

УДК 636.4.082.35.085.2:612.015.33:637.5.04/07
DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2022.2.78-89

**НИЗКОПРОТЕИНОВЫЕ КОМБИКОРМА, СБАЛАНСИРОВАННЫЕ
ПО ДОСТУПНЫМ АМИНОКИСЛОТАМ, В КОРМЛЕНИИ РАСТУЩИХ
СВИНЕЙ МЯСНОГО ТИПА**

Ниязов Н.С.-А., Панюшкин Д.Е., Пьянкова Е.В.

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

Снижение содержания сырого протеина (СП) в рационах с одновременным балансированием по аминокислотам позволяет не только снизить загрязнение окружающей среды азотом, но и производить менее дорогие и более экологически чистые рационы без негативного влияния на продуктивность свиней. Цель исследования – оценка влияния низкопротеиновых рационов с различными уровнями доступных аминокислот в рационах поросят мясного типа при выращивании и откорме. Опыт проведен на двух группах помесных свиней (♂ датский йоркшир × ♀ датский ландрас), которых в возрасте 55 дней (n=10). В ходе опыта определяли расход корма и интенсивность роста, в конце периода выращивания провели балансовый опыт и взятие образцов крови для биохимических исследований. В конце откорма провели убой для определения качества туш. По результатам опыта с учётом ранее полученных данных установлено, что для свиней мясного типа содержание обменной энергии (ОЭ) и аминокислот в рационах с низким содержанием белка (в том числе доступных для усвоения в тонком кишечнике) в I и II периодах выращивания и откорма составляет: ОЭ – 13,6; 13,3 и 12,7 МДж; СП – 166, 155 и 146 г/кг; лизин – 13,4 (11,5), 11,0 (9,44) и 9,03 (7,74) г/кг; треонин – 9,08 (7,78), 7,35 (6,3) и 6,51 (5,68) и метионин+цистин – 7,87 (6,37), 6,51 (5,25) и 6,19 (5,01) г/кг корма соответственно. Соотношение лизин/ОЭ в комбикормах для растущих поросят по периодам выращивания и откорма должно составлять 0,98; 0,83 и 0,71, соотношение треонин/лизин – 0,68; 0,67 и 0,72 и (метионин+цистин)/лизин – 0,59; 0,59 и 0,68. Использование таких комбикормов позволяет получать среднесуточные приросты живой массы 857 г в период выращивания и до 602 г на откорме при расходе корма на 1 кг прироста – 2,45 и 3,75 кг, СП – 381 и 549 г и ОЭ – 33,5 и 47,7 МДж, снижать выделение азота в окружающую среду и получить качественную свинину.

Ключевые слова: растущие свиньи, протеин, доступность аминокислот, эффективность использования корма, баланс азота, азотистый обмен, качество мяса.

Проблемы биологии продуктивных животных, 2022, 2: 78-89.

Введение

Используемые обозначение и термины: СП - сырой протеин, ПП – переваримый протеин; ЖМ – живая масса, ССП – среднесуточный прирост, КК – конверсия корма в продукцию (кг прироста ЖМ/ кг корма), N – азот, АК – аминокислоты, НАК – незаменимые аминокислоты, ЗАК – заменимые аминокислоты, ИД – истинная доступность аминокислот (усвояемость на терминальном участке подвздошной кишки, ОЭ – обменная энергия.

В последние годы основной проблемой для рентабельности свиноводческих предприятий стала высокая стоимость кормов. Если принять во внимание тот факт, что стоимость корма составляет наибольшую долю (около 70%) от общих затрат, то замена части аминокислот из основных источников сырого белка, таких как соевый шрот, рыбная и кровяная мука, кристаллическими аминокислотами повышает эффективность использования питательных веществ животными.

