

ALEKSANDRA ZIOŁECKA

Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN Oddział w Bydgoszczy

## AZOT JAKO WSKAŹNIK PRZY OCENIE WARTOŚCI POKARMOWEJ PASTWISKA

Znaczenie pastwiska w żywieniu zwierząt gospodarskich jest powszechnie znane, a ocena jego wartości ma nie tylko wielkie znaczenie, ale jest konieczna przy ustalaniu bilansu paszowego tak w skali gospodarstwa, jak i w skali ogólnopaństwowej. Brak jednak dokładnej, a zarazem prostej i wiarygodnej metody oceny wartości pokarmowej pastwiska utrudnia rozwiązanie tego zagadnienia.

Wycenę wartości pastwiska prowadzi się u nas zasadniczo dwiema metodami, opartymi zresztą na zupełnie odmiennych założeniach. Jedną z nich jest tzw. metoda skandynawska, polegająca na określeniu wydajności pastwiska na podstawie stopnia pokrycia zapotrzebowania (na byt i produkcję) zwierząt przy żywieniu ich wyłącznie na pastwisku; druga — metoda analityczna Różyckiego. Przy wycenie pastwiska metodą Różyckiego z poletek kontrolnych o małej powierzchni wyskubuje się tuż przy ziemi przed i po spasieniu całkowitą ilość porostu. Na tej podstawie oblicza się ilość porostu na całym pastwisku oraz skład porostu przed i po pasieniu.

I jedna i druga metoda ma szereg cech dodatnich i ujemnych, jednak nie będę ich w tym referacie rozpatrywała, gdyż wychodzi to poza zakres określone ramy, a zresztą temu zagadnieniu poświęcone są specjalne publikacje i rozdziały w podręcznikach paszoznawstwa i żywienia zwierząt.

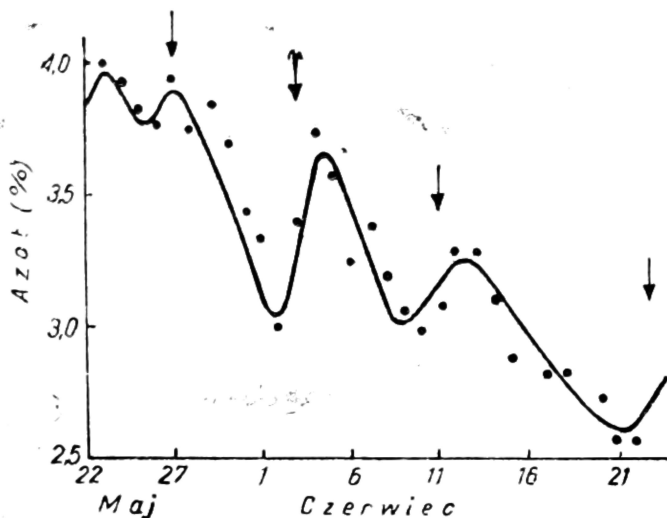
W drugiej połowie lat czterdziestych bieżącego stulecia zaczęły się pojawiać prace nad możliwością zastosowania azotu kału jako wskaźnika przy oznaczaniu ilości pobranej zielonki przez pasące się zwierzęta, a także przy określaniu jej strawności. Metoda ta, zwana metodą „nitrogenową” (od angielskiego nitrogen-azot), o ile znajdzie potwierdzenie w dalszym ciągu badań, może znaleźć szerokie zastosowanie w praktyce z uwagi na prosty sposób pobrania prób i nieskomplikowaną analizę chemiczną.

Przedstawię pokrótce rozwój i wyniki badań nad tym zagadnieniem.

Raymond (1948) prowadząc badania na owcach nad określeniem wartości pokarmowej pastwiska, próbował ustalić rzeczywistą wartość zielonki pobranej przez pasące się zwierzęta. Wiadomo bowiem, że wartość pokarmowa koszzonej zielonki nie odpowiada wartości zielonki pobranej

przez zwierzęta na pastwisku. Zwierzęta bowiem na pastwisku zjadają przede wszystkim rośliny smaczne, przy czym porost pastwiskowy jest nierównomiernie przygryzany. Kosząc zielonkę — przycina się roślinność na jednakowym poziomie i skarmia się razem: rośliny smaczne i mniej smaczne, młodsze i starsze.

