

T. BRUDZIŃSKI

## Z ZAGADNIENIŃ ŻYWIENIA ZWIERZĄT GOSPODARSKICH

*(Postępy w żywieniu. Wartościowanie pasz. Normowanie.  
Jakościowa analiza przyrostów wagowych. Doświadczenia żywieniowe)*

W ciągu ostatniego ćwierćwiecza nauka żywienia poczyniła ogromne postępy korzystając w bardzo szerokiej mierze z osiągnięć pokrewnych dyscyplin biologicznych, a nawet nauk niebiologicznych, jak np. fizyka jądrowa (zastosowanie izotopów do badań nad przemianą materii). Osiągnięcia teoretyczne, daleko większe w dziedzinie żywienia zwierząt o pojedynczym żołądku, ale pokaźne również w dziedzinie żywienia przeżuwaczy, dałyby ująć się w kilku słowach jak następuje: stwierdzenie niezbędności do życia i rozwoju zwierząt elementów śladowych (mikroelementów) i witamin, odkrycie hormonów wzrostu, odkrycie i zastosowanie w żywieniu antybiotyków i kwasów arsonowych, odkrycie, że białko w zależności od źródła posiada różną wartość biologiczną zarówno wskutek składu aminokwasów, jak i zawartości nieznanych czynników wzrostu i rozwoju (czynniki białka zwierzęcego, APF), stwierdzenie, że istnieją nieznanne czynniki wzrostu, których nie można zidentyfikować ani z hormonami, ani z elementami śladowymi, ani z witaminami, ani z APF (do takich czynników należy m. in. popiół lucerny, wyciąg z odpadków przemysłu fermentacyjnego, popiół z tego wyciągu itp.). Przechodząc od elementów składowych paszy do efektów żywieniowych wymienić należy takie osiągnięcia, jak stwierdzenie różnej wartości biologicznej tej samej paszy dla tego samego zwierzęcia w zależności od formy podania (np. pasza w zwykłej postaci i w postaci granulowanej) i od zestawu paszowego, w jakim dana pasza się znajduje, stwierdzenie, że różny poziom żywienia w różnych stadiach rozwoju zwierzęcia umożliwia kierowanie rozwojem różnych części składowych organizmu (kośćciec, mięśnie i tłuszcz), że przez żywienie możemy wpływać na intensywność owulacji (zwłaszcza u zwierząt wielopłodnych), przeżycie embrionów, rozwój osesków, zdrowie i długowieczność, że u przeżuwaczy w przeciwieństwie do zwierząt o pojedynczym żołądku mamy do czynienia ze zjawiskiem wzrostu kompensacyjnego, że wreszcie żywienie przeżuwaczy jest w gruncie rzeczy żywieniem drobnoustrojów zwacza zdolnych w sprzyjających warunkach do syntezy wszystkich niezbędnych aminokwasów i wszystkich witamin grupy B łącznie z witaminą B<sub>12</sub> (pomyślne próby zastąpienia w żywieniu przeżuwaczy białka mocznikiem, biuretem itp.).

Osiągnięcia teoretyczne znalazły już częściowo zastosowanie w praktyce przede wszystkim w żywieniu trzody chlewnej i drobiu. Jeśli chodzi o drób, to warto tu przytoczyć doświadczenie Combsa (3), który identyczny materiał (kurczęta z krzyżowania rasy New Hampshire × Barred Plymouth Rock) żywił według norm zalecanych przez uniwersyteckich

Skład dawek pokarmowych w funtach na tonę (wg Combsa)

S k ł a d n i k i	1930 r	1938 r.	1946 r.	1954 r.
Śrutowana żółta kukurydza	1000	400	520	1108,33
Kasza owsiana	—	400	—	—
Mielony owies	—	—	250	—
Kasza pszenna	300	400	200	—
Otręby pszenne	300	400	250	—
Mączka rybia	—	—	150	100
Skondensowany wyciąg z ryb (Cond. fish solubles)	—	—	—	40
Mączka mięsna	—	200	150	—
Chude mleko w proszku	300	200	100	—
Makuch sojowy	—	—	100	400
Gluten kukurydzy	—	—	100	75
DL-Metionina	—	—	—	1
Suszone drożdże browarniane	—	—	—	40
Serwatka w proszku	—	—	—	40
Rozpuszczalne produkty fermentacji (Ferm. Solubles) (80 mikrogramów ryboflawiny na g	—	—	25	—
Mączka suszonej sztucznie lucerny	—	100	100	40
Olej sojowy	—	—	—	80
Wapniak	—	—	30	30
Mączka kostna	80	—	15	20
Fosforan dwuwapniowy	—	—	—	—
Sól	20	10	10	—
Sól jodowana	—	—	—	8
Siarczan manganu	—	0,25	0,25	0,4
Naświetlane sterole pochodzenia zwierzęcego (1500 ICU witaminy D <sub>3</sub> na gram)	1	1	—	—
Witaminy A i D w oleju (300 ICU witaminy D <sub>3</sub> na gram)	—	—	4	—
Koncentrat stabilizowanych witamin A i D (4000 IU witaminy A i 750 ICU witaminy D <sub>3</sub> na gram)	—	—	—	3
Chlorek choliny (mieszanka 25%)	—	—	—	4
Diphenyl paraphenylenediamine	—	—	—	0,25
Kwas arsanilowy (arsanilic acid) (mieszanka 20%)	—	—	—	1
gramów na tonę				
Niacyna	—	—	—	25
Pantotenian wapnia	—	—	—	5
Ryboflawina	—	—	—	4
Witamina B <sub>12</sub>	—	—	—	0,006
Penicylina prokainowa	—	—	—	4

specjalistów drobiowych z roku 1930, 1938, 1946 i 1954. Skład dawek pokarmowych według norm zalecanych w poszczególnych latach podaje tabela 1, a osiągniętą na tych normach wagę żywą kurcząt w wieku 8 tygodni podaje tabela 2.

