]) wykazały, że ograniczenie energii w dawce pokarmowej rosnących prosiąt wpłynęło negatywnie na przyrosty zwierząt, jak również spowodowało zwiększenie ilości azotu i fosforu wydalanych w odchodach o ok. 20% (tab. 1).

Tabela 1. Wpływ ograniczenia energii na przyrost świń rosnących oraz wydalanie N i P (wg Verstegena i van der Peeta [1996] za: GRELA [2004], zmodyfikowana)

Table 1. The effect of energy limitation on growth and excretion of N and P in pigs (acc. to Verstegen and van der Peet [1996] cited after GRELA [2004] – modified)

Przychody i rozchody Inputs and outputs	Poziom energii metabolicznej (EM) Metabolic energy (EM)			
	optymalny optimum		obniżony o 10% decreased by 10%	
	wieprzki porkers	loszki sows	wieprzki porkers	loszki sows
N pobrany podczas tuczu, kg N taken up in fattening, kg	6,24	6,03	7,08	6,81
Przyrost, g·doba^{-1} Growth, g (24 h)$^{-1}$	746	773	652	676
N wydalony w odchodach, kg N excreted, kg	4,17	3,89	4,94	4,62
P wydalony w odchodach, kg P excreted, kg	0,645	0,611	0,782	0,740

Sposobem ograniczenia ilości wydalanego fosforu przez zwierzęta monogastryczne jest dodawanie do pasz egzogennej (niewydzielanej przez organizm) fitazy. KNOWLOTON i in. [2004] przytaczają wyniki Bridgesa i in. [1995], z których wynika, że świnie żywione dawką pokarmową o zmniejszonym poziomie dostępnego fosforu z dodatkiem fitazy pobierały ponad 35% więcej tego pierwiastka (w wyniku zwiększenia dostępności fosforu z paszy dzięki działaniu enzymu) i wydalały go 37% mniej. Według JEROCHA [1995], dodatek fitazy zwiększa przyswajalność fosforu z 21 do 34%, a jego wydalanie zmniejsza o 25–50%, co potwierdzili KNOWLOTON i in. [2004]. Pallauf i in. [1991] (za: POTKAŃSKI, SAPEK [1997]) zauważyli, że dodatek fitazy spowodował 50-procentowe zmniejszenie ilości wy-

dalanego przez prosięta fosforu i jednocześnie zwiększenie przyrostu dziennego masy ciała w porównaniu ze zwierzętami z grupy kontrolnej (tab. 2).

Tabela 2. Wpływ zawartości fosforu w paszy i dodatku fitazy na wyniki tuczu i wykorzystanie fosforu przez prosięta (wg: Pallauf i in. [1991] za: POTKAŃSKI, SAPEK [1997], zmodyfikowana)

Table 2. The effect of P content in fodder and of phytase additives on utilisation of phosphorus by piglets (acc. to Pallauf et al. [1991] after: POTKAŃSKI, SAPEK [1997] modified)

Zawartość P w paszy, g·kg^{-1} P content in fodder, g·kg^{-1}	Dodatek fitazy, IE·kg^{-1} Phytase addition, IE·kg^{-1}	Przyrost masy ciała, g·doba^{-1}·szt.$^{-1}$ Body mass increment g·d^{-1}·unit^{-1}	Zużycie paszy, kg·kg^{-1} przyrostu Fodder use per kg of mass increment	Pozorna strawność P, % Apparent P digestibility, %	Pozorna strawność Ca, % Apparent Ca digestibility, %	P w surowicy po 35 dniach mmol·dm^{-3} P in serum after 35 days	Wydalanie fosforu, g·doba^{-1} P excretion, g·d^{-1}
4,3	0	396	1,65	29,0	56,5	1,99	2,0
6,2	0	443	1,52	50,5	63,3	2,77	2,1
4,3	570	440	1,57	55,1	74,4	2,52	1,3
4,4	1 160	446	1,50	64,3	79,2	2,68	1,0

Azot jest wydalany w większym stopniu w odchodach przeważnie wówczas, gdy dawka pokarmowa zawiera zbyt dużo białka ogólnego w stosunku do potrzeb zwierząt lub gdy białko ma małą wartość biologiczną.