W doświadczeniach Raymonda codziennie, w okresie od maja do października (1947 r.) zbierano od pasących się owiec kał i oznaczano w nim suchą masę, azot i popiół. Stwierdzono, że dzienne pobranie paszy jest prawie niezależne od zasobności pastwiska, wzrasta natomiast stale ze wzrostem żywej wagi, a dalej, że z dnia na dzień zmniejsza się zawartość azotu w poroście na jednej kwaterze na skutek wybierania przez owce najpierw miękkich części roślin (bogaty w liście), a zarazem i zasobnych w azot. Przy przejściu na następną kwaterę owce znajdują znowu paszę bogatszą w azot. Dobrze zresztą ilustruje to załączony rysunek, podany w pracy Raymonda (Rys. 1).



Rys. 1. Średnie dzienne zawartości N w procentach w kale (bezpopiołowym) Strzałki oznaczają dzień przejścia owiec na nową kwaterę. Po przejściu zwierząt na nową kwaterę ilość azotu w kale wzrasta. Jednakże na skutek starzenia się roślin w miarę upływu okresu wegetacji zawartość (%) azotu w kale zmniejsza się.

(Dane uzyskane w doświadczeniu przeprowadzonym na 10 owcach).

Raymond na podstawie wyników doświadczeń, w których skarmiano owcami ciętą zielonkę, wykazał, że istnieje zależność pomiędzy zawartością azotu w suchej masie zjedzonej trawy, a zawartością azotu w suchej masie substancji organicznej kału, wyrażona równaniem:

$$\% \text{ azotu w paszy} = 0,795 \times \% \text{ azotu w subst. organ. kału} + 0,14.$$

Według Raymonda należy zastosować różne stałe dla różnych rodzajów zielonek, inne np. dla lucerny, inne dla pastwiska górskiego, itd.

Jeżeli przyjmie się zgodnie z podanym powyżej równaniem, że zawartość azotu w kale jest zależna od ilości azotu w paszy, to przy przechodzeniu owiec z kwatery na kwaterę azot kału powinien wykazywać wahania. Potwierdzenie tego rzeczywiście znajdujemy w wykresie, a pewne opóźnienie (około 2-dniowe) w zawartości azotu w kale w stosunku do ilości azotu w paszy odpowiada mniej więcej okresowi przejścia głównej masy paszy przez przewód pokarmowy.

Raymond uważa, że ta metoda oceny pastwiska daje lepsze wyniki niż analiza koszonego porostu.

Gallup i Briggs (1948) prowadzili badania nad strawnością siana łąkowego, skarmianego wołami bez dodatków i z dodatkiem mączki bawełnianej. Stwierdzili oni, że przy skarmianiu siana, o zawartości białka 3 do 6%, ilość azotu w kale była ściśle związana z pobraniem suchej masy paszy; na 100 g suchej masy siana ilość azotu w kale wynosiła 0,55, z wahaniami od 0,41 do 0,61 g. Przy zwiększeniu zawartości białka w dawce od 6 do 12% przez dodawanie mączki bawełnianej zwiększyła się jednak ilość azotu wydalanego w kale i wynosiła średnio 0,71 g na 100 g pobranej suchej masy. Wartości te są zgodne z wynikami uzyskanymi przez przeliczenie danych Morrisona (1936) dla 5 rodzajów siana z lucerny o zawartości białka 12,1—16,5%; wartości te wynosiły  $0,71 \pm 0,03$  g azotu.

Otrzymane zależności pozwalają na wnioskowanie, że ilość azotu wydalanego w kale jest zależna nie tylko od ilości pobranej suchej masy paszy, ale i od zawartości w niej azotu.