Tabela 2

Waga żywa kurcząt w wieku 8 tygodni, żywionych według norm ustalonych w 1930, 1938, 1946 i 1954 r. (w funtach według Combsa)

Wyszczególnienie	N o r m y z r o k u			
	1930	1938	1946	1954
Średnia waga kogutków	1,62	1,89	2,17	2,81
Średnia waga kurek	1,56	1,68	1,98	2,16
Średnia waga obu płci	1,49	1,79	2,07	2,49

Jak widać z tabel 1 i 2, zarówno postęp w układaniu norm żywieniowych, jak i w osiągniętych wynikach jest bardzo znaczny, a nawet w ostatnim 8-leciu wybitny. Żywienie drobiu w oparciu o najnowsze osiągnięcia nauki jest jednak stosunkowo łatwe: w intensywnych hodowlach używane są prawie wyłącznie pasze kupne. Mieszanki paszowe, zawierające wszystkie zalecane przez naukę składniki, przygotowywane są przez spółdzielnie lub wielkie firmy prywatne zaopatrzone w odpowiednie laboratoria i kontrolowane przez państwo. Trudniejszą nieco sprawą jest naukowe żywienie trzody chlewnej, chociaż i w tym wypadku naukowo opracowane dodatki mieszanek witaminowych i antybiotyków oraz mieszanek mineralnych znajdują już szerokie zastosowanie w żywieniu prosiąt. Inaczej przedstawia się sprawa z żywieniem przeżuwaczy. Przede wszystkim daleko bardziej sporne są same zasady żywienia. Istnieją np. sprzeczne zdania co do intensywności wychowu cieląt i młodzieży. Wyniki badań skandynawskich na jednojajowych bliźniętach wykazują, że niski poziom żywienia w młodym wieku nie wpływa ani na ostateczny wzrost i konstytucję, ani na późniejszą wydajność krów, przedłuża natomiast długowieczność (długotrwałość użytkową) zwierzęcia (10). Podobne wyniki w masowych doświadczeniach nad systemem wychowu maciorek-merynosów uzyskano w Nowej Zelandii (4), nad kompensacyjnym wzrostem młodych wołów ras mięsnych w Stanach Zjednoczonych (2).

Niektórzy autorzy są zdania, że zjawisko kompensacyjnego wzrostu u przeżuwaczy powstało na drodze ewolucyjnego rozwoju — zwierzęta trawożerne w warunkach chowu naturalnego przystosowały się do gromadzenia rezerw na jesieni, głodowania w zimie i przyspieszonego wzrostu i rozwoju na wiosnę. Inni, np. Sztejman, zasadę „oszczędnego” wychowu cieląt negują. Z tych sprzecznych opinii można by, wydaje się, wyciągnąć wniosek, że „oszczędne” żywienie cieląt i młodzieży (dotyczy to również owiec) nie prowadzi do skutków ujemnych wtedy, gdy pokryte są wszelkie potrzeby zwierzęcia mineralno-witaminowe, a umiarkowanie niedostateczną jest jedynie dostarczana energia.

Innymi spornymi zagadnieniami w żywieniu przeżuwających jest zagadnienie pasz objętościowych, konieczności ich stosowania i wpływu, jakże te pasze wywierają na proces powstawania tłuszczu w mleku, zagadnienie tłuszczu w paszy (istotne w związku z nowoczesną metodą ekstrahowania olejów z nasion oleistych i powstających w związku z tym nie-

omal beztłuszczowych makuchów), zagadnienie białka w żywieniu przeżuwaczy (białko czy związki azotowe, innymi słowy białko ogólne czy białko właściwe) itp. Niewątpliwie zagadnienie żywienia zwierząt przeżuwających w ogóle, a prowadzenie z nimi badań żywieniowych w szczególności jest daleko trudniejsze i bardziej skomplikowane od zagadnienia żywienia trzody chlewnej czy drobiu. Niewątpliwie też wyniki osiągnięte przez naukę są w tej dziedzinie skromniejsze. Istnieje jednak ponadto jeszcze jedna przyczyna, która utrudnia wprowadzenie do praktyki nawet tych osiągnięć naukowych z dziedziny żywienia zwierząt przeżuwających, które są bezsporne i dla praktyki bez wątplenia korzystne. Żywienie zwierząt przeżuwających opiera się przede wszystkim na paszach wyprodukowanych we własnym gospodarstwie. Z ekonomicznych względów istnieje ostatnio w szeregu krajów tendencja do ograniczania do minimum stosowania pasz pochodzących spoza gospodarstwa, makuchów, otrąb itp. Tendencja ta wypływa bądź z przyczyn ogólnopństwowych (konieczność importu, ograniczenia dewizowe), bądź z przyczyn wewnętrzno-gospodarskich (jak najtańsza produkcja). W tych warunkach niezmiernie trudno „ujednoczyć” żywienie tak, jak to ma miejsce w odniesieniu do trzody chlewnej, a zwłaszcza drobiu, tym bardziej, że nawet identyczny zestaw paszowy wyprodukowany na różnych glebach może mieć i często ma zupełnie inną wartość pokarmową.