Zmniejszenie udziału białka ogólnego oraz dodatek syntetycznych aminokwasów egzogennych (w szczególności aminokwasów limitujących) ma kluczowe znaczenie w zmniejszeniu ilości wydalanego azotu. Ilość białka w diecie musi być dostosowana do potrzeb zwierząt w danej fazie cyklu produkcyjnego, aby nie przekarmiać ich białkiem, które nie zostanie wykorzystane. Tucz fazowy trzody chlewnej, w którym zwierzęta są żywione dawkami ze zmniejszającą się ilością białka ogólnego, wpływa na zmniejszenie wydalanego azotu nawet o 10%. Tucz 4-fazowy i uzupełnienie ilości białka lizyną (głównym aminokwasem limitującym dla trzody chlewnej), jak podają Kirchgessner i in. (za: POTKAŃSKI, SAPEK [1997]), wpłynął również pozytywnie na zmniejszenie wydalanego azotu przez tuczniki (66% mniejsze wydalanie, gdy dodatek lizyny wynosi 7%).

Rohr [1992] (za: POTKAŃSKI, SAPEK [1997]) podaje kolejny przykład korzystnego wpływu dodatków egzogennych aminokwasów do paszy tuczników – przez zastosowanie dodatku lizyny, metioniny i treoniny do paszy oraz zmniejszenie ilo-

ści białka ogólnego w dawce pokarmowej zmniejszono o 30% ilość wydalanego azotu w porównaniu z „tradycyjnie" żywioną grupą kontrolną.

Wyniki doświadczeń FLISA i SOBOTKI [2005] (tab. 3) wskazują natomiast na możliwość zwiększenia wykorzystania azotu przez zmniejszenie ilości białka ogólnego w diecie oraz dodatek enzymów rozkładających węglowodany do mieszanek dla tuczników.

Tabela 3. Wpływ różnych diet na retencję azotu podczas tuczu trzody chlewnej (wg: FLIS, SOBOTKA [2005], zmodyfikowana)

Table 3. The effect of various diets on N retention in pigs fattening (acc. to FLIS, SOBOTKA [2005] modified)

Dieta Diet	Pobranie N Taken up N	Wydalanie N Excreted N	Retencja N Retention N	Retencja N Retention N	Udział białka surowego strawnego The share of digestible crude protein	Udział energii strawnej The share of digestible energy
	g·doba^{-1} g·(24 h)$^{-1}$			%		
Kontrola Control	62,23	35,04	27,19	43,7	77,4	81,5
Zawartość białka o 8% mniejsza w stosunku do kontroli Protein content smaller by 8% than in the control	57,74	30,83	26,91	46,6	79,6	83,2
Zawartość białka o 8% mniejsza w stosunku do kontroli + dodatek enzymów β-glukanazy i xylanazy Protein content smaller by 8% than in the control + β-gluconase and xylanase	57,15	30,41	26,74	46,8	81,8	84,4

BYDŁO MLECZNE

W części dotyczącej wykorzystania i możliwego rozpraszania azotu i fosforu w żywieniu bydła mlecznego przedstawiono zarówno dane z literatury, ilustrujące wpływ różnych diet na bilans azotu oraz badania własne, przeprowadzone w trzech gospodarstwach (Biebrza, Falenty i Jastrzębiec). Porównywane gospodarstwa różniły się pod względem areału użytków zielonych, obsady bydła oraz jego wydajno-

ści mlecznej. Na podstawie zmieniających się dawek żywieniowych i sposobów żywienia w tych gospodarstwach w różnych okresach oraz wydajności mlecznej krów obliczono bilanse fosforu i azotu, w których po stronie przychodów były ich ładunki pobrane z paszami, a po stronie rozchodów – średnia wydajność mleczna krów. W 2003 oraz 2005 r. w Biebrzy stosowano żywienie z dużym udziałem pastwiska, mniejsze znaczenie miało ono w Falentach [BARSZCZEWSKI, WRÓBEL, WASILEWSKI, 2006], ponieważ w 2008 r. całkowicie zaniechano żywienia pastwiskowego. Również w Biebrzy w 2008 r. część stada (w jednej oborze) była żywiona wyłącznie sposobem alkierzowym. Zmieniające się sposoby żywienia w okresie laktacji (żywienie letnie i zimowe w Biebrzy oraz w Falentach lub w grupach technologicznych w Jastrzębcu) różnicowały wykorzystanie azotu i fosforu, które obliczono dla całej laktacji na podstawie średniej ważonej, uwzględniając okres stosowania poszczególnych dawek.

W żywieniu zwierząt przeżuwających, jak wskazują wyniki wielu badań, istotną rolę w wykorzystaniu azotu i fosforu odgrywa jakość biologiczna białka (głównie zawartość aminokwasów egzogennych), rodzaj skarmianych pasz oraz odpowiedni udział białka i energii w dawce pokarmowej.

BURKE i in. [2008] zastosowali w żywieniu krów mlecznych 5 zróżnicowanych diet w celu określenia wpływu tych dawek pokarmowych na wykorzystanie białka i ograniczenie wydalania azotu. Wyniki ich badań wskazują, że zwiększanie ilości białka w diecie w przypadku wysokowydajnych krów nie wpływa znacząco na ilość produkowanego mleka, a skarmianie białka ponad wartości zapotrzebowania zwierząt na ten składnik powoduje tylko zwiększenie ilości azotu wydalanego w kale i moczu. Potwierdzają to również wyniki innych badaczy (m.in. CASTILLO i in. [2001]), którzy zaobserwowali 77-procentowe ograniczenie wydalanego azotu, gdy ilość białka została zmniejszona ze 180 do 120 $g \cdot kg^{-1}$, bez negatywnego wpływu na zawartość tego składnika w mleku. Wspomniane badania wskazują, że dodatek pasz z małym udziałem białka wystarcza do pokrycia jego zapotrzebowania na produkcję mleka w warunkach zmniejszonego udziału zielonki pastwiskowej w diecie.

Analiza wyników żywienia bydła mlecznego w trzech gospodarstwach, tj. w Biebrzy, Falentach i Jastrzębcu, z 2003, 2005 oraz 2008 r. wykazała znaczne ich zróżnicowanie, co wynikało ze zmian stosowanych dawek w tym okresie. Udział suchej masy pasz objętościowych w dawce żywieniowej (tab. 4) malał w gospodarstwach w Biebrzy i Falentach w warunkach zwiększania wydajności mlecznej krów. W Biebrzy w 2003 r. średnie roczne zużycie pasz objętościowych w żywieniu krów mlecznych stanowiło 86,4%, a treściwych zaledwie 13,6%. W 2005 r. nastąpiło zmniejszenie udziału pasz objętościowych do 76,3%, a w 2008 r. stanowiły one zaledwie 56,3%. Podobnie jak w poprzednim gospodarstwie, również w Falentach w porównywanych latach udział pasz objętościowych zmniejszał się w kolejnych latach od 76,5% w 2003 r. poprzez 68,9% w 2005 r. do 57,8% w 2008 r. W gospodarstwie w Jastrzębcu relacje udziału pasz objętościowych w żywieniu

Tabela 4. Udział pasz objętościowych oraz treściwych w średnich dziennych dawkach żywieniowych krów mlecznych w poszczególnych gospodarstwach

Table 4. Percent of bulk and concentrated fodder in the mean dietary doses of dairy cows from particular farms

Rodzaj paszy	Biebrza		Falenty		Jastrzębiec	
	kg s.m.·szt^{-1} kg dry wt. unit^{-1}	%	kg s.m.·szt^{-1} kg dry wt. unit^{-1}	%	kg s.m.·szt^{-1} kg dry wt. unit^{-1}	%
			Rok 2003 Year 2003			
Objętościowa Bulk	13,3	86,4	15,3	76,5	13,6	58,1
Treściwa Concentrated	2,1	13,6	4,7	23,5	9,8	41,9
Razem Total	15,4	100,0	20,0	100,0	23,4	100,0
			Rok 2005 Year 2005			
Objętościowa Bulk	12,9	76,3	13,3	68,9	13,6	61,5
Treściwa Concentrated	4,0	23,7	6,0	31,1	8,5	38,5
Razem Total	16,9	100,0	19,3	100,0	22,1	100,0
			Rok 2008 Year 2008			
Objętościowa Bulk	12,5	56,3	12,2	57,8	12,1	59,0
Treściwa Concentrated	9,7	43,7	8,9	42,2	8,4	41,0
Razem Total	22,2	100,0	21,1	100,0	20,5	100,0

Źródło: badania własne. Source: own studies.

krów mlecznych w kolejnych latach zmieniały się od 58,1% w 2003 r. do 61,5% w 2005 r. i 59,0% w 2008 r. Stosowane dawki żywieniowe w porównywanych gospodarstwach różniły się również znacznie pod względem ich całkowitej suchej masy, łącznie w paszach objętościowych i treściwych. W Biebrzy sucha masa średniej dziennej dawki w kolejnych latach zwiększała się z 15,4 w 2003 r. do 22,2 kg·szt.$^{-1}$ w 2008 r. W gospodarstwach w Falentach i Jastrzębcu dość duży ładunek suchej masy podawany w dziennej dawce żywieniowej w 2003 r., wynoszący 20,0 i 23,4 kg, zmniejszył się nieznacznie w 2005 r. W 2008 r. sucha masa dziennej dawki w Falentach zwiększyła się nieznacznie do 21,1 kg·szt.$^{-1}$, a w Jastrzębcu zmniejszyła do 20,5 kg·szt^{-1}.

