



Рослинництво, кормовиробництво

УДК 636.085:087
© 2012

М.Ф. Кулик,
член-кореспондент НААН
О.І. Скоромна,
Ю.В. Обертюх,
В.П. Жуков,
кандидати сільсько-
господарських наук
І.О. Виговська

Л.О. Гончар
Інститут кормів
та сільського господарства
Поділля НААН

ВИЗНАЧЕННЯ ОБМІННОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОРМОВИХ ОДИНИЦЬ У КОРМАХ ДЛЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ ЗА ЇХНІМ ХІМІЧНИМ СКЛАДОМ

Визначення обмінної енергії в кормах за їхнім хімічним складом без проведення дослідів на тваринах базується на знижувальній дії сирової клітковини, золи і геміцелюлозу на енергетичну цінність основних поживних речовин корму.

Відомі методи визначення обмінної енергії (ОЕ) за рівняннями регресії для кожного виду тварин (велика рогата худоба, вівці, коні, свині та птиця) [1, 2, 6, 7]. У зоотехнічній практиці для визначення ОЕ найвідоміше рівняння парної регресії розроблене Дж. Аксельсоном [8, 9]:

$$y = 73,1 - 0,766 \cdot \text{Кл},$$

де y — вміст ОЕ, %; Кл — вміст сирової клітковини, %.

Слід також зазначити, що коефіцієнти обмінності валової енергії не можуть бути сталими. В сучасних посібниках з годівлі сільськогосподарських тварин кількість ОЕ в кормі для великої рогатої худоби розраховують за таким рівнянням [6]:

$$\text{ОЕ} = 17,46 \cdot \text{пП} + 31,23 \cdot \text{пЖ} + 13,65 \cdot \text{пКл} + 14,78 \times \text{пБЕР} \quad (1)$$

де пП — перетравний протеїн, г; пЖ — перетравний жир, г; пКл — перетравна клітковина, г; пБЕР — перетравні безазотисті екстрактивні речовини, г.

Згідно з Державним стандартом України вміст ОЕ в МДж/кг сухої речовини (СР) у сінажі вираховують за таким рівнянням [3]:

$$\text{ОЕ} = 5,59 + 25,09 \cdot X_1 + 0,202 \cdot X_2, \quad (2)$$

де X_1 — вміст сирової клітковини у СР, %; X_2 — вміст сирового протеїну в СР, %; 5,59; 25,09; 0,202 — постійні коефіцієнти.

Зазначене рівняння регресії має істотні недоліки в тому, що визначення базується на постійних коефіцієнтах, які не можуть бути ідентичними для сінажу з різної вихідної сировини. У цьому самому стандарті за наявності даних умісту в СР сирового протеїну, сирового жиру, сирової клітковини, БЕР і коефіцієнта перетравності СР (*in vitro*) вміст ОЕ в МДж/кг СР визначають за формулою:

$$\text{ОЕ} = (0,240 \cdot \text{СП} + 0,398 \cdot \text{СЖ} + 0,201 \cdot \text{СК} + 0,175 \times \text{БЕР}) \cdot \text{Кп} \cdot 0,82, \quad (3)$$

де СП — вміст у СР корму сирового протеїну, %; СЖ — вміст у СР сирового жиру, %; СК — вміст у СР корму сирової клітковини, %; БЕР — вміст у СР БЕР, %; Кп — коефіцієнт перетравності СР *in vitro*.

Аналогічним чином вміст ОЕ в МДж/кг СР у силосі вираховують за формулою [4]:

$$\text{ОЕ} = 0,82 + 237,5 \cdot \text{СК} + 0,07 \cdot \text{СП}, \quad (4)$$

де СК — вміст сирової клітковини у СР, %; СП — вміст сирового протеїну у СР, %; 0,82; 237,5; 0,07 — постійні коефіцієнти.

Метод визначення ОЕ корму за даними його хімічного аналізу — найдоступніший без проведення прямих дослідів на тваринах. Валову енергію корму (ВЕ) визначають за сумою енергії органічних речовин. Визначення проводять за формулою на основі результатів хімічного складу корму і відповідних енергетичних коефіцієнтів:

$$BE = SP \cdot k_1 + CJ \cdot k_2 + SK \cdot k_3 + BER \cdot k_4, \quad (5)$$

де СП — сирий протеїн, г; СЖ — сирий жир, г; СК — сира клітковина і БЕР — безазотисті екстрактивні речовини, г. ВЕ відповідних сирих поживних речовин становить, МДж/кг: СП — 23,8; СЖ — 38,9; СК — 20 і БЕР — 17,5.