Rozwinięcie tych badań znajdujemy w pracach Lancaster'a (1949) oraz Homba i Breirema (1952 r.). Lancaster opierając się na pracy Raymonda i przyjmując, że wydalanie azotu w kale owiec na jednostkę pobranej substancji organicznej paszy jest stałe ( $C$ ), obliczył strawność substancji organicznej zielonki:

$$D = 100 \left[ 1 - \frac{C}{n} \right]$$

$n$  = ilość (%) azotu w substancji organicznej kału.

Na podstawie wyników z 52 doświadczeń strawnościowych, przeprowadzonych na pastwiskach, wartość  $C$  wynosiła  $0,83 \pm 0,102$  g azotu na 100 g pobranej substancji organicznej pastwiska. Strawność substancji organicznej badanych pastwisk wahała się od 50—85%, a zawartość białka ogólnego od 10—36% suchej masy. Szukając sprawdzenia powyższego wzoru Lancaster stwierdził w dalszych badaniach, że wartość  $C = 0,83$  była zbyt wysoka dla pastwisk niskobiałkowych. Blaxter i Mitchell (1948), na podstawie danych z doświadczeń strawnościowych prowadzonych na pastwiskach, wykazali, że wahania w zawartości białka w kale na 100 g pobranej suchej masy zielonki są dodatnio skorelowane z zawartością białka w paszy. Lancaster do dalszych obliczeń włączył wyniki ze 101 doświadczeń strawnościowych nad wartością pastwisk przeprowadzonych w Anglii, Stanach Zjedn., Płd. Afryce i Nowej Zelandii. Otrzymana wartość  $C$  wynosiła  $0,76 \pm 0,113$ . Strawność substancji organicznej w badanych pastwiskach wahała się od 48 do 85%, a zawartość białka ogólnego od 5 do 36% (w s. m.). Na podstawie otrzymanych wyników Lancaster proponuje przy oznaczaniu strawności podział

zielonek na 2 grupy, zależnie od zawartości białka, i zgodnie z tym przyjęcie odpowiednich wartości  $C$ :

1. zielonki o zawartości białka ogólnego powyżej 15% (w s. m.) — wartość  $C = 0,80 \pm 0,081$ .

2. zielonki o zawartości białka poniżej 15% (w s. m.) — wartość  $C = 0,67 \pm 0,120$ .

Ponieważ wartość  $C$  uzależniona jest od zawartości azotu w zielonce, Lancaster zaleca, aby dla uzyskania większej dokładności wyników przy obliczaniu strawności ustalić do obliczenia wartości  $C$  granice zawartości azotu w badanej zielonce.

Podobne wielkości dla wartości  $C$  Lancastera uzyskał Blaxter i Mitchell (1948), na podstawie danych Morrisona, a mianowicie: dla pasz o zawartości 8—16% białka ogólnego w suchej masie  $C$  wynosiło 0,67, dla pasz o 16—24% białka ogólnego  $C = 0,76$ . Nieco niższą wartość  $C$  otrzymaną przez Blaxtera i Mitchella dla pasz o wyższej zawartości białka można częściowo tłumaczyć tym, że badania Lancastera objęły zielonki o wyższej zawartości białka niż 24% (w s. m.).

Doświadczenia Homba i Breirema, prowadzone na owcach, potwierdziły istnienie zależności między ilością azotu wydalanego w kale a pobraniem suchej masy paszy. Stwierdzili oni, że zależność ta jest prosto-linijna, przy współczynniku korelacji  $r = 0,80$ . Wartości  $C$  uzyskane dla zielonek z 3 kolejnych pokosów były jednak różne i wynosiły odpowiednio dla I, II i III — 0,56, 0,68 i 0,79. Przy skorygowaniu przeliczeń, zgodnie z propozycją Lancastera, a więc przy uwzględnieniu zawartości azotu w paszy, wartość  $C$  dla I pokosu wynosiła 0,60, dla II i III — 0,73. Strawność substancji organicznej badanych pasz obliczona według wzoru Lancastera była zgodna z wynikami otrzymanymi przy oznaczaniu strawności metodą klasyczną.

Podobne wyniki dla wartości  $C$  otrzymali: Schneider (za Forbesem 1949), Leroy (1952), Pigden (1956) (choć nieco wyższe od danych Lancastera). Mc Donald i Purves (1957). W jednej z późniejszych prac Schneider i współautorzy (1952) oraz Kane i współautorzy (1953) stwierdzili również istnienie wysokiej korelacji pomiędzy zawartością azotu w kale a strawnością suchej masy zielonki. Soni i współautorzy (1954) w badaniach nad dziennymi wahaniami w strawności zielonki pastwiskowej posługiwali się też metodą nitrogenową.

Przeciw założeniu, że istnieje stała zależność między ilością azotu w kale a pobraniem suchej masy paszy, oraz że zmiany w ilości wydalanego azotu są związane ze zmianą zawartości białka w paszy (dla wartości średnich) występuje Forbes (1949). Rozpatrując wyniki otrzymane w doświadczeniach strawnościowych na wołach dla indywidualnych zwierząt wykazał, że istnieje tendencja wydalania większych ilości azotu

przy niższej zawartości białka w paszy, co związane jest z większą zawartością włókna w tej paszy. Większe wydalanie azotu w kale jest według Forbesa następstwem obniżenia strawności białka w miarę starzenia się roślin, oraz zwiększeniem wydalania azotu metabolicznego na skutek wzrostu zawartości włókna w paszy.

W późniejszej pracy (1950) Forbes przyjmuje możliwość obliczania strawności pobranej na pastwisku paszy przy użyciu białka ogólnego paszy jako wskaźnika. Opierając się na równaniu podanym przez Mitchell'a (1942)

$$Y = 42,64 (P-5)^{0,2148},$$

wyrażającym zależność pomiędzy zawartością białka w paszy ( $P$ ) a jego pozorną strawnością ( $Y$ ), Forbes przyjął, że równanie to może być użyte do obliczenia strawności i pobrania zielonki o znanej zawartości białka. Z doświadczeń pastwiskowych i strawnościowych przeprowadzonych na owcach i wołach, w których skarmiano trawy i motylkowe (zawartość białka w suchej masie wahała się od 5—33%), podał następujący wzór do obliczania strawności suchej masy zielonki:

$$D = 100 - \frac{\% \text{ białka w paszy}}{\% \text{ białka w kale}} \times (100 - aX^b)$$

Wyraz  $aX^b$  jest wzięty z wyżej podanego równania Mitchell'a, w którym „ $a$ ” i „ $b$ ” są stałymi, a „ $X$ ” oznacza ilość białka ogólnego w suchej masie paszy minus 5 ( $P - 5$ ). Obliczona w ten sposób strawność suchej masy paszy w cytowanych doświadczeniach nie różniła się od strawności obliczonej metodą klasyczną.

Są więc dwie metody oznaczania pobrania i strawności paszy przy użyciu azotu jako wskaźnika: Lancastera, według założenia której ilość azotu wydalonego w kale jest związana z pobraniem substancji organicznej paszy oraz Forbesa, który zakłada możliwość obliczania strawności suchej masy zielonki na podstawie zawartości w niej białka. Śledząc literaturę można jednak stwierdzić, że prace idą w kierunku sprawdzenia założeń Lancastera.

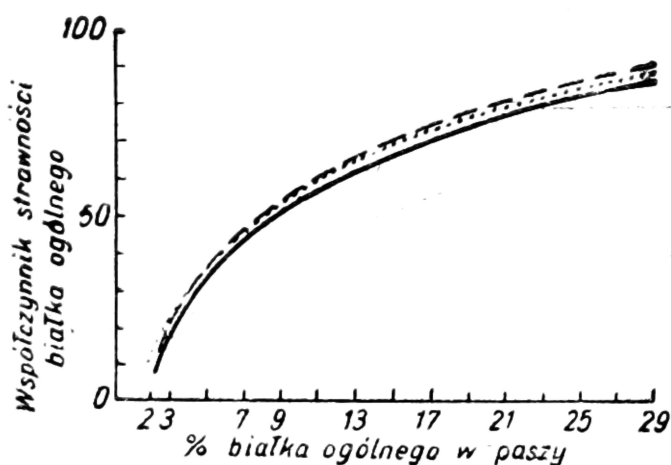
Pewne naświetlenie i rozszerzenie tych zagadnień znajdujemy w pracach Glovera, Duthie i Frencha (1957) nad pozorną (apparent) strawnością białka przez przeżuwacze. Uważają oni, że równanie podane przez Mitchell'a (1942), a na którym oparł się Forbes (1950) zakładające, że strawność białka równa się zero, gdy ilość jego w paszy wynosi 5%, nie jest zgodne z rzeczywistością. Wiele bowiem danych wskazuje na dodatnią strawność białka przy niższej jego zawartości w paszy niż 5%.

Przy obliczaniu strawności białka w zależności od zawartości jego w paszy, Glover, Duthie i French posługiwali się równaniem:  $y = a + b$

log  $x$ , w którym „ $a$ ” i „ $b$ ” są stałymi,  $x$  — % białka w s.m. paszy. Obliczyli oni równanie dla zielonek oraz dla pasz zielonych z dodatkiem mocznika, kiszonek i pasz treściwych, a także wspólne dla zielonek i dawek kombinowanych. To ostatnie równanie ma postać:

$$(1) y = 70 \log x - 15.$$

Równanie to zostało przyjęte jako ogólny wzór do oznaczania strawności białka ogólnego paszy. Warto tutaj zaznaczyć, że przebieg krzywych przedstawiających strawność białka w różnych kombinacjach pasz jest bardzo podobny. Np. dla obliczenia równania strawności białka w paszach zielonych autorzy oparli się na 597 wynikach otrzymanych w przeszło 1000 doświadczeniach strawnościowych, przeprowadzonych na różnych kontynentach. Z krzywych, wykreślonych dla poszczególnych kontynentów (rys. 2). (Europa, Azja — Indie, Ameryka Płn., Afryka) najbardziej od pozostałych odbiegała krzywa strawności białka dla Afryki; jednak 95% wyników dla pozostałych kontynentów mieściło się w granicach rozrzutu wyników afrykańskich.



Rys. 2. Krzywa dla danych z Afryki (---), Ameryki (...) i Europy (—)

Gallup i Briggs (1948), wykazali bardzo wysoką korelację między strawnością białka a jego zawartością w sianie łąkowym, a mianowicie  $r = 0,924$ . Zawartość białka w sianie wzrastała od 3 do 6% w s.m., a pozorna strawność białka od wartości negatywnej ( $-9,9$ ) wzrastała do 41,2.

Glover i French (1957) w dalszym cyklu badań rozważali wpływ włókna surowego na strawność białka.

Wiadomo, że w paszach istnieje ujemna zależność między zawartością włókna i białka, a mianowicie pasze bogate w białko zawierają mało włókna i odwrotnie. Korelacja między tymi dwiema wielkościami jest bardzo istotna. Równanie regresji, wyrażające tę zależność jest następujące:

