

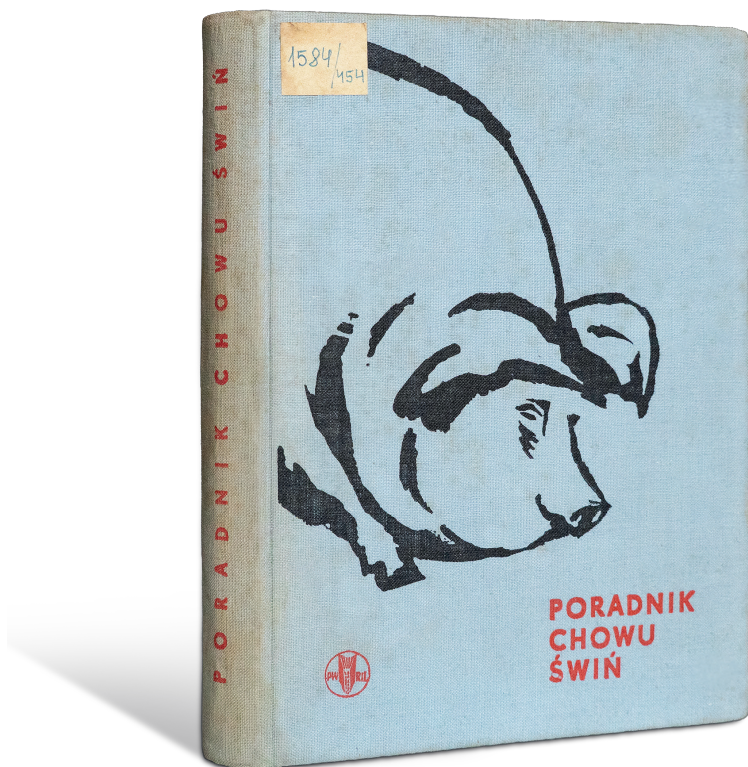


Kielanowski equation

(równanie Kielanowskiego)

W racjonalnym żywieniu – nie tylko zwierząt gospodarskich, lecz także człowieka – pobranie ilości pokarmu adekwatnie do potrzeb jest kluczowe dla ekonomii hodowli i chowu zwierząt oraz utrzymania optymalnej masy ciała u ludzi. W przypadku zwierząt gospodarskich istotne jest żywienie w taki sposób, by maksymalnie wykorzystać ich potencjał do wzrostu. W żywieniu człowieka istotne jest, by z jednej strony utrzymać masę ciała w normie fizjologicznej w obawie przed niedożywieniem i chorobami z niedoboru, a z drugiej – przed chorobami metabolicznymi związanymi z nadwagą i otyłością. Jedna fizjologia, ale różne filozofie.

Pierwsze przemysłowe farmy drobiu powstały w USA w latach 20. i 30. XX wieku, z kolei w Europie pojawiły się po II wojnie światowej. Powstanie na naszym kontynencie wielkoobszarowych ferm przemysłowych drobiu i nieco później ferm świń było odpowiedzią na deficyt białka zwierzęcego. Był on skutkiem zniszczeń wojennych, utraty populacji zwierząt hodowlanych i zredukowanej produkcji rolnej. Niedobory te pogłębiały problemy żywieniowe ludności, zwłaszcza dzieci, prowadząc do niedożywienia i chorób, oraz wymuszały stosowanie racjonowania mięsa i tłuszczów zwierzęcych w większości krajów europejskich. Deficyt białka zwierzęcego w żywieniu ludzi stanowił znaczące wyzwanie



Okładka książki
Poradnik chowu świń
autorstwa Jana Kielanowskiego,
wydanie III,
Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne,
Warszawa 1960

dla europejskiej nauki. Powołany do życia w 1955 roku Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN w Jabłonnie miał w swoich założeniach wpisywać się w trend badań naukowych, których celem było stworzyć teoretyczne podstawy nowoczesnego żywienia, a na ich bazie określić normy żywienia, które pozwolą w jak największym stopniu wykorzystać potencjał do wzrostu zwierząt gospodarskich. Organizację instytutu powierzono prof. Janowi Kielanowskiemu, który zainicjował szeroko zakrojone badania nad żywieniem w połączeniu z fizjologią trawienia i metabolizmem zwierząt gospodarskich.