Уміст ОЕ в 1 кг СР корму визначають за формулою Дж. Аксельсона (1938, 1940) у модифікації М.Г. Григор'єва і М.П. Волкова [1]:

$$OE = 0,73 \cdot BE / CP(1 - SK \cdot 1,05), \quad (6)$$

де 0,73 — коефіцієнт обмінності; $(1 - SK \cdot 1,05)$ — коефіцієнт, який відображає знижувальний вплив клітковини на енергетичну цінність корму.

Наприклад, у кукурудзяному силосі з розрахунку на 1 кг СР міститься: сирого протеїну — 0,07 кг, сирого жиру — 0,04, сирі клітковини — 0,21 і БЕР — 0,59 кг. Уміст валової енергії в СР такого силосу дорівнюватиме:

$$BE = 23,95 \cdot 0,07 + 39,77 \cdot 0,04 + 20,05 \cdot 0,21 + 17,46 \cdot 0,59 = 1,67 + 1,59 + 4,21 + 10,3 = 17,77 \text{ МДж/кг СР.}$$

Відповідно в 1 кг СР такого силосу концентрація ОЕ становитиме:

$$OE = 0,73 \cdot 17,77(1 - 0,21 \cdot 1,05) = 12,97(1 - 0,22) = 12,97 \cdot 0,78 = 10,1 \text{ МДж/кг СР.}$$

Для кормів, які містять близько 10% золи, автори спростили формулу і вивели таке рівняння регресії:

$$OE_p = 14,6 - 0,9(СР - Кл \cdot 1,05) = 13,1(СР - Кл \cdot 1,05), \text{ МДж.}$$

Таке спрощення формули повністю виключає вплив ендогенної та екзогенної золи в складі кормів раціону на вміст у них ОЕ, але ж баластні речовини (зола) впливають на перетравність поживних речовин кормів раціону.

В основу розробленої нами методики визначення вмісту ОЕ в різних видах кормів покладено зменшення вмісту ВЕ через знижувальний вплив сирі клітковини, золи і геміцелюлозу на енергетичну поживність у процесі перетравлення речовин корму. Адже структурні вуглеводи стінки рослинної клітини — це асоціація геміцелюлозу із целюлозою, яка підтримується за допомогою водневих зв'язків і забезпечує їх взаємодію з лігніном, цукрами і фенолами. Якщо не враховувати знижувального впливу геміцелюлозу поряд із таким впливом сирі клітковини на перетравність основних поживних речовин у шлунково-кишковому каналі тварин, то вміст ОЕ в кормах буде завищеним.

Матеріал і методи досліджень. Уміст ОЕ визначали в зелених, силосованих, грубих і концентрованих кормах, хімічний склад яких наведено у довідниках [6, 7]. Водночас порівнювали показники ОЕ та енергетичних кормо-

вих одиниць, наведених у цих довідниках, із результатами наших досліджень. На основі показників ОЕ розраховували енергетичні кормові одиниці (ЕКО), враховуючи показник 10 МДж ОЕ еквівалентно 1 ЕКО [7].

Під час визначення сирі клітковини в кормах структурні вуглеводи — геміцелюлози під дією сірчаної кислоти, а потім лугу переходять у розчин, а тому їх зараховують до складу БЕР. У запропонованій нами методиці під час визначення ОЕ в кормах до сирі клітковини додають вміст геміцелюлозу і сирого зола. Для об'ємних кормів частка геміцелюлозу становить 1/2 від вмісту сирі клітковини, для концентрованих — однакову кількість із сирі клітковиною і для соломи частка становить 2/3 від кількості БЕР.

Результати досліджень. У траві злакового пасовища [6] міститься 50 г сирого протеїну, 25 г жиру, 136 г сирі клітковини і 195 г БЕР, що становить 396 г за наявності 428 г СР. Отже, сирі золи міститься 32 г і разом із 68 г геміцелюлозу та сирі клітковиною (сумарна кількість становить 236 г), на СР їх припадає 55,1%. Валової енергії в 1 кг цього злакового пасовища міститься 7,905 МДж. Її зменшення стосовно знижувальної дії клітковини, геміцелюлозу і золи на процеси перетравлення — відповідно $7,905 - 55,1/100\% = 4,355$ МДж, тоді різниця становитиме $(7,905 - 4,355) = 3,570$ МДж. Звідси вміст ОЕ в 1 кг пасовищного корму становить 3,5 МДж, або 0,35 ЕКО. У довіднику О.П. Калашникова та ін. у цьому кормі міститься 0,26 к. од. Уміст ОЕ в 1 кг СР такого травостою становить 8,2 МДж, або 0,82 ЕКО [6].

