

УДК 636.4.053.087.74.084.413:637.05

DOI:10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2023.2.67-77

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОРОСЯТ  
НА КОМБИКОРМАХ С ДОБАВКОЙ ЛИЗИНА, ТРЕОНИНА, МЕТИОНИНА  
И АМИНОКИСЛОТ С РАЗВЕТВЛЁННОЙ ЦЕПЬЮ**

Ниязов Н.С.-А.

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

Цель работы – изучение влияния низкопротеиновых рационов с добавками лизина, треонина, метионина, изолейцина, лейцина и валина на продуктивность и обмен веществ у растущих свиней. Опыт проведен на трёх группах свиней с начальной живой массой 18-20 кг ( $n = 10-11$ ). Поросята I группы получали основной рацион (комбикорм с пониженным содержанием сырого протеина (СП) с питательностью в 1 кг корма: ОЭ – 13,02 МДж, сырой протеин – 165,6 г, лизин – 10,6, метионин 3,3, метионин + цистин – 6,3, треонин – 7,0, изолейцин – 6,6; лейцин – 12,6 и валин – 7,8 г при соотношении к лизину (%): метионин – 31, метионин + цистин – 59%, треонин – 66, триптофан – 19, изолейцин – 59, лейцин – 110, валин – 69, гистидин – 44, фенилаланин – 67, тирозин – 51 и аргинин – 77). Поросята II группы получали основной рацион с дополнительным введением в его состав лизина, метионина и треонина, а поросята III группы получали тот же комбикорм, что и во II группе, но с добавкой изолейцина, лейцина и валина при уровнях аминокислот в соответствии с принятыми в РФ нормами. В III группе в конце выращивания зафиксированы более высокие против контроля величины живой массы и среднесуточного прироста – 48,5 кг ( $P < 0,05$ ), и 613 г ( $P < 0,02$ ) при более низком расходе корма, сырого протеина и обменной энергии на 1 кг прироста ЖМ (на 8,6, 8,2 и 8,6% соответственно) и большее отложение азота в теле. В целом, представлен вариант аминокислотного профиля диеты (г/кг корма) при выращивании поросят на комбикормах со сниженным уровнем СП: лизин – 12,6 (доступный – 10,8), треонин – 8,4 (6,86), метионин + цистин – 7,6 (6,46), изолейцин – 7,12 (5,93), лейцин – 13,4 (11,2), валин – 8,12 (7,27); при этом соотношение лизина к треонину, метионин + цистину, изолейцину, лейцину и валину должно составлять 66; 60; 56; 106 и 69% соответственно.

*Ключевые слова: свиньи, рост, низкопротеиновые рационы, добавка аминокислот, баланс азота, качество мяса*

*Проблемы биологии продуктивных животных, 2023, 2: 67-77*

### **Введение**

В процессе разработки новых подходов в решении проблем аминокислотного питания продуктивных животных возникла необходимость решить ряд задач: определить роль аминокислот не только для синтеза белков, но и в обменных процессах; разработать аналитические методы для определения аминокислотного состава кормов и кормовых добавок, установить нормы потребности в незаменимых аминокислотах для разных видов и половозрастных групп животных, освоить промышленное производство синтетических аминокислот. Таким образом, организация рационального использования имеющихся

кормовых ресурсов протеина должна базироваться на использовании научно обоснованных норм потребности животных в незаменимых аминокислотах и на результатах анализа содержания и переваримости аминокислот в кормах.

Питательная ценность протеина кормов определяется тем, в какой мере он удовлетворяет потребность животных в аминокислотах, поэтому очень важно добиваться не только улучшения обеспеченности организма растущих свиней аминокислотами, но и соблюсти их оптимальное (идеальное) соотношение, что является одним из важнейших факторов повышения эффективности использования азотистых веществ и повышения продуктивности животных (Рядчиков, 2012; Махаев, 2016).

Незаменимые аминокислоты нельзя делить на более и менее важные по их роли в биосинтезе белков и физиологических реакциях организма животных, хотя чаще всего недостающей (первой лимитирующей) аминокислотой в рационах свиней является лизин. Это обусловлено низким его содержанием в зерне пшеницы, ячменя, кукурузы, сорго, как главных компонентов рационов для свиней. Поэтому за основу при разработке норм аминокислот обычно берут лизин. Треонин является второй лимитирующей аминокислотой в рационах поросят; эта аминокислота выполняет функцию защиты мукозы от протеаз, а также от микроорганизмов и паразитов, предохраняет от обезвоживания нижние слои слизистой оболочки. Поэтому треонин играет важную роль в процессах развития и функционирования кишечника, в том числе в синтезе структурных белков слизистой. Метионин входит в состав белков, служит донатором метильных групп при биосинтезе холина, адреналина, креатина, таурина и др., а также источником серы при биосинтезе цистеина. Потребность в метионине + цистине составляет около 60% от общего лизина и не зависит от стадии роста поросят.