$$\% \text{ surowego włókna} = 37 - 0,55\% \text{ białka ogólnego.}$$

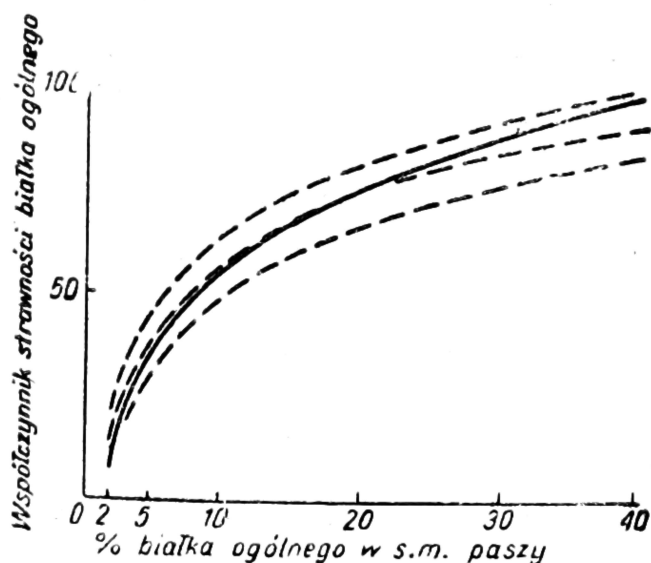
Glover i French obliczali strawność białka w zależności od ilości

białka ogólnego i surowego włókna w paszy, według przyjętego przez nich wzoru:

$$(2) \text{ strawność białka ogólnego} = 5 + 60 \log \% \text{ białka ogólnego} - 0,33\% \text{ włókna surowego.}$$

Stwierdzili oni, że czynnikiem decydującym o strawności białka jest jego zawartość w suchej masie paszy; np. 65,1% zmienności wartości Y (strawności białka) jest zależna od zmienności zawartości białka w paszy. Jeżeli opuszczony zostanie wyraz uwzględniający surowe włókno, to 63,5% zmienności Y łączy się ze zmiennością zawartości białka, a tylko 1,6% ze zmiennością zawartości włókna. Wartość 1,6%, choć tak mała okazała się jednak statystycznie wysoce istotna.

Strawność białka w zależności od zawartości włókna w porównaniu z krzywą otrzymaną z ogólnego równania (1) ilustruje załączony wykres (rys. 3).



Rys. 3. Krzywa przedstawiająca ogólne równanie (—) w stosunku do odpowiednich krzywych (- - -) uwzględniających 3 poziomy włókna 0% (górną), 25% (środkową) i 50% (dolną)

Omawiając te zależności, Glover i French uważają, że zastosowanie równania 2 do obliczania strawności białka może dać dokładniejsze wyniki dla takich pasz, czy zestawów paszowych, gdzie stosunek włókna do białka jest, jak oni to wyrażają „abnormal”, tzn. odbiegający od zwykle spotykanego w paszach. Dla pasz o normalnym stosunku tych składników zupełnie wystarczające jest równanie 1, nie uwzględniające włókna surowego w paszy.

Przytoczone prace wydają się potwierdzać propozycję Lancastera (1949), aby przy oznaczaniu strawności zielonki uwzględniać azot kału, a zarzuty Forbesa (1949) wydają się w tym świetle nie uzasadnione.

Przy wycenie wartości pastwiska metodą „nitrogenową” należy zebrać całą ilość kału, przez okres np. 4 dni, od pasących się zwierząt w okresie prowadzonych badań, dla obliczenia ilości wydalonego azotu, a stąd — ilości pobranej substancji organicznej, przyjmując za Lancasterem, że na 100 g pobranej substancji organicznej zielonki — jest

wydalane 0,80 g N, gdy zielonka zawiera powyżej 15% białka, lub 0,67 g przy niższej zawartości białka. Na podstawie podanego przez Lancastera wzoru oblicza się strawność substancji organicznej, a znając ilość pobranej substancji organicznej przez zwierzęta — otrzymuje się wartość pastwiska wyrażoną ilością strawnej substancji organicznej porostu. W naszych warunkach na razie pewną trudność może stanowić zbieranie kału od zwierząt. Kał zbiera się do specjalnych worków, dzięki czemu zwierzęta pasą się swobodnie na pastwisku. Worki opróżnia się raz lub dwa razy dziennie.

W zebranych kale oznacza się suchą masę, popiół i azot (metoda Kjeldahla), a w poroście pastwiskowym tylko azot, dla przyjęcia odpowiedniej wartości C.

Istnieją pewne sugestie, że ilość porostu na pastwisku można oznaczać na podstawie wykaszania kontrolnych poletek, trzeba by tylko wówczas w zielonce oznaczyć również suchą masę i popiół, dla obliczenia ilości substancji organicznej, a według metody „nitrogenowej” oznaczać tylko strawność zielonki i na tej podstawie określić wartość pokarmową pastwiska.

#### LITERATURA

1. Blaxter K. L., Mitchell H. H.: (1948) The factorization of the protein requirements of ruminants and of the protein values of feeds, with particular reference to the significance of the metabolic fecal nitrogen. *J. Anim. Sci.*, 7, 3, s. 351—372.
2. Donald Mc P., Purves D.: (1957) The estimation of feed intake by sheep on a silage diet. *J. Brit. Grassland Soc.*, 12, 1, s. 22—29.
3. Forbes R. M.: (1949) Some difficulties involved in the use of fecal nitrogen as a measure of dry matter intake of grazing animals. *J. Anim. Sci.*, 8, 1, s. 19—23.
4. Forbes R. M.: (1950) Protein as an indicator of pasture forage digestibility. *J. Anim. Sci.*, 9, 2, s. 231—237.
5. French M. H., Glover J., Duthie D. W.: (1957) The apparent digestibility of crude protein by the ruminant. II. The general equation and some of its implications. *J. Agric. Sci.*, 48, 3, s. 379—383.
6. Gallup W. D., Briggs H. M.: (1948) The apparent digestibility of prairie hay of variable protein content, with some observations of fecal nitrogen excretion by steers in relation to their dry matter intake. *J. Anim. Sci.*, 7, 1, s. 110—116.
7. Glover J., Duthie D. W., French M. H.: (1957) The apparent digestibility of crude protein by the ruminant. I. A synthesis of the results of digestibility trials with herbage and mixed feeds. *J. Agric. Sci.*, 48, 3, s. 373—378.
8. Glover J., French M. A.: (1957) The apparent digestibility of crude protein by the ruminant. IV. The effect of crude fibre. *J. Agric. Sci.*, 49, 1, s. 78—80.
9. Homb T., Breirem K.: (1952) The use of fecal nitrogen as a measure of dry matter intake and of digestibility of organic matter in forage. *J. Anim. Sci.*, 11, 3, s. 496—500.



10. Kane E. A., Jacobson W. C., Ely R. E., Moore L. A.: (1953) The estimation of the dry matter consumption of grazing animals by ratio techniques. *J. Dairy Sci.*, 36, s. 637—644.
11. Lancaster R. J.: (1949) Estimation of digestibility of grazed pasture from faeces nitrogen. *Nature*, 163, 4139, s. 330—331.
12. Leroy A. M.: (1952) Mesure de la quantité d'herbe ingérée par un ruminant en liberté au pâturage au moyen de la comparaison des compositions chimiques du fourrage ingéré et des matières fécales excrétées. *Ann. Zootech.*, 1, 4, s. 43—48.
13. Mitchell H. H.: (1942) The evaluation of feeds on the basis of digestible and metabolizable nutrients. *J. Anim. Sci.*, 1, 2, s. 159—173.
14. Pigden W. J.: (1956) Indicator methods for measuring herbage consumption. Nitrogen as an internal indicator and its distribution in feces of grazing cows. *Progr. Rep. 1950—54. Centr. Exptl. F. Ottawa, Canada.*
15. Raymond W. F.: (1948) Evaluation of herbage for grazing. *Nature*, 161, 4102, s. 937—938.
16. Schneider B. H., Soni B. K., Ham W. E.: (1953) Digestibility and consumption of pasture forage by grazing sheep. *J. Anim. Sci.*, 12, 4, s. 722—730.
17. Soni B. K. i inni: (1954) Diurnal variation in the estimates of the digestibility of pasture forage using plant chromogens and fecal nitrogen as an indicator. *J. Anim. Sci.*, 13, 2, s. 474—479.