Уровень биологической полноценности протеина в рационе моногастричных животных определяется в основном их аминокислотным составом, особенно незаменимыми аминокислотами, при этом показатели усвояемости в кишечнике должны соответствовать потребностям животных в аминокислотах при минимальном содержании белка в рационе. Потребности свиней в аминокислотах во время выращивания и откорма (Калашников и др., 2003) основаны на оценке уровня аминокислот в корме. Для достижения оптимальной продуктивности животных, особенно мясного типа, уровень всех незаменимых аминокислот в рационе должен соответствовать физиологической потребности в них для поддержания основного обмена веществ и отложения белка в теле в зависимости от генетического потенциала продуктивности. Свиньи мясного типа обладают высоким потенциалом продуктивности, и для достижения высокой эффективности использования кормов рационы должны обеспечивать поступление энергии, белка, отдельных питательных веществ и биологически активных веществ в организм в определённых количествах и соотношениях (Carpenter et al., 2004; Махаев и др., 2009, 2016; Rodrigues et al., 2012; Рядчиков, 2013; Ниязов, 2017; Li et al., 2018).

Это означает, что при разработке рационов для растущих и откармливаемых свиней мясного типа важнейшим критерием является сбалансированность рационов по протеину и незаменимым аминокислотам, в частности, по лизину – первой лимитирующей аминокислоте в основных кормах. В сравнительных исследованиях, проведенных на растущих и откармливаемых свиньях разных генотипов, выявлено, что потребность в лизине у свиней породы ландрас выше, чем у крупной белой породы в период выращивания на 17% и в период откорма – на 25%. Установлено, что оптимальное содержание лизина в корме для крупной белой породы составляет 7,3 г в период выращивания и 6,0 г в период откорма, а для породы ландрас – 8,8 г и 7,5 г, соответственно (Махаев, 2016).

В исследованиях последних лет показана перспективность использования синтетических аминокислот для повышения биологической ценности низкокачественных белков. Открывается возможность рационального использования дефицитных и дорогостоящих белков животного происхождения, как наиболее полноценных белков в кормлении свиней и других видов животных. Повышение полноценности низкокачественных по биологической ценности белков 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 только в строго определённых условиях; основными из них являются следующие: 1) недостаток добавляемой аминокислоты в корме или рационе по отношению к уровню потребности, и 2) добавляемая аминокислота является первой лимитирующей аминокислотой в данном корме или рационе. При этом количество добавляемой аминокислоты не должно превышать величину физиологической потребности (Stein et al., 2007; Рядчиков, 2010; Кулинцев, 2011; Che et al., 2017; Омаров, 2017; Ниязов, 2019).

Поскольку организм не может накапливать аминокислоты (АК) для дальнейшего использования, нельзя упускать из виду тот факт, что синтез белка в организме относится к событиям «всё или ничего». Даже при отсутствии всего лишь одной АК в рационе рост поросят снижается. Как правило, в типовых рационах для поросят с низким содержанием сырого протеина (СП) лизин (Lys) является первой лимитирующей АК, за которой следуют треонин (Thr), метионин (Met), триптофан (Trp), Val и изолейцин (Ile). Теоретически, если уровни всех АК в рационах с низким содержанием СП соответствующим образом сбалансированы, то продуктивность поросят должна сохраняться. Составление рационов с учётом истинной доступности АК и обменной энергии позволяет снизить содержание СП без ущерба для продуктивности растущих свиней. Тем не менее, если содержание СП в рационе снижается на 4-6%, то одна или несколько заменимых аминокислот (ЗАК) и/или незаменимых аминокислот (НАК) (помимо первых пяти лимитирующих АК) могут стать лимитирующими.

В настоящее время накоплен большой объём экспериментального материала о влиянии разных уровней протеина и добавок синтетических аминокислот в рационах на эффективность использования питательных веществ корма, продуктивность и обменные процессы у свиней при балансировании аминокислотного состава кормового белка по критерию соответствия его "идеальному протеину", и это позволяет, с одной стороны, снизить загрязнение окружающей среды

азотом, а с другой стороны - повысить эффективность использования злаков с низким содержанием протеина в кормлении свиней. Так, было установлено повышение конверсии корма у поросят с ЖМ 27-100 кг, получавших рационы с низким содержанием сырого протеина с добавками синтетических аминокислот (Le Bellego et al., 2002),

Тем не менее, результаты исследований по использованию в кормлении свиней рационов со сниженным уровнем протеина с добавками аминокислот, проведенных на основе концепции идеального протеина, в целом пока довольно противоречивые, особенно по продуктивности, расходу корма на единицу прироста, отложению азота в организме животных, а также по качеству мяса. Так, было установлено, что снижение СП на 5% (с 18,2 до 13,4%) с добавлением незаменимых и заменимых (Gly и Glu) аминокислот не влияло на продуктивность поросят на доращивании с ЖМ в диапазоне от 19 до 44 кг (Powell et al., 2011). При надлежащем балансе всех незаменимых аминокислот и энергии показатели среднесуточных приростов, конверсия корма, убойный выход или толщина шпика у свиней с широким диапазоном живой массы от 20 до 110 кг, получавших рационы с низким содержанием сырого протеина, не отличались от показателей продуктивности свиней, получавших типовые рационы с высоким содержанием сырого протеина (Vidal et al., 2010; Gloaguen et al., 2010; Chen et al., 2011; Htoo et al., 2013). В ряде других исследований также утверждается, что снижение содержания СП с 2 до 6% практически не влияет на среднесуточные приросты (ССП) и конверсию корма (КК) поросят на доращивании и откорме свиней при условии необходимого баланса в рационах всех незаменимых аминокислот и энергии (Рядчиков, 2007; Родионова, и др., 2011; Madrid et al., 2013; Hansen et al., 2014; Ниязов, 2020).

Регулирование состава кормов для обеспечения необходимого уровня доступности аминокислот и энергии в рационах позволяет снизить содержание СП в рационе на 6% без отрицательного влияния на отложение азота (г/сут) у поросят в стартовом периоде с ЖМ 11-15 кг (Toledo et al., 2014; Le Bellego, Noblet, 2002). В ряде исследований на поросятах на доращивании и в заключительной стадии откорма в диапазоне ЖМ от 50 до 123 кг было отмечено, что снижение содержания СП в рационе от 2 до 9% не влияло на потребление азота (г/сут), но улучшало его отложение (%) при условии, что рационы хорошо сбалансированы по всем НАК и ОЭ (Lynch et al., 2008; Gloaguen et al., 2010; Hernandez et al., 2011; Омаров, 2017; Ниязов, Пьянкова, 2020; Niyazov et al., 2020).

Имеется ряд исследований, в которых установлен неблагоприятный эффект снижения содержания СП в рационе на продуктивность свиней. Так, при снижении содержания СП в рационе на 4% продуктивность поросят с ЖМ 32-90 кг ухудшается; а при снижении содержания СП на 3, 6 или 8% показатели ССП и КК у поросят с ЖМ 37-60 кг были хуже, чем у поросят, получавших рацион с нормальным содержанием СП (16%) (Guay et al., 2006). Анализ уровня АК в этом опыте показал, что в рационах с низким содержанием СП не хватало одной или нескольких АК (Thr, Lys и некоторых ЗАК), что могло ухудшить продуктивность. В ряде исследований установлено неблагоприятное влияние на ССП, КК или убойный выход туши у свиней с ЖМ от 55 до 121 кг при снижении содержания СП в рационе на 2-5% (De la Llata et al., 2002; Deng et al., 2007).

В рационах для растущих свиней важно учитывать не только уровень СП и ОЭ, но и энерго-протеиновое отношение, выражаемое отношением содержания лизина на 1 МДж ОЭ. Повышение энерго-протеинового отношения путём снижения концентрации сырого протеина до 15,5% при постоянном уровне ОЭ и лизина в рационах поросят приводит к увеличению ССП на 2-4%, снижению расхода протеина на 1 кг прироста, но не оказывает существенного влияния на использование и отложение азота и переваримость ОЭ (Глушко и др., 2018; Омаров, 2019).

В ходе исследований, проведенных в предыдущие годы, была создан архив данных по истинной доступности аминокислот в подвздошной кишке при использовании зерновых и высокобелковых кормов. Разработаны рецепты низкопротеиновых комбикормов с оптимальной концентрацией АК и питательных веществ для растущих свиней мясного типа, определены пределы допустимого снижения уровня протеина в рационах. Установлено, что снижение в периоды выращивания и откорма уровня кормового белка с добавлением в рационы лимитирующих аминокислот (лизина, треонина и метионина) на уровне их истинной доступности не оказывало

негативного влияния на продуктивные качества помесных свиней мясного типа по сравнению со стандартными питательными комбикормами.

Целью данной работы была оценка влияния низкопротеиновых рационов с различным уровнем доступных аминокислот на интенсивность роста, использование питательных веществ корма, обменные процессы в организме и качество мяса у свиней мясного типа.

Материал и методы

Опыт проведен в условиях вивария института на помесных поросятах (♂ датский йоркшир × ♀ датский ландрас). По принципу парных аналогов с учётом живой массы, были сформированы две группы свиней по 10 голов. Эксперимент был разделен на два периода - доращивания и откорма, каждому из которых соответствовали разные по составу и питательной ценности комбикорма. Кормление свиней проводили на протяжении всего опыта согласно программе кормления (Калашников и др., 2003). Содержание групповое в клетках, поение из автопоилок.

Животные I группы в периоды доращивания до ЖМ 30 и 55 кг и откорма получали низкопротеиновые комбикорма на ячменно-пшеничной основе (ОР) (табл. 1).

Таблица 1. Питательность комбикормов для свиней в периоды выращивания и откорма.

Показатели питательности (содержание в 1 кг корма)	Периоды выращивания				Откорм	
	до 30 кг		до 55 кг		до 108 кг	
	I	II	I	II	I	II
ЭКЕ	1,36	1,36	1,32	1,33	1,27	1,27
ОЭ, МДж	13,6	13,6	13,3	13,3	12,7	12,7
СП, г	166	166	155	156	146	146
ПП, г	132	133	124	123	117	117
Лизин, г	13,4	14,1	11,0	11,5	9,0	9,5
В т.ч. доступный, г	11,5	12,2	9,44	9,97	7,74	8,17
Треонин, г	9,08	9,51	7,35	7,70	6,51	6,82
В т.ч. доступный, г	7,78	8,21	6,3	6,65	5,58	5,89
Метионин+цистин, г	7,87	8,25	6,51	6,93	6,19	6,49
В т.ч. доступный, г	6,37	6,75	5,25	5,67	5,01	5,31
Триптофан, г	2,0	2,0	1,7	1,7	1,7	1,7
Отношение лизин/ОЭ	0,98	1,03	0,83	0,87	0,71	0,74
треонин/лизин	0,68	0,68	0,67	0,66	0,72	0,72
(метионин+цистин)/лизин	0,59	0,59	0,59	0,60	0,68	0,68
Сырой жир, г	41,9	80,4	56,9	56,8	23,1	23,1
Сырая клетчатка, г	44,2	44,2	49,1	49,1	5,9	5,9
Соль поваренная, г	4,0	54,0	4,4	4,4	4,6	4,6
Кальций, г	8,0	8,0	7,9	7,2	7,9	7,9
Фосфор, г	5,9	5,9	6,7	5,7	6,7	6,7

Примечания:* В 1 кг премикса КС-4 содержится: 600 тыс. МЕ витамина А; 120 тыс. МЕ витамина D₃; 0,2 витамина В₂; 0,5 г витамина В₃; 30 г витамина В₄; 1,5 г витамина В₅; 0,2 г витамина В₁₂; 4 г Fe; 7,5 г Zn; 2,5 г Mn; 0,5 г Cu; 0,015 г Co; 0,04 г J; 0,015 г Se и 0,5 г антиоксиданта. В 1 кг премикса КС-5 содержится: 450 тыс. МЕ витамина А; 90 тыс. МЕ витамина D₃; 0,15 витамина В₂; 0,35 г витамина В₃; 20 г витамина В₄; 1,0 г витамина В₅; 0,0015 г витамина В₁₂; 4 г Fe; 5 г Zn; 2,5 г Mn; 0,4 г Cu; 0,015 г Co; 0,03 г J; 0,0015 г Se и 0,5 г антиоксиданта.

Количество ОЭ энергии составляло: до достижения ЖМ 30 кг – 13,6 МДж, 55 кг – 13,28 и на откорме – 12,73 МДж. Содержание СП в корме в эти периоды составляла - 166, 155 и 145 г/кг, а незаменимых аминокислот – 13,4 г лизина (доступного – 11,5 г), 9,08 г треонина (доступного – 7,78 г) и 7,87 г метионина+цистина (доступного – 6,37 г); 11,02, (9,44), 7,35 (6,3) и 6,51 (5,25) и в период

откорма – 9,03 г (7,74), 6,51 г (5,58) и 6,19 г (5,01), соответственно. При этом соотношение лизина к обменной энергии (г/МДж) составляло 0,98, 0,83 и 0,71, треонина к лизину – 0,68, 0,67 и 0,72 и метионина+цистина к лизину – 0,59, 0,59 и 0,68 в эти периоды.

Поросята II группы получали такие же комбикорма, как в I группе, но с повышенными уровнями на 5% незаменимых аминокислот L-лизина, L-треонина и DL-метионина согласно истинной их доступности в компонентах комбикормов. При этом соотношение треонина и метионина+цистина к лизину были на одном уровне.

В ходе эксперимента учитывалось потребление комбикормов, расход корма на единицу прироста и интенсивность роста. С целью определения переваримости питательных веществ, усвоения азота и эффективности их использования, в конце периода выращивания был проведен балансовый опыт на трех головах с аналогичной живой массой из каждой группы. По окончании откорма животных забивали для определения убойных качеств и взятия образцов органов и тканей для биохимических исследований.

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

В крови определяли концентрацию эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина, содержание общего белка в плазме крови; альбумина, глобулинов, мочевины, креатинина, пептидность АЛТ и АСТ, щелочной фосфатазы, уровень кальция и неорганического фосфора (Кальницкий и др., 1997). При оценке качества туш были определены убойный выход, морфологический состав, площадь «мышечного глазка», толщина шпика, а в гомогенате мышц – белок, общий жир и валовая энергия.

Результаты и обсуждение

Эффективность выращивания при содержании поросят на опытных рационах с разными уровнями незаменимых аминокислот была оценена по показателям прироста живой массы, эффективности использования, усвоения питательных веществ корма и конверсии корма.

У поросят подопытных групп до достижения живой массы 30 кг не наблюдалось существенной разницы по показателям живой массы, среднесуточных приростов и конверсии корма, однако в конце периода выращивания у поросят I группы выявлено увеличение живой массы и среднесуточных приростов на 3,4 и 8,8%, а расход корма, сырого протеина и обменной энергии на единицу живой массы был на 8,2, 8,4 и 5,9% ниже по сравнению со II группой (табл. 2).

В период откорма живая масса свиней I группы, получавших низкопротеиновые комбикорма с добавлением лимитирующих аминокислот (лизина, метионина и треонина) в соответствии с их истинной доступностью, составила 106,9 кг (на 4,1% выше по сравнению с II группой (102,7 кг)). Среднесуточные приросты живой массы у подопытных свиней за этот период находились на уровне 857 и 822 г. Свиньи I группы тратили меньше корма, сырого протеина и обменной энергии на единицу продукции по сравнению со II группой, и у них сохранялась тенденция к снижению затрат сырого протеина, наблюдавшаяся ещё в период выращивания.

Таким образом, использование комбикорма с пониженным содержанием сырого протеина в рационе растущих свиней при условии добавления синтетических лимитирующих аминокислот (лизина, метионина и треонина), исходя из их истинной доступности, позволяет увеличить прирост живой массы, снизить расход корма, сырого белка и обменной энергии на единицу продукции по сравнению с рационами с повышенным на 5% содержанием аминокислот.

На основании результатов индивидуального учёта заданных кормов и их остатков, количества выделенного кала и их химического состава были рассчитаны коэффициенты переваримости питательных веществ комбикормов (табл. 3).

Таблица 2. Продуктивные показатели свиней в периоды выращивания и откорма ($M \pm m$, $n=10$)

Показатели	Группы	
	I	II
Период выращивания до 30 кг		
ЖМ в начале периода, кг	12,3±0,4	12,4±0,4
ЖМ масса в конце периода, кг	28,7±1,1	28,8±0,9
Прирост ЖМ, кг	16,4±0,8	16,3±0,6
Среднесуточный прирост, г	468±22	460±16
Потреблено корма за период, кг	48	48
Затрачено на 1 кг прироста:		
корма, кг	2,88	2,91
сырого протеина, г	486	488
обменной энергии, МДж	39,9	40,0
Период выращивания до 55 кг		
ЖМ в начале периода, кг	28,7±1,1	28,8±0,9
ЖМ в конце периода, кг	56,4±1,1	54,2±1,2
Прирост ЖМ, кг	27,7±0,5	25,4±0,5
Среднесуточный прирост, г	602±11	553±11
Потреблено корма за период, кг	68	68
Затрачено на 1 кг прироста:		
корма, кг	2,45	2,67
сырого протеина, г	381	416
обменной энергии, МДж	33,36	35,48
Период откорма		
ЖМ в начале периода, кг	56,4±1,1	54,2±1,2
ЖМ в конце периода, кг	106,9±1,4	102,7±1,9
Прирост ЖМ, кг	50,6±0,6	48,5±0,8
Среднесуточный прирост, г	857±10	822±14
Потреблено корма за период, кг	190	190
Затрачено на 1 кг прироста:		
корма, кг	3,75	3,91
сырого протеина, г	549	571
обменной энергии, МДж	47,73	49,74

Исследование показало, что использование низкопротеиновых комбикормов с добавками лимитирующих аминокислот (лизина, метионина и треонина) в соответствии с их истинной доступностью не оказало существенного влияния на переваримость питательных веществ корма. Коэффициенты переваримости питательных веществ корма в I и II группах составляли 78,4 и 78,6% для сухого вещества, 80,7 и 80,8 для органического вещества, 79,8 и 79,9 для протеина, 63,8 и 62,5 для жира, 68,4 и 37,0 для клетчатки, 88,6 и 88,0 для БЭВ и 37,0-37,5% для сырой золы соответственно; все они находятся в пределах максимальных величин для этого возраста и ЖМ.

Таблица 3. Коэффициенты переваримости питательных веществ корма, % ($M \pm m$, $n=3$)

Показатели	Группы	
	I	II
Сухое вещество	78,4±0,4	78,6±0,3
Органическое вещество	80,8±0,5	80,8±0,3
Сырой протеин	79,8±0,5	79,1±0,2
Сырой жир	63,8±1,0	62,5±0,4
Сырая клетчатка	38,4±1,0	37,2±0,7
БЭВ	88,6±1,2	88,0±1,2
Сырая зола	37,0±1,0	37,5±0,2

Результаты балансовых опытов также показывают, что снижение уровня сырого протеина в рационе с добавлением синтетических незаменимых аминокислот (лизина, треонина и метионина) до уровня их истинной переваримости в желудочно-кишечном тракте является эффективным методом снижения экскреции азота (табл. 4.). У свиней I группы с калом выделялось на 0,37, а с мочой – на 1,81 г/сут. меньше по сравнению со II группой. Отложение азота в организме свиней подопытных групп находилось в пределах 20,6-19,1 г /сут. Свиньи I группы лучше использовали азот корма, как в расчёте от принятого – на 3,7%, так и от переваренного – на 3,4%, по сравнению со II группой.

Таблица 4. Использование азота корма в период доращивания, г/сутки и % (M±m, n=3)

Показатели	Группы	
	I	II
Принято азота с кормом	48,84±0,07	48,99±0,19
Выделено с калом	9,87±0,27	10,25±0,12
с мочой	18,52±0,12	20,33±0,82
Переварено	38,97±0,33	38,75±0,09
%	79,80±0,52	79,09±0,17
Отложено в теле	20,60±0,21	19,14±0,16
% от принятого	42,08±0,50	39,07±0,18
% от переваренного	53,04±0,48	49,61±0,46

Исходя из этих данных, можно предположить, что улучшение доступности аминокислот для усвоения в желудочно-кишечном тракте и обеспечение их оптимального соотношения а рационе является одним из существенных факторов для повышения эффективности использования азотистых веществ и продуктивности растущих свиней. В данном исследовании наиболее полное обеспечение потребностей организма было характерно для поросят I группы. В то же время у поросят II группы, которых кормили комбикормом с повышенным на 5% содержанием аминокислот в рационе, наблюдался дисбаланс аминокислот. В ранее проведенных исследованиях также было установлено, что при недостатке или избытке лимитирующих аминокислот в рационах свиней возникает дисбаланс не только по незаменимым, но и по заменимым аминокислотам (Рядчиков, и др., 2010, 2013).

Изучение биохимических показателей крови (общий белок, альбумины, глобулины, мочевины, креатинин, щелочная фосфатаза, кальций, фосфор, АЛТ, АСТ) показало, что эти показатели у свиней опытных групп находились в пределах физиологической нормы, применение экспериментальных комбикормов не вызывало нарушений обмена веществ и обеспечивало высокие темпы роста (табл. 5). Содержание общего белка в крови животных I группы было на 5% выше по сравнению со II группой, что может свидетельствовать о тенденции оптимизации азотистого метаболизма. Это подтверждается, с одной стороны, лучшей усвояемостью сырого протеина, и с другой стороны –гло сниженной концентрацией мочевины в крови животных I группы (5,9 против 6,3 мМ во II группе), что свидетельствует о более высокой эффективности использования аминокислот для биосинтеза белка. Концентрация креатинина в крови свиней опытных групп составила 91,2 и 85,6 мкМ. Этот показатель коррелирует с величиной живой массы за периоды роста, что даёт основание полагать, что аминокислотный состав рационов в I группе был лучше сбалансирован по незаменимым аминокислотам. Активность аспаратаминотрансферазы (АСТ), которая является интегральным индексом в процессах синтеза белка, была выше в I группе, что свидетельствует о более эффективном использовании аминокислот в процессах биосинтеза в тканях. В условиях эксперимента не наблюдалось значительных колебаний активности щелочной фосфатазы, концентрации кальция и неорганического фосфора в плазме крови.

Исследование состава туш при убое в конце опыта не выявило значительных различий в морфологическом составе туш между I и II группами (табл. 6.).

Таблица 5. Морфологические и биохимические показатели плазмы крови в конце периода откорма (M±m, n=3)

	Группы	
	I	II
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	5,41±0,31	5,38±0,3
Гемоглобин, г/л	113±2	106±2
Лейкоциты, $\times 10^9/л$	13,8±0,3	13,9±0,3
Общий белок, г/л	79,3±0,6	75,5±0,5
Альбумины, г/л	36,6±0,3	34,3±0,3
Глобулины, г/л	43,0±0,9	41,1±0,9
А/Г	0,86	0,83
Мочевина, мМ	5,88±0,13	6,29±0,12
Креатинин, мкМ	91,2±1,4	85,6±1,5
АСТ, Ед./л	130±4	126±3
АЛТ, Ед./л	63,1±1,1	70,8±4,6
Щелочная фосфатаза, Ед./л	139±18	134±20
Са, мМ	2,58±0,15	2,45±0,11
Рнеорг., мМ	2,65±0,11	2,62±0,09

Таблица 6. Убойные качества и химический состав гомогената мышц свиней в конце откорма (M±m, n=3)

Показатели	Группы	
	I	II
Предубойная живая масса, кг	108±1	103,5±0,5
Убойная масса, кг	71,2±0,6	68,5±0,7
Убойный выход, %	65,9±0,02	66,2±0,2
Масса полутуши, кг	34,9±0,5	33,6±0,1
мяса, кг	23,2±0,8	21,8±0,26
сала, кг	6,57±0,24	6,72±0,05
костей, кг	5,11±0,05	5,12±0,08
Площадь «мышечного глазка», см ²	46,0±1,0	42,5±1,0
Толщина шпика, мм	21,0±1,0	22,5±0,5
Содержание в гомогенате мышц:	31,8±0,1	31,7±0,1
сухого вещества, г/100 г		
белка, г/100 г	18,6±0,1	17,4±0,1
общего жира, г/100 г	12,0±0,9	12,8±1,0
валовой энергии, МДж	26,2±0,2	26,9±0,6

Увеличение прироста мышечной ткани в тушах свиней I группы могло быть обусловлено оптимальным содержанием лимитирующих аминокислот в рационе. Не менее важной качественной характеристикой мясной продуктивности является химический состав мышц, в частности, содержание липидов и белков. Более высокое содержание и более интенсивное отложение белков в мышцах отмечено у свиней, получавших низкопротеиновые рационы с добавкой незаменимых аминокислот, по сравнению со II группой. Напротив, у животных II группы наблюдалось повышенное отложение жира в гомогенате мышц. Высокий уровень отложения жира в мышцах у свиней II группы можно отнести на счёт усиленного использования углеродного скелета аминокислот для синтеза липидов в связи с несбалансированностью аминокислотного питания.

Полученные результаты согласуются с данными других исследований, в которых также установлено, что низкопротеиновые рационы обогащенных НАК улучшают качество мяса свинины (Carpenter et al., 2004; Тимошкина, и др., 2010; Rodrigues et al., 2012; Li et al., 2018)

Заключение

По результатам проведенного эксперимента и ранее проведенных исследований установлено, что для свиней мясного типа содержание обменной энергии (ОЭ) и аминокислот (АК) в рационах с низким содержанием белка (в том числе доступных для усвоения в тонком кишечнике) в I и II периодах выращивания и в период откорма составляет: ОЭ – 13,6, 13,3 и 12,7 МДж; сырой протеин – 166, 155 и 146 г/кг; лизин – 13,4 (11,5), 11,0 (9,44) и 9,03 (7,74) г/кг; треонин – 9,08 (7,78), 7,35 (6,30) и 6,51 (5,68) и метионин+цистин – 7,87 (6,37), 6,51 (5,25) и 6,19 (5,01) г/кг корма соответственно. Соотношение лизин/ОЭ в комбикормах для растущих поросят по периодам выращивания и откорма должно составлять 0,98, 0,83 и 0,71, соотношение треонин/лизин – 0,68, 0,67 и 0,72, (метионин+цистин)/лизин – 0,59, 0,59 и 0,68. Использование таких комбикормов позволяет получать среднесуточные приросты в период выращивания до 602 г и на откорме 857 г при расходе корма на 1 кг прироста ЖМ – 2,45 и 3,75 кг, сырого протеина – 381 и 549 г и ОЭ – 33,5 и 47,7 МДж, снизить выделение азота в окружающую среду и получать качественную свинину.

Список литературы

1. Глушко В., Рошин В., Глушко А. Баланс энергии и незаменимых аминокислот в комбикормах для молодняка свиней. // Комбикорма. 2018. № 5. С. 46-48.
2. Калашников А.П., Фисинин В.И. Щеглов В.В., Клейменов Н.И. (Ред.). Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. М., 2003. 456 с.
3. Кальницкий Б.Д. (Ред.). Методы биохимического анализа. Боровск, 1997. 356 с.
4. Кулинцев В.В. Влияние сбалансированности рационов по незаменимым аминокислотам на продуктивность молодняка свиней. // Достижения науки и техники в АПК. 2011. № 2. С. 39-41.
5. Махаев Е. Протеиновое питание свиней мясного типа. // Животноводство России. 2009. № 8. С. 35-36.
6. Махаев Е.А., Мысик А.Т., Стрекозов Н.И. Рекомендации по детализированному кормлению свиней мясного типа. Подольск-Дубровицы: ВИЖ, 2016. 118 с.
7. Ниязов Н.С.-А. Комбикорма с разными уровнями протеина и доступности аминокислот для растущих свиней. // Свиноводство. 2019. № 5. С. 21-23.
8. Ниязов Н.С.-А., Родионова О.Н. Продуктивность свиней мясного типа при разных уровнях в рационе сырого протеина, обменной энергии и незаменимых аминокислот. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2019. № 2. С. 87-97.
9. Ниязов Н.С.-А., Пьянкова Е.В. Снижение уровня протеина и добавка аминокислот в рацион свиней уменьшает выделение азота // Свиноводство. 2020. № 5. С. 16-18. DOI: 10.37925/0039-713X-2020-3-30-32
10. 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.
11. Омаров М.О., Слесарева О.А., Османова С.О. Эффективность низкобелковых рационов в кормлении молодняка свиней. // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. 2017. Т.6. №1. С. 216-220.
12. Омаров М., Зелкова Н., Слесарева С. Лизин в рационах с различной концентрацией энергии для поросят. // Комбикорма. 2019. № 7-8. С. 38-39.
13. Родионова О.Н., Тимошкина Е.И., Колганов А.В. Влияние низкопротеинового рациона с разными уровнями обменной энергии и лимитирующих аминокислот на обмен веществ и продуктивность свиней. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2011. № 2. С. 87-93.
14. Рядчиков В.Г. Нормы потребности свиней мясