

В.М. ГОЛУШКО, В.А. РОЩИН, С.А. ЛИНКЕВИЧ, А.В. ГОЛУШКО,  
М.А. ШАЦКИЙ, Е.Ф. ШЕВЦОВА

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОСТУПНОГО ЛИЗИНА В БЕЛКОВЫХ КОРМАХ ДЛЯ СВИНЕЙ

РУП «Научно практический центр Национальной академии Беларуси  
по животноводству»

Установлены высокие коэффициенты переваримости сырого протеина (на уровне 80,8-83,4) и безазотистых экстрактивных веществ (86,4-91,1) всех высокобелковых кормов. Однако между самими культурами имелись различия: так, доступность сырого протеина из семян рапса на 1,6 %, а сырого жира на 6,6 % ниже доступности этих питательных веществ в соевых бобах. Переваримость протеина кормовых бобов составила 80,8 %, а жира – 68,8 % и оказалась самой низкой из всех исследуемых культур.

По количеству первой лимитирующей аминокислоты (лизина) местные белковые корма в 1,3-2,0 раза превосходят показатели требования её содержания в «идеальном протеине». Все образцы, исключая семена рапса, оказались дефицитными по метионину и цистину. В кормовых бобах отмечен недостаток 25 % треонина, а в зерне люпина крайне мало триптофана. По содержанию валина, лейцина, изолейцина, аргинина, гистидина, фенилаланина и тирозина все белковые культуры имели положительный баланс по сравнению с «идеальным протеином».

Оценка доступности лизина в белковых кормах *in vitro* с использованием 2,4-динитрофторбензола показала, что переваримость лизина *in vitro* во всех пробах была на 1,1-10,5 % выше табличных значений стандартизированной идеальной переваримости кормов. Потери лизина в семенах рапса составили 0,437 мг на 100 г корма, люпине узколистном – 0,197, горохе полевом (пелюшке) – 0,247 и бобах кормовых – 0,132 мг. Расхождение полученных результатов с табличными данными в сторону увеличения объясняется тем, что перевариваемость белка и аминокислот *in vivo* зависит от потерь эндогенного белка, а метод *in vitro* эти потери не учитывает.

**Ключевые слова:** горох полевой, доступность аминокислот, *in vitro*, *in vivo*, кормовые бобы, лизин, семена рапса.

V.M. GOLUSHKO, V.A. ROSCHIN, S.A. LINKEVICH, A.V. GOLUSHKO,  
M.A. SHATSKIY, E.F. SHEVTSOVA

## DETERMINING AVAILABLE LYSINE IN PROTEIN FEEDS FOR PIGS

RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences  
of Belarus on Animal Husbandry»

High digestibility ratios of crude protein (at the level of 80.8-83.4) and nitrogen-free extractives (86.4-91.1) of all high-protein feeds were determined. However, there were differences between the cultures themselves: thus, availability of crude protein in rape seeds was 1.6%, and crude fat 6.6% lower than the availability of these nutrients in soybeans. Digestibility of protein from feed beans made 80.8%, of fat - 68.8%, and was the lowest of all the cultures researched.

According to the amount of the first limiting amino acid (lysine), local protein feeds showed 1.3-2.0 times higher indices of its content requirement in the "ideal protein". All the

samples, excluding rapeseed, were deficient in methionine and cystine. Deficiency of 25% of threonine was determined in forage beans, and in lupine grain very little tryptophan level was determined. According to the level of valine, leucine, isoleucine, arginine, histidine, phenylalanine and tyrosine, all the protein cultures had a positive balance in comparison with the "ideal protein".

Assessment of availability of lysine in protein feeds *in vitro* using 2,4-dinitrofluorobenzene showed that the *in vitro* digestibility of lysine in all the samples was 1.1-10.5% higher than the table values of standardized ileal digestibility of feeds. Lysine loss in rapeseed seeds amounted to 0.437 mg per 100 g of feed, in narrow-leaved lupine - 0.197, field pea (maple pea) - 0.247 and forage beans - 0.132 mg. Discrepancies between the results obtained and table data are explained by the fact that the digestibility of protein and amino acids *in vivo* depends on the loss of endogenous protein, and these losses are not considered in the *in vitro* method.