В 1 кг зеленої маси вівсяниці [6] міститься: сирого протеїну — 33 г, жиру — 9, сирі клітковини — 99, БЕР — 136, СР — 306 г. Уміст сирі клітковини, геміцелюлозу і золи в СР корму становить 57,8%. ВЕ в 1 кг трави вівсяниці міститься 5,530 МДж, її зменшення як наслідок знижувальної дії сирі клітковини, геміцелюлозу і золи: $5,530 - 57,8/100\% = 3,196$ МДж, різниця: $5,530 - 3,196 = 2,334$ МДж. Отже, в 1 кг трави вівсяниці міститься 2,3 МДж ОЕ, або 0,23 ЕКО. За даними О.П. Калашникова та ін., у цьому кормі для великої рогатої худоби міститься 0,22 к. од. [6]. Вміст ОЕ в 1 кг СР зеленої маси вівсяниці становить 7,5 МДж і 0,75 ЕКО.

У зеленій масі 1 кг гороху [6] міститься сирого протеїну — 41 г, жиру — 6, сирі клітковини — 33 і БЕР — 101 г, СР — 200 і золи — 19 г. Уміст сирі клітковини, геміцелюлозу і золи в СР — 34%, валової енергії — 3,036 МДж. Під час проведення аналогічних розрахунків уміст ОЕ в 1 кг зеленої маси гороху становить 2 МДж, або 0,2 ЕКО, а за даними О.П. Калашникова та ін., — 0,17 к. од. [6]. Уміст ОЕ в 1 кг СР зеленої маси гороху становить 10 МДж і 1 ЕКО.

Зелена маса люцерни, за даними О.П. Калашникова та ін., містить: сирого протеїну — 50 г, жиру — 7, сирі клітковини — 68, БЕР — 100, СР — 250 г [6]. Уміст сирі клітковини, геміцелюлози і золи в СР становить 50,8%. Валової енергії в 1 кг зеленої маси міститься 4,872 МДж, а знижувальна дія сирі клітковини, геміцелюлози і золи на зменшення валової енергії становить 2,475 МДж, тоді різниця становитиме 2,397 МДж, а вміст ОЕ — 2,39 МДж, або 0,24 ЕКО і 0,2 к. од. [6]. Уміст ОЕ в 1 кг СР зеленої маси люцерни становить 9,6 МДж.

Люцернове сіно містить в 1 кг: сирого протеїну — 144 г, жиру — 22, сирі клітковини — 253 і БЕР — 330 г. СР в 1 кг сіна — 830 г, в яких сирі клітковини, геміцелюлози і золи містяться 55,3% [6]. Валова енергія 1 кг сіна становить 15,117 МДж. Знижувальна дія сирі клітковини, геміцелюлози і золи виражається в зменшенні на 8,359 МДж валової енергії в процесі перетравлення корму, тоді різниця: 15,117—8,359=6,648 МДж, а вміст ОЕ в 1 кг сіна становить 6,6 МДж, або 0,66 ЕКО, тоді як за даними О.П. Калашникова та ін., — 0,44 к. од. [6]. В 1 кг СР люцернового сіна міститься 7,95 МДж ОЕ і 0,79 ЕКО.

Сінаж із люцерни містить сирого протеїну — 103 г, жиру — 17, сирі клітковини — 127, БЕР — 148, СР — 450 г [6]. Вміст сирі клітковини, геміцелюлози і золи в СР становить 54,4%. Валової енергії в 1 кг сінажу міститься 8,242 МДж, а зменшення її як наслідок знижувальної дії клітковини, геміцелюлози і золи становить 4,483 МДж, тоді різниця — 3,759 МДж, а вміст ОЕ в 1 кг корму становить 3,7 МДж, або 0,37 ЕКО і 0,35 к. од. [6].

В 1 кг силосу з кукурудзи міститься сирого протеїну — 25 г, жиру — 10, сирі клітковини — 75, БЕР — 119, СР — 250 г [6]. Валової енергії в 1 кг корму міститься 4,566 МДж, а зменшення енергії за рахунок знижувальної дії клітковини, геміцелюлози і золи (53,2%) становить 2,429 МДж, тоді різниця між цими показниками — 2,137 МДж і вміст ОЕ в 1 кг силосу — 2,13 МДж, або 0,21 ЕКО, а також 0,2 к. од. [6]. В 1 кг СР силосу міститься 8,5 МДж ОЕ і 0,85 ЕКО.

Зерно вівса містить сирого протеїну — 108 г, жиру — 40, сирі клітковини — 97, БЕР — 573 і СР — 850 г [6]. Вміст сирі клітковини, геміцелюлози і золи в СР — 26,5%. Кількість валової енергії — на рівні 16,073 МДж. Знижувальна роль сирі клітковини, геміцелюлози і золи виражається у зменшенні валової енергії на 4,259 МДж, тоді різниця дорівнює 11,814 МДж, а вміст ОЕ в 1 кг вівса становить 11,8 МДж, або 1,18 ЕКО проти 1 к. од. і 9 МДж ОЕ [6]. В 1 кг СР вівса вміст ОЕ становить 13,8 МДж і 1,4 ЕКО.

Зерно ячменю містить сирого протеїну — 113 г, жиру — 22, сирі клітковини — 49, БЕР — 638 і СР — 850 г. У зерні міститься 28 г сирі золи і разом із сирі клітковиною і геміцелюлозами вміст їх в СР становить 14,8%. Валова енергія 1 кг зерна — 15,719 МДж. Її зменшення внаслідок знижувальної дії клітковини, геміцелюлози і золи — 15,719·14,8/100%=2,326 МДж, а різниця: 15,719—2,326=13,303 МДж, тоді вміст ОЕ в 1 кг зерна ячменю становить 13,3 МДж, або 1,33 ЕКО, або лише 1,15 ЕКО [6]. Вміст ОЕ в 1 кг СР зерна ячменю становить 15,7 МДж та 1,6 ЕКО.

В 1 кг зерна кукурудзи білої [6] міститься сирого протеїну — 92 г, жиру — 43, сирі клітковини — 43, БЕР — 658, СР — 850 і сирі золи — 14 г. Отже, в СР сирі клітковини, геміцелюлози і зола становлять 11,7%. Валова енергія становить 16,237 МДж, а знижувальна дія клітковини, геміцелюлози і золи — 1,899 МДж. Різниця: 16,237—1,899=14,338 МДж, а вміст ОЕ в 1 кг зерна — 14,3 МДж, або 1,4 ЕКО і 1,33 к. од. [6]. ОЕ в 1 кг СР зерна кукурудзи дорівнює 16,8 МДж і 1,7 ЕКО.

За даними О.П. Калашникова та ін., в 1 кг соєвого шроту міститься сирого протеїну — 439 г, жиру — 27, сирі клітковини — 62, БЕР — 311 і СР — 900 г. Сирі золи в шроті міститься 63 г і разом із клітковиною і геміцелюлозами сума їх становить 156 г, або 20,7% у СР. Валова енергія становить 18,180 МДж, а зменшення її внаслідок знижувальної дії клітковини, геміцелюлози і золи дорівнює: 18,180·20,7/100%=3,763 МДж. Різниця між зазначеними рівнями енергії становить: 18,180—3,763=14,417 МДж, тоді вміст ОЕ в 1 кг соєвого шроту становитиме 14,4 МДж, або 1,44 ЕКО та лише 1,27 к. од. [6]. В 1 кг СР соєвого шроту міститься 16 МДж ОЕ і 1,6 ЕКО.

В 1 кг ячмінної соломи міститься сирого протеїну — 59 г, сирого жиру — 24, сирі клітковини — 289 г, БЕР — 317 і СР — 827 г [6]. У соломі міститься 138 г сирі золи, а вміст БЕР на СР становить 38,3%. У грубому кормі — ячмінній соломі немає крохмалю, є лише сліди цукру. В основі БЕР містяться геміцелюлози, які аналогічно клітковині знижують перетравність поживних речовин. З огляду на це геміцелюлози потрібно додавати до сирі клітковини в кількості 2/3 від наявних екстрактивних речовин, тоді вміст сирі клітковини, геміцелюлози і сирі золи становитиме 77,1%. Валова енергія 1 кг соломи — 13,664 МДж. Знижувальна дія клітковини, геміцелюлози і золи виражається в зменшенні валової енергії корму на 10,534 МДж (13,664·77,1/100%). Різниця (13,664—10,534 МДж) дорівнює 3,13 МДж, тоді в 1 кг соломи — 3,11 МДж, або 0,31 ЕКО і 0,32 к. од. [6]. Вміст ОЕ в 1 кг СР соломи становить 3,7 МДж.