W omawianych gospodarstwach stwierdzono znaczne zróżnicowanie wydajności mlecznej krów. Zmiany w żywieniu bydła w gospodarstwach w Biebrzy i Fa-

lentach w omawianym okresie były podporządkowane głównie zwiększeniu wydajności mlecznej krów. Średnia wydajność krów w poszczególnych stadach (tab. 5) była znacznie zróżnicowana, najmniejsza wynosiła 4 500 kg mleka (w Biebrzy w 2003 r.) w 305-dniowej laktacji. Znacznie większą wydajność krów, wynoszącą 6 600 kg mleka, stwierdzono w Falentach, a największą, tj. 9 100 kg, w Jastrzębcu. W okresie do 2008 r. nastąpił zwiększenie wydajności mlecznej krów do 6 600 kg w Biebrzy, do 9 000 kg w Falentach, a w Jastrzębcu utrzymywano poziom wydajności z 2005 r., pracując nad poprawą sposobu żywienia krów.

Tabela 5. Roczne bilanse azotu i fosforu w poszczególnych gospodarstwach, stosujących zróżnicowane dawki żywieniowe oraz mających różną wydajność mleczną krów

Table 5. Annual nitrogen and phosphorus balances in particular farms of different dietary doses and dairy cow efficiency

Składowa bilansu Component of the balance	Gospodarstwo Farm					
	Biebrza		Falenty		Jastrzębiec	
	N	P	N	P	N	P
1	2	3	4	5	6	7
	Rok 2003 Year 2003					
Przychód w paszach, kg·rok^{-1}: Input in, kg·y^{-1}:						
– objętościowych bulk fodder	110,3	14,3	118,7	17,2	85,6	13,6
– treściwych concentrated fodder	27,8	6,7	61,9	14,8	129,2	31,0
Razem, kg·rok^{-1} Total, kg·y^{-1}	138,1	20,9	180,6	32,0	214,8	44,5
Rozchód w mleku, kg·rok^{-1} Output in milk, kg·y^{-1}	24,3	4,7	35,6	6,9	48,6	9,5
Saldo bilansowe, kg·rok^{-1} Balance, kg·y^{-1}	113,8	16,2	144,9	25,1	166,2	35,1
Wykorzystanie składnika, % Component utilisation, %	17,6	22,6	19,7	21,6	22,6	21,2
Wydajność mleczna, kg·szt.$^{-1}$·rok^{-1} Efficiency, kg milk·unit^{-1}·y^{-1}	4 500		6 600		9 100	
	Rok 2005 Year 2005					
Przychód w paszach, kg·rok^{-1}: Input in, kg·y^{-1}:						
– objętościowych bulk fodder	101,0	13,8	88,4	13,9	77,9	13,2
– treściwych concentrated fodder	53,3	12,8	79,7	19,1	111,4	26,7
Razem, kg·rok^{-1} Total, kg·y^{-1}	154,3	26,6	168,2	33,0	189,4	40,0
Rozchód w mleku, kg·rok^{-1} Output in milk, kg·y^{-1}	30,2	5,9	38,3	7,5	51,3	10,0
Saldo bilansowe, kg·rok^{-1} Balance, kg·y^{-1}	124,1	20,7	129,8	25,5	138,1	30,0
Wykorzystanie składnika, % Component utilisation, %	19,6	22,1	22,8	22,6	27,1	25,0

cd. tab. 5

1	2	3	4	5	6	7
Wydajność mleczna, kg·szt.$^{-1}$·rok^{-1} Efficiency, kg milk·unit^{-1}·y^{-1}	5 600		7 100		9 600	
	Rok 2008 Year 2008					
Przychód w paszach, kg·rok^{-1}: Input in, kg·y^{-1}:						
– objętościowych bulk fodder	109,1	16,5	87,0	12,3	73,7	12,0
– treściwych concentrated fodder	101,4	17,1	119,9	27,6	95,8	13,2
Razem, kg·rok^{-1} Total, kg·y^{-1}	210,5	33,6	206,9	39,9	169,5	25,2
Rozchód w mleku, kg·rok^{-1} Output in milk, kg·y^{-1}	35,6	6,9	48,6	9,5	51,3	10,0
Saldo bilansowe, kg·rok^{-1} Balance, kg·y^{-1}	174,9	26,7	158,3	30,4	118,2	15,2
Wykorzystanie składnika, % Component utilisation, %	16,9	20,5	23,5	23,8	30,3	39,6
Wydajność mleczna, kg·szt.$^{-1}$·rok^{-1} Efficiency, kg milk·unit^{-1}·y^{-1}	6 600		9 000		9 600	

Źródło: badania własne. Source: own studies.