Dlatego też nie tylko nie ma i nie może być ogólnej światowej recepty na żywienie zwierząt przeżuwających nawet o znanej rasie, wadze żywej, wieku i produktywności, ale nie mogą istnieć recepty ani ogólnopństwowe, ani nawet rejonowe. Mogą istnieć tylko ogólne zasady, zmieniające się zresztą w miarę postępów nauki, a zasady te stosowane w rejonowych zakładach doświadczalnych mogą dać w wyniku jedynie wskazówki dla instruktorów żywieniowych i hodowców. Chodzi tu w szczególności o bardziej subtelne aspekty zagadnień żywieniowych, o tę stronę żywienia, która ma na celu utrzymanie zwierzęcia w zdrowiu, równowadze fizjologicznej, która zapewnia normalną rozrodczość i długotrwałą użyteczność zwierzęcia. Większość praktyków zwraca jednak uwagę przede wszystkim na produktywność i opłacalność produkcji i może dlatego zagadnienie żywienia przeżuwaczy, tak trudne i skomplikowane od strony naukowej, praktycznie wydaje się dosyć proste. Może dlatego praktycy wydają się być całkowicie zadowoleni z istniejących systemów normowania paszy (takie lub inne jednostki pokarmowe, tyle to a tyle białka w stosunku do wagi żywej i produktywności) i na ogół nie zgłaszają żadnych zastrzeżeń, ani postulatów w stosunku do nauki.

Jednakże istniejący system wartościowania pasz i ustalania norm żywieniowych nie zadowala nauki. Nie chodzi tu o możliwość scharakteryzowania paszy przy pomocy jednego wskaźnika. To jest niemożliwe, tak jak niemożliwe jest operowanie w żywieniu przeżuwaczy receptą. Chodzi przede wszystkim o ten miernik dawki pokarmowej, który wskazuje na ilość dostarczonej zwierzęciu energii, o oparcie tego miernika na takich zasadach, które umożliwiłyby stosowanie go do wszystkich potrzeb danego zwierzęcia i do różnych gatunków zwierząt. Zasadom tym istniejące jednostki pokarmowe nie odpowiadają. Prof. J. Kielanowski w swym artykule „Energia strawna jako podstawa wartościowania pasz i oceny efektu żywienia” (11) po przeprowadzeniu krytyki istniejących i proponowanych systemów, a w szczególności wartościowania pasz na podstawie

ilości dostarczanej energii netto, wystąpił z własną koncepcją oparcia się na ilości energii strawnej stwierdzając, że: „...stosunkowo bardzo łatwe byłoby sporządzenie tablic, zawierających dane o energii strawnej różnych pasz, przeznaczonych dla różnych gatunków zwierząt, a nawet dla różnych typów użytkowych lub ras”<sup>1</sup> i dalej: „Innym, być może lepszym rozwiązaniem (od norm żywieniowych Morrisona wyrażonych w TDN. przyp. T. B.) byłoby posługiwanie się w normowaniu wartościowością według dotychczasowych zasad, tylko nie w stosunku do jednostek opartych na energii netto, lecz do jednostek opartych na energii strawnej. Wymagałoby to w tabelach dotyczących przeżuwaczy wprowadzenia dwóch rubryk: pierwszej, zawierającej dane o wartości pasz, wyrażonej bezpośrednio w jednostkach opartych na energii strawnej i drugiej, zawierającej iloczyn tej wartości i wartościowości. Pierwsza rubryka byłaby przeznaczona do obliczania produkcyjnego efektu żywienia, druga do normowania”<sup>2</sup>.

Prof. Kielanowski stoi więc na stanowisku utrzymania jednostek pokarmowych ze względu na ich praktyczną dogodność, oparciu ich natomiast na energii strawnej zamiast energii netto i wprowadzeniu ewentualnie wskaźników. Nie ulega wątpliwości, że bez przeprowadzenia pełnego bilansu energii, co wymaga kosztownej aparatury i jest bardzo pracochłonne, nie można zbadać bezpośrednio ani energii przemiennej, ani energii netto, że w gruncie rzeczy oparcie się na energii netto lub energii przemiennej nie jest niczym innym, jak oparciem się na energii strawnej (pozornej energii strawnej) z uwzględnieniem wskaźników przeliczeniowych. Wydawałoby się więc słuszne, skoro wszystkie podstawy wartościowania pasz są równie niedokładne, oprzeć się na tej, którą można stosunkowo łatwo i bezpośrednio zmierzyć. Ale czy są one naprawdę równie niedokładne? Czy wskaźniki przeliczeniowe oparte na obfitym materiale doświadczalnym nie dadzą oceny wartości pasz bliższej rzeczywistości? Już pierwsze badania nad bilansem wapnia i fosforu przy pomocy izotopów (9) wykazały, jak dalece strawność pozorna tych składników odbiega od rzeczywistej. Czy ta nowa metoda badań nie wykaże również wielkich różnic w rzeczywistej strawności innych składników pasz? A przecież nie chodzi tu wyłącznie o różnicę pomiędzy pozorną i rzeczywistą strawnością. Chodzi przede wszystkim o to, jaka część energii brutto dostarczonej paszy staje się dla zwierzęcia użyteczna. Na fakt, że przy stosowaniu dotychczasowych metod badań i przeliczeń nie tylko rzeczywista energia strawna, ale nawet energia przemienne nie daje właściwego obrazu wartości biologicznej paszy, wskazują jaskrawo badania Blaxtera i Grahama (1). W badaniach tych te same pasze o identycznym składzie chemicznym, lecz w innej formie fizycznej, okazały się równe pod względem wartości biologicznej (ilości dostarczonej energii netto), a pod względem energii strawnej różniły się bardzo znacznie.

A czy jednostki pokarmowe są potrzebne? Wybitny zootechnik francuski Leroy (13, 14) w swojej koncepcji obliczania potrzebnej zwierzęciu energii i normowania pasz nie posługuje się jednostkami zupełnie.

Blaxter i Graham (1) w pracy swej przeprowadzonej na owcach nad wartością pokarmową siana w postaci grubej siewki oraz średnio i drobno

<sup>1</sup> Postępy Nauk Rolniczych, nr 1, 1955, str. 33.