W przypadku hodowli i chowu trzody chlewnej żywe zainteresowanie wymaganiami żywieniowymi świń pojawiło się w Europie wraz z pojawieniem się ferm wielkostadnych. Pierwsze ферmy przemysłowej hodowli i chowu świń zaczęły powstawać po 1960 roku w krajach, które w szybkim tempie chciały zwiększyć produkcję wieprzowiny, takich jak Dania i RFN. Z kolei we Włoszech na początku lat 60. firma Gi-Gi zbudowała fermę świń według nowych zasad chowu przemysłowego. Roczna jej wydajność wynosiła ponad 12 tys. warchlaków o masie ciała około 35 kg uzyskiwanych w wieku około 100 dni życia. Zwierzęta te następnie kierowano na tucz do uzyskania masy ciała 100–110 kg. Racjonalne żywienie tych zwierząt wymagało precyzyjnego określenia ich potrzeb pokarmowych na każdym etapie wzrostu. W ślad za tendencjami europejskimi wprowadzono w Polsce z dniem 1 lipca 1966 roku nowy cennik skupu żywca preferujący tuczniaki o masie ciała poniżej 120 kg. To przyczyniło się do obniżenia i ujednoczenia masy przedubojowej tuczników i stopniowe eliminowanie dwóch typów użytkowych świń: słoninowego i tłuszczowo-mięsnego, szczególnie popularnych w centralnej i wschodniej części Polski. Warto dodać, że w podręczniku *Zootechnika* (PWRiL) z 1967 roku (t. II, str. 486) przytoczono wprowadzoną przez prof. Jana Kielanowskiego klasyfikację trzech typów użytkowości świń: typ słoninowy, do którego zaliczały się świnię „późno dojrzewające i niezbyt prędko rosnące”, typ mięsny – świnię „szybko rosnące i późno dojrzewające”, oraz typ tłuszczowo-mięsny – „świnię wcześnie dojrzewające i dość prędko rosnące”. Kolejnym etapem zmian w produkcji trzody chlewnej w Polsce był zakup kilku licencji różnych systemów wielkotowarowego chowu świń. Pierwszym otwartym

w październiku 1972 roku był obiekt oparty na włoskiej licencji firmy Gi-Gi na ponad 2100 loch w Zootechnicznym Zakładzie Doświadczalnym „Kołbacz” (woj. szczecińskie). Wkrótce dołączyły kolejne fermy budowane na licencjach: węgierskiej – Agrokompleks, niemieckiej – Schmidt-Ankum, i innych, lub powstałe na założeniach krajowych (Bisprol).

W latach 60. zainicjowano w Europie badania nad zagadnieniem zapotrzebowania energetycznego zwierząt, a inicjatywy naukowe prof. Kielanowskiego i wyniki jego pionierskich badań inspirowały naukowców z Wielkiej Brytanii, Danii, ze Szwecji, z Niemiec i wielu innych krajów. Były one żywo dyskutowane na corocznych spotkaniach European Association of Animal Production (EAAP). Pokłosem tych spotkań i dyskusji było Międzynarodowe Sympozjum Fizjologii Trawiennej Świń (DPP – Digestive Pig Physiology), zainicjowane w maju 1979 roku przez dr. Raphaela Braude. To spotkanie odbyło się w Shinfield w Wielkiej Brytanii i dotyczyło, jak nazwa wskazuje, wyłącznie badań nad procesami trawiennymi i wzrostem. Następne odbywały się co trzy lata kolejno we Francji, w Danii, Polsce, Holandii, Niemczech, we Francji, w Szwecji, Kanadzie, Danii, Hiszpanii, USA, Polsce, Australii, Holandii i w 2025 roku w USA. Profesor Kielanowski już w tych sympoziach nie brał udziału. Uczestniczyła w nich prof. Teresa Żebrowska (IFŻŻ PAN w Jabłonie), kontynuatorka badań Profesora. Profesor Żebrowska brała udział od pierwszego sympoziujum DPP w Shinfield aż do organizowanych na początku nowego milenium.