Наравне с этими незаменимыми аминокислотами, лейцин, изолейцин и валин также играют важную роль в обменных процессах. Изолейцин считается незаменимой аминокислотой; при недостаточности ферментов, катализирующих декарбоксилирование изолейцина, возникает кетоацидурия. Как и другие незаменимые аминокислоты, изолейцин не синтезируется в организме животных и должен поступать с кормом. Лейцин входит в состав многих плазматических и тканевых белков, необходим для синтеза инсулина, глобулинов, каротиноидов, кофермента А, холестерина, окситоцина и других белков. Недостаток его в рационе свиней нарушает положительный баланс азота, отрицательно влияет на энергию роста и эффективность использования кормов.

Результаты сравнительного исследования пяти рационов с разной концентрацией лейцина (от 100 до 500% от его потребности) показали, что величины среднесуточного потребления кислотно-детергентной клетчатки корма и соотношения прироста к корму уменьшались по мере увеличения уровня лейцина в рационе (Kwon et al., 2019). Концентрация серотонина плазме крови снижалась при повышении уровня лейцина в рационе. Наблюдалась также тенденция к снижению отложения азота и снижению биологической ценности пищевого белка. Кормовая добавка лейцина повышает синтез белка в скелетных и сердечных мышцах свиней (Murgas, et al., 2010; Yin, et al., 2010; Suryawan, et al., 2012). Валин служит одним из исходных субстратов при биосинтезе пантотеновой кислоты (витамина В<sub>5</sub>) защищает миелиновую оболочку нервных волокон в головном и спинном мозге.

Недостаток валина и изолейцина в рационе в ряде случаев возникает при использовании уровня протеина, сниженного по отношению к рекомендуемому нормами кормления поросят, или при повышении нормативного содержания лизина в рационе. На практике эти критические уровни возникают, когда лизин составляет более 7% протеина (соотношение лизин/сырой протеин >7%); при этом соотношения валин/лизин и изолейцин/лизин могут снизиться примерно до 60% и 50% соответственно. В исследованиях (Gloaguen, et al., 2013) был проведен анализ структуры рационов, обогащённых аминокислотами с разветвлённой цепью (т.е. с дефицитом валина и с избытком лейцина). Установлено, что среднесуточное потребление корма свиньями, получавшими

несбалансированную диету, было на 13% меньше, чем у свиней контрольной группы, а в исследованиях (Duan, et al., 2016) обнаружено, что диета с низким содержанием сырого протеина (17%) с добавлением разветвлённых аминокислот (лейцина, изолейцина и валина) в диапазоне от 1/0,25/0,25 до 1/0,75/0,75 улучшает показатели роста растущих свиней по сравнению с рационами, содержащими 20% СП.

Эффекты взаимосвязей между уровнем аминокислот и их соотношениями в рационе имеют важное значение для нормирования аминокислотного питания, но они пока недостаточно изучены и мало учитываются в практике кормления моногастричных животных, в том числе свиней (Шакиров, 2006).

В исследовании (Chung, Baker 1992) был впервые предложен вариант «идеального» аминокислотного состава кормового протеина для поросят с ЖМ 10-20 кг (% к лизину): треонин – 65, метионин+цистин – 60, триптофан – 18, изолейцин – 60, валин – 68, фенилаланин+тирозин – 95, лейцин – 100, аргинин – 42, гистидин – 32%.

В нормативах NRC США (Nutrient requirements of swine, 2012) следующий состав «идеального протеина», т. е. протеина с оптимальным балансом незаменимых аминокислот для всех половозрастных групп свиней, в том числе (% к лизину):

в период роста: метионин + цистин – 59, треонин – 65, триптофан – 20, аргинин – 42, глицин+серин – 147, валин – 69, изолейцин – 55, лейцин – 100, гистидин – 33, фенилаланин + тирозин – 100;

в период откорма: 100, метионин + цистин – 60, треонин – 65, триптофан – 20, аргинин – 40, глицин+серин – 150, валин – 69, изолейцин – 55, лейцин – 100, гистидин – 33, фенилаланин + тирозин – 100.

По данным (Рядчиков, 2007, 2010) оптимальное соотношение потребности аминокислот составляет (% к лизину):

для поросят 21-60 дн. возраста: метионин + цистин – 57, треонин – 62, изолейцин – 56, лейцин – 72, фенилаланин – 47 и валин – 57,

для свиней с ЖМ 20-50 кг: метионин + цистин – 65, треонин – 67, триптофан – 19, изолейцин – 60, лейцин – 100, фенилаланин – 47 и валин – 68;

для свиней с ЖМ 50-100 кг: метионин + цистин – 75, треонин – 70, триптофан – 20, изолейцин – 60, лейцин – 100 и валин – 68.