<sup>2</sup> Tamże, str. 37.

mielonej mączki granulowanej stwierdzili, że zarówno przy niskim, jak i wysokim poziomie żywienia wartość pokarmowa siana podawanego w trzech wyżej podanych postaciach jest identyczna, jeśli opierać się na ilości energii netto pobranej z paszy. Strawność siana podawanego w trzech postaciach różniła się natomiast bardzo znacznie: strawność materii organicznej siana w postaci grubej siewki przy niskim poziomie żywienia wynosiła 82,7%, w postaci drobno mielonej granulowanej mączki — 65,8%.

Przy analizie przyczyny tego stanu rzeczy okazało się, że straty energii pobranej w paszy (energii brutto) były przy sianie w postaci grubej siewki znacznie mniejsze w kale, większe w moczu, w metanie i w ciepłe i odwrotnie przy sianie w postaci drobno mielonej granulowanej siewki straty energii w kale były większe, w moczu, metanie i ciepłe — mniejsze. Szczegółowe zestawienie podaje tabela 3.

Tabela 3

*Srednie straty energii na 100 kal. energii pobranej (brutto)  
(wg Blaxtera i Grahama)*

Poziom żywienia	Straty energii w	Suszona trawa pod postacia			Średni błąd
		grubej siewki	średnio mielonej mączki (granulowanej)	drobno mielonej mączki (granulowanej)	
Niski	kale	23,30	29,60	28,10	± 1,13
	moczu	5,06	4,22	4,70	± 0,40
	metanie	8,25	7,38	7,84	± 0,25
	ciepłe	17,80	13,50	13,40	± 0,53
Wysoki	kale	26,80	34,80	37,90	± 1,13
	moczu	5,17	4,90	4,77	± 0,25
	metanie	7,61	5,87	4,61	± 0,25
	ciepłe	28,80	21,20	21,90	± 0,53

Wartość pokarmową paszy, piszą autorzy, ocenić można dokładnie jedynie przez stwierdzenie efektów biologicznych, jakie ta pasza wywołuje w organizmie. Ponieważ niewielka tylko ilość laboratoriów posiada odpowiednią aparaturę do przeprowadzania pełnych bilansów energii, większość badań nad strawnością pasz ogranicza się do stwierdzenia strat energii w kale. Znaleziona w ten sposób strawność pozorna poszczególnych składników paszy służy przy pomocy zastosowania różnego rodzaju manipulacji do określania energii strawnej, energii przemiennej, sumy strawnych składników (TDN), lub energii netto wyrażanej zwykle w Europie w postaci jednostek skrobiowych lub pokarmowych. Dla zilustrowania wielkości błędów powstających przy usiłowaniu określenia wartości pokarmowej danej paszy bez uwzględnienia całej energetycznej przemiany zwierzęcia jako całości autorzy dają porównanie wartości siana w trzech badanych postaciach wyrażonej w energii strawnej, energii przemiennej i energii netto. Porównanie to podaje tabela 4.

Tabela 4

Srednie wartości pozornie strawnej energii, energii przemiennej i energii netto trawy suszonej podawanej w trzech różnych postaciach w ilości 1500 g dziennie (wg Blaxtera i Grahama)

Rodzaj energii	Kalorii na 100 g suchej masy w suszonej trawie pod postacią			Względna wartość 100 b/a	Sredni błąd (kal. na 100 g)
	grubej sieczeni (a)	średnio mielonej mączki (granulowanej)	drobno mielonej mączki (granulowanej) (b)		
Pozornie strawna energia	385	287	280	72,7	± 5,0
Energia przemieniana*	266	240	240	90,2	± 4,5
Energia netto	139	146	142	102,2	± 4,3
Równowartość skrobiowa**	59	62	60	102,2	± 1,8

\* Bez poprawki na równowagę azotową.

\*\* Przy zamianie kal/100 g na równoważnik skrobiowy w % zastosowano współczynnik 0,4244 (1 kg skrobi = 2356 kalorii przy tuczu).

Z tabeli 4 widać, że przy porównywaniu wartości siana pod trzema postaciami w oparciu o energię strawną popełnia się błąd bardzo poważny: granulowana drobno mielona mączka wykazuje wtedy wartość pokarmową niższą o 27% od grubo mielonej sieczeni. Porównanie w oparciu o energię przemienianą daje błąd w granicach 10%, w rzeczywistości wszystkie 3 postacie mają wartość pokarmową identyczną. Oparcie się na energii netto także nie da właściwych wyników jeśli energia ta nie zostanie zbadana, jak to uczynili autorzy, a zostanie skalkulowana przy pomocy współczynników i poprawek, jak to czynili Kellner i Armsby. Porównanie tych 3 metod podaje tabela 5.

Z pracy swojej autorzy wyciągają wnioski nader pesymistyczne. Stwierdzają oni, że nie posiadamy jeszcze dostatecznych informacji o fizjologicznych mechanizmach kierujących przemianą energetyczną u przeżuwaczy, aby ocenić wartość pokarmową paszy na podstawie jej składu chemicznego i formy fizycznej nawet wtedy, gdy stanowi ona jedyny składnik dawki pokarmowej. Tymczasem jedyną metodą oceny prawdziwej wartości pokarmowej pozostaje pracochłonna i kosztowna metoda doświadczeń kalorymetrycznych.

Pesymizmu Blaxtera i Grahama nie podziela wybitny zootechnik francuski Leroy. Wystąpił on z teorią w oparciu o cały materiał doświadczalny ostatniego półwiecza, że można wprowadzić system normowania dawek pokarmowych bez oparcia o takie lub inne jednostki pokarmowe, system, który może znaleźć zastosowanie zarówno w odniesieniu do różnych potrzeb tego samego zwierzęcia, jak i do potrzeb różnych zwierząt, a nawet różnych gatunków zwierząt.