Ważnym krokiem w badaniach nad zapotrzebowaniem pokarmowym u zwierząt były badania Troelsena i Bella, którzy w 1963 roku określili wielkość pobrania paszy u rosnących myszy. Późniejsze badania wykazały, że ilość pobranej paszy w fazie intensywnego wzrostu myszy, a także innych gatunków ssaków, zależy od wielu czynników, m.in. od potencjału genetycznego (mutacje genów, selekcja na wzrost), płci i wieku. Trudnością metodyczną sprawiło z kolei ustalenie optymalnego zapotrzebowania zwierząt na energię dostarczaną w paszy. Trzeba pamiętać, że wydatki na paszę w produkcji zwierzęcej stanowią największy udział w kosztach całkowitych funkcjonowania fermy. W przypadku



Mgr Elżbieta Kwiatkowska przy pracy w laboratorium, Jabłonna, 1973

ŹRÓDŁO: ARCHIWUM PAN, JABŁONNA

ferm trzody chlewnej w Polsce szacuje się je na poziomie 60–70 proc. wszystkich kosztów. Jest to najważniejszy element wpływający na opłacalność hodowli i chowu świń, a wynika z faktu, że żywienie decyduje o wzroście, rozwoju, zdrowiu i produktywności zwierząt. Określenie konkretnego zapotrzebowania na energię stanowi trudność także dlatego, że zmienia się w zależności od fazy rozwoju zwierząt (oseski, zwierzęta odsadzone, tuczniki itd.), a także od stanu fizjologicznego (wsparcie laktacji lub ciąży). Efektywność energetyczna zależy częściowo od składu diety, warunkując przyrost energii tłuszczu albo przyrost energii beztłuszczowej (mięśnie szkieletowe).

Profesor Jan Kielanowski w artykule opublikowanym w 1965 roku zaproponował, by całkowite pobranie energii metabolicznej (*metabolic energy intake* – MEI) przez rosnące zwierzęta podzielić na trzy porcje: jedną proporcjonalną do masy ciała (reprezentującą zapotrzebowanie energetyczne na utrzymanie), drugą proporcjonalną do przyrostu energii tłuszczowej i trzecią proporcjonalną do przyrostu energii beztłuszczowej (głównie mięśni szkieletowych). Zatem łączne dzienne zapotrzebowanie rosnących zwierząt na energię metaboliczną (EM) można wyrazić równaniem w literaturze anglosaskiej często określanym jako równanie Kielanowskiego:

$$EM = A/W^{0,75} + (Y_1 - B) + (Y_2 - T)$$

gdzie:

$A/W^{0,75}$ – zapotrzebowanie bytowe jako funkcja metabolicznej masy ciała,

Y_1 – koszt energetyczny odłożenia 1 g białka,

B – ilość białka odkładanego dziennie w gramach,

Y_2 – koszt energetyczny odłożenia 1 g tłuszczu,

T – ilość tłuszczu odkładanego dziennie w gramach.