До недавнего времени уровни лейцина, изолейцина и валина в рационах практически не могли корректироваться путём включения их кристаллических форм в рационы, однако в последние годы налажено их промышленное производство и, следовательно, стало возможным контролировать содержание этих аминокислот в рационах свиней.

Повышение полноценности низкокачественного по биологической ценности кормового белка за счёт обогащения их недостающими аминокислотами позволит в значительной мере сократить уровень расходуемого белка при кормлении животных. При этом добавка синтетических аминокислот к отдельным кормам и рационам может быть эффективной в строго определённых условиях. Основными из них являются следующие: 1) недостаток добавляемой аминокислоты в корме или рационе по отношению к уровню потребности; 2) добавляемая аминокислота является первой лимитирующей аминокислотой в данном корме или рационе; 3) количество добавляемой аминокислоты не должно превышать величину физиологической потребности (Fastinger, Mahan 2006; Рядчиков, 2007; Stein et al., 2007; Колганов, 2010; Rojo et al., 2016; Che et al., 2017).

Балансирование рационов по аминокислотам с учётом их доступности позволяет более полно удовлетворять потребность организма в аминокислотах, рациональнее использовать корма, объективнее оценивать новые кормовые средства и способы подготовки кормов к скармливанию. В последние годы всё большее распространение получает нормирование аминокислот с учётом их доступности, а не только по их валовому содержанию в рационе.

Цель настоящей работы – изучение влияния низкопротеиновых рационов, обогащённых комплексом аминокислот (лизин, треонин, метионин, изолейцин, лейцин, валин) на продуктивность и обмен веществ у растущих свиней.

### Материал и методы

Опыт проведен в условиях вивария института на помесных боровках мясных пород (датский йоркшир × датский ландрас). По принципу парных аналогов с учётом живой массы были сформированы три группы свиней с начальной живой массой 18-20 кг (n=10-11). Содержание и кормление групповое. Продолжительность опыта – до достижения живой массы свиней 45-48 кг. Кормление производили 2 раза в день на протяжении всего опыта согласно программе кормления (Калашников и др., 2003), рассчитанной на получение прироста живой массы 550-600 г/сутки (табл. 1).

Поросята I группы получали основной рацион (комбикорм с пониженным содержанием сырого протеина (СП) с питательностью в 1 кг корма: обменная энергия – 13,02 МДж, СП – 165,6 г, лизин – 10,6, метионин 3,3, метионин + цистин – 6,3, треонин – 7,0, изолейцин – 6,6; лейцин – 12,6 и валин – 7,8 г при соотношении аминокислот к лизину: метионин – 31, метионин + цистин – 59%, треонин – 66, триптофан – 19, изолейцин – 59, лейцин – 110, валин – 69, гистидин – 44, фенилаланин – 67, тирозин – 51, аргинин – 77%).

Таблица 1. Питательность комбикормов для подопытных поросят в период выращивания

Показатели	Группы		
	I	II	III
Сухое вещество, %	88,54	88,54	88,54
ЭЖЕ	1,30	1,30	1,30
Обменная энергия, МДж	13,02	13,02	13,02
Содержание в 1 кг корма			
Сырой протеин, г	165,6	165,8	166,1
Переваримый протеина, г	129	131	132
Лизин, г	10,6	12,62	12,62
В т. ч. доступный, г	8,8	10,77	10,77
Метионин, г	3,3	3,71	3,71
В т. ч. доступный, г	2,73	3,14	3,14
Метионин+цистин, г	6,3	7,61	7,61
Треонин, г	7,0	8,4	8,4
В т. ч. доступный, г	5,46	6,86	6,86
Изолейцин, г	6,67	6,67	7,12
В т. ч. доступный, г	5,48	5,48	5,93
Лейцин, г	12,59	12,59	13,41
В т. ч. доступный, г	10,38	10,38	11,20
Валин, г	7,81	7,81	8,72
В т. ч. доступный, г	6,36	6,36	7,27
Триптофан, г	2,0	2,0	2,0
Сырой жир, г	41,9	41,9	41,9
Сырая клетчатка, г	44,2	44,2	44,2
Кальций, г	8,0	8,0	8,0
Фосфор, г	5,9	5,9	5,9

Примечания: \* премикс КС-4; в 1 кг содержится: витамины: А, 600 тыс. МЕ; D<sub>3</sub>, 120 тыс. МЕ; В<sub>2</sub>, 0,2 г; В<sub>3</sub>, 0,5 г, В<sub>4</sub>, 30 г; В<sub>5</sub>, 1,5 г; В<sub>12</sub>, 0,2 г; микроэлементы: Fe 4 г, Zn 7,5 г; Mn 2,5 г; Cu 0,5 г; Co 0,015 г; J 0,04 г; Se 0,015 г; антиоксидант 0,5 г; премикс КС-5: А 450 тыс. МЕ; D<sub>3</sub> 90 тыс. МЕ; В<sub>2</sub> 0,15 г, В<sub>3</sub> 0,35 г, В<sub>4</sub> 20 г, В<sub>5</sub> 1,0 г; В<sub>12</sub> 0,0015 г, Fe 4 г; Zn 5 г; Mn 2,5 г; Cu 0,4 г; Co 0,015 г, J 0,03 г; Se 0,0015 г, антиоксидант 0,5 г.

