



Розчинність протеїну кормів як індикатор перетравності і доступності поживних речовин в раціонах бугайців

В. С. Козир, В. І. Петренко, Г. Г. Дімчя, А. Н. Майстренко

izkzoo3337@gmail.com

Державна установа «Інститут зернових культур НААН»,
вул. Володимира Вернадського, 14, м. Дніпро, 49027, Україна

Дослідження виконано на бугайцях червоної степової породи з дуоденальними та ілеоцекальними анастомозами за згодовування ізоенергетичних, ізопроїєнових сіноконцентратних раціонів з різним рівнем розчинного протеїну (РчСП) і розщеплюваного протеїну (РщСП). Вивчали перетворення сухої речовини (СР), органічної речовини (ОР), сирого протеїну (СП), сирій золи (СЗ), сирого жиру (СЖ), сирій клітковини (СКл) та безазотових екстрактивних речовин (БЕР) окремо у складному шлунку, тонкому (ТнК) та товстому (ТсК) відділах кишечника. Засвоєння протеїну тваринами оцінювали за кількістю його, перетравленого в ТнК, а непродуктивні витрати — за часткою азоту сечі. Раціони склалися з сіна стоколосу, горохової дерті, мінеральних добавок. Різної кількості РчСП в раціонах досягали згодовуванням натуральної горохової дерті (контроль) та дерті з прожареного гороху за температури +105°C (дослід). За згодовування раціону зі зниженим рівнем РчСП та РщСП видима інтенсивність травлення знижувалась, що проявлялось в дещо меншій кількості спожитого корму, в меншій кількості дуоденального та ілеоцекального хімусів. У складному шлунку перетравність СП на дослідному раціоні зі зниженим рівнем РчСП була на 10% нижчою. На контрольному раціоні з високим рівнем РчСП більше розщеплювалось СП і до ТнК надходило більше амонійного азоту. Доступність СП для перетравлювання в ТнК на дослідному раціоні була на 5,8% вищою, проти контролю, за більшої на 8–10% перетравності СР, ОР та СП, але нижчої перетравності Сз та Сж. У ТсК перетравність поживних речовин на вивчених раціонах мала різноспрямований характер. На контрольному раціоні з підвищеним рівнем РчСП відбувалось знецінення значної частини протеїну кормів внаслідок на 40% більшого виведення з сечею азоту у вигляді сечовини.

Ключові слова: органічна речовина, протеїн, розчинність, жир, клітковина, БЕР, перетравність, складний шлунок, тонкий кишечник, товстий кишечник

В останні десятиріччя інтенсивно вивчають потреби і доступність поживних речовин для великої рогатої худоби, особливо сирого протеїну [1, 6, 13, 15, 18–21]. Встановлено, що якість протеїну кормів, а саме його розчинність у водному середовищі, має важливе значення для ефективного використання поживних речовин кормів жуйними тваринами [14, 19, 21]. Показник розчинності протеїну кормів тісно корелює з розщепленням протеїну в передшлунках і нижче розташованих відділах травного тракту великої рогатої худоби та інших жуйних. Вважається, що майже весь розчинний протеїн кормів розщеплюєть-

ся у передшлунках тварин і за наявності достатньої кількості енергії входить у мікробний білок, який є важливим джерелом повноцінного білка для тварин. Спостерігали, що за збільшення кількості СП в раціоні і його розчинності, а також кількості СП та РчСП на одиницю енергії або дефіциті енергії, ефективність використання кормового СП знижується внаслідок його розщеплення у передшлунках. При цьому значна його частина не трансформується у мікробний білок, проходячи стадії утворення аміаку, глютамінової кислоти та сечовини, виводиться з організму з сечею [4, 9, 11, 14, 22]. Тобто відбуваються непродуктивні

витрати кормового протеїну. Отже, розчинність протеїну є важливою характеристикою білкових кормів і її необхідно враховувати у складанні раціонів, особливо для високопродуктивних тварин.

Проте у більшості довідників чи систем годівлі, зокрема й виданих в останні роки в Україні, введено показник розщеплюваного і нерозщеплюваного протеїну [2, 7, 8, 13, 16, 20], але практично відсутні дані щодо вмісту розчинного і розщеплюваного протеїну в кормах, навіть в останній базі даних хімічного складу кормів за 2009 р. [3].

На нашу думку, важливішим є показник розчинності протеїну, а не розщеплення. По-перше, розчинність протеїну корму є природною властивістю і менше залежить від різних умов годівлі, хоча й може змінюватись за дії деяких фізичних (температура, тиск) та хімічних факторів, а також способів підготовки кормів для згодовування. По-друге, відпрацьована і стандартизована лабораторна методика визначення розчинності протеїну в мінеральному буфері (ГОСТ 28074-89) проста і доступна.

Ступінь розщеплення або руйнування протеїну в передшлунках, навпаки, не є природною фізичною величиною. Це пролонгований процес, який залежить від умов годівлі: концентрації енергії та протеїну в сухій речовині раціону, співвідношення протеїну і енергії, способів заготівлі та підготовки кормів, співвідношення об'ємистих і концентрованих кормів. Сама методика визначення, хоч також стандартизована, але складна, потребує спеціально оперованих тварин, малодоступна, не враховує швидкості просування корму травним трактом. Отже, показник розщеплюваного та нерозщеплюваного протеїну в кормах є величиною орієнтовною і його легко розрахувати за кількістю розчинного протеїну та перетравної органічної речовини [6, 10, 15, 20]. Очевидно, раціональніше накопичувати дані з розчинності протеїну різних кормів і особливо відношення цього показника на одиницю спожитої енергії.