W Biebrzy wraz ze zwiększeniem wydajności mlecznej krów nastąpił znaczny przyrost sald bilansu azotu – ze 113,8 kg N·szt.$^{-1}$ w 2003 r. do 174,9 kg N·szt.$^{-1}$ w 2008 r. (tab. 5). Salda bilansowe azotu w gospodarstwie w Falentach w tym okresie zmieniały się w mniejszym zakresie: 144,9 w 2003 r., 129,8 w 2005 r. i 158,3 kg N·szt.$^{-1}$ w 2008 r., mimo niewielkiego zwiększenia nadmiaru tego składnika, również jego wykorzystanie w tym okresie zwiększyło się z 19,7 do 23,5%. W 2003 r. w gospodarstwie w Jastrzębcu stwierdzono największe saldo bilansowe azotu, wynoszące 166,2 kg N·szt.$^{-1}$, które kolejno zmniejszało się do 118,2 kg N·szt.$^{-1}$ w 2008 r.

Składowe bilansów fosforu znacznie różniły się znacznie. W Biebrzy najmniejsze jego saldo, wynoszące 16,2 kg P·szt.$^{-1}$, stwierdzono w 2003 r.

Znaczne zwiększenie udziału pasz treściwych w żywieniu krów w 2005 i 2008 r., mimo większej wydajności mlecznej, spowodowało zwiększenie salda bilansowego fosforu, osiągające aż 26,7 kg P·szt.$^{-1}$ w 2008 r., i zmniejszenie jego wykorzystania do 20,6%. W warunkach zwiększającego się zużycia pasz treściwych w żywieniu krów w Falentach i dość dużej wydajności mlecznej w 2003 r. oraz dalszego jej zwiększania w 2005 r. salda bilansowe wynosiły ponad 25 kg P·szt.$^{-1}$. W 2008 r., mimo dość dynamicznego zwiększania wydajności mlecznej krów, salda bilansowe fosforu również zwiększyły się, do ponad 30 kg P·szt.$^{-1}$, a wykorzystanie poprawiło się nieznacznie – zaledwie do 23,8%. W Jastrzębcu największe saldo bilansowe tego składnika było w 2003 r. i wynosiło 35,1 kg P·szt.$^{-1}$. Wydajność mleczna krów też była wówczas największa. Zużywano w tym czasie ponad

dwukrotnie więcej fosforu w paszach treściwych w porównaniu z objętościowymi, przez co jego wykorzystanie wyniosło zaledwie 21,2%. Mimo wydajności mlecznej krów większej o ok. 500 kg·szt.$^{-1}$ w 2005 r., saldo fosforu bardzo się zmniejszyło – do 30 kg P·szt.$^{-1}$, a jednocześnie nastąpiło znaczne zwiększenie jego wykorzystania – do 25%. W okresie 2005–2008 w Jastrzębcu nie zwiększono wydajności mlecznej krów, lecz pracowano nad zrównoważeniem dawek żywieniowych, co ujawniło się bardzo dużym zmniejszeniem nadmiarów fosforu.

W wyniku porównania bilansu azotu z ostatniego roku badań w Biebrzy i z pierwszego roku w Falentach, w warunkach zbliżonych rocznych wydajności krów, tj. ok. 6 600 kg mleka (tab. 6), stwierdzono, że w Falentach saldo bilansu azotu wynosiło 145,0 kg N, natomiast w Biebrzy występował znaczny nadmiar tego pierwiastka (175,0 kg N). Z porównania bilansów azotu w warunkach wydajności krów 9 000 kg·szt.$^{-1}$·rok^{-1}, podobnie jak w przypadku fosforu, największe jego ilości pozostały w Jastrzębcu – 166,4 kg N, następnie w Falentach, a najmniejsze w gospodarstwie w Wisconsin – 118,2 kg N.

Tabela 6. Roczne bilanse azotu i fosforu (kg·szt.$^{-1}$·rok^{-1}) w gospodarstwach o wydajności krów 6 600 i 9 000 kg·szt.$^{-1}$·rok^{-1}

Table 6. Annual nitrogen and phosphorus balances (kg·unit^{-1}·y^{-1}) in farms of cow efficiency equal to 6 600 and 9 000 kg·unit^{-1}·y^{-1}

Składowa bilansu	Wydajność 6 600 kg·szt.$^{-1}$ Efficiency 6 600 kg unit^{-1}				Wydajność 9 000 kg·szt.$^{-1}$ Efficiency 9 000 kg unit^{-1}					
	Biebrza		Falenty		Falenty		Jastrzębiec		Wisconsin[1)]	
	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Wnoszenie w paszy Input in fodder	210,6	33,6	180,6	32,0	206,9	39,9	214,8	44,5	186,0	26,0
Wynoszenie w mleku Output in milk	35,6	6,9	35,6	6,9	48,6	9,5	48,4	9,5	45,0	8,0
Pozostało w gospodarstwie Left in the farm	175,0	26,7	144,9	25,1	158,3	30,4	166,2	35,1	141,0	18,0
Wykorzystanie, % Utilisation, %	16,9	20,5	19,7	21,6	23,5	23,8	22,5	21,3	24,2	30,8

[1)] Źródło: SAPEK, WALCZUK [2009]. [1)] Source: SAPEK, WALCZUK [2009].

Na podstawie porównania gospodarstw o wydajności mlecznej krów 6 600 kg·szt.$^{-1}$·rok^{-1} można stwierdzić niewielkie zróżnicowanie sald (nadmiarów) fosforu – ok. 25 kg P·szt.$^{-1}$·rok^{-1}, a wykorzystania ok. 21%. Bilanse tego składnika z trzech gospodarstw o wydajności 9 000 kg·szt.$^{-1}$·rok^{-1} były w dużym stopniu nadmiarowe – ponad 30 kg P·szt.$^{-1}$·rok^{-1}. Wykorzystanie fosforu było najgorsze w Jastrzębcu w pierwszym roku badań oraz w Falentach w ostatnim roku – 23,8%.

W porównywalnym pod względem wydajności mlecznej krów gospodarstwie ze stanu Wisconsin w USA stwierdzono najmniejszy nadmiar fosforu, zaledwie 18,0 kg P szt.·rok^{-1} oraz największe wykorzystanie wśród porównywanych gospodarstw, wynoszące 30,8% (tab. 6). Gospodarstwo amerykańskie [SAPEK, WALCZUK, 2009] zostało pokazane na tle polskich gospodarstw jako przykładowe do porównania dawek pokarmowych bydła ze względu na porównywalną wydajność krów, a mniejsze zanieczyszczenie środowiska niewykorzystanymi związkami azotu i fosforu.

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonego rozpoznania literatury wynika, że wydalanie azotu i fosforu przez zwierzęta gospodarskie można ograniczyć poprzez odpowiednie zbilansowanie dawek pokarmowych. W żywieniu należy uwzględnić zapotrzebowanie zwierząt w danym cyklu produkcyjnym, limitowane wielkością produkcji i stanem fizjologicznym oraz wiekiem. Niezmiernie ważne są: zachowanie właściwego stosunku białkowo-energetycznego w diecie, wartość biologiczna białka, a w przypadku trzody chlewnej – również dodatek enzymów rozkładających węglowodany oraz czystych form aminokwasów, szczególnie tych, które limitują przyswajalność białka zawartego w paszach. Wdrożenie przedstawionych sposobów żywienia w przemysłowym tuczu trzody chlewnej, który dominuje w gospodarstwach z dużą obsadą, może znacznie ograniczyć wnoszenie azotu i fosforu do gleb, ograniczając tym samym eutrofizację.

Zmniejszenie wydalania azotu i fosforu przez zwierzęta poligastryczne jest trudniejsze niż w przypadku zwierząt monogastrycznych, jednak badania przeprowadzone w gospodarstwach w Biebrzy, Falentach i Jastrzębcu świadczą, że gdy stosuje się prawidłowo zbilansowaną dietę, można ograniczyć zanieczyszczenie środowiska tymi składnikami podczas produkcji mleka.

Najprostszą metodą zmniejszenia wydalanych przez bydło azotu i fosforu jest zmniejszenie ilości tych składników w dawce żywieniowej. Jak podaje VAN HORN [1992], zmniejszenie zawartości fosforu w dawce żywieniowej z 60 do 40% skutkuje ograniczeniem jego wydalania z 31 do 18 kg na krowę rocznie. Jednak, jak wiadomo, wydajność mleczna jest ściśle związana z dawką spożywanych przez zwierzęta składników pokarmowych. POTKAŃSKI i SAPEK [1997] dowodzą, że duża mleczność wiąże się ze zwiększeniem zawartości podawanego zwierzętom białka, co skutkuje zwiększeniem ilości wydalanego azotu. Na podstawie wcześniejszych wyników badań z Biebrzy [BARSZCZEWSKI, WRÓBEL, WASILEWSKI, 2006; WASILEWSKI, BARSZCZEWSKI, WRÓBEL, 2008] potwierdzono tę tezę, jednak przykład Jastrzębca z 2008 r. sugeruje, że zmniejszenie zawartości białka w paszy prowadzi do zmniejszenia ilości wydalanego azotu i fosforu, jednocześnie umożliwiając utrzymanie dużej produkcji mleka. Potwierdzenie tego założenia uzyskali

BURKE i in. [2007], wykazując, że wysokobiałkowy dodatek do paszy pastwiskowej w żywieniu bydła powoduje zwiększenie wydalania azotu o ponad 15% w stosunku do dodatku niskobiałkowego, przy czym zmniejszenie zawartości białka w dawce żywieniowej zmniejsza produkcję mleka tylko o ok. 3,5%. Zmniejszenie ilości białka w diecie jest możliwe dzięki poprawie jego jakości w podawanej paszy. Jak podaje VAN HORN [1992], jakość białka w znacznym stopniu wpływa na ilość azotu wydalanego przez zwierzęta. W warunkach 0,63-procentowej zawartości azotu w dawce żywieniowej i stosowania diety o małej zawartości białka degradowalnego w żwaczu krowy mleczne wydalają ok. 101,5 kg azotu rocznie. Dieta, w której udział azotu jest taki sam, lecz o dużej zawartości białka degradowalnego w żwaczu, skutkuje zmniejszeniem wydalania azotu do ok. 103 kg w ciągu roku.

Przedstawione wyniki badań z gospodarstw znacznie zróżnicowanych, zarówno pod względem struktury użytkowania gruntów, żywienia krów mlecznych, jak i ich cech użytkowych świadczą o dynamicznych zmianach. Głównym bodźcem tych zmian jest urynkowienie – w gospodarstwach towarowych, chcąc utrzymać się na rynku, zwiększa się wydajność mleczną, nie zwracając uwagi na wykorzystanie oraz rozpraszanie azotu i fosforu do środowiska. Kluczem do zwiększenia wydajności mlecznej krów jest nie tylko postęp hodowlany, lecz również sposoby żywienia, w których coraz większy udział mają pasze treściwe z dużym udziałem azotu i fosforu. Z przedstawionych wyników badań wynika, że gdy zmierza się do zwiększenia wydajności, nie zwraca się uwagi na wykorzystanie i znaczne nadmiary badanych składników w gospodarstwach. Dopiero po osiągnięciu wysokiego pułapu wydajności, tak jak w Jastrzębcu, podejmuje się skuteczne działania w zakresie równoważenia dawek żywieniowych, ograniczając udział w nich pasz treściwych, a tym samym – jak wskazuje POTKAŃSKI [2004] – zmniejszając koszty jednostkowe.

Metody żywieniowe, tj. zwiększenie efektywności żywienia oraz poprawa wykorzystania pasz, oprócz zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska, dają hodowcy wymierny efekt w postaci zmniejszenia kosztów w przeliczeniu na jednostkę produkcyjną [POTKAŃSKI, 2004].

Wykorzystanie użytków zielonych do wypasu bydła mlecznego i mięsnego wpływa niekorzystnie na bilans azotu i fosforu z uwagi na dużo większą zawartość białka niż energii w paszy w porównaniu z żywieniem w zamkniętych i intensywnych systemach produkcji.

Przeprowadzone rozpoznanie literaturowe wskazuje, że o efektywności wykorzystania azotu przez zwierzęta monogastryczne decyduje zawartość białka, aminokwasów egzogennych oraz sposób żywienia, a o efektywności wykorzystania fosforu i jego wydajności – odpowiednia jakość pasz oraz dodatki fitazy.

Sposoby żywienia krów mlecznych, stosowane w gospodarstwach dążących do zwiększenia wydajności, prowadzą do uzyskiwania niekorzystnych sald bilansowych azotu i fosforu oraz zwiększonego wydalania azotu przez zwierzęta.

Dawka żywieniowa, odpowiednio zbilansowana pod względem jakościowym i ilościowym, skutecznie zmniejsza ilość wydalanego azotu i fosforu oraz zwiększa wykorzystanie tych składników, umożliwiając utrzymanie wysokiej wydajności mlecznej krów.

LITERATURA

BARSZCZEWSKI J., 2008. Kształtowanie się obiegu składników nawozowych w produkcyjnym gospodarstwie mlecznym w warunkach dochodzenia do zrównoważonego systemu gospodarowania. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozpr. Nauk. Monogr. nr 23 ss. 123.

BARSZCZEWSKI J., WRÓBEL B., WASILEWSKI Z., 2006. Wykorzystanie pasz z trwałych użytków zielonych w różnych systemach żywienia bydła mlecznego. W: Aktualne problemy gospodarowania na użytkach zielonych i kształtowania środowiska w świetle obowiązujących norm prawnych. Konf. nauk.-tech., Jastrząb k. Poraja, 25–27.09.2006. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 95–107.

BURKE F., O'DONOVAN M.A., MURPHY J.J., O'MARA F.P., MULLIGAN F.J., 2008. Effect of pasture allowance and supplementation with maize silage and concentrates differing in crude protein concentration on milk production and nitrogen excretion by dairy cows. Livestock Science 114 s. 325–335.

CASTILLO A.R., KEBREAB E., BEEVER D.E., BARBI J.H., SUTTON J.D., KIRBY H.C., FRANCE J., 2001. The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. Journal of Animal Science 79 s. 247–253.

FLIS M., SOBOTKA W., 2005. Fine particle size and enzyme supplementation as factors improving utilization of protein from diets with lowered protein contents by pigs. Journal of Animal and Feed Sciences 14 Supl. 1 s. 341–344.

GRELA E., 2004. Żywienie tuczników. W: Żywienie zwierząt i paszoznawstwo. Podstawy szczegółowego żywienia zwierząt. T. 2. Pr. zbior. Red. D. Jamroz, A. Potkański. Warszawa: PWN s. 368––371.

JEROCH H., 1995. Zur Bedeutung der Futterenzyme in der Tiernahrung – Dargestellt am Biespiel der Gefluegelproduktion. Mater. Konf. XXV Ses. Nauk. Komisji Żywienia Zwierząt. Poznań, 8 listopada 1995 r. Poznań: PAN s. 9–13.

KNOWLOTON K.F., RADCLIFFE S., NOVAK C.L., EMMERSON D.A., 2004. Animal management to reduce phosphorus looses to the environment. Journal of Animal Science 82 Supl. E s. 173–195.

KOWALEWSKA A., PRĘGOWSKA E., RZEPIŃSKI W., 2009. Analiza funkcjonowania gospodarstw rolnych na obszarach szczególnie narażonych w zlewni Sony w aspekcie ich wpływu na jakość wód. Woda Środowisko Obszary Wiejskie t. 9 z. 1 (25) s. 5–19.

MARCINKOWSKI T., 2002. Identyfikacja strat azotu w towarowych gospodarstwach rolnych Żuław Wiślanych. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozpr. Nauk. Monogr. nr 1 ss. 79.

POTKAŃSKI A., 2004. Żywieniowe metody ograniczania skażenia środowiska naturalnego odchodami zwierzęcymi. W: Żywienie zwierząt i paszoznawstwo. T. 1. Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt. Pr. zbior. Red. D. Jamroz. Warszawa: PWN s. 336–340.

POTKAŃSKI A., SAPEK A., 1997. Możliwości ograniczania zanieczyszczenia wody związkami azotu i fosforu w wyniku zmian sposobu żywienia zwierząt. Postępy Nauk Rolniczych nr 1 s. 83–91.

SAPEK A., WALCZUK T., 2009. Bilans składników nawozowych w diecie krowy mlecznej. Woda Środowisko Obszary Wiejskie t. 9 z. 1 (25) s. 99–109.

VAN HORN H. H., 1992. Recycling manure nutrients to avoid environmental pollution. W: Large dairy herd management. Pr. zbior. H.H. van Horn, C.J. Wilcox. Champaign, IL: Am. Dairy Sci. Assoc. s. 640–654.

WASILEWSKI Z., BARSZCZEWSKI J., WRÓBEL B., 2008. Influence of different participation of forages from grasslands in feeding ratio on effectiveness of dairy cattle feeding. Biodiversity and Animal Feeding vol. 13 s. 873–878.

Jerzy BARSZCZEWSKI, Anna KILISZCZYK, Tomasz SAKOWSKI, Ewa METERA

THE DISPERSION OF NITROGEN AND PHOSPHORUS COMPOUNDS FROM ANIMAL PRODUCTION

Key words: cattle and pig breeding, dispersion of nitrogen and phosphorus

S u m m a r y

Data on the dispersion of nitrogen and phosphorus from pig (literature data) and dairy cattle (literature data and own studies in farms in Biebrza, Falenty and Jastrzębiec from 2002, 2005 and 2008) breeding are presented in this paper. Various methods are discussed of balancing dietary doses in order to improve the utilisation of N and P by animals such as: limitation of energy, the use of egzogenous phytase, decrease of total protein and addition of egzogenous amino acids. Data illustrating the effect of various doses and ways of feeding on nitrogen and phosphorus balance are presented for dairy cattle.

It was shown that in both monogastric animals and cattle the utilisation of nitrogen and phosphorus depends largely on the intensity of breeding and may be modified by balancing dietary doses and by application of nutritional additives.

Recenzenci:
prof. dr hab. Jan Mikołajczak
prof. dr hab. Andrzej Sapek

Praca wpłynęła do Redakcji 23.06.2009 r.