Równanie to pozwoliło na znacznie dokładniejsze sprecyzowanie potrzeb energetycznych rosnących zwierząt niż określanie ich na podstawie tzw. kryteriów zootechnicznych, tj. przyrostów i zużycia paszy. Opierając się na wynikach wielu



Równanie Kielanowskiego powstało w wyniku badań na owcach i świniach, ale – jak wykazały badania – sprawdza się także do określania zapotrzebowania pokarmowego praktycznie wszystkich zwierząt gospodarskich: krów, owiec, kóz, trzody chlewnej, drobiu, oraz akwakultury

FOT. ROMUALD ZABIELSKI

doświadczeń, obliczono, że ilość energii zużywana przez świnie na odłożenie 1 g tłuszczu wynosi około 54 kJ energii metabolicznej, a białka około 43 kJ. Współczynnik wykorzystania energii metabolicznej paszy na odłożenie energii w formie białka (k_p) wynosi 0,55, a w formie tłuszczu (k_f) – 0,75. Średnio współczynnik wykorzystania energii metabolicznej na energię przyrostu masy ciała (k_w) u świń o wadze 25–100 kg wynosi 0,70. Niższy koszt energetyczny odłożenia 1 g białka niż tłuszczu oraz fakt, że 1 g białka odłożonemu w mięśniach towarzyszą 3–4 g wody sprawia, że nakłady energetyczne na produkcję mięsa są znacznie mniejsze niż na produkcję tłuszczu.

U rosnących przeżuwaczy wartości współczynników wykorzystania energii metabolicznej na odłożenie energii w formie białka i tłuszczu są niższe niż u świń i wynoszą: k_p – 0,35 i k_f – 0,6. U przeżuwaczy skład przyrostu zależy w dużym stopniu od typu, rasy, płci, wieku i intensywności żywienia. Dlatego normy żywienia uwzględniają nie tylko kierunek produkcji (hodowla lub opas), lecz także typ zwierząt (rasy mleczne lub mięsne), wczesność dojrzewania, płęć oraz przewidywane przyrosty. Na ogół uważa się jednak, że do dokładnego opracowania potrzeb rosnących przeżuwaczy brakuje jeszcze danych dotyczących składu przyrostu. Kielanowski zauważył też, że zapotrzebowanie na energię na jednostkę przyrostu wagi ciała zwiększa się z wiekiem zwierząt. Wynika to z niewielkiego wzrostu kosztu odłożenia białka i przyrostu masy beztłuszczowej, zwiększonego udziału tłuszczu w przyroście oraz potrzeb bytowych – w ogólnym zapotrzebowaniu na energię w miarę zwiększania się masy ciała zwierzęcia. Badania wykazały, że granicą opłacalnego tuczu świń jest uzyskanie masy ciała około 110 kg, powyżej której wzrasta odkładanie tłuszczu, co jest zjawiskiem niepożądanym.

W ostatnim rozdziale artykułu z 1965 roku prof. Kielanowski oszacował koszt energetyczny depozycji białka u rosnących jagniąt i młodych świń, wyrażony w kcal energii metabolicznej na 1 g zdeponowanego białka, odpowiednio na 7,07 i 7,51. Na podstawie badań prowadzonych u różnych gatunków ssaków zaproponował, że koszt energetyczny odkładania się białka wynosi od 7 do 8 kcal energii metabolicznej na 1 g zdeponowanego białka. Przyznał też, że szacunki te



Równanie Kielanowskiego dobrze określa zapotrzebowanie energetyczne od pierwszych dni życia zwierząt gospodarskich

FOT. ROMUALD ZABIELSKI

uzyskano na szybko rosnących zwierzętach we wczesnym okresie życia i niewykluczone, że u starszych zwierząt efektywność energetyczna syntezy białek może być niższa niż u bardzo młodych.