Встановлено, що методика визначення балансу азоту за різницею «корм мінус кал» у жуйних тварин не відображає дійсних величин засвоєння протеїну в організмі [1, 7, 15, 18, 21]. Найефективніше жуйні тварини використовують ті протеїни кормів, які повільніше гідролізуються в рубці і здебільшого перетравлюються у кишечнику. Щоби кількісно визначити ступінь розщеплення протеїну в передшлунках, застосовують методики нейлонових мішечків, які зі зразками кормів на певний час закладають через фістули до рубця тварин або пропускають через весь травний канал. Більшого поширення набули доступніші методи визначення розчинності протеїну способом інкубації зразків кормів в мінеральних буферах, близьких за складом до рубцевої рідини тварин. За кількістю розчинного протеїну, який надходить до тонкого кишечника, і його визначеною середньою перетравністю розраховують кількість розщеплюваного протеїну, яка може надходити і перетравлюватись

у тонкому кишечнику. Таким чином, кількість протеїну, яка надійшла і всмокталася у тонкому кишечнику, стала мірою його доступності для тварин.

Для зниження кількості розщеплюваного протеїну в раціонах великої рогатої худоби використовують різні прийоми, які знижують розчинність протеїну раціону: підбір складників раціону з низькою розчинністю та розщеплюваністю протеїну; оброблення кормів формальдегідом, кислотами, лугами; розміщення у спеціальних капсулах; оброблення сухим теплом, паром тощо.

Розроблялись також різні прийоми накладання фістул та анастомозів на ділянки травного тракту тварин [19, 21] для прямого визначення кількості протеїну, всмоктаного у тонкому кишечнику. Але метод подвійних анастомозів виявився досить трудомістким, не завжди дозволяв використовувати достатню кількість тварин для статистичної обробки результатів. Тому більшого розповсюдження набули праці зі спробами визначити потік поживних речовин до тонкого кишечника в дослідях тільки з одною дуоденальною канюлею, а потім розрахунковим методом прогнозувати надходження протеїну до кишечника [5, 12, 13, 15, 18–21]. Деякі із запропонованих систем оцінювання давали значні похибки [1, 9]. Найбільш задовільні результати показували системи оцінювання, розроблені в останні десятиріччя у США, Голландії та Україні [5, 6, 10, 13].

Попри все, найточніший результат отримують за оцінювання добової кількості хімусів, які проходять через ТНК та ТСК, і визначення їх складу. Незважаючи на певну складність таких досліджень, вони залишаються найточнішими і найбільш актуальними.

Мета досліджень — за різної кількості розчинного протеїну в ізоенергетичних, ізопротеїнових сіноконцентратних раціонах бугайців з накладеними подвійними анастомозами вивчити перетравність основних груп поживних речовин у різних відділах травного каналу, визначити реальну доступність протеїну для тварин і ступінь його знецінення.

Матеріали і методи

Дослідження проводили на двох бугайцях червоної степової породи живою масою 330–350 кг з накладеними дуоденальними (6–10 см від пілоруса) [22] та ілеоцекальними анастомозами за Синєщоким [18]. Згодовували ізоенергетичні (концентрація доступної для обміну енергії, ДОО, становила 10,84–10,99 МДж/кг СР), ізопротеїнові (концентрація сирого протеїну — 186,4–190,1 г СП/кг СР) сіноконцентратні раціони, які складалися зі злакового сіна (стоколос, *Bromus intermis*) — 6 кг та горохової дерті: контрольний раціон — 2,6 кг з натираного гороху, дослідний раціон — 2,4 кг з прожареного за температури 105°C. Горох обробляли на барабанних сушарках типу АВМ. Мінеральну підгодівлю тварини отримували в однаковій

кількості. Раціони різнились тільки за рівнем РчСП: 58,34% від СП в контролі і 39,42% — у досліді.

На вказаних раціонах тварин утримували не менше 21 дня з суворим обліком заданих кормів, залишків кормів та випитої води. Потім проводили добові виміри кількості дуоденального та ілеоцекального хімусів, калу, сечі. Зразки дуоденального та ілеоцекального хімусів відбирали кожну годину (4% від кількості, що пройшла за годину дуоденального, 2% — ілеоцекального) і відразу проводили інактивацію кип'ятінням. Для визначення амонійного та сечовинного азоту зразки хімусу заморожували. Порції калу та сечі консервували, потім відбирали середній зразок з добової кількості. Сечовинний азот сечі визначали в 6–8 порціях свіжої сечі. Кожний раціон згодовували по черзі двом тваринам методом періодів.

У зразках кормів, залишках кормів, хімусів та калу визначали: кількість СР — за ГОСТ 27548-87; СЗ — за ГОСТ 26226-95; ОР — за різницею між СР та СЗ; СП — за ГОСТ 13496.4-93; СЖ — за ГОСТ 13496.15-97; СКл — за ГОСТ 13496.2-91; БЕР — розрахунковим методом; РчСП — інкубацією зразків кормів в мінеральному буфері за ГОСТ 28074-89; РщСП — розрахунковим методом за [20], приймаючи, що в передшлунках розщеплюється весь розчинний протеїн і 35% нерозчинного; НРщСП — розрахунковим методом, віднімаючи від загального протеїну розщеплюваний, амонійний та сечовинний азот — дифузним методом за Конвеєм [4] у модифікації Каплана та Свириденко [9]; доступність протеїну — за кількістю, перетравленою в тонкому кишечнику; ефективність використання азоту — за відношенням сечовинного азоту в сечі до загального виділеного азоту [13, 14]. Весь цифровий матеріал обробляли статистично за Рокицьким (1967).

Результати й обговорення

Після просмажування гороху за температури 105°C розчинність протеїну знизилась від 93,5 до 45,0%. Споживання кормів тваринами на досліджуваних раціонах становило 2,17 та 2,01 кг СР на 100 кг живої маси (табл. 1). Концентрація енергії, відповідно, для контрольного та дослідного раціонів становила 10,84 і 10,99 МДж/кг СР, сирого протеїну — 186,4 та 191,1 г/кг. При цьому частка розчинного протеїну у % до загальної кількості сирого протеїну становила 58,3 та 39,4%, розщеплюваного — 72,9 та 60,6%, нерозщеплюваного — 27,1 та 39,4%. На 1 МДж ДОЕ тварини споживали 10,22 та 6,85 г розчинного протеїну на контрольному та дослідному раціонах відповідно ($P < 0,02$). За згодовування дослідного раціону тварини споживали на 5% менше СР та ОР і на 3,7 % менше СП, ніж тварини на контрольному раціоні. Водночас за кількістю спожитих розчинного та розщеплюваного протеїнів різниці були статистично вірогідними ($P < 0,05$ та $P < 0,02$) і досягали 35 та 20% відповідно. Очевидно,

у зв'язку з цим видимі процеси травлення у бугайців на дослідному раціоні відбувались менш інтенсивно або дещо інакше. Добові об'єми дуоденального та ілеоцекального хімусів, а також сечі у них були на 21–25% меншими порівняно з тваринами на контрольному раціоні, де був вищий рівень РчСП та РщСП, а виведення калу — на 10% більшим як у натуральному вигляді, так і в розрахунку на одиницю спожитих СР та ОР. На дослідному раціоні тварини випивали на 19% більше води за абсолютним показником, а в розрахунку на спожиті СР та ОР — на 25%.

Перетравність СР (зміни стосовно спожитої) послідовно: у складному шлунку — тонкому відділі кишечника — товстому кишечнику — виведення з калом — у всьому кишково-шлунковому тракті, на контрольному та дослідному раціонах становила, відповідно, 58,9 та 59,8%; 15,5 та 18,8% (різниця статистично вірогідна, $P < 0,05$); 7,46 та 0,23%; 18,3 та 21,1%; 81,7 та 78,9% (табл. 2). Перетворення ОР у такий же послідовності ділянок травного каналу відбувалось аналогічно перетравності СР і мало такі показники: 66,2 та 65,0%; 11,5 та 16,2%; 5,6 та 0,9%; 16,7 та 19,7%; 83,3 та 80,3% на контрольному та дослідному раціонах відповідно. Загалом можна констатувати, що за зниження кількості розчинного протеїну в раціоні значні зміни у перетравності СР та ОР, щодо спожитого з кормами та у відсотках від надходження, спостерігали на ділянках тонкого і товстого кишечника; з огляду на це, оцінка загальної перетравності поживних речовин за формулою «корм мінус кал» не завжди коректна.

Перетравність СП в наших дослідках суттєво змінювалась уже на ділянці складного шлунку і становила послідовно в різних відділах травного каналу, на контрольному та дослідному раціонах відповідно: у передшлунках — 41,4 і 36,3%, у тонкому кишечнику — 35,5 і 45,1%, на ділянці товстого кишечника — 5,6% та добавка 4,0%, виділення з калом — 16,8 і 22,6%, загальна перетравність у всьому шлунково-кишковому тракті — 83,0 та 77,4%. Тобто на дослідному раціоні зі зменшеною кількістю розчинного протеїну у складному шлунку протеїну розщеплювалось менше, що підтверджується кількістю амонійного та сечовинного азоту в дуоденальному хімусі (11,16 та 7,48 г амонійного, 12,53 та 7,56 г сечовинного); більше його надходило до тонкого кишечника і більше перетравлювалось. Відповідно, до товстого відділу кишечника, порівняно з контролем, надходило на 20% менше протеїну і відбувалось незначне збільшення його кількості — очевидно, за рахунок мікробіального синтезу та ендогенного азоту.

З калом на дослідному раціоні виводилось 22,6% протеїну від спожитого з кормами, на контрольному — 16,8%. Загальна видима перетравність протеїну на дослідному раціоні була на 5,6% нижчою. Оцінюючи перетравність протеїну за класичною схемою, бачимо, що на дослідному раціоні зі зниженим рівнем розчинного протеїну засвоєння азоту начебто було гіршим порівняно з контролем. Але за аналізу

Таблиця 1. Загальна характеристика годівлі та травлення
Table 1. General feeding and digestion characteristics

Показники / Indices	Контроль / Control	Дослід / Experimental
Спожито / Consumed:		
СР, г/добу / Crude protein, g/day	7265,58±121,18	6901,44±355,56
% від контролю / % of control	100	95,0
РЧСП, г/добу / Soluble protein, g/day	804,55±7,62	521,05±22,2
РЧСП, % від СР / Soluble protein, % of crude protein	58,34±0,39	39,42±0,11**
РЧСП, г/МДж ДОО / Soluble protein, g/MJ ME	10,21±0,08	6,87±0,06**
РЩСП, г/добу / Degradable protein, g/day	1005,51±7,87	801,2±32,82
РЩСП, % від СР / Degradable protein, % of crude protein	72,94±0,25	60,62±0,13**
РЩСП, г/МДж ДОО / Degradable protein, g/MJ ME	12,71±0,11	10,57±0,11*
НРЩСП, г/добу / Undegradable protein, g/day	371,48±7,87	520,30±19,68
НРЩСП, % від СР / Undegradable protein, % CP	27,08±0,27	39,38±0,08**
НРЩСП, г/МДж ДОО / Undegradable protein, g/MJ ME	34,27±0,73	47,34±1,79
Концентрація енергії, МДж ДОО/кг СР / Energy concentration, ME MJ/kg DM	10,84	10,99
Концентрація протеїну, г СР/кг СР / Protein concentration, CP/kg DM	186,4	190,1
Випито води / Water drunk:		
л/добу / L/day	21,25±3,25	25,32±0,764
л/кг СР / L/kg DM	2,92	3,67
л/кг ОР / L/kg OM	3,11	3,90
% від контролю / % of control	100	119,2
Пройшло дуоденального хімусу / Duodenal chyme passed:		
л/добу / l/day	94,49±1,38	71,57±9,3
л/кг СР / L/kg DM	13,01±0,07	10,32±0,81
л/кг ОР / L/kg OM	13,83±0,11	10,98±0,87
% від контролю / % of control	100	75,7
Пройшло ілеоцекального хімусу / Ileocecal chyme passed:		
л/добу / l/day	23,37±4,25	18,25±5,05
л/кг СР / L/kg DM	3,22±0,54	2,56±0,65
л/кг ОР / L/kg OM	3,41±0,57	2,78±0,64
% від контролю / % of control	100	78,1
Виведено калу / Feces excreted:		
кг/добу / kg/day	7,5±1,3	8,32±0,21
кг/кг СР / kg/kg DM	1,03±0,17	1,21±0,09
кг/кг ОР / kg/kg OM	1,10±0,18	1,28±0,10
% від контролю / % of control	100	110,9
Виведено сечі / Urine excreted:		
л/добу / l/day	8,66±0,34	6,88± 0,05
л/кг СР / L/kg DM	1,19±0,03	1,00±0,05
л/кг ОР / L/kg OM	1,27±0,025	1,06±0,05
% від контролю / % of control	100	79,5
Виділено азоту з сечею, г/добу / Nitrogen excreted in the urine, g/day	104,18±12,36	104,73±7,99
у тому числі азоту сечовини, г/добу / including urea nitrogen, g/day	76,89±6,09	36,12±3,79
азоту сечовини, % від загального / urea nitrogen, % of total	74,15	34,95
Середня жива маса тварин, кг / Average live weight of animals, kg	334,5±1,5	343,0±40,2
Метаболічна маса (ЖМ ^{0.75}), кг / Metabolic mass (JM ^{0.75}), kg	78,29	82,96

Примітка. Тут і далі * — P<0,05; ** — P<0,02.

Note. Here and further * — P<0.05; ** — P<0.02.

процесу травлення в окремих ділянках травного каналу видно, що на дослідному раціоні дійсне засвоєння протеїну (перетравність і всмоктування) було на 10% вищим від контролю, а частка азоту у вигляді сечовини в загальній кількості азоту сечі становила 35% проти 74% у контролі. Очевидно, на контрольному раціоні з рівнем розчинності протеїну 56% відбувалось його інтенсивне розщеплення з утворенням високої концентрації амонійного і сечовинного азоту. Як відомо [7, 19], доля сечовини в загальному азоті сечі обумовлює ступінь знецінення протеїну кормів та їх

непродуктивні витрати. Отже, в наших дослідях на контрольному раціоні з рівнем сирого протеїну 184,6 г на 1 кг СР, концентрацією енергії 10,84 Мдж на 1 кг СР, співвідношенням сирого протеїну до енергії 17,2 г на 1 Мдж ДОЕ, розчинного протеїну до енергії 10,21 г на 1 Мдж ДОЕ, розщеплюваного протеїну до енергії 12,71 г на 1 Мдж ДОЕ, відбувались на 105% більші непродуктивні втрати азоту протеїну кормів. Вказані вище параметри вмісту енергії та протеїну в контрольному раціоні та, головне, їхнє співвідношення не були оптимальними для засвоєння в організмі тварин.

Таблиця 2. Перетравність сухої речовини, органічної речовини та сирого протеїну, г/добу
Table 2. Digestibility of dry matter, organic matter and crude protein, g/day

Показники / Indices	Раціон Diet	Суха речовина Dry matter	Органічна речовина Organic matter	Сирий протеїн Crude protein
Спожито з кормами Consumed with feed	К / С	7266±121,2	6831±106,2	1372,0±15,7
	Д / Е	6901±355,6	6491±329,7	1321,5±52,5
Змінилось у складному шлунку, +; – Changed in rumen, +; –	К / С	–4269,±11,3	–4520±18,4	–577,9±21,7
	Д / Е	–4130±148,5	–4222±102,4	–479,4±11,2
Змінилось у шлунку, % від спожитого Changed in abomasum, % of consumed	К / С	–58,76	–66,17	–41,37
	Д / Е	–59,84	–65,04	–36,28
Надійшло до тонкого кишечника Income to small intestine	К / С	2996±109,5	2311±87,9	794,0±37,4
	Д / Е	2771±504,4	2269±432,1	842,1±63,7
Змінилось у тонкому кишечнику, +; – до спожитого Changed in small intestine, +; – to the consumed	К / С	–1124±3,5	–784±31,6	–486,6±16,8
	Д / Е	–1298±5,9*	–1050±3,0	–595,8±25,5
— % від спожитого — % of consumption	К / С	–15,47	–11,48	–35,47
	Д / Е	–18,81	–16,17	–45,08
— % від надходження — % of admission	К / С	–37,52	–33,94	–61,29
	Д / Е	–46,86	–46,27	–70,75
Надійшло до товстого кишечника Income to large intestine	К / С	1872±114,0	1527±119,5	307,4±20,6
	Д / Е	1473±510,3	1219±435,1	246,3±89,2
Змінилось у товстому кишечнику, +; – Changed in large intestine, +; –	К / С	–542±121,9	–385±101,0	–77,3±32,3
	Д / Е	–16±502,5	+58±448,2	+52,4±84,2
— % від спожитого — % of consumed	К / С	–7,46	–5,63	–5,63
	Д / Е	–0,23	+0,9	+3,97
— % від надходження — % of admission	К / С	–28,97	–25,21	–25,14
	Д / Е	–1,06	+4,78	+21,27
Виведено з калом Excreted with feces	К / С	1330±235,3	1142±220,3	230,1±55,9
	Д / Е	1457±7,8	1277±13,1	298,7±5,1
— % від спожитого — % of consumption	К / С	18,31	16,72	16,77
	Д / Е	21,11	19,68	22,6
Перетравлено у всьому шлунково-кишковому тракті Digested in gastrointestinal tract	К / С	5935±114,1	5689±114,2	1141,9±43,1
	Д / Е	5444±363,3	5214±342,8	1022,8±47,4
— %	К / С	81,69	83,28	83,01
	Д / Е	78,89	80,32	77,40

Таблиця 3. Перетравність сирі золи та сирого жиру, г/добу
Table 3. Digestibility of crude ash and crude fat, g/day

Показники / Indices	Раціон Diet	Сира зола / Crude ash	Сирий жир / Crude fat
Спожито з кормами Consumed with feed	K / C	434,7±14,19	164,5±3,65
	D / E	410,23±26,13	153,5±8,56
Змінилось у складному шлунку, +; – Changed in rumen, +; –	K / C	+250,5±7,13	+15,2±8,13
	D / E	+91,7±46,15	–3,2±10,88
Змінилось у шлунку, % від спожитого Changed in abomasum, % of consumed	K / C	+57,62	+9,19
	D / E	+22,36	–0,02
Надійшло до тонкого кишечника Income to small intestine	K / C	685,2±22,02	179,6±11,51
	D / E	501,9±72,28	150,3±19,54
Змінилось у тонкому кишечнику, +; – до спожитого Changed in small intestine, +; – to the consumed	K / C	–339,4±28,06	–115,0±4,28
	D / E	–248,6±2,89	–82,1±7,77
— % від спожитого — % of consumption	K / C	–78,08	–69,93
	D / E	–60,59	–53,47
— % від надходження — % of admission	K / C	–49,54	–64,04
	D / E	–49,52	–54,61
Надійшло до товстого кишечника Income to large intestine	K / C	345,8±6,04	64,6±7,22
	D / E	253,4±75,17	68,2±27,31
Змінилось у товстому кишечнику, +; – Changed in large intestine, +; –	K / C	–157,3±20,88	–10,3±1,825
	D / E	–74,0±69,89	–13,5±26,99
— % від спожитого — % of consumed	K / C	–36,19	–6,24
	D / E	–18,03	–8,77
— % від надходження — % of admission	K / C	–45,5	–15,9
	D / E	–29,18	–19,58
Виведено з калом Excreted with feces	K / C	188,4±14,84	54,3±9,05
	D / E	179,4±5,28	54,8±0,31
— % від спожитого — % of consumption	K / C	43,35	33,02
	D / E	43,73	35,68
Перетравлено у всьому шлунково-кишковому тракті Digested in gastrointestinal tract	K / C	246,28±0,06	110,2±5,67
	D / E	230,8±20,85	98,7±8,25
— %	K / C	56,35	66,98
	D / E	56,27	64,32

Перетравність (зміни) сирі золи (табл. 3) найсуттєвіше різнилась між групами у складному шлунку та товстому кишечнику, менше — в тонкому кишечнику, за однакової перетравності у всьому травному каналі. На дослідному раціоні з на 6% меншим споживанням СЗ, порівняно з контролем, у складному шлунку додалось 22,4% золи проти 57,6% в контролі; ця різниця збереглась у ТНК та ТСК, де всмоктування СЗ було на 18% меншим. Зміни в кількості сирі золи протягом травного каналу, очевидно, суттєво зумовлені мікробіальним синтезом в раціонах у передшлунках та товстому кишечнику.

За меншого на 6,7% споживання сирого жиру (табл. 3) на дослідному раціоні його кількість в складному шлунку не змінилась, в контролі — збільшилась на 9%. Очевидно, це збільшення стало результатом інтенсивнішого розщеплення протеїну в передшлунках та синтезу мікробіального білка. В тонкому кишечнику перетравність СЖ була на 16% вищою на контрольному раціоні, ніж у досліді. У товстому відділі кишечника перетравність СЖ на контрольному та дослідному раціонах була однаковою на рівні 6–8%. Загальна перетравність СЖ на обох раціонах різнилась мало.

Таблиця 4. Перетравність сирової клітковини та БЕР, г/добу
Table 4. Digestibility of crude fiber and BER, g/day

Показники / Indices	Рацион / Diet	Сира клітковина, г/добу	БЕР, г/добу
Спожито з кормами Consumed with feed	K / C	1555,2±3,53	3739,1±1,05
	D / E	1388,3±84,59	3627,9±184,1
Змінилось у складному шлунку, +; – Changed in rumen, +; –	K / C	–1356,5±27,08	–2600,6±75,73
	D / E	–1164,9±16,85	–2574,6±97,05
Змінилось у шлунку, % від спожитого Changed in abomasum, % of consumed	K / C	–87,22	–69,69
	D / E	–83,91	–70,97
Надійшло до тонкого кишечника Income to small intestine	K / C	198,7±30,62	1138,5±8,32
	D / E	223,4±67,74	1053,3±281,0
Змінилось у тонкому кишечнику, +; – до спожитого Changed in small intestine, +; – to the consumed	K / C	+149,9±10,19	–332,8±32,17
	D / E	+44,7±18,27	–416,8±48,56
— % від спожитого — % of consumption	K / C	+9,64	–8,9
	D / E	+3,22	–11,49
— % від надходження — % of admission	K / C	+75,41	–29,23
	D / E	+20,03	–39,57
Надійшло до товстого кишечника Income to large intestine	K / C	348,6±40,81	805,7±50,49
	D / E	268,2±86,0	630,5±232,58
Змінилось у товстому кишечнику, +; – Changed in large intestine, +; –	K / C	–72,1±8,24	–224,9±56,0
	D / E	+30,3±108,27	+4,0±243,7
— % від спожитого — % of consumed	K / C	–4,63	–6,02
	D / E	+2,18	+0,11
— % від надходження — % of admission	K / C	–20,67	–27,92
	D / E	+11,34	+0,62
Виведено з калом Excreted with feces	K / C	276,6±49,05	580,8±106,49
	D / E	298,6±22,37	640,5±11,11
— % від спожитого — % of consumption	K / C	17,78	15,53
	D / E	21,51	17,65
Перетравлено у всьому шлунково-кишковому тракті Digested in gastrointestinal tract	K / C	1278,7±45,46	3158,3±22,87
	D / E	1089,7±106,96	2987,4±195,21
— %	K / C	82,22	84,54
	D / E	78,49	82,35

Перетравність вуглеводних компонентів раціону наведена у табл. 4. Споживання СКл було на 12% більшим на контрольному раціоні. У шлунку та тонкому кишечнику її перетравність також була дещо вищою в контролі. У товстому кишечнику на обох раціонах спостерігали незначні зміни у перетравності СКл. Загальна перетравність СКл у всьому травному каналі була близькою, з тенденцією до збільшення у контролі.

Перетравність БЕР мало різнилась між раціонами у складному шлунку, тонкому кишечнику і загалом; в товстому відділі кишечника спостерігали тенденцію до більшої їх перетравності на контрольному раціоні.

Вища доступність протеїну в дослідному раціоні обумовила і більші середньодобові прирости бугайців на рівні 1280 г проти 930 в контролі. У подальших дослідках на достатньому поголів'ї за використання подібних раціонів зі зниженим рівнем розчинного протеїну перевага в приростах була в межах 20–25%.

Оцінюючи процеси травлення в різних відділах травного тракту бугайців за використання ізоенергетичних, ізопротеїнових сіно-концентратних раціонів з різною кількістю розчинного протеїну, потрібно зазначити:

— сухо-повітряна температурна обробка зерна гороху за оптимальної температури 100–105°C на 50%

знижує розчинність протеїну і сприяє його підвищеній доступності для перетравлювання в тонкому кишечнику тварин;

— за зменшення у складі раціону кількості розчинного в мінеральному буфері протеїну знижується перетравність в передшлунках СП, СЗ, СЖ та СКл, тому відбувається деякий зсув травлення до кишечника і змінюється інтенсивність та напрямок процесів розщеплення поживних речовин, а також їх адсорбція;

— очевидно, для детальнішого розшифрування процесів травлення в розташованих після передшлунків відділах травного каналу необхідно виокремити нейтрально-детергентну клітковину, кислото-детергентну клітковину та складові речовини БЕР;

— на контрольному раціоні з підвищеним рівнем розчинного протеїну у передшлунках відбувалось інтенсивне розщеплення протеїну зі значним накопиченням амонійного та сечовинного азоту;

— за широкого співвідношення протеїну до енергії (17,2 г сирого протеїну на 1 МДж ДОЕ та 10,21 г розчинного протеїну на 1 МДж ДОЕ) на контрольному раціоні, вочевидь, з причини недостатньої кількості енергії для синтезу мікробіального білка використовувався не весь амонійний азот, який утворився після розщеплення протеїну, і значна частина його виводилася з організму з сечею у формі сечовини. Тим самим знецінювався протеїн кормів;

— перетравність мінеральних елементів (сира зола) та сирого жиру у кишечнику була вищою на контрольному раціоні;

— сира клітковина у складному шлунку інтенсивніше перетравлювалась на контрольному раціоні; на відрізок тонкого кишечника її кількість збільшилась, а в товстому кишечнику вона знову частково перетравлювалась. На дослідному раціоні кількість клітковини у товстому відділі кишечника збільшувалась. Загальна перетравність сирової клітковини у всьому травному каналі на контрольному раціоні була вищою в межах 3%;

— у складному шлунку і тонкому кишечнику перетравність БЕР на обох раціонах була близькою, на відрізок товстого кишечника — значно більшою на контрольному раціоні за практично незмінної їх кількості у досліді. Загальна перетравність БЕР на досліджуваних раціонах різнилась мало;

— оцінка доступності протеїну для тварин за класичною схемою «корм мінус кал» не відображає дійсних обсягів засвоєння його організмом тварин;

— істинною і точною оцінкою доступності протеїну для жуйних є визначення кількості протеїну на вході і виході тонкого кишечника в досліді на оперованих тваринах. Для одержання статистично вірогідних даних потрібно не менше 4-х тварин;

— у визначенні перетравності поживних речовин за класичною схемою недооцінюється роль товстого відділу кишечника;

— у проведених дослідіх кількість сирого протеїну, яка надходила до тонкого кишечника, була

меншою від спожитого, що свідчить про надмірну кількість протеїну в раціонах стосовно енергії або про дефіцит енергії для такого рівня протеїну.

Висновки

1. Зниження розчинності протеїну в сіно-концентратному раціоні за рахунок сухої температурної обробки зерна гороху сприяло зниженню інтенсивності процесу травлення у передшлунках, зсуву перетравності СЗ, СЖ, СКл та БЕР до тонкого та товстого кишечника.

2. Зменшення у складі сіно-концентратного раціону кількості розчинного протеїну на одиницю енергії з 10,2 до 6,9 г сприяє зниженню розщеплення протеїну в передшлунках бугайців, більшому надходженню і перетравності його в тонкому кишечнику, тобто більшій доступності для організму тварин.

3. За підвищеного рівня розчинного протеїну в раціоні (10,2 г на 1 МДж ДОЕ) відбувається значне знецінення протеїну кормів — зростає частка сечовини в загальному азоті сечі.

Перспективи подальших досліджень

Необхідні подальші дослідження щодо доступності протеїну для великої рогатої худоби за різних співвідношень в раціонах розчинного протеїну і енергії для створення бази даних вмісту розчинного протеїну в розповсюджених кормах.

1. Bateman HG, Clark JH, Murphy MR. Development of a system to predict feed protein flow to the small intestine of cattle. *J. Dairy Sci.* 2005; 88 (1): 282–295. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72686-2.
2. Bohdanov HO, Kandyba VM (eds.). *Norms and rations of complete feeding of high-yielding cattle: a handbook*. Kyiv, Agrarian Science, 2012: 296 p. (in Ukrainian)
3. Bohdanov HO, Rudenko EV (eds.). *Information database of chemical composition of feed in Ukraine for the organization of feeding of farm animals*. Kharkiv, the Institute of Animal Husbandry UAAS, 2009: 216 p. (in Ukrainian)
4. Conway EJ. *Microdiffusion Analysis and Volumetric Error*. 4th ed. London, Crosby Lockwood, 1957: 162–174.
5. Сурко ВВ, Проніна ВВ, Василевський НВ, Злобіна ГС, Берус МВ, Мухін СМ, Россо ЛН, Бублик ВН, Осенев АВ, Соловєва ТЛ, Кутіков ЕС, Югай КД, Антипін СЛ. *Normalized feeding for cattle of dairy and combined direction of productivity: guidelines*. Kharkiv, Institute of Animal Husbandry UAAS, 1995: 77 p.
6. Daniel JB, Van Laar H, Dijkstra J, Sauvant D. Evaluation of predicted ration nutritional values by NRC (2001) and INRA (2018) feed evaluation systems, and implications for the prediction of milk response. *J. Dairy Sci.* 2020; 103 (12): 11268–11284. DOI: 10.3168/jds.2020-18286.
7. Ibatullin II, Zhukorskyi OM (eds.). *Handbook of complete feeding of farm animals*. 2016: 300 p. (in Ukrainian)
8. Kandyba VM, Ibatullin II, Kostenko VI (eds.). *Theory and practice of normalized feeding of cattle: a monograph*. Zhytomyr, 2012: 860 p. (in Ukrainian)

9. Kaplan VA, Sviridenko VA. Methods for determination of urea in blood plasma, milk and urine. Methods of research in animal husbandry. Sci. Conf. NII Zh LiP USSR. Kharkiv, 1966: 104–108.
10. Lapiere H, Larsen M, Sauvant D, Van Amburgh ME, Van Duinkerken G. Review: Converting nutritional knowledge into feeding practices. A case study comparing different protein feeding systems for dairy cows. *Animal*. 2018; 12 (s2): s457–s466. DOI: 10.1017/S1751731118001763.
11. Mejlus PI. Changes in some indicators of metabolism in the rumen, physiological condition and productivity of cows when they are fed urea in different ways. Aut. ref. dis. cand. biol. sci. Kaunas, 1964.
12. Moshtaghi Nia SA, Ingalls JR. Effect of moist heat treatment on canola meal nitrogen degradation in the rumen and absorption in the small and intestines of steers using a mobile nylon bag technique. 86th Annu. Meet. Amer. Dairy Sci. Assoc. (ADSA), Logan, Utah. *J. Dairy Sci.* 1991; 74 (1): 180.
13. NRC. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC. 2001.
14. Petrenko VI, Petrenko MT. The use of protein depending on its solubility. Message 2. Influence of protein solubility on its digestion and productivity of cattle. *Sci. Tech. Bull. Inst. Anim. Husb. UAAS*. Kharkiv, 2000; 77: 83–86. (in Ukrainian)
15. Sauvant D, Nozière P. Quantification of the main digestive processes in ruminants: the equations involved in the renewed energy and protein feed evaluation systems. *Animal*. 2016; 10 (5): 755–770. DOI: 10.1017/S1751731115002670.
16. Shapovalov SO, Dolhaia MM, Rudenko YV, Varchuk SS. Estimation of biological value of proteins in animal feed. Kyiv, Agrarian Science, 2016: 92 p. (in Ukrainian)
17. Sviridenko VA, Kaplan VA. Estimation of digestibility of feed nitrogen by ruminants on the share of urea nitrogen in total urine nitrogen. Method. issl. in alive. Sci. Conf. NII Zh LiP USSR. Kharkiv, 1966: 108–111.
18. Van Duinkerken G, Blok MC, Bannink A, Cone JW, Dijkstra J, van Vuuren AM, Tamminga S. Update of the Dutch protein evaluation system for ruminants: The DVE/OEB₂₀₁₀ system. *J. Agric. Sci.* 2011; 149 (3): 351–367. DOI: 10.1017/S0021859610000912.
19. Vasilevskiy NV, Berus MV, Zlobina GS, Tsyupko VV. A new way to assess the influence of the quantity and quality of crude feed protein on its digestion in the gastrointestinal tract of bulls. *New Zootech. Res. Method. Mat. Conf.* Kharkiv, 1992; 2: 26–30.
20. Verite R, Journet M, Jarrige R. A new system for the protein feeding of ruminants: the PDI system. *Livestock Prod. Sci.* 1979; 6 (4): 349–367. DOI: 10.1016/0301-6226(79)90003-4.
21. Zlobina GS, Berus MV, Vasilevskiy NV, Bublik VN, Tsyupko VV. Methods for evaluating crude feed protein for digestion in the small intestine and protein rationing system for cattle. *New Zootech. Res. Method. Mat. conf.* 1992; 2: 8–13.
22. Zverev AI, Kharchenko AG. Solubility of feed protein is a factor in its rational use in feeding dairy cows. *Dairy Meat Cattle breed.* 1990; 77: 54–58.

Feed protein solubility as an indicator of digestibility and availability of nutrients in the diets of bulls

V. S. Kozyr, V. I. Petrenko, G. G. Dimchya, A. N. Maistrenko
 izkzoo3337@gmail.com

State Institution Institute of Grain Crops NAAS,
 14 Volodymyr Vernadskyi str., Dnipro, 49027, Ukraine

The research was conducted on steppe red bulls with duodenal and ileocecal anastomoses when feeding isoenergetic, isoprotein hay-concentrate diets with different levels of soluble protein (SP) and rumen degradable protein (RDP). We studied the transformation of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), crude ash (CA), crude fat (CF), crude fiber (CF) and nitrogen-free extractives (NFE) separately in a complex stomach, small (SI) and large (LI) parts of the intestine. Assimilation of protein by animals was assessed by the amount of it digested in SI, and unproductive costs — by the part of nitrogen in the urine. Diets consisted of hay, peas and mineral supplements. Different amounts of SP in the diets were achieved by feeding natural pea (control) or pea grilled at a temperature of +105°C (experiment). When feeding a diet with a reduced level of SP and RDP, the apparent intensity of digestion decreased, which was manifested in a slightly smaller amount of feed consumed, and in a smaller number of duodenal and ileocecal chyme. In a complex stomach, the CP digestibility of the experimental diet with a reduced level of SP was 10% lower. In the control diet with a high level of SP, more CP was degraded in rumen and more ammonium nitrogen was supplied to SI. The availability of CP for digestion in SI on the experimental diet was 5.8% higher, against control, with 8–10% higher digestibility of DM, OM and CP, but lower digestibility of CA and CF. In LI, the digestibility of nutrients in the studied diets was multidirectional. A significant amount of dietary protein was depreciated in the control diet with a high level of SP due to a 40% increase in urinary nitrogen excretion.

Key words: organic matter, protein, solubility, fat, fiber, nitrogen-free extractives, digestibility, complex stomach, small intestine, large intestine