Поросята II группы получали ОР с добавкой L-лизина, L-метионина и L-треонина, а поросята третьей группы получали тот же комбикорм, что и во второй группе, но с добавкой L-изолейцина, L-лейцинов и L-валина при уровне аминокислот в соответствии с детализированными нормами (Калашников и др., 2003). В течение опыта проводили учёт потребления комбикорма, расход корма, сырого протеина и обменной энергии на 1 кг прироста ЖМ (взвешивание в начале и в конце опытного периода).

Поросята III группы получали тот же комбикорм, что и во II группе, но с изолейцином, лейцином и валином с количеством аминокислот в соответствии с детализированными нормами.

Усвояемость незаменимых аминокислот и их соотношение к лизину в опытных комбикормах оценивали с использованием усреднённых данных ВНИИФБиП (Ниязов, 2021; 2022) и литературных данных (Рядчиков, 2013; Mosenthin et. al. 2000) (табл. 2).

*Таблица 2. Соотношение аминокислот в рационе в группах (% относительно лизина)*

Аминокислоты	Группы		
	I	II	III
Метионин+цистин	59	60	60
Треонин	66	66	66
Триптофан	19	16	16
Изолейцин	59	50	56
Лейцин	110	93	106
Валин	69	59	69

Для характеристики усвоения азота корма и эффективности его использования провели балансый опыт (в возрасте 98-105 сут.) на трёх животных из каждой группы с последующим определением убойных качеств и взятием образцов органов и тканей для биохимических исследований. В крови определяли количество эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобин, а в сыворотке крови – содержание общего белка; альбуминов, глобулинов, мочевины, креатинина, активность аспартат- и аланинаминотрансферазы, щелочной фосфатазы, концентрацию кальция и неорганического фосфора (Кальницкий Б.Д. (Ред.). Методы биохимического анализа. Боровск: ВНИИФБиП, 1997).

Был проведен анализ кормов, кала и мочи на содержание сухого вещества и влаги (ГОСТ Р 543951; ГОСТ 31640); сырого протеина (ГОСТ 32044.1); сырого жира (ГОСТ 32905-2014); сырой клетчатки (ГОСТ ISO 6865-2015); сырой золы (ГОСТ 32933-2014); общего кальция (ГОСТ 32904-2014); неорганического фосфора (ГОСТ Р 51220-99); ЭКЕ, БЭВ и переваримого протеина определяли расчётным путем, энергию – калориметрическим методом на адиабатической бомбе.

### **Результаты и обсуждение**

Использование комбикормов с разным аминокислотным составом оказывало неоднозначное влияние на рост животных и конверсию корма. В I группе за опытный период было израсходовано 3,0 кг корма, 498 г СП и 39,2 МДж ОЭ на 1 кг прироста при среднесуточном приросте и ЖМ в конце опыта 560 г и 45,5 кг соответственно (табл. 3.).

Во II группе при добавке к низкопротеиновому комбикорму лизина, треонина и метионина наблюдалась тенденция к повышению приростов живой массы по сравнению с I группой (живая масса и среднесуточные приросты - 46,7 кг и 577 г соответственно).

В III группе, получавшей комбикорм с добавкой лизина, метионина, треонина, лейцина, изолейцина и валина, выявлены более высокие величины живой массы и среднесуточных приростов по сравнению с контрольной группой (48,5 кг и 613 г соответственно) при меньшем расходе корма, сырого протеина и обменной энергии на единицу прироста (на 8,6, 8,2 и 8,6% соответственно), что указывает на оптимизацию аминокислотного питания у животных этой

группы. Это согласуется с литературными данными о том, что добавка аминокислот с разветвлённой цепью к низкопротеиновому рациону улучшает показатели роста поросят (Zheng et al., 2016).

*Таблица 3. Живая масса, среднесуточные приросты, затраты корма, сырого протеина и обменной энергии (M±m, n=10)*

Показатели	Группы		
	I	II	III
Живая масса в начале опыта, кг	19,2±0,3	19,6±0,2	19,7±0,4
Живая масса в конце опыта, кг	45,5±0,6	46,7±0,7	48,5±1,1*
Прирост живой массы, кг	26,3±0,4	27,1±0,5	28,8±0,8*
Среднесуточный прирост, г	560±9	577±9	613±16*
Потреблено корма за опыт, кг	79,3	79,3	79,3
Затрачено на 1 кг прироста:			
корм, кг	3,01	2,92	2,75
сырой протеин, г	498	484	457
обменная энергия, МДж	39,19	38,01	35,80

Примечание: здесь и далее в таблицах: \*P<0,05 по t-критерию при сравнении с контролем.