Z czasem zidentyfikowano kilka problemów związanych ze stosowaniem równania Kielanowskiego. Ogólnie rzecz biorąc, masa ciała jest skalowana przy użyciu międzygatunkowej zależności produkcji ciepła podstawowego u osobnika dorosłego do masy ciała wyrażonej jako $BW \text{ kg}^{0,75}$. Takie skalowanie miało jednak na celu opisanie relacji między gatunkami, a nie w obrębie gatunku. Bernier i wsp. (1987) wykazali, że wykładnik masy ciała wpływa na proporcje produkcji ciepła przypisane do utrzymania i wzrostu. Dlatego ważne jest przy stosowaniu równania Kielanowskiego, by wykładnik masy ciała wybrany do reprezentowania podstawowej produkcji ciepła był odpowiedni dla danego gatunku. Korzystając z równania Kielanowskiego i danych wygenerowanych przez Berniera i wsp. (1986, 1987), można oszacować efektywność energetyczną przyrostu energii tłuszczu u dwóch linii myszy na 189 i 161 proc., co jest biologiczną niemożliwością. Stosowanie równań regresji do oszacowania efektywności przyrostu energii przy żywieniu ubogim w tłuszcz również prowadzi do uzyskania nierealnych wyników (Bernier i wsp., 1986, 1987; Thonney i wsp., 1991). Dokładniejsze oszacowanie zapotrzebowania na energię będzie możliwe tylko dzięki opracowaniu i przetestowaniu modeli mechanistycznych. Na modelu mysim równanie Kielanowskiego weryfikowano w warunkach intensywnego wzrostu, w ciąży i laktacji o różnej liczebności miotu. Badania kontynuatorów prac Kielanowskiego sugerują, że koszt depozycji białek jest stosunkowo podobny u różnych gatunków zwierząt (świń, przeżuwaczy, zwierząt laboratoryjnych, kur, a także akwakultury), z kolei koszt depozycji lipidów jest stosunkowo dość zmienny. Różnice mogą być związane z kilkoma czynnikami, w tym z prostotą zastosowanego modelu matematycznego, jednak uzyskane wyniki są wystarczająco dokładne, by określić koszt wzrostu i zapotrzebowanie na paszę w większości warunków.

BIBLIOGRAFIA

- Bernier J.F., Calvert C.C., Famula T.R., Baldwin R.L. *Energetic efficiency of protein and fat deposition in mice with a major gene for rapid postweaning gain*. The Journal of Nutrition 1987, 117 (3): 539–548.
- Bernier J.F., Calvert C.C., Famula T.R., Baldwin R.L. *Maintenance energy requirement and net energetic efficiency in mice with a major gene for rapid postweaning gain*. The Journal of Nutrition 1986, 116 (3): 419–428.
- Bureau B.P., Azevedo P.A., Tapia-Salazar M., Cuzon G., 2000. *Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications*. In: L.E. Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.A. Olvera-Novoa, R. Civera-Cerecedo (eds.). *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19–22 Noviembre. Mérida, Yucatán, Mexico*.
- Kielanowski J., 1965. *Estimates of the energy cost of protein deposition in growing animals*. In: K.L. Blaxter (ed.). *Proceedings of the 3rd Symposium on Energy metabolism*, May 1964, Troon, Scotland, Academic Press, London, UK.
- *Podstawy żywienia zwierząt i paszoznawstwo*, S. Buraczewski, A. Ziółcka (red.). Omnitech Press, Warszawa 1991.
- Thonney M.L., Arnold A.M., Ross D.A., Schaaf S.L., Rounsaville T.R. *Energetic Efficiency of Rats Fed Low or High Protein Diets and Grown at Controlled Rates From 80 to 205 Grams*. The Journal of Nutrition 1991, 121 (9): 1397–1406.
- Troelsen J.E., Bell J.M., *A Comparison of nutritional effects in swine and mice: Responses in feed intake, feed efficiency and carcass characteristics to similar diets*. Canadian Journal of Animal Science 1963, 43 (2): 294–302.
- *Zootechnika*, tom II, W. Herman, F. Klocek, J. Kulikowski (red.), PWRiL, wyd. III, Warszawa 1967.
- *Zootechnika*, tom III, F. Horszczaruk, Z. Żebrowski, W. Raczyk (red.), PWRiL, wyd. V, Warszawa 1985.