Обговорення результатів. Розроблена на-

ми методика визначення ОЕ і ЕКО в кормах за їхнім хімічним складом базується на залежності між валовою енергією і вмістом сирової клітковини, геміцелюлози та золи. Зменшення валової енергії на величину вмісту сирової клітковини, геміцелюлози і золи характеризує рівень вмісту ОЕ в кормі. Це є фізіологічною кореляцією процесів перетравлення поживних речовин корму в шлунково-кишковому каналі і ОЕ в організмі тварин.

Якщо за ЕКО взято 10 МДж ОЕ [6], то величину ОЕ корму ділимо на 10 і одержуємо ЕКО.

Нами проведено визначення вмісту ОЕ і ЕКО у зеленій масі трави пасовища, вівсяниці, люцерни, сіна і сінажу з люцерни, кукурудзяного силосу, зерна вівса, ячменю, кукурудзи і соєвого шроту з різним вмістом сирової клітковини і золи в цих кормах [6, 7].

Критерієм оцінки поживних речовин різних видів кормів за ОЕ має бути вміст її показників в 1 кг СР. Так, порівняння показників вмісту ОЕ

в грубих і концентрованих кормах за даними різних авторів зумовлюють розбіжності в такій оцінці. Зокрема, ячмінна і пшенична солома містять відповідно 5,6 та 4,7 МДж ОЕ, а 1 кг вівса — тільки 9 МДж, тоді як у соломі вміст протеїну низький, крохмалю зовсім немає, а цукрів — лише сліди. БЕР соломи представлені переважно геміцелюлозами, які є структурними вуглеводами, як і целюлоза, рівень їх перетравності майже однаковий. Трава пажитниці пасовища містить 6,3 МДж чистої енергії лактації, сіно лугове — відповідно 4,6, дерть ячмінна — 8, кормові буряки — 7,6, а солома пшенична — 3,5 і шрот ріпаковий — 7,3 МДж [5].

На основі проведеного визначення ОЕ в різних видах кормів слід зробити висновок про доцільність розподілу ОЕ кожного виду корму на енергію сирого протеїну, жиру і легкоперетравних вуглеводів для синтезу молока та інших потреб організму тварин, тобто оцінку корму здійснювати за ОЕ в показниках продукції молока.

Висновки

Визначення вмісту обмінної енергії та енергетичних кормових одиниць здійснюють за такими формулами:

$OE = VE - (VE \cdot (СК(\%) + СЗ(\%) + ГМЦ(\%)) / 100)$,
де *VE* — валова енергія, МДж; *СК* — сира клітковина, %; *СЗ* — сира зола, %; *ГМЦ* — геміцелюлози, % у сухій речовині корму або

$OE = VE \cdot ((100 - СК(\%) - СЗ(\%) - ГМЦ(\%)) / 100)$,
де 100 становить *VE* і кількість у % вміс-

ту сирової клітковини, золи і геміцелюлози у сухій речовині корму;

$$EKO = OE / 10,$$

де 10 МДж дорівнює 1 ЕКО [7].

ОЕ корму слід розподіляти на енергію сирого протеїну, жиру і легкоперетравних вуглеводів для синтезу молока та на загальну енергію на інші потреби організму тварин.

Бібліографія

1. Григорьев Н.Г., Волков Н.П., Воробьев Е.С. и др. Биологическая полноценность кормов. — М.: Агропромиздат, 1989. — 287 с.

2. Григорьев Н.Г., Скоробогатых Н.Н., Косолапов В.М. Оценка качества кормов по обменной энергии // Кормопроизводство. — 2008. — № 9. — С. 21–22.

3. ДСТУ 4684–2006 Сінаж. Технічні умови.

4. ДСТУ 4782–2007 Силос із зелених рослин. Технічні умови.

5. Дурст Л., Виттман М. Кормление основных видов сельскохозяйственных животных. — Винница: НОВА КНИГА, 2003. — 384 с.

6. Калашников А.П., Клейменов Н.И., Бака-

нов В.Н. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. — М.: Агропромиздат, 1985. — 352 с.

7. Калашников А.П., Фисинин И.В., Щеглов В.В. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. — М., 2003. — 456 с.

8. Axsellson J. Bedeutung und wert der Bohfaaser fur das Futter des Rindes Tierenchrung, 1940. — 12. — S. 414.

9. Axsellson J. Die Bestimmung des allgemeinen Nahrwerts (Energiewertes) der Futtermittel nach der chemischen Zusammensetzung. Tierernahrung, 1938. — 10. — S. 240.