По данным балансового опыта, проведенного в возрасте 97-105 суток, среднесуточное отложение азота в теле было выше всего у поросят III группы - 18,2 г/сутки при использовании его на 49,4% от принятого и 62,3% от переваренного. (табл. 4). У поросят II группы (при добавлении в комбикорм лизина, треонина и метионина) несколько улучшилась переваримость питательных веществ корма по сравнению с I группой.

*Таблица 4. Использование азота корма (M±m, n=3)*

Показатели	Группы		
	I	II	III
Принято азота с кормом, г / сут.	36,52±0,04	36,76±0,04	36,84±0,08
Выделено:			
с калом	7,96±0,31	8,01±0,38	7,62±0,40
с мочой	11,74±0,07	11,42±0,61	11,01±0,54
Переварено:			
г/сут.	28,56±0,28	28,75±0,34	29,22±0,33
%	78,20±0,43	78,21±0,52	79,32±0,56
Отложено в теле:			
г/сут.	16,82±0,34	17,33±0,65	18,21±0,58
в % от принятого	46,05±0,69	47,14±0,70	49,43±0,77
в % от переваренного.	58,89±0,65	60,28±0,76	62,32±0,79

Полученные данные свидетельствуют о том, что использование комбикорма со сниженным уровнем сырого протеина и с добавкой аминокислот способствовало повышению переваримости протеина в желудочно-кишечном тракте, при этом улучшалось и использование переваренной его части по сравнению с контролем. Данные по использованию азота корма подтверждаются показателями интенсивности роста свиней, которая в значительной степени обусловлена уровнем анаболических процессов в организме. Более низкое усвоение азота в первой группе можно объяснить недостаточным поступлением лимитирующих аминокислот.

Следует отметить, что снижение уровня сырого протеина в рационе представляет собой эффективный метод снижения экскреции азота, что свидетельствует о более эффективном использовании азотистых веществ в обменных процессах.

Исходя из этих данных, можно считать, что у растущих поросят эффективность использования азотистых веществ зависит не только от общей обеспеченности

аминокислотами, но и от соблюдения оптимального (идеального) их соотношения в рационе. В условиях эксперимента обеспеченность «идеального» соотношения незаменимых аминокислот в большей степени была характерна для III группы. В то же время повышение уровня лимитирующих аминокислот – лизина, треонина и метионина у поросят II группы не оказало существенного влияния на переваримость азотистых веществ корма по сравнению с третьей группой.

При изучении морфологических показателей крови существенных межгрупповых различий между животными подопытных групп не отмечено, они находились в пределах физиологической нормы.

Повышенный уровень общего белка в сыворотке крови у свиней в III группе по сравнению с I группой ( $78,3 \pm 0,2$  и  $74,5 \pm 0,5$  г/л соответственно) может указывать на более эффективное усвоение азота корма, что подтверждается более высокой скоростью роста животных (табл. 5).

*Таблица 5. Морфологические показатели крови и биохимический состав сыворотки крови у подопытных свиней в конце опыта (M  $\pm$  m, n=3)*

Показатели	Группы		
	I	II	III
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	$5,21 \pm 0,31$	$5,38 \pm 0,3$	$5,48 \pm 0,31$
Гемоглобин, г/л	$106 \pm 2$	$111 \pm 2$	$113 \pm 2$
Лейкоциты, $\times 10^9/л$	$13,0 \pm 0,3$	$13,5 \pm 0,3$	$13,9 \pm 0,3$
Общий белок, г/л	$74,5 \pm 0,5$	$77,3 \pm 0,6$	$78,3 \pm 0,5$
Альбумины, г/л	$34,3 \pm 0,3$	$35,6 \pm 0,3$	$36,7 \pm 0,4$
Глобулины, г/л	$40,1 \pm 0,9$	$41,8 \pm 0,8$	$41,7 \pm 0,9$
А/Г	0,84	0,85	0,88
Мочевина, мМ	$6,88 \pm 0,13$	$6,29 \pm 0,12$	$6,15 \pm 0,12$
Креатинин, мкМ	$83,2 \pm 1,1$	$85,6 \pm 1,5$	$88,6 \pm 1,5$
АСТ, мМ	$118 \pm 6$	$123 \pm 6$	$127 \pm 5$
АЛТ, мМ	$72,5 \pm 1,5$	$75,6 \pm 1,6$	$77,9 \pm 1,7$
ЩФ-аза, мккат/л	$1,30 \pm 0,08$	$1,28 \pm 0,06$	$1,28 \pm 0,06$
Са, мМ	$2,38 \pm 0,15$	$2,45 \pm 0,11$	$2,49 \pm 0,11$
Неорг. Р, мМ	$2,53 \pm 0,11$	$2,68 \pm 0,14$	$2,75 \pm 0,15$

Концентрация мочевины в сыворотке крови в конце опыта у свиней III группы, была ниже, чем у животных I группы, что указывает на более эффективное использование азота. Концентрация креатинина (метаболита, характеризующего массу скелетных мышц) ниже у свиней I группы. Активность АСТ и АЛТ в сыворотке крови у свиней III группы в сравнении со II группой была выше, что связано с более полным использованием аминокислот в биосинтетических процессах в тканях.

