

**ВЛИЯНИЕ РАЗНОГО УРОВНЯ В РАЦИОНЕ ПРОТЕИНА
И НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТ НА ПОКАЗАТЕЛИ АЗОТИСТОГО
МЕТАБОЛИЗМА И ПРОДУКТИВНОСТИ У ПОМЕСНЫХ ПОРОСЯТ**

Обвинцева О.В., Ушаков А.С.

*ВНИИ физиологии, биохимии и питания – филиал ФНИЦ животноводства –
ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Боровск Калужской области, Российская Федерация*

Физиолого-биохимические обоснованные предложения по оптимизации белково-аминокислотного питания поросят позволяют реализовать потенциал их роста и развития. Эксперимент проведен на трёх группах помесных поросят (♂Рис-402 ♀крупная белая (n=13), которые до достижения живой массы 42-44 кг получали рационы с разным уровнем сырого протеина (СП) и незаменимых аминокислот: 1-я группа, контроль: СП 172 г/кг, лиз 7,7 г; тре 4,8 г; мет+цис 4,6 г/кг); 2-я группа: СП 159 г; лиз 8,1; тре 5,04; мет+цис 4,85 г; 3-я группа: СП 154 г; лиз 7,98; тре 4,97; мет+цис 4,77 г/кг. Уровень обменной энергии был одинаковым во всех группах (12,1 МДж/кг). Использование азота корма во 2-й группе было выше, а затраты корма на 1 кг прироста живой массы были меньше в сравнении с 1-й группой. Рацион 2-й группы оказался оптимальным по содержанию сырого протеина и соотношению незаменимых аминокислот, что привело к повышению приростов живой массы, в сравнении с контролем (P<0.05). Рацион 3-й группы, судя по скорости роста и составу туши, оказался недостаточным. Сдвиги в уровне свободных аминокислот, мочевины и креатинина в плазме крови, активности АСТ в мышцах были адекватными изменениям ростовых показателей в группах. Заключение о перспективности использования низкопротеиновых рационов для помесных поросят в период доращивания при условии сбалансированности состава кормового протеина за счёт добавления синтетических аминокислот.

Ключевые слова: поросята ♂Рис-402×♀ крупная белая, добавки аминокислот, протеин, эффективность использования корма, метаболизм белков, рост и развитие.

Проблемы биологии продуктивных животных, 2025, 4: 102-112.

Введение

Свиньи, выращиваемые для производства свинины, проходят три основных этапа: (а) поросята на отъёме, (б) свиньи на доращивании и (в) свиньи на откорме. На этих трёх этапах у животных совершенно разные потребности в питательных веществах, особенно в протеине и аминокислотах, чтобы полностью реализовать свой генетический потенциал в отношении роста и конверсии корма. Критическим периодом в технологическом цикле выращивания поросят является этапы (а) и (б). Поросята, как высоко чувствительные к стрессовым воздействиям животные, в этот период наиболее восприимчивы к влиянию изменяющихся условий кормления и содержания. В этот период они лишаются полноценного продукта питания – материнского молока и контакта с матерью, в желудочно-кишечный тракт поступают новые по составу, структуре и питательности корма, в том числе получаемые из отходов переработки сырья. С другой стороны, этот период отличается наибольшей скоростью роста, и он предъявляет особые требования к обеспеченности физиологических потребностей в питательных и биологически активных веществах (Обвинцева и др., 2022; Correia et al., 2023; de Almeida et al., 2024). В

условиях интенсивного ведения свиноводства повышаются требования к производству кормов, увеличивается спрос на высокопротеиновые корма, интенсивно развивается производство более дешёвых синтетических препаратов, различных кормовых добавок, в том числе кристаллических аминокислот. В настоящее время обычно используются пять синтетических незаменимых аминокислот (лизин, метионин, треонин, триптофан и валин), что позволяет составлять рационы с низким содержанием сырого протеина. Кроме того, в зависимости от экономической конъюнктуры и конкретной программы кормления может использоваться изолейцин. Вследствие этого становятся актуальными вопросы, связанные с оценкой питательности кормов и нормирования питания продуктивных животных (Rocha et al., 2022).

Основой решения этой проблемы для свиней является уточнение норм потребностей в питательных и биологически активных веществах. В свиноводстве особую роль играют исследования по оптимизации протеинового питания за счёт снижения уровня сырого протеина в рационах, при условии увеличения его биологической ценности и применения добавок синтетических аминокислот. Это позволяет повысить эффективность использования зерна злаковых культур при относительно низком уровне сырого протеина, уменьшить загрязнение окружающей среды азотом и снизить потребление дорогостоящих высокопротеиновых кормов, в том числе отходов мясо-, птице- и рыбоперерабатывающей промышленности (Черепанов, Кальницкий, 1998; Еримбетов, 2007; Camiré et al., 2023).

Это позволяет максимально эффективно использовать некоторые аминокислоты и, как следствие, снизить выделение азота. Кроме того, рацион с оптимальным балансом аминокислот может обеспечить большее количество чистой энергии, поскольку при избытке аминокислот они не могут накапливаться в организме и подвергаются дезаминированию, что приводит к увеличению энергетических затрат в процессах метаболизма (Еримбетов, 2007; Wang et al., 2021; Esteves et al., 2021; Wu, Li, 2022; Vonderohe et al., 2022).

Снижение содержания сырого протеина при добавлении синтетических аминокислот в рационы улучшают среднесуточные приросты живой массы и способствуют снижению выделения азота и фосфора (Еримбетов, 2007; Пьянкова и др., 2015; Marín-García et al., 2022; Hodkovicova et al., 2023; Liu et al., 2023; Han et al., 2023; Еримбетов и др., 2024; Wolfe et al., 2024; Duarte et al., 2024; Deng et al., 2025).

Продуктивность свиней во многом определяется их способностью превращать белки корма в белки тела. В сухом веществе тела белок занимает в среднем 45% (Черепанов, 2022), однако чрезмерное обогащение рациона питательными веществами может привести к тому, что с фекалиями и мочой в окружающую среду будет выводиться избыточное количество питательных веществ, особенно азота (National Research Council. NRC Nutrient Requirements of Swine. 11th ed. Washington: National Academies Press, 2012). Сообщалось, что свиньи усваивают только от 30 до 60% потребляемого азота, а остальное его количество выводится с фекалиями и мочой (Otto et al., 2003; Zhao et al., 2019). Некоторые предыдущие исследования подтвердили, что снижение содержания сырого протеина в рационе при сохранении достаточного количества незаменимых аминокислот позволяет значительно сократить общее выделение азота без какого-либо негативного влияния на потребление корма, скорость роста и эффективность кормления (Zhao et al., 2019; Kim et al., 2019; Zhang et al., 2021; Wang et al., 2023). Также сообщалось, что снижение содержания протеина в рационе для растущих свиней с 18 до 14% с добавлением синтетического лизина, метионина, треонина, триптофана, изолейцина и валина не оказало существенного влияния на показатели роста, но заметно снизило содержание азота в моче и общее количество выделяемого азота на 40 и 50% соответственно, а также заметно снизило содержание аммонийного азота и общее количество летучих жирных кислот в экскрементах (Zhao et al., 2019).

В нашей стране существующие нормы потребностей свиней в аминокислотах при выращивании и откорме, приведенные в справочном пособии (Нормы и рационы кормления

сельскохозяйственных животных. Москва. 2003. 456 с.), установлены при повышенном уровне протеина с использованием высокобелковых кормов в рационе. К таким кормам относят соевый и подсолнечный шроты. Биологическая полноценность соевого шрота (сбалансированность аминокислот и высокий уровень первой лимитирующей аминокислоты – лизина) делает его включение в рацион необходимым условием для достижения высокой продуктивности в свиноводстве. Подсолнечный шрот, как наиболее дешёвый среди других аналогичных кормов, активно используется при высокоинтенсивном производстве молока и говядины. Недостатком данного корма является большое содержание клетчатки и низкое содержание лизина, что мало приемлемо при выращивании свиней. Показано, что использование различных видов жмыха в качестве частичной или полной замены соевого жмыха не оказывает негативного влияния на общую усвояемость питательных веществ и состав фекальной микробиоты, при этом различные виды жмыха (рапсовый, хлопковый и подсолнечный) могут частично заменять соевый жмых в базовом рационе свиней на откорме в период с 25 до 50 кг (Zhan et al., 2024).

Полученные данные свидетельствуют о том, что применение в кормлении свиней рационов с низким содержанием сырого протеина при достаточном балансировании количества индивидуальных аминокислот может обеспечить реализацию генетического потенциала продуктивности.

Цель исследования – изучить особенности азотистого обмена и формирования продуктивности у поросят в условиях сниженного уровня сырого протеина при сбалансированном содержании незаменимых аминокислот в рационе.