Leroy wychodzi z założenia, że dla utrzymania zwierzęcia rosnącego, tuczonego lub produkującego mleko, wełnę, jaja itp. w równowadze energetycznej podawana pasza powinna zawierać tyle energii przemiennej, tj. energii użytecznej dla zwierzęcia, aby pokryć jego zapotrzebowanie bytowe (straty ciepłne w stanie zupełnego głodu i bezruchu w środowisku

Tabela 5

Porównanie wartości pokarmowej suszonej trawy podawanej w postaci grubej siec-  
ki i granulowanej, drobno mielonej mączki przy ustaleniu doświadczalnym tej war-  
tości i obliczeniu jej przy pomocy wskaźników  
(wg Blaxtera i Grahama)

Metoda ustalenia wartości pokarmowej (kalorii na 100 g suchej masy)	Suszona trawa pod postacią		Względna wartość pokarmowa mączki 100 b/a
	grubej siec- ki (a)	drobno mielonej granulowanej mączki (b)	
Energia netto ustalona doświad- czalnie	139	142	102,2
Energia netto obliczona przy użyciu wskaźników Kellnera (1920) i po- prawki na zawartość włókrika (współczynnik 0,58)	141	119	85,2
Energia netto obliczona przy użyciu wskaźników Kellnera (1920) i po- prawki na zawartość włókniaka (współczynnik 0,29)	156	133	85,2
Energia netto obliczona przy uży- ciu wskaźników Armsby'ego	149	109	73,2

o normalnej temperaturze), zapotrzebowanie produkcyjne (energia za-  
warta w tkankach powstałych w okresie wzrostu lub tuczu, energia za-  
warta w mleku, wełnie itp.) oraz straty ciepłe związane z konsumpcją  
paszy. Trudności z obliczaniem potrzebnej zwierzęciu energii przemien-  
nej polegają na tym, że o ile dzięki bardzo licznym doświadczeniom mo-  
żemy z dużą dokładnością obliczyć bytowe potrzeby energetyczne zwi-  
erzęcia i jego potrzeby produkcyjne, to wielkością nieznaną pozostaje ta  
ilość energii, którą zwierzę traci dodatkowo na skutek zachodzących  
w nim metabolizmów w normalnych warunkach środowiska, w którym  
przebywa. Badania własne nad mechanizmem strat energetycznych róż-  
nych gatunków zwierząt doprowadziły Leroy do przekonania, że straty  
energetyczne wiążą się ściśle z zawartością suchej masy w konsumowanej  
paszy. Po dokładnym przestudiowaniu 337 prac żywieniowych prowadzo-  
nych w XX wieku nad 6 gatunkami zwierząt (bydło, owce, trzoda chlewna,  
króliki, drób, białe szczury) okazało się, że ilość dodatkowej energii  
koniecznej dla utrzymania organizmu w równowadze (poza energią byto-  
wą i produkcyjną) wynosi dla wszystkich 6 gatunków zwierząt około jed-  
nej kalorii na gram suchej masy skonsumowanej paszy. Na podstawie  
wyników swych badań Leroy wysunął nową koncepcję normowania pasz  
w oparciu o zasadnicze równanie:

$$M = E + P + K.S,$$

gdzie:

$M$  — energia użyteczna paszy = energia przemieniona;

$E$  — energia bytowa;



$P$  — energia produkcyjna;  
 $K.S$  — energia dodatkowa.

Poszczególne elementy tego równania oblicza się według Leroy w sposób następujący:

$M$  — energia przemienna. Za punkt wyjścia bierze się całą ilość elementów strawnych zestawu paszowego (TDN). TDN oblicza się dodając do strawnej materii organicznej zestawu paszowego w gramach (z tablic składu pasz) ilość gramów strawnego tłuszczu  $\times 1,25$ . Dla przeliczenia TDN w gramach na energię przemienną w kaloriach mnoży się ilość TDN przez następujące wskaźniki: 3,65 dla przeżuwaczy; 4,1 dla trzody chlewnej, młodych przeżuwaczy jeszcze nie odsadzonych i dla drobiu; 4,2 dla królików (wskaźniki te uzyskano przez porównanie energii przemiennej ustalonej metodą bezpośrednią z ilością wchodzących w grę w danych doświadczeniach TDN).

$E$  — energia bytowa. Znając wagę żywą zwierzęcia wielkość tę bierze się z tabeli norm wartości kalorycznych paszy bytowej zawartych w sprawozdaniu V Kongresu Zootechnicznego odbytego w listopadzie 1949 r. w Paryżu. Normy te podaje tabela 6.

$K.S$  — energia dodatkowa. Oblicza się ją przez pomnożenie ilości gramów suchej masy zawartej w dawce pokarmowej ( $S$ ) przez współczynnik  $K$  wynoszący dla przeżuwaczy i drobiu 1,00; dla trzody chlewnej i królików — 0,9.

Normowanie potrzeb energetycznych zwierząt systemem Leroy jest proste. Teoretycznie uwzględnia ono przy tym (współczynnik  $K$ ) nawet indywidualne cechy zwierzęcia (żerność) i formę podawanej paszy, a więc te dwa czynniki, które, wpływając poważnie na czasokres trwania posiłku, odbijają się na ilościowym wykorzystaniu energii przemiennej podawanej paszy. Dopóki jednak nie istnieje prosta i ścisła metoda oznaczania współczynnika  $K$  bez potrzeby uciekania się do badań nad całym bilansem energii, praktycznie czynników tych przy normowaniu pasz uwzględnić nie można. Wartości współczynnika  $K$ , 1,0 dla przeżuwaczy i drobiu oraz 0,9 dla trzody chlewnej są wielkościami średnimi. Nie oznacza to, że przy posiadaniu danych z większej ilości doświadczeń nie można byłoby dla pewnych typowych zestawów paszowych bliżej sprecyzować wielkości współczynnika  $K$ . Już w badaniach Leroy okazało się, że współczynnik  $K$  obliczony na podstawie doświadczeń duńskich i amerykańskich bliższy był 0,9, podczas gdy obliczony na podstawie doświadczeń niemieckich przekraczał 1,0 (w doświadczeniach duńskich i amerykańskich zestawy paszowe zawierały więcej pasz treściwych, a więc smaczniejszych i szybciej konsumowanych od zestawów paszowych w doświadczeniach niemieckich).

System obliczania potrzeb energetycznych zwierzęcia i normowania pasz proponowany przez Leroy ma tę przewagę nad istniejącymi dotychczas, że stosować go można do wszystkich gatunków zwierząt, a w obrębie gatunku do wszystkich zwierząt bez względu na rodzaj wymaganej od nich produkcji. Nie wymaga on sporządzania tablic zawierających dane o energii strawnej różnych pasz dla różnych gatunków zwierząt (wystarczają wskaźniki przy przeliczaniu TDN na energię przemienną). Normy paszowe obliczać można w oparciu o istniejące tablice składu pasz i potrzeb bytowych zwierząt. Sporządzenie tablic zawierających wartości energetyczne produktów zwierzęcych (dla ułatwienia obliczeń energii

Tabele norm dla określenia potrzeb bytowych w ciągu 24 godzin  
w wielkich kaloriach

Waga żywa w kg	Potrzeby bytowe	Waga żywa w kg	Potrzeby bytowe
<b>B y d ł o</b>			
100	2080	500	7000
200	3500	600	8000
300	4750	700	8960
400	5880	800	9900
<b>O w c e</b>			
10	540	50	1210
20	780	60	1325
30	960	70	1435
40	1090	80	1515
<b>T r z o d a c h l e w n a</b>			
25	1060	150	2760
50	1560	175	3000
75	1950	200	3260
100	2240	225	3460
125	2520	250	3630
<b>D r ó b</b>			
0,2	27	1,8	148
0,4	58	2,0	162
0,6	65	2,2	176
0,8	80	2,4	182
1,0	96	2,6	198
1,2	110	2,8	203
1,4	122	3,0	216
1,6	136	3,2	228
<b>K r ó l i k i</b>			
1,0	65	3,0	141
1,5	89	3,5	160
2,0	106	4,0	178
2,5	125	4,5	195
		5,0	211

produkcyjnej) i wprowadzenie dodatkowych rubryk w tablicach składu pasz podających energię przemienną danej paszy dla różnych grup zwierząt nie przedstawiałoby żadnych trudności.

Tabela 6 c. d.

## Białe szczury\*

Waga żywa w g	Potrzeby bytowe		Waga żywa w g	Potrzeby bytowe	
	zwierzęta mocno żywione	zwierzęta racjonowane		zwierzęta mocno żywione	zwierzęta racjonowane
80	11,6	10,2	140	18,7	17,2
90	12,8	11,4	150	19,9	18,4
100	13,9	12,5	160	21,1	19,5
110	15,1	13,7	170	22,2	20,8
120	16,3	14,9	180	23,5	22,0
130	17,5	16,0	190	24,6	23,0
			200	25,8	24,2

\* Tabele opracowane przez Leroy na podstawie pracy S. Brody (1930) i E. B. Forbes, M. Kriss, R. C. Miller (1934)

## Przykładowo:

Ta część tablic składu pasz, która by była potrzebna do obliczania potrzeb energetycznych zwierzęcia, wyglądałaby jak następuje:

Pasza	Strawna materia organiczna %	Strawny tłuszcz %	TDN g/kg	Sucha masa %	Energia przemiana		
					dla doros- łych prze- żuwaczy	dla króli- ków	dla trzody, drobni i nie- odsadzonych przeżuwaczy
Jęczmień	72,6	2,3	755	87,2	2756	3171	3096

Jednym z głównych sprawdzianów właściwego żywienia (nie tylko z punktu widzenia dostarczania odpowiedniej ilości energii), a głównym jeśli chodzi o kontrolę bieżącą, jest zmiana w wadze żywej zwierzęcia. W wielu doświadczeniach żywieniowych zmiana wagi żywej stanowi kryterium wartości danej paszy lub zestawu paszowego. Tymczasem identyczny przyrost wagi żywej przy stosowaniu różnych pasz wcale nie dowodzi identycznej wartości tych pasz, gdyż może on być, zwłaszcza u zwierząt rosnących lub tuczonych, jakościowo bardzo różny: woda, białko i tłuszcz składać się nań mogą w różnej proporcji. Reid i tow. (15) przytaczają np. pracę Watsona nad porównawczą wartością mocznika i kazeiny w żywieniu bydła, z której wynika, że chociaż przyrost wagi żywej zwierząt otrzymujących mocznik wyniósł tylko 70% przyrostu wagi żywej zwierząt otrzymujących kazeinę, to ilość energii zatrzymanej w organizmie wyniosła 81%. W badaniach Lassitera, Beckera i Terrilla nad zapotrzebowaniem białka przez trzodę chlewną (12) okazało się, że nad zapotrzebowaniem białka przy którym uzyskiwano najwyższe przyrosty, jest niższy od poziomu białka, przy którym uzyskiwano najbardziej dodatni bilans białka. Sama więc zmiana w wadze żywej zwierzęcia nie daje dokładnego obrazu przemiany energetycznej w organizmie zwierzęcym. Zwłaszcza więc przy badaniach mających na celu ustalenie wartości energetycznej paszy odczuwano od dawna potrzebę metody pozwalającej na

analizę jakościową przyrostu na wadze — *in vivo*. Metodę taką opracowali Reid, Wellington i tow. (15, 16). Opierając się na prowadzonych w ciągu ostatniego stulecia badaniach nad składem ciała zwierząt, jak również na badaniach własnych, stwierdzili oni, że skład chemiczny ciała zwierząt morfologicznie podobnych jest podobny, że na skład ciała nie wpływa ani płeć, ani typ zwierzęcia, że po osiągnięciu dojrzałości procent wody, białka i składników mineralnych w ciele pozbawionym tłuszczu jest względnie stały (zmienia się tylko nieznacznie z wiekiem), że wreszcie istnieje wysoka negatywna korelacja pomiędzy zawartością wody i tłuszczu w ciele zwierząt. Przede wszystkim chodziłoby więc o metodę umożliwiającą stwierdzenie *in vivo*, jaką ilość wody zawiera organizm.

Metoda taka istnieje już od kilku lat. Polega ona na zastrzyku dożylnym znanej ilości substancji, która bardzo szybko i jednolicie rozchodzi się po organizmie, nie podlega metabolizmowi i usuwana jest z organizmu bardzo powoli. Na podstawie określenia po pewnym czasie stopnia rozcieńczenia substancji wprowadzonej dożylnie w wodzie jakiegokolwiek płynu organizmu, w praktyce w wodzie surowicy krwi, obliczyć można ilość litrów wody, którą zawiera organizm. Dotychczas stosowano trzy takie substancje: tritium ( $^3\text{H}$ ), ciężką wodę ( $\text{D}_2\text{O}$ ) i antypirynę (zastosowaną po raz pierwszy w 1949 r. przez Sobermana i tow.). Ze względu na koszty i trudności związane z uzyskaniem dwóch pierwszych substancji prowadzone doświadczenia opierają się przeważnie na antypirynie. Reid i tow. do swoich doświadczeń użyli również antypirynę. Antypirynę w koncentracji 0,3 g na ml wstrzykiwano do żyły jarzmowej cielom w wieku od 16 do 80 tygodni. Zabieg stosowano po 24-godzinnej głodówce zwierząt doświadczalnych. Zastrzyki zawierały od 7 do 14 g antypiryny, w zależności od wagi zwierzęcia. Analizę surowicy krwi na zawartość antypiryny przeprowadzano w okresie 2,5 — 5,5 godzin po dokonaniu zastrzyku zmodyfikowaną nieco metodą Broodie<sup>1</sup>. Liczba miligramów antypiryny w zastrzyku podzielona przez znalezioną koncentrację antypiryny w surowicy krwi (ilość mg na liter) dawała ilość litrów wody w organizmie. W zestawieniu z wagą żywą obliczono następnie procent wody w organizmie. Porównując otrzymane wyniki z wynikami uzyskanymi metodą bezpośrednią, po uboju zwierzęcia, znaleziono korelację między obu metodami 0,939, a więc bardzo wysoką.

Na podstawie wyników swoich doświadczeń Reid i tow. uznali metodę antypiryny jako w pełni przydatną do oznaczania zawartości wody w organizmie *in vivo*, a więc służącą jako punkt wyjścia do określenia składu ciała zwierzęcia. Do swych dalszych badań nad stosunkiem wzajemnym składników ciała u bydła Reid i tow. użyli wszystkie dane z dotychczas prowadzonych prac w tym zakresie. Analiza objęła ogółem 256 sztuk bydła mięsnego i mlecznego w wieku od 1 do 4860 dni. Na podstawie zbadanego materiału autorzy opracowali szereg wzorów pozwalających przy znanym wieku zwierzęcia i znanym procencie wody w organizmie na obliczenie procentu pozostałych składników ciała i ich wartości energetycznych.

We wszystkich podanych poniżej wzorach brane jest pod uwagę „ciało opróżnione“ („empty body“):

<sup>1</sup> B. B. Broodie, J. Axelroad, R. Soberman, B. B. Levy: The estimation of antipyrine in biological material. *Journal Biol. Chem.* 1949. 179 : 25.

1. Wzór na obliczenie procentu tłuszczu ( $T$ ) w składzie ciała przy znanym procencie wody ( $X$ ):

$$T = 355,88 + 0,335 X - 202,906 \log X.$$

2. Wzór na obliczenie procentu pozbawionej tłuszczu suchej masy ciała:

$$Y = 100 - (X + T).$$

3. Wzór na obliczenie procentu białka ( $B$ ) w pozbawionej tłuszczu suchej masie ciała:

$$B = 80,93 - 0,00101 Z,$$

gdzie  $Z$  jest wiekiem zwierzęcia w dniach.

4. Wzór na obliczenie procentu popiołu ( $P$ ) w pozbawionej tłuszczu suchej masie ciała:

$$P = Y - B.$$

5. Wzór na obliczenie procentu białka ( $B_1$ ) w składzie ciała:

$$B_1 = B \times X \text{ (w \%)}.$$

6. Wzór na obliczenie procentu popiołu ( $P_1$ ) w składzie ciała:

$$P_1 = P \times Y \text{ (w \%)}.$$

7. Wzór na obliczenie ilości białka ( $B_2$ ) w ciele (w gramach):

$$B_2 = W \times B_1 \text{ (w \%)},$$

gdzie  $W$  jest wagą ciała w gramach.

8. Wzór na obliczenie ilości tłuszczu ( $T_1$ ) w ciele (w gramach):

$$T_1 = W \times T \text{ (w \%)}.$$

9. Wzór na obliczenie energii zawartej w białku ciała w kaloriach ( $E_1$ ):

$$E_1 = B_2 \times 5,233 \text{ kalorii.}^1$$

10. Wzór na obliczenie energii zawartej w tłuszczu ciała w kaloriach ( $E_2$ ):

$$E_2 = T_1 \times 9,367 \text{ kalorii.}^1$$

11. Wzór na obliczenie energii zawartej w ciele w kaloriach ( $E$ ):

$$E = E_1 + E_2.$$

Dokładność powyższych wzorów została sprawdzona przez autorów na 27 sztukach zwierząt doświadczalnych żywionych według norm silnie odbiegających od stosowanych w praktyce żywieniowej. Porównanie energii zawartej w ciele, obliczonej na podstawie wzorów i na podstawie analizy tusz zabitych zwierząt, wykazało wysoką zbieżność.

Metoda antypiryny spotkała się z krytyczną oceną B. Dumonta (5, 6, 7), który po próbach zastosowania jej do trzody chlewnej i owiec doszedł do wniosku, że w odniesieniu do tych gatunków zwierząt (zwłaszcza trzody) jest ona zbyt niedokładna, aby jej stosowanie polecać. Dumont sądzi, że znacznie lepszym indykatorem od antypiryny jest tritium, tym bardziej, że istnieje już opracowana przez B. Fallota metoda dokładnej mikroanalizy tej substancji (8).

Zarówno metoda antypiryny, jak i metoda tritium opracowana przez Fallota, o której jeszcze zresztą nic nie wiemy, gdyż praca nie została

<sup>1</sup> Wartość kaloryczna białka i tłuszczu bydłęcego ciała według K. L. Blaxter, J. A. F. Rook. The heat combustion of the tissues of cattle in relation to their chemical composition. Brit. J. Nutrition 7 : 83. 1953.

jeszcze ogłoszona, wymagać będą zapewne wielokrotnego sprawdzenia i ulepszeń. Niemniej zarysowuje się już wyraźnie możliwość analizy składu ciała *in vivo*. Całkowite urealnienie się tej możliwości wprowadzić może zupełną rewolucję do badań żywieniowych. Mielibyśmy wtedy możliwość, na przykład w oparciu o formułki Reida i proponowany przez Leroy system normowania pasz, obliczać bez potrzeby uciekania się do uciążliwych i pracochłonnych badań bilansów azotu i węgla lub bilansu energii w kamerze respiracyjnej, energię przemianą danej paszy lub zestawu paszowego i kontrolować te obliczenia. Mielibyśmy wtedy dwa równania:

1. Energia bytowa (wzięta z tablic) + energia produkcyjna (żądany przyrost) + energia dodatkowa (według Leroy) = energia przemiana paszy (według Leroy — obliczona).

2. Energia bytowa (wzięta z tablic) + energia produkcyjna (uzyskana, tj. obliczona systemem Reida po ustaleniu procentu wody w organizmie) + energia dodatkowa (według Leroy) = energia przemiana paszy (uzyskana).

Energię bytową można uznać za ustaloną, Energia dodatkowa obliczona przez Leroy na 1 kalorię na gram konsumowanej suchej masy paszy nie uwzględnia wprawdzie, jak to było wspomniane wyżej, indywidualności zwierzęcia i formy zadawanej paszy. Jeśli jednak prowadzić doświadczenie żywieniowe z dostateczną ilością zwierząt i z jednolitą pod względem formy paszą, to średnie dane wpływ indywidualności zwierząt skasują, a forma nie odegra roli. Obie te wielkości (tj. energię bytową i dodatkową) można będzie wtedy uznać w obu równaniach za jednako- we. Porównując oba równania znajdziemy wtedy, że różnica między energią przemianą paszy (obliczoną) i energią przemianą paszy (uzyskaną) równa będzie różnicy między energią produkcyjną żadaną a energią produkcyjną uzyskaną. W ten sposób można by doświadczalnie ustalać energię przemianą poszczególnych pasz lub zestawów paszowych korygując wskaźnikowo obliczane wielkości przez Leroy. Że ten system obliczania i kontrolowania energii przemiennej paszy może dać dobre wyniki i że do normowania pasz bardziej wskazane jest użycie energii przemiennej niż strawnej wskaże następujący przykład.

Według Blaxtera pasze o identycznym składzie chemicznym i identycznej wartości biologicznej lecz różnej formie wykazują inną strawność pozorną, a więc inną energię strawną: siewka z lucerny wykazuje strawność materii organicznej 82,7%, granulowana mączka z tej samej lucerny — 65,8%. Energia przemiana siewki obliczona według schematu Leroy będzie prawie w tym samym stosunku wyższa od energii przemiennej mączki granulowanej. Przy ustalaniu więc dawki pokarmowej według równania 1 dawka pokarmowa składająca się z siewki będzie w gramach odpowiednio mniejsza, a składająca się z mączki granulowanej odpowiednio większa. Jednakże, jak to stwierdził Blaxter, większe straty energii w kale przy mączce kompensowane są przez mniejsze straty w moczu, metanie i w ciepłe. W naszym przykładzie, ponieważ wartość biologiczna lucerny w tych dwóch formach jest identyczna, zwiększona dawka pokarmowa mączki odbije się na większym przyroście niż był przewidziany lub jeżeli dawka jest zbyt duża — na osiągnięciu żadanego przyrostu przy pozostawieniu niedojadek. Tak czy inaczej, dla danej ilości skonsumowanej paszy uzyskana energia przemiana mączki okaże się wyższa niż obliczona na podstawie energii strawnej i wskaźników

przeliczeniowych Leroy. Teoretycznie, przy tym systemie kontroli, powinna się okazać równą pod względem energii przemiennej sieczce z lucerny.

Czy w ten sposób uzupełniony system Leroy nie mógłby odegrać poważnej roli w doświadczeniach żywieniowych nie tylko w odniesieniu do potrzeb energetycznych zwierzęcia, ale zapotrzebowania na białko? Czy na przykład uzyskanie normalnych przyrostów u młodzieży, ale stwierdzenie, że część tego przyrostu stanowi składnik tłuszczowy nie dowodziłoby niewłaściwego stosunku białkowego w paszy? Na to i inne tego rodzaju pytania mogą odpowiedzieć tylko przeprowadzone doświadczenia. W każdym razie wydaje się, że warto się tym zagadnieniem bliżej zainteresować.