Изучение убойных качеств подопытных свиней, проведенное в конце опыта, не выявило существенных межгрупповых различий (табл. 6).

По предубойной массе свиньи III группы превосходили животных II и I групп на 2,9 и 4,1 кг соответственно и имели более высокие показатели по убойной массе и убойному выходу.

При рассмотрении полученных данных по химическому составу длиннейшей мышцы спины у животных III группы отмечены некоторое повышение по содержанию сухого вещества, белка и липидов по сравнению с I группой. Показатели химического состава мяса у подопытных поросят соответствует физиологическим параметрам в данном возрасте.

Таблица 6. Убойные показатели и биохимический состав мышечной ткани свиней в конце опыта (M±m, n=3)

Показатели	Группы		
	I	II	III
Живая масса, кг	45,00± 0,58	46,20± 0,69	49,1± 0,73
Масса туши, кг	29,92±0,64	30,63± 0,72	33,94± 0,80
Убойный выход, %	66,50± 0,71	67,76±0,74	69,12± 0,82
	В длиннейшей мышце спины:		
Сух. вещества, %	24,61 ± 0,25	24,85±0,27	25,07 ± 0,10
Белок, %	19,33 ± 0,28	19,75±0,29	19,97±0,25
Липиды, %	2,35±0,32	2,45±0,31	2,63±0,27

В целом, по результатам проведенного исследования, при выращивании помесных боровков мясных пород на комбикормах со сниженным уровнем сырого целесообразно применять комплексную добавку синтетических аминокислот для обеспечения оптимального аминокислотного состава корма.

### Заключение

По данным опыта, проведенного на помесных боровках мясных пород (датский йоркшир × датский ландрас), при выращивании на комбикормах со сниженным уровнем сырого протеина в диапазоне значений живой массы 18-20...45-48 кг целесообразно применять комплексную добавку синтетических аминокислот для обеспечения оптимального аминокислотного состава корма (г/кг): лизин – 12,6 г (доступный – 10,8 г), треонин – 8,4 г (6,86 г), метионин + цистин – 7,6 г. (6,46 г), изолейцин – 7,12 г (5,93 г), лейцин – 13,4 г (11,2 г), валин – 8,12 г (7,27 г); при этом соотношение лизина к треонину, метионин + цистину, изолейцину, лейцину и валину должно составлять 66; 60; 56; 106 и 69% соответственно. При этом среднесуточный прирост составляет 613 г, расход корма 2,75 кг корма, 457 г сырого протеина и 35,8 МДж обменной энергии на 1 кг прироста живой массы.

### Список литературы

1. Калашников В.И. Фисинин В.В. Щеглов Н.И. Клеймёнов А.П. (ред.). Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. М., 2003. 456 с.
2. Колганов А.В. Липиды плазмы крови, продуктивность и качество продукции у растущих и откармливаемых свиней на низкопротеиновых рационах с разными уровнями лимитирующих аминокислот и обменной энергии. // Материалы XVII Международной научно-практической конференции «Современные проблемы интенсификации производства свинины в странах СНГ». Ульяновск. 2010. С. 126-131.
3. Махаев Е.А., Мысик А.Т., Стрекозов Н.И. Рекомендации по детализированному кормлению свиней мясного типа. Подольск-Дубровицы: ВИЖ. 2016. 118 с.
4. Ниязов Н.С.-А. Комбикорма для растущих свиней с разными уровнями сырого протеина и истинной доступности аминокислот для всасывания в кишечнике. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2021. №3. С. 69-81. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.3.69-81.
5. Ниязов Н.С.-А. Комбикорма с разными уровнями протеина и доступности аминокислот для растущих свиней. // Свиноводство. 2019. № 5. С. 21-23.
6. Ниязов Н.С.-А., Кальницкий Б.Д. Влияние низкопротеиновых рационов с разными уровнями незаменимых аминокислот и обменной энергии на продуктивность и обменные процессы у свиней. // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 6. С. 35-38.
7. Рядчиков В., Омаров М., Полежаев С. Идеальный белок в рационах свиней и птиц. // Животноводство России. 2010. № 2. С. 49-51.



8. Рядчиков В.Г. Нормы потребности свиней мясных пород и кроссов в энергии и переваримых аминокислотах. // Научный журнал Куб. ГАУ. 2007. № 34. С. 1-27.
9. Рядчиков В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. Краснодар: Кубанский ГАУ, 2012. 328 с.
10. Шакиров Ш.К. Научные аспекты протеинового и аминокислотного питания свиней. Казань: Фон АН РТ, 2006. 276 с.
11. Le Bellego L., van Milgen J., Dubois S., Noblet J. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. // J. Anim. Sci. 2001. Vol. 79. nr 5: P. 1259-1271.
12. Che L.Q., Peng X., Hu L. et al. The addition of protein-bound amino acids in low-protein diets improves the metabolic and immunological characteristics in fifteen- to thirty-five-kg pigs. // J. Anim. Sci. 2017, Vol. 95. nr 3. P. 1277-1287.
13. Chung T.K., Baker D.H. Maximal portion of the young pig's sulfur amino acid requirement that can be furnished by cystine. // J. Anim. Sci. 1992. Vol. 70. P. 1182-1187.
14. Duan Y.H., Zen, F.N. Li Y.H. et al. Effects of dietary branched-chain amino acid ratio on growth performance and serum amino acid pool of growing pigs. // J. Anim. Sci. 2016. Vol. 94 (Suppl. 3). P. 129-134.
15. Fastinger N.D., Mahan D.C. Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. // J. Anim. Sci. 2006. Vol. 84. P. 1722-1728.
16. Gloaguen M., Le Floch N., Corrent E., Primot Y. et al. Meal patterns in relation to the supply of branched-chain amino acids in pigs. // J. Anim. Sci. 2013. Vol. 91. nr 1. P. 292-297. DOI: 10.2527/jas.2012-5272.
17. Kwon W.B., Touchette K.J., Simongiovanni A., Syriopoulos K., Wessels A., Stein H.H. Excess dietary leucine in diets for growing pigs reduces growth performance, biological value of protein, protein retention, and serotonin synthesis. // J. Anim. Sci. 2019. Vol. 97. nr 10. P. 4282-4292. DOI: 10.1093/jas/skz259
18. Manjarín R., Columbus D.A., Adriana J.S. et al. Term effects of leucine and branched-chain amino acid supplementation of a protein- and energy-reduced diet on muscle protein metabolism in neonatal // Pigs Amino Acids. 2018. Vol. 50. nr 7. P. 943-959.
19. Mosenthin R., Sauer W.C., Blank R., Huisman J., Fan M.Z. The concept of digestible amino acids in diet formulation for pigs. // Livest. Prod. Sci. 2000. Vol. 64. P. 265-280.
20. Murgas T.R., Suryawan A., Gazzaneo M.C., Orellana R.A., Frank J.W., Nguyen H.V., Fiorotto M.L., El-Kadi S., Davis T.A. Leucine supplementation of a low-protein meal increases skeletal muscle and visceral tissue protein synthesis in neonatal pigs by stimulating mTOR-dependent translation initiation. // J. Nutr. 2010. Vol. 140. P. 2145-2152. DOI: 10.3945/jn.110.128421
21. Rojo, A., Ellis M., Gaspar E.B., Gaines A.M., Mc Keith F.K., Killefer J. Effects of low dietary inclusion levels of soybean meal and non-essential amino acid supplementation on the growth performance of late-finishing pigs. // J. Anim. Sci. 2016. Vol. 94 (Suppl. 2). P. 89-99.
22. Stein H.H., Seve B., Fuller M.F., Moughan P.J., De Lange C.F. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. // J. Anim. Sci. 2007. Vol. 85. P. 172-180.
23. Suryawan A., Torrazza R.M., Gazzaneo M.C., Orellana R.A., Fiorotto M.L., El-Kadi S.W., Srivastava N., Nguyen H.V., Davis T.A. Enteral leucine supplementation increases protein synthesis in skeletal and cardiac muscles and visceral tissues of neonatal pigs through mTORC1-dependent pathways. // Pediatr. Res. 2012. Vol. 71. P. 324-331. DOI: 10.1038/pr.2011.79
24. Yen J.T., Kerr B.J., Easter R.A., and Parkhurst A.M. Difference in rates of net portal absorption between crystalline and protein bound lysine and threonine in growing pigs fed once daily. // J. Anim. Sci. 2004. Vol. 82. P. 1079-1090.
25. Yin Y., Yao K., Liu Z., Gong M., Ruan Z., Deng D., Tan B., Liu Z., Wu G. Supplementing L-leucine to a low-protein diet increases tissue protein synthesis in weanling pigs. // Amino Acids. 2010. Vol. 39. P. 1477-1486. DOI: 10.1007/s00726-010-0612-5.

### References (for publications in Russian)

1. Kalashnikov V.I. Fisinin V.V. Shcheglov N.I. Kleimenov A.P. (red.). *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh.* (Norms and diets for feeding farm animals). Moscow, 2003. 456 p.
2. Kolganov A.V. [Blood plasma lipids, productivity and product quality in growing and fattening pigs on low-protein diets with different levels of limiting amino acids and metabolic energy]. In: *Materialy XVII*

- mezhdunarodnoi konferentsii «Sovremennye problemy intensivatsii proizvodstva sviny v stranakh SNG* (Proc. XVII Intern. Conf.: Modern problems of intensifying pork production in the CIS countries). Ul'yanovsk, 2010. P. 126-131.
3. Makhaev E.A., Mysik A.T., Strekozov N.I. *Rekomendatsii po detalizirovannomu kormleniyu svinei myasnogo tipa*. (Recommendations for detailed feeding of meat-type pigs). Podol'sk-Dubrovitsy: VIZh, 2016. 118 p.
  4. Niyazov N.S.-A. [Compound feed for growing pigs with varying levels of crude protein and true availability of amino acids for intestinal absorption]. *Problemy biologii produktivnykh zivotnykh* (Problems of productive animal biology). 2021. 3: 69-81. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.3.69-81
  5. Niyazov N.S.-A. [Compound feed with different levels of protein and availability of amino acids for growing pigs]. *Svinovodstvo* (Pig breeding). 2019. 5: 21-23.
  6. Niyazov N.S.-A., Kal'nitskii B.D. [The effect of low-protein diets with different levels of essential amino acids and metabolic energy on productivity and metabolic processes in pigs]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka* (Russian agricultural science). 2017. 6: 35-38.
  7. Ryadchikov V., Omarov M., Polezhaev S. [Ideal protein in the diets of pigs and birds]. *Zhivotnovodstvo Rossii* (Animal husbandry in Russia). 2010. 2: 49-51.
  8. Ryadchikov V.G. [The norms of the need for pigs of meat breeds and crosses in energy and digestible amino acids]. *Nauchnyi zhurnal Kub. GAU* (Sci. J. Cuban State Agr. Univ.). 2007. 34: 1-27.
  9. Ryadchikov V.G. *Osnovy pitaniya i kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh* (Fundamentals of nutrition and feeding of farm animals). Krasnodar: Kuban State Agrarian University. 2012. 328 p.
  10. Shakirov Sh.K. *Nauchnye aspekty proteinovogo i aminokislotnogo pitaniya svinei* (Scientific aspects of protein and amino acid nutrition of pigs). Kazan: Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan Prod, 2006. 276 p.

UDC 636.4.053.087.74.084.413:637.05

**Study of the efficiency of piglets growing on compound food with the additive of lysine, threonine, methionine and branched-chain amino acids**

Niyazov N.S.-A.

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

**ABSTRACT.** The aim of the work is to study the effect of low-protein diets supplemented with lysine, threonine, methionine, isoleucine, leucine and valine on productivity and metabolism in growing pigs. The experiment was carried out on three groups of pigs with an initial live weight of 18-20 kg ( $n = 10-11$ ). Piglets of the 1st group were fed compound feed with a reduced content of crude protein (CP) with a nutritional value of 1 kg of feed: ME 13.02 MJ, CP 165.6 g, lysine 10.6, methionine 3.3, methionine + cystine 6.3, threonine 7.0, isoleucine 6.6; leucine 12.6 and valine 7.8 g at a ratio to lysine (%): methionine 31, methionine + cystine 59%, threonine 66, tryptophan 19, isoleucine 59, leucine 110, valine 69, histidine 44, phenylalanine 67, tyrosine 51 and arginine 77. Group II piglets was fed the main diet with additional introduction of lysine, methionine and threonine into its composition, and group III piglets was fed the same feed as group II, but with the addition of isoleucine, leucine and valine at amino acid levels in accordance with the standards adopted in the Russian Federation. In group III, at the end of rearing, higher versus control values of live weight and average daily gain were 48.5 kg ( $P < 0.05$ ), and 613 g ( $P < 0.02$ ) with lower consumption of feed, crude protein and metabolic energy per 1 kg of fat gain (by 8.6, 8.2 and 8.6%, respectively) and more nitrogen deposition in the body. In general, a variant of the amino acid profile of the diet (g/kg feed) is presented when growing piglets on compound feed with a reduced level of SP: lysine 12.6 (available 10.8), threonine 8.4 (6.86), methionine + cystine 7.6 (6.46), isoleucine 7.12 (5.93), leucine 13.4 (11.2), valine 8.12 (7.27 g); while the ratio of lysine to threonine, methionine + cystine, isoleucine, leucine and valine should be 66; 60; 56; 106 and 69% respectively.

*Keywords: pigs, growth, low-protein diets, amino acid supplementation, nitrogen balance, meat quality*

*Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh* (Productive Animal Biology), 2023, 2: 67-77

Поступило в редакцию: 11.04.2023

Получено после доработки: 11.05.2023

Сведения об авторах:

**Ниязов Нияз Саид- Алиевич**, д.б.н., г.н.с., зав. лаб., тел. 8(961)005-54-00