Материал и методы

Эксперимент был проведен на помесных поросятах (♂Рис-402 ♀крупная белая). После уравнительного периода в возрасте 70 суток по принципу парных аналогов с учётом живой массы и интенсивности роста были сформированы 3 группы поросят ($n = 13$) с начальной живой массой 24-25 кг. В уравнительный период поросята получали полнорационный комбикорм типа СК-5. Эксперимент продолжался до достижения живой массы 42-44 кг. Цель проведения данного исследования заключалась в определении оптимальных для этого периода условий белково-аминокислотного питания поросят. В 1-й группе (контроль) давали сбалансированный по питательным веществам рацион с содержанием сырого протеина 172 г (17,2%) и лимитирующих аминокислот в 1 кг корма лизина – 7,7 г, треонина – 4,8 г, метионина+цистина – 4,6 г согласно существующим нормам (Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Москва, 456 с.). Во 2-й группе уровень сырого протеина в комбикорме был снижен на 8%, а содержание незаменимых аминокислот в нём увеличено на 5% по отношению к контролю (159 г в 1 кг корма, с содержанием лизина 8,1 г, треонина – 5,04 г, метионина+цистина – 4,85 г). В 3-й группе общее содержания протеина было снижено (относительно контроля) на 10,5% и пропорционально увеличено содержание аминокислот, так же, как и во 2-й группе, на 5% по сравнению с нормами, путём дополнительного введения в комбикорм синтетических аминокислот в обеих группах. В 3-й группе в 1 кг корма содержание протеина составило 154 г, лизина – 8,1 г, треонина – 5,04 г, метионина+цистина – 4,85 г (табл. 1). Уровень обменной энергии при этом был одинаковым во всех группах и соответствовал принятым нормам по обменной энергии (Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Москва. 2003. 456 с.). Содержание протеина было снижено путём пропорционального уменьшения количества высокобелковых кормов (шротов соевого и подсолнечного, рыбной муки и сухого обезжиренного молока). Данные по питательности рациона представлены в табл. 1, по соотношению незаменимых аминокислот к лизину – в табл. 2.

Содержание поросят было групповое в клетках, поение из автопоилок, кормление – сухими комбикормами. В течение всего эксперимента учитывали потребление кормов (с расчётом расхода корма на единицу прироста) и периодически исследовали их химический состав. Индивидуальное взвешивание поросят производили в начале и конце экспериментального периода.

Таблица 1. Состав (%) и питательность комбикорма.

Компоненты	Группы		
	1 (контроль)	2	3
Пшеница	20,0	20,0	20,0
Ячмень без пленки	48,2	48,6	49,2
Ячмень	-	4,6	6,0
Отруби пшеничные	5,0	5,0	5,0
Шрот соевый	7,0	6,0	5,0
Шрот подсолнечниковый	10,0	9,0	8,0
Мука рыбная	2,0	1,0	1,0
Сухое обезжиренное молоко	2,0	1,0	1,0
Масло растительное	1,85	1,85	1,85
Трикальцийфосфат	1,8	1,8	1,8
Соль поваренная	0,4	0,4	0,4
Мел кормовой	0,45	0,45	0,45
Асидлак	0,3	0,3	0,3
Премикс КС-3	1,0	1,0	1,0
Содержание в 1 кг корма			
Обменная энергия, МДж/кг	12,1	12,1	12,1
Сухое вещество, г	892	893	896
Сырой протеин, г	172	159	154
Переваримый протеин, г	139	126	119
Лизин, г	7,7	8,1	8,1
Метионин + цистин, г	4,6	4,85	4,85
Треонин, г	4,8	5,05	5,05
Сырой жир, г	4,52	4,25	4,24
Сырая клетчатка, г	4,40	4,38	4,32
Кальций, г	9,87	10,4	10,4
Фосфор, г	7,09	6,83	7,62

*Таблица 2. Аминокислотный состав корма,
% относительно лизина.*

Аминокислоты	Группы		
	1 (контроль)	2	3
Лизин	100	100	100
Метионин + цистин	59,7	59,9	59,8
Треонин	62,3	62,2	62,3
Триптофан	30,1	27,3	26,2
Изолейцин	86,5	78,2	74,7
Валин	97,2	90,1	87,4
Лейцин	144	135	131
Гистидин	49,9	44,5	43,1
Лизин, г/МДж ОЭ	0,63	0,67	0,67

Для определения эффективности использования азота корма был проведен 6-суточный балансовый опыт на 3-х животных из каждой группы в возрасте 105-110 сут. По окончании балансового опыта проводили контрольный убой 4-х животных из каждой группы со взятием образцов крови, печени, длинной мышцы спины и средней пробы мышц для биохимического анализа с последующим препарированием туш и определением их состава.

Для характеристики метаболизма азотистых веществ были определены: содержание свободных аминокислот в плазме крови методом ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе ААА-Т-339 после осаждения белков раствором 3% сульфосалициловой кислоты; уровень общих аминокислот в кормах – методом ионнообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе после гидролиза белков 6- нормальной соляной кислотой; активность аспаратаминотрансферазы (АСТ, КФ 2.6.1.1.) и аланинаминотрансферазы (АЛТ, КФ 2.6.1.2.) в длинной мышце спины и печени по (Reitman, Frankel, 1967); концентрацию мочевины в плазме крови по цветной реакции с диацетилмоноксимом в присутствии тиосемикарбазида (Coulambe, Fawrean, 1963); содержание креатинина в плазме крови (Лемперт, 1968), анализ химического состава (сухое вещество, азот, липиды) кормов, кала, мочи и мышечной ткани (Лебедев П.Т., Усович А.Т. Методы исследования кормов и тканей животных. М.: Россельхозиздат, 1976.), содержание общего азота в этих пробах по Къельдалю на приборе Къельтек. В пробах длинной мышцы спины определяли белковые фракции (саркоплазматические, миофибриллярные и стромальные, Helander, 1957).

Результаты и обсуждение

В проведенном исследовании поросята 2-й группы превосходили сверстников 1-й (контрольной) группы по эффективности использования азота при некотором снижении переваримости протеина корма. В 3-й группе, при меньшем потреблении и переваривании азота корма, его использование, как от принятого, так и от переваренного, было выше при пониженной ретенции азота в теле (табл. 3). Снижение переваримости протеина корма в опытных группах, по-видимому, связано с более низким содержанием белковых компонентов в комбикормах и увеличением доли ячменя, протеин которого более трудно усваивается у поросят. У поросят 2-й и 3-й групп отмечено снижение выделения азота с мочой по сравнению с контролем (табл. 3).

Несмотря на снижение содержания протеина на 8% в рационе 2-й группы (с одновременным повышением уровня лизина, метионина и треонина на 5% по сравнению с существующими нормами), интенсивность роста статистически значимо не изменилась. При этом среднесуточный прирост живой массы возрос с 526 (в контрольной группе) до 566 г/сутки у поросят 2-й группы (табл. 4); в 3-й группе, в которой уровень сырого протеина был снижен на 10,5% по отношению контролю (при добавке аминокислот в равном количестве со 2-й группой), оно было практически на уровне контроля.

По степени использования азота корма и по интенсивности роста различия между группами имели ту же направленность, что и по показателям азотистого обмена (табл. 5). Содержание мочевины в плазме крови у поросят 2-й и 3-й групп было ниже ($p < 0,05$) при сравнении с контролем (табл. 5). При этом активность АСТ в длинной мышце спины была на 19,4% выше у свиней 2-й группы, по сравнению с контролем, что свидетельствует о более эффективном использовании аминокислот в биосинтетических процессах (Рослый, Водолажская, 2007). Также во 2-й группе более высокий уровень креатинина – метаболита, косвенно характеризующего рост массы скелетных мышц, что согласуется с показателями массы мякоти в туше (табл. 7).

Фонд свободных аминокислот в организме пополняется за счёт аминокислот, поступающих из желудочно-кишечного тракта и образующихся в процессе деградации тканевых белков. При повышенном темпе биосинтеза белков наблюдается тенденция снижения уровня аминокислот; об этом свидетельствуют данные по содержанию свободных аминокислот в плазме

крови (табл. 6). Во 2-й и 3-й группах содержание свободных аминокислот в плазме крови было на 8,5 и 6,7% соответственно ниже, чем в контрольной группе, причём уменьшение наблюдалось в первую очередь по заменимым аминокислотам. Уровень заменимых аминокислот во 2-й и 3-й группах была ниже таковой в контрольной группе. Интенсивное использование аминокислот в биосинтетических процессах у поросят опытных групп обеспечивало извлечение из общего пула существенной доли аминокислот, вследствие чего меньшее их количество метаболизировалось в мочевины.

Таблица 3. Показатели усвоения азота корма (M±m, n=13)

Показатели	Группы		
	1 (контроль)	2	3
Принято азота с кормом, г/сут	46,8 ± 0,9	43,4 ± 0,0	42,1 ± 0,0
г/кгЖМ ^{0,75}	2,80 ± 0,09	2,57 ± 0,06	2,60 ± 0,09
Выделено, г/сут:			
с калом	9,01 ± 0,39	8,78 ± 0,87	9,21 ± 0,91
с мочой	19,6±0,8	15,5±1,4*	15,3±0,9*
Переварено, г	37,8±1,0	34,6±1,1	32,9±1,0*
%	80,7±0,9	79,8±0,7	78,1±0,8
Отложено в теле, г/сут:	18,2±0,5	19,1±0,8	17,6 ± 0,5
г/кгЖМ ^{0,75}	1,09 ± 0,02	1,13 ± 0,05	1,09 ± 0,03
% от принятого	38,9±1,6	44,1±2,0	41,7 ± 1,8
% от переваренного	48,2±1,2	55,2±2,1*	53,4±1,8*
Отношение N мочи/N принятого с кормом	0,40	0,36	0,36
Отношение N мочи/N переваренного	0,52	0,45	0,47

Здесь и далее в таблицах: * P < 0,05 по U-критерию при сравнении с контролем

Таблица 4. Показатели роста и оплаты корма (M±m, n=13)

Показатели	Группы		
	1 (контроль)	2	3
Живая масса: в начале, кг	24,2±1,0	24,3±0,8	24,1±1,0
в конце опыта, кг	42,5±1,6	43,5±1,2	42,6±2,3
Валовой прирост, кг	18,4±1,1	19,2±1,0	18,5±2,8
Среднесуточный прирост, г	526±31	566±28	529±81
Расход корма, кг/ кг прироста	2,84	2,71	2,80
в т.ч. протеина, г/кг	487	430	428
обменной энергии, МДж/кг	36,3	34,6	35,3

Таблица 5. Показатели азотистого обмена (M±m, n=4)

Показатели	Группы		
	1 (контроль)	2	3
		Плазма крови	
Мочевина, мМ	4,79 ± 0,19	4,06± 0,18*	3,86± 0,29*
Креатинин, мкМ	49,6±3,0	53,4± 3,12	49,8± 2,0
		Длиннейшая мышца спины:	
АСТ, мкмоль/ (час × мг белка)	22,9±1,0	26,5 ± 1,12	23,6 ± 1,0
АЛТ, мкмоль/ (час × мг белка)	1586 ± 120	1754 ± 154	1497 ± 101

Таблица 6. Концентрация аминокислот в плазме крови, мкМ ($M \pm m, n=4$)

Аминокислоты	Группы		
	1 (контроль)	2	3
Глутаминовая кислота	350±16	333±17	330±20
Аспарагиновая кислота	35,5±2,9	31,3±2,6	30,7±3,5
Треонин	160±9	134±8*	141±9
Серин	130±7	121±8	123±9
Глицин	255±14	224±16	232±18
Аланин	477±28	412±31	421±25
Валин	287±17	257±19	268±19
Изолейцин	130±6	125±5	125±5
Лейцин	173±6	163±6	165±5
Тирозин	48,2±2,2	51,3±1,9	50,1±1,7
Фенилаланин	58,7±4,0	55,4±3,5	56,6±3,1
Гистидин	52,4±3,2	51,2±4,0	53,7±3,5
Аргинин	101±6	105±6	106±7
Лизин	171±8	165±7	168±6
Метионин	37,2±1,8	31,2±1,6*	34,3±2,0
Цистин	20,4±1,9	15,8±2,1	16,8±2,4
Сумма аминокислот	2488±135	2277±148	2323±150
Сумма незаменимых аминокислот	1172±60	1087±70	1119±69
Сумма заменимых аминокислот	1317±70	1190±75	1204±74

Полученные данные свидетельствуют о том, что поддержание высокого уровня биосинтеза мышечного белка, определяющего интенсивность роста, возможно при использовании рационов с оптимальным уровнем сырого протеина и определённым соотношением аминокислот. (табл. 7, 8).

Таблица 7. Результаты контрольного убоя ($M \pm m, n=4$)

Показатели	Группы		
	1 (контроль)	2	3
Живая масса, кг	42,4±1,9	43,3 ±0,8	40,9±1,4
Масса туши, кг	23,8 ±1,4	24,7±0,7	22,8±0,8
Убойный выход, %	56,0 ±0,9	57,1±0,5	55,7±0,3
Мякоти, кг	15,7 ±1,1	16,7±0,7	14,8±0,6
% в туше	66,0 ±1,4	67,5±1,3	64,9±0,4
Подкожного жира, кг	2,65 ± 0,28	2,88±0,19	3,05±0,06
% в туше	11,2 ±1,2	11,7±1,17	13,4±0,3
Масса костей, кг	5,43 ± 0,30	5,30±0,16	4,95 ±0,20
%	22,8 ±0,3	21,4±0,1	21,7±0,2
Мякоть/кости	2,90	3,16	3,00
Масса внутреннего жира, кг	0,33 ± 0,08	0,35 ± 0,06	0,41±0,09
%	1,40 ± 0,35	1,39 ± 0,22	1,70 ±0,32

На первый взгляд, высокий уровень протеина в рационе с доведением содержания основных лимитирующих аминокислот в соответствии с рекомендуемыми нормами (1-я группа, контроль) должен был обеспечить повышенный синтез белка и высокую интенсивность роста. Однако, полученный прирост не обеспечил генетически заложенные возможности организма поросят, и прирост живой массы у них оказался ниже, чем во 2-й группе. Во 2-й группе содержание сырого протеина (15,9% или на 8% ниже нормы) и соотношение в нём лимитирующих аминокислот оказалось оптимальным, что позволило увеличить среднесуточный

прирост живой массы. В 3-й группе, в которой уровень сырого протеина был снижен по сравнению с контролем на 10,5% при повышении уровня лизина, метионина и треонина на 5% относительно рекомендованных норм, среднесуточный прирост был на уровне контроля, с тенденцией увеличения мышечной массы при неизменных значениях показателей, характеризующих качество мяса.

В то же время в этой группе среднесуточный прирост ЖМ не превышал таковой во 2-й группе, а поступление и усвоение азота, количество мякоти и содержание белка в мышцах, а также показатели качества мяса (соотношение суммы саркоплазматических и миофибриллярных белков к стромальным) были повышенными относительно контроля (табл. 8).

Таблица 8. *Общая масса мышц и содержание белковых фракций в длиннейшей мышце спины (M±m, n=4).*

Показатели	Группы		
	1(контроль)	2	3
Общая масса мышц, кг	14,2 ±0,4	15,6± 0,5	14,2±0,3
Общее количество белка, кг	2,54 ± 0,18	2,81 ± 0,24	2,56 ± 0,16
Содержание белка в длиннейшей мышце спины, г %	20,9±0,2	21,0±0,21	20,9±0,1
В том числе белков:			
саркоплазматических	8,08±0,09	8,10±0,08	8,06±0,10
миофибриллярных	9,79±0,11	9,97±0,14	9,81±0,10
стромальных	3,02±0,09	2,91±0,10	3,05±0,08

Таким образом, коррекция содержания сырого протеина и соотношения в нем аминокислот, наряду с повышением интенсивности роста, привела к положительным изменениям в составе туши. Несбалансированность аминокислот в рационе приводит к повышенному расходу обменной энергии в связи с тем, что аминокислоты, не использованные в синтезе белка, используются в других метаболических процессах, в том числе для энергетических нужд. В такой ситуации возможно использование аминокислот не на синтез белка, а на липогенез, что и наблюдалось в 3-й группе (в тушах было больше внутреннего жира).

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о перспективности использования низкопротеиновых рационов для помесных поросят в период доращивания при условии сбалансированности состава кормового протеина за счёт добавления синтетических аминокислот. Оптимизация протеинового и аминокислотного питания привела к повышению интенсивности роста со снижением затрат корма на единицу продукции. Увеличение содержания лизина, метионина и треонина в рационе на 5%, по сравнению с существующими нормами, при одновременном снижении содержания сырого протеина на 8% позволило повысить отложение белка в теле на 5% и снизить затраты сырого протеина на 1 кг прироста живой массы на 12%. При этом выявлены положительные изменения в показателях белково-аминокислотного метаболизма, обусловленные характером питания. По результатам проведенного исследования можно заключить, что современные интенсивно растущие помеси реализуют свой генетический потенциал при условии обеспечения оптимальной направленности метаболического использования всосавшихся аминокислот, что в конечном итоге приводит к повышению интенсивности роста и качества продукции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки № 124020200032-4.

Список литературы

1. Еримбетов С.С., Никулин В.Н., Аширов Д.А., Еримбетов К.Т. Развитие концепции идеального протеина при совершенствовании регламентов питания птицы с учётом нутритивной ценности и физиологической роли условно незаменимых аминокислот (обзор). // Проблемы биологии продуктивных животных. 2024. № 1. С. 5-26. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2024.1.5-26.
2. Еримбетов К.Т. Метаболизм белков у растущих бычков и свиней, и факторы его регуляции: автореф. дисс... д.б.н. Боровск, 2007, 31 с.
3. Рослый И.М., Водолажская М.Г. Сравнительные подходы в оценке состояния человека и животных: цитолитический синдром или фундаментальный механизм? // Вестник ветеринарии. 2007. 43: 63-66.
4. Обвинцева О.В. Еримбетов К.Т., Михайлов В.В. Основные физиологические факторы формирования мясной продуктивности у свиней (обзор). // Проблемы биологии продуктивных животных. 2022. № 2. С. 5-19. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2022.2.5-19.
5. Пьянкова Е.В., Еримбетов К.Т., Дудин В.И. Оценка протеинового питания поросят-помесей и коррекция аминокислотного состава рациона с учётом соотношения незаменимых аминокислот в стенке кишечника. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2015. № 1. С. 84-95.
6. Черепанов Г.Г., Кальницкий Б.Д. Современные подходы к оценке потребности в питательных веществах и энергии. // Методы исследований питания сельскохозяйственных животных (ред. Б.Д. Кальницкий). Боровск: ВНИИФБиП, 1998. С: 202-250.
7. Черепанов Г.Г. Системно-кинетические принципы и модели в теории питания продуктивных животных. Боровск: изд. ВНИИФБиП, 2002, 163 с.
8. Camiré C.M., Wellington M.O., Panisson J.C., Rodrigues L.A., Shoveller A.K., Columbus D.A. Effect of the essential amino acid-nitrogen to total nitrogen ratio on lysine requirement for nitrogen retention in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 2023. 101: 1-9. doi: 10.1093/jas/skad298
9. Coulambe S.S., Favreon G. New the semimicro method determination of urea. *Clin. Chem.* 1963. 1(9): 23.
10. Correia A.M., Genova J.L., Saraiva A., Rocha G.C. Effects of crude protein and non-essential amino acids on growth performance, blood profile, and intestinal health of weaned piglets. *Front. Vet. Sci.* 2023. 10: 1-9. doi: 10.3389/fvets.2023.1243357
11. De Almeida A.M., Latorre M.A., Alvarez-Rodriguez J. Productive, physiological, and environmental implications of reducing crude protein content in swine diets: a review. *Animals (Basel)*. 2024. 14: 1-23. doi: 10.3390/ani14213081
12. Deng B., Wang L., Jiang X., Zhang T., Zhu M., Wang G., Wang Y., Cheng Y. Effects of low-protein diet without soybean meal on growth performance, nutrient digestibility, plasma free amino acids, and meat quality of finishing pigs. *Animals (Basel)*. 2025. 15(6): 1-12. doi: 10.3390/ani15060828
13. Duarte M.E., Parnsen W., Zhang S., Abreu M.L.T., Kim S.W. Low crude protein formulation with supplemental amino acids for its impacts on intestinal health and growth performance of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2024. 15(1): 1-17. doi: 10.1186/s40104-024-01015-6
14. Esteves L.A.C., Monteiro A.N.T.R., Sitanaka N.Y., Oliveira P.C., Castilha L.D., Paula V.R.C., Pozza P.C. The reduction of crude protein with the supplementation of amino acids in the diet reduces the environmental impact of growing pigs production evaluated through life cycle assessment. *Sustainability*. 2021. 13: 4815-4822. doi: 10.3390/su13094815
15. Hodkovicova N., Halas S., Tosnerova K., Stastny K., Svoboda M. The use of functional amino acids in different categories of pigs: a review. *Vet. Med. (Praha)*. 2023. 68: 299-312. doi: 10.17221/72/2023-VETMED
16. Helander E. On quantitative muscle protein determination sarcoplasm and myofibrile protein content of normal and atrophy skeletal muscle. *Acta Physiol. Scand.* 1957. 41: 141
17. Han Y.G., Lee G.I., Do S.H., Jang J.C., Kim Y.Y. The effect of reduced crude protein on growth performance, nutrient digestibility, and meat quality in weaning to finishing pigs. *Animals (Basel)*. 2023. 13(12): 1-16. doi: 10.3390/ani13121938
18. Kim S.W., Chen H., Parnsen W. Regulatory role of amino acids in pigs fed on protein-restricted diets. *Curr. Prot. Pept. Sci.* 2019. 20: 132-138. doi: 10.2174/1389203719666180517100746
19. Liu S., Xie J., Fan Z., Ma X., Yin Y. Effects of low protein diet with a balanced amino acid pattern on growth performance, meat quality and cecal microflora of finishing pigs. *J. Sci. Food Agric.* 2023. 103(2): 957-967. doi: 10.1002/jsfa.12245

20. Marín-García P.J., Llobat L., López-Lujan M.C., Cambra-López M., Blas E., Pascual J.J. Urea nitrogen metabolite can contribute to implementing the ideal protein concept in monogastric animals. *Animals (Basel)*. 2022. 12(18): 1-13. doi: 10.3390/ani12182344
21. Otto E. R., Yokoyama M., Ku P. K., Ames N. K., Trottier, N. L. Nitrogen balance and ileal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration. *J. Anim. Sci.* 2003. 81: 1743-1753. doi: org/10.2527/2003.8171743x
22. Reitman S., Frankel S. A calorimetric method for the transaminases. *Am. J. Clin. Path.* 1957. 1: 28.
23. Rocha G.C., Duarte M.E., Kim S.W. Advances, implications, and limitations of low-crude-protein diets in pig production. *Animals (Basel)*. 2022. 12: 478-485. doi: 10.3390/ani12243478
24. Vonderohe C.E., Mills K.M., Liu S. et al. The effect of reduced CP, synthetic amino acid supplemented diets on growth performance and nutrient excretion in wean to finish swine. *J. Anim. Sci.* 2022. 100: 456-465. doi: 10.1093/jas/skac075
25. Wang C., Peng Y., Zhang Y., Xu J., Jiang S., Wang L., Yin Y. The biological functions and metabolic pathways of valine in swine. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2023. 14(1): 1-15. doi: 10.1186/s40104-023-00927-z
26. Wolfe R.R., Church D.D., Ferrando A.A., Moughan P.J. Consideration of the role of protein quality in determining dietary protein recommendations. *Front. Nutr.* 2024. 11: 1-12. doi: 10.3389/fnut.2024.1389664
27. Wang Y., Zhou J., Wang G., Cai S., Zeng X., Qiao S. Advances in low-protein diets for swine. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2018. 9: 260-269. doi: 10.1186/s40104-018-0276-7
28. Wu G., Li P. The "ideal protein" concept is not ideal in animal nutrition. *Exp. Biol. Med. (Maywood)*. 2022. 247: 1191-1201. doi: 10.1177/15353702221082658
29. Zhang Q., Hou Y., Bazer F.W., He W., Posey E.A., Wu G. Amino acids in swine nutrition and production. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2021. 1285: 81-107. doi: 10.1007/978-3-030-54462-1_6
30. Zhan X., Hou L., He Z. et al. Effect of miscellaneous meals replacing soybean meal in feed on growth performance, serum biochemical parameters, and microbiota composition of 25-50 kg growing pigs. *Animals (Basel)*. 2024. 14(9): 1-16. doi: 10.3390/ani14091354
31. Zhao Y., Tian G., Chen D., Zheng P., Yu J., He J., Mao X., Yu B. Effects of varying levels of dietary protein and net energy on growth performance, nitrogen balance and faecal characteristics of growing-finishing pigs. *Rev. Bras. Zootec.* 2019. 48: 2018-2021. doi: 10.1590/rbz4820180021

References (for publications in Russian)

1. Cherepanov G.G., Kal'nitskii B.D. [Modern approaches to assessing the need for nutrients and energy]. *Metody issledovaniy pitaniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh (red. B.D. Kal'nitskii)*. (Methods of studying the nutrition of farm animals). Borovsk: VNIIFBiP. 1998. P. 202-250.
2. Cherepanov G.G. *Sistemno-kineticheskie printsipy i modeli v teorii pitaniya produktivnykh zhivotnykh* (System-kinetic principles and models in the theory of productive animals nutrition). Borovsk, VNIIFBiP. 2002. 163 pp.
3. Erimbetov S.S., Nikulin V.N., Ashirov D.A., Erimbetov K.T. [Development of the concept of ideal protein in improving poultry feeding regulations taking into account the nutritional value and physiological role of conditionally essential amino acids: a review]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh* (Productive animal biology). 2024. 1: 5-26. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2024.1.5-26
4. Erimbetov K.T. *Metabolizm belkov u rastushchikh bychkov i svinei i faktory ego regulyatsii* (Protein metabolism in growing bulls and pigs and factors of its regulation). Extended Abstract of Diss. Dr. Biol. Borovsk. 2007. 31 pp.
5. Roslyi I.M., Vodolazhskaya M.G. [Comparative approaches to assessing the condition of humans and animals: cytolytic syndrome or fundamental mechanism?]. *Vestnik veterinarii* (Veterinary Bulletin). 2007. 43: 63-66.
6. Obvintseva O.V., Erimbetov K.T., Mikhailov V.V. [The main physiological factors in the formation of meat productivity in pigs: a review]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh* (Productive animal biology). 2022. 2: 5-19. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2022.2.5-19
7. P'yankova E.V., Erimbetov K.T., Dudin V.I. [Evaluation of protein nutrition of crossbred piglets and correction of the amino acid composition of the diet taking into account the ratio of essential amino acids in the intestinal wall]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh* (Productive animal biology). 2015. 1: 84-95.

UDC 636.084.522.085.13:577.122

Effect of various dietary protein and essential amino acids levels on the indices of nitrogen metabolism, growth, and development In cross-bred piglets

Obvintseva O.V., Ushakov A.S.

*Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition,
branch of the Federal Research Center of Animal Husbandry, Ernst VIZh,
Borovsk, Kaluga oblast, Russian Federation*

ABSTRACT. Physiologically and biochemically substantiated proposals for optimizing protein and amino acid nutrition for piglets enable them to realize their growth and development potential. The experiment was conducted on three groups of crossbreeding piglets (♂Pic-402 × ♀ Large White. n=13) that received diets with different levels of crude protein (CP) and essential amino acids until they reached a live weight of 42-44 kg: Group 1, control: CP 172 g/kg, lys 7.7 g; tre 4.8 g; met+cis 4.6 g/kg; Group 2: CP 159 g; lys 8.1; tre 5.04; met+cis 4.85 g; Group 3: CP 154 g; lys 7.98; tre 4.97; met+cis 4.77 g/kg. The level of metabolizable energy was the same in all groups (12.1 MJ/kg). Feed nitrogen utilization was higher in Group 2, and feed costs per kg of live weight gain were lower compared to Group 1. The Group 2 diet was optimal in terms of crude protein content and essential amino acid ratio, resulting in increased live weight gain compared to the control. The Group 3 diet, based on growth rate and carcass composition, was insufficient. Changes in free amino acid levels, urea and creatinine in blood plasma, as well as AST activity in muscle, were consistent with the changes in growth performance in the groups. Concluded that low-protein diets for crossbred piglets during the growing period are promising, provided that the feed protein composition is balanced by the addition of synthetic amino acids.

Keywords: cross-breed piglets, dietary protein level, amino acid supplements, feed efficiency, nitrogen metabolism, growth and development.

Проблемы биологии продуктивных животных. 2025. 4: 102-112.

Поступило в редакцию: 09.08.2025

Получено после доработки: 10.12.2025

:

Сведения об авторах:

Обвинцева Ольга Витальевна, к.б.н., м.н.с., тел. 8(903)814-79-76; obvintseva.olga@yandex.ru;
Ушаков Александр Сергеевич, к.б.н., с.н.с., asu2004@bk.ru