**Key words:** field pea, availability of amino acids, *in vitro*, *in vivo*, fodder beans, lysine, rapeseed.

**Введение.** Свины современных пород и гибридов с высокими мясными качествами нуждаются в адекватном количестве кормового протеина, а точнее аминокислот.

Для рентабельного ведения свиноводства уже недостаточно балансировать рационы по общему содержанию аминокислот в кормах, так как они могут иметь различную биологическую доступность для организма [1]. В этом случае образовавшийся резерв между общим и доступным содержанием их в корме может не обеспечить потребность в них организма [2].

Под доступностью или переваримостью аминокислот понимают степень их освобождения из белка под действием пищеварительных ферментов с последующим поступлением через кишечную стенку в кровь, подразумевая, что все всосавшиеся аминокислоты используются в обмене белков. В этом случае доступность ограничивается переваримостью, т. е. процессами пищеварения и всасывания [3]. Если учесть, что эффективность использования аминокислот в организме в существенной степени зависит от сбалансированности рациона по аминокислотам и другим элементам питания, то понятие доступности как переваримости представляется более предпочтительным в практическом плане, в частности, для оценки качества белка различных кормовых средств.

Рядом исследований по биохимии и физиологии питания животных с однокамерным желудком установлено, что переваривание белка и продуктивное всасывание аминокислот завершается в конце подвздошной кишки, на участке, граничащем со слепой кишкой. Поэтому наиболее объективным методом определения доступности аминокислот считается метод учёта их количества в содержимом подвздошной кишки на расстоянии 7-15 см от илео-цекального сфинктера, так как этот метод исключает возможное искажение результатов оценки доступности вследствие влияния микрофлоры толстого кишечника [4].

Всосавшиеся в желудочно-кишечном тракте аминокислоты могут использоваться в организме в качестве предшественников синтеза таких соединений, как гормоны, нейротрансмиттеры, пигменты и т.п. Небольшое количество аминокислот неизбежно теряется с мочой вследствие недостаточно полной реабсорбции в почечных канальцах. Основная же их часть расходуется на синтез белков и катаболизм. Внутриклеточный пул восполняется за счёт аминокислот, освободившихся при распаде белков. Отдельные белки выводятся из организма в нерастворимом виде, такие как кератины кожи и волос, а также муцины кишечника. Аминокислоты из метаболического пула организма теряются через пищеварительный тракт в связи с непрерывной секрецией и суммарной потерей пищеварительных ферментов и клеток слизистой [5]. Имеются данные, что ферментный белок хорошо усваивается организмом и лишь в малой степени участвует в образовании эндогенного протеина, обнаруживаемого в химусе подвздошной кишки [6]. Напротив, белок муцинов высоко устойчив к действию пищеварительных ферментов в тонком кишечнике и вместе с клетками слизистой формирует основную часть эндогенного азота, экскретируемого из толстого кишечника.

В настоящее время во многих странах с развитым свиноводством (Канада, Япония, Евросоюз) вышеуказанному методу уделяется особое внимание при изучении доступности аминокислот у свиней. Оценка доступности по содержанию нижнего (каудального или терминального) участка подвздошной кишки осуществляется на фистулированных животных. Содержимое подвздошной кишки отбирается через фистульное отверстие, оформленное одиночной простой Т-образной канюлей или внешним анастомозом. Таким образом, иллеальный метод заключается в количественном учёте потребленных аминокислот, определении аминокислотного состава содержимого нижнего участка подвздошной кишки, и расчёте показателей кажущейся (без учёта эндогенных потерь) и истинной (с учётом эндогенных потерь) доступности, выраженной в процентах. Однако методы определения доступности аминокислот на животных являются длительными и дорогостоящими. Специалисты по кормлению нуждаются в быстрых и недорогих способах оценки качества белка кормов. Биохимические методы *in vitro* основаны на переваривании изучаемого белка в различных средах с препаратами протеолитических ферментов: пепсина, панкреатина, трипсина, химотрипсина, эрепсина, проназы, натурального желудочного и кишечного сока. Доступность определяется по количеству аминокислоты, освобождённой в процессе ферментализации *in vitro*. Метод имеет высокую степень корреляции коэффициентов доступности аминокислот, полученных с помощью *in vivo* [7].

В 1991 году Voisen была предложена методика для оценки доступ-

ности сухого вещества и белка кормов на основе биохимических реакций *in vitro*. В основу метода положена гипотеза, что организм исчерпывающе переваривает белки и пищеварительная система животного не ограничивает степень их переваривания. В дальнейшем эта методика была усовершенствована рядом авторов (Boisen, Fernandez, 1995; Boisen, Moughan, 1996; Wang и др. (2008). Доступность определяется по количеству аминокислоты, освобождённой в процессе ферментализации в пробирке. В современном представлении набор протеолитических ферментов и биологических жидкостей обширен и включает в себя: пепсин, панкреатин, трипсин, химотрипсин, эрепсин, проназу, натуральный желудочный и кишечный соки. Все эти биологически активные вещества производятся химическими корпорациями под определённый вид оборудования (искусственный желудок).

Ростовые методы *in vivo* широко применяются при изучении доступности аминокислот. Суть метода заключается в сравнении интенсивности роста животных, получающих изучаемый источник аминокислот и эталонный, с различными уровнями теоретически полностью доступных аминокислот [8].

Более 80 % стоимости рациона или комбикорма приходится на энергетические и протеиновые корма [9]. Таким образом, в условиях необходимости рационального использования кормовых ресурсов очевидна значимость данных о доступности аминокислот кормов и кормовых смесей для оптимизации рационов, изучение которых и стало **целью нашей работы.**

**Материал и методика исследований.** Для уточнения некоторых стандартизированных коэффициентов переваримости незаменимых аминокислот и их содержания в белковых кормах для свиней в ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича» и ГУ «ЦНИЛхлебопродукт» проведены химические анализы высокобелковых растительных ингредиентов (люпин, горох полевой, семена рапса) по действующим ТНПА. Определение аминокислотного состава белков проведено на автоматическом аминокислотном анализаторе ARACUS (Германия).

Определение общего лизина проводили согласно методикам [10, 11] с использованием спиртового раствора 2,4-динитрофторбензола (ДНФБ) в щелочной среде с последующим определением на аминокислотном анализаторе. Содержание доступного лизина устанавливали по разнице между массами общего и недоступного лизина.

Изучение особенностей использования молодняком свиней азота и незаменимых аминокислот из белковых кормов современных сортов белорусской селекции в условиях школы-фермы ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» проведён дифференциальный балансовый опыт по методике А.И. Овсянникова [12] (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта

Период	Количество голов	Особенности кормления
I	4	Основной рацион – 95 %, + 5 % исследуемого ингредиента
II	4	Основной рацион – 80 %, + 20 % исследуемого ингредиента

Цифровой материал обработан методом биометрической статистики по П.Ф. Рокицкому [13].

**Результаты эксперимента и их обсуждение.** Переваримость питательных веществ корма (в т. ч. и аминокислот) находится в тесной взаимосвязи с количеством поступления их в организм, соотношением между отдельными компонентами рациона и уровнем их выделения в продуктах обмена. Баланс азота характеризует в некоторой степени питательную ценность изучаемых рационов. Используя данные учёта потребления кормов, их остатков и выделений животных, а также химических анализов, были рассчитаны коэффициенты переваримости питательных веществ высокобелковых кормов, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты переваримости питательных веществ высокобелковых кормов

Вид сырья	Органическое вещество	Протеин	Клетчатка	Жир	БЭВ
Бобы соевые термообработанные (контроль)	90,1	85,0	34,3	85,2	90,7
Семена рапса «Прамень»	80,9	83,4	25,0	78,6	86,4
Горох полевой «Кореличский кормовой»	87,1	83,0	52,5	75,4	90,2
Бобы кормовые	84,6	80,8	25,5	68,8	91,1

Установлены высокие коэффициенты переваримости сырого протеина и безазотистых экстрактивных веществ у всех исследуемых кормов. Однако между самими культурами имелись различия. Так, доступность сырого протеина из семян рапса на 1,6 %, а сырого жира – на 6,6 % ниже доступности этих питательных веществ в соевых бобах. Переваримость протеина кормовых бобов составила 80,8 %, а жира – 68,8 % и оказалась самой низкой из всех тестируемых культур. Доступность основных питательных веществ из гороха полевого (пелюшки) занимала промежуточные значения исследуемых кормов.

Результаты определения общего количества отдельных аминокислот в высокобелковых кормах, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Общее количество аминокислот в белковых кормах для свиней, мг/100 мг сухого вещества

Ингредиент	Лизин	Метонин + цистин	Треонин	Триптофан	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Тирозин	Гистидин	Аргинин	Глицин	Аланин	Пролин	Глутаминов. кислота	Серин	Аспаргино-вая кислота	Общее содержание
Рапс яровой «Промень»	1,79	1,18	1,82	0,19	2,17	1,51	3,68	1,48	1,02	1,11	2,61	3,15	2,71	2,69	11,37	1,94	3,62	47,32
Люпин узко-лиственный «Гус-ляр»	1,77	0,25	0,99	0,02	1,00	1,02	2,23	1,14	0,88	0,73	3,52	1,47	1,19	0,82	7,62	1,28	3,23	29,76
Горох полевой «Корейский»	1,68	0,04	0,69	0,16	0,73	0,69	1,43	0,93	0,52	0,48	2,13	0,82	0,89	0,63	3,61	0,81	2,71	19,15
Горох посев-ной «Милле-ниум»	2,03	0,04	0,81	0,17	0,85	0,82	1,74	1,19	0,62	0,53	1,65	0,99	0,96	0,72	4,39	0,99	3,07	21,82
Кормовые бо-бы	1,21	0,10	0,46	0,28	0,53	0,49	1,14	0,52	0,39	0,32	1,36	0,63	0,57	0,38	2,69	0,59	1,73	13,31
«Идеальный протеин»	0,91	0,55	0,60	0,17	0,62	0,51	0,91	0,88	0,88	0,37	0,37	-	-	-	-	-	-	-

Из приведённых данных видно, что все белковые корма по количеству первой лимитирующей аминокислоты – лизина – в 1,3-2,2 раза превосходят требования к её содержанию в «идеальном протеине» для свиней. Все образцы, за исключением семян рапса, оказались дефицитными по метионину и цистину. В кормовых бобах отмечен недостаток примерно 25 % треонина, а в зерне люпина крайне мало триптофана. По содержанию валина, лейцина, изолейцина, аргинина, гистидина, фенилаланина и тирозина все белковые культуры имели положительный баланс по сравнению с «идеальным протеином».

Параллельно физиологическим опытам нами проведена оценка доступности лизина в белковых кормах *in vitro* с использованием 1-фтор-2,4-динитробензола (таблица 4). Обращает на себя внимание тот факт, что переваримость лизина *in vitro* во всех пробах оказалась выше на 1,1-10,5 % табличных значений стандартизированной илеальной переваримости кормов. А именно потери лизина в семенах рапса составили 0,437 мг на 100 г сухого вещества, люпине узколистом – 0,197, горохе полевом (пелюшке) – 0,247 и бобах кормовых – 0,132 мг. Расхождение полученных результатов с табличными данными в сторону увеличения объясняется тем, что перевариваемость белка и аминокислот *in vivo* зависит от потерь эндогенного белка и соответствует предполагаемой усвояемости.

Таблица 4 – Содержание общего и доступного лизина в белковых кормах, определённых *in vitro*

№ обр.	Вид корма	Общий лизин, мг/100 г сухого вещества	Доступный лизин, мг / 100 г сухого вещества	Коэффициент переваримости
1	Рапс яровой «Прамень»	3,790	3,353	88,5
2	Люпин узколистный «Гусляр»	1,773	1,576	88,9
3	Горох полевой «Кореличский кормовой»	1,675	1,428	85,2
4	Горох посевной «Миллениум»	2,034	1,762	86,6
5	Бобы кормовые	1,214	1,082	89,1

Из стандартного аминокислотного состава потерь эндогенного протеина можно оценить усвояемость отдельных аминокислот. Р. Хуанг и др. (2000) показали, что статистические уравнения между усвояемостью сырого протеина и аминокислот в пробирке и в естественных условиях для белков рыбной муки, рапсового шрота и хлопкового жмыха имели более высокие линейные соотношения ( $r = 0,96$  до  $0,99$ ). D. Jezierny и др. (2010) сообщали о высокой достоверности линейных

уравнений ( $P < 0,05$ ) между показателями доступности аминокислот зернобобовых, определённых на животных и в пробирке. В таблице 5 приведены результаты наших исследований по определению переваримости различными методами.

Таблица 5 – Коэффициенты переваримости кормов *in vivo* и *in vitro*

Вид корма	Коэффициенты переваримости	
	Сырого протеина	Лизина
	<i>in vivo</i>	<i>in vitro</i>
Рапс яровой «Прамень»	83,4	88,5
Горох полевой «Кореличский кормовой»	83,0	85,2
Бобы кормовые	80,8	89,1

Статистические взаимосвязи между переваримостью лизина *in vitro* и в естественных условиях (*in vivo*) усвояемости лизина в качестве линейных уравнений регрессии приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Уравнения регрессии доступности аминокислот в белковых кормах, определённых *in vitro* и *in vivo*

Вид корма	Уравнение
Рапс яровой «Прамень»	$Y = 0.942 \times X$
Горох полевой «Кореличский кормовой»	$Y = 0.974 \times X$
Бобы кормовые	$Y = 0.987 \times X$

**Примечание:** Y – иллеальная переваримость незаменимых аминокислот, X – переваримость аминокислот *in vitro*.

Полученные результаты показывают, что анализ усвояемости азота *in vitro* может быть надёжным инструментом для расчёта перевариваемости отдельных аминокислот в конкретных видах кормов. Применение данного метода должно уменьшить необходимость в будущем хирургических экспериментов с животными для анализа усвояемости аминокислот в подвздошной кишке.

**Заключение.** Установлены высокие коэффициенты переваримости сырого протеина (на уровне 80,8-83,4) и безазотистых экстрактивных веществ (86,4-91,1) всех высокобелковых кормов. Между культурами имелись различия: так, доступность сырого протеина из семян рапса на 1,6 %, а сырого жира – на 6,6 % ниже доступности этих питательных веществ в соевых бобах. Переваримость протеина кормовых бобов составила 80,8 %, а жира – 68,8 % и оказалась самой низкой из всех исследуемых культур.

Установлено, что местные белковые корма по количеству первой лимитирующей аминокислоты (лизина) в 1,3-2,0 раза превосходят показатели требования её содержания в «идеальном протеине» для сви-

ней. Все протестированные образцы за исключением семян рапса оказались дефицитными по метионину с цистином. В кормовых бобах отмечен недостаток 25 % треонина, а в зерне люпина крайне мало триптофана. По содержанию валина, лейцина, изолейцина, аргинина, гистидина, фенилаланина и тирозина все белковые культуры имели положительный баланс по сравнению с «идеальным протеином».

Оценка доступности лизина в белковых кормах *in vitro* с использованием 2,4-динитрофторбензола показала, что переваримость лизина *in vitro* во всех пробах оказалась выше на 1,1-10,5 % табличных значений стандартизированной идеальной переваримости кормов. Потери лизина в семенах рапса составили 0,437 мг на 100г корма, люпине узколистном – 0,197, горохе полевом (пелюшке) – 0,247 и бобах кормовых – 0,132 мг. Для каждого белкового корма составлены уравнения регрессии, при использовании которых можно с большой долей вероятности определить доступность отдельных аминокислот в белковых кормах.

Следовательно, метод определения доступности незаменимых аминокислот *in vitro* в белковых кормах для свиней является надёжным способом оценки их биологической ценности для расчётов состава комбикормов.

#### Литература

1. Noblet, J., H. Fortune, X. S. Shi, and S. Dubois. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 1994. 72:344-353.
2. Nyachoti, C. M., R. T. Zijlstra, C. F. M. de Lange, and J. F. Patience. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: A review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. *Can. J. Anim. Sci.* 2004. 84:549-566.
3. Kil D. Y., B. G. Kim, and H. H. Stein. Feed Energy Evaluation for Growing Pigs. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 2013. Vol. 26, No. 9: 1205-1217.
4. Махаев, Е. А. Затраты обменной энергии растущими и откармливаемыми свиньями на жизнедеятельность, синтез и отложение белка и жира / Е. А. Махаев // Прошлое, настоящее и будущее зоотехнической науки : материалы междунар. науч.-практ. конф. (7-10 сентября 2004 г.). – Дубровицы, 2004. – Вып. 62, т. 2: Свиноводство. – С. 117-123.
5. Черепанов, Г. Г. Проблема взаимосвязи протеина и энергии при оценке потребностей в нутриентах и разработке систем питания продуктивных животных / Г. Г. Черепанов, Б. Д. Кальницкий // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2013. - № 2. – С. 5-35.
6. NRC 1998. Nutrient Requirements of swine 10<sup>th</sup> Ed. National Academy Press. Washington, DC. P. 4.
7. Blaxter, K. L. Energy metabolism in animals and man. Cambridge University / K. L. Blaxter. –Cambridge, 1989. – 106 p.
8. Mayes, P. A. Bioenergetics / P. A. Mayes // The role of ATP. In: Harper's Biochemistry, 25th Ed. – McGraw-Hill, New York, NY. 2000. – P. 123-129.
9. Молоскин, С. Сколько стоит обменная энергия в кормах для свиней / С. Молоскин, А. Подобедов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2006. - № 5. – С. 49.
10. Братерский, Ф. Д. Оценка качества сырья и комбикормов / Ф. Д. Братерский, А. Д. Пелевин. – Москва : Колос, 1983. – 319 с.

11. ГОСТ Р 51416-99. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли доступного лизина. – Москва : Росстандарт России, 2003. – 6 с.

12. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. – Москва : Колос, 1976. – 304 с.

13. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Высшейшая школа, 1973. – 327 с.

Поступила 26.02.2018 г.

УДК 636.2.087.6:547.458

М.С. ГРИНЬ

## КОРМОВАЯ ДОБАВКА «ЛАКТУМИН» В РАЦИОНАХ ТЕЛЯТ

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по животноводству»

В статье представлены результаты изучения влияния лактулозосодержащей кормовой добавки «Лактумин» на приросты телят.

Исследования показали, что использование в рационах молодняка крупного рогатого скота до 4-месячного возраста добавки кормовой «Лактумин» в количестве 6 и 12 г на голову в сутки способствует увеличению потребления концентрированных кормов на 5,5 и 2,9 % и повышению среднесуточных приростов на 12,3 и 5,7 %.

**Ключевые слова:** лактулоза, пребиотики, кормовая добавка «Лактумин», приросты, телята, рационы.

M.S. GRYN

## FEED ADDITIVE “LAKTUMIN” IN DIETS FOR CALVES

RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences  
of Belarus on Animal Husbandry»

The paper presents the results of researches of lactulose-containing feed additive “Lactumin” effect on calves’ body weight gains.

Studies have shown that feed additive “Lactumin” in the amount of 6 and 12 grams per animal per day in diets for young cattle of up to months of age increases the consumption of concentrated feed by 5.5 and 2.9% and the average daily weight gain by 12.3 and 5.7%.

**Key words:** lactulose, prebiotics, feed additive “Lactumin”, weight gain, calves, diets.

**Введение.** Интенсивное ведение животноводства, в том числе скотоводства, невозможно без решения проблемы высокой сохранности молодняка сельскохозяйственных животных в первые периоды выращивания. Желудочно-кишечные заболевания телят являются наиболее массовой причиной как снижения продуктивности уже взрослых животных, так и падежа в первые недели жизни. В данном аспекте острое расстройство пищеварения (диспепсия) является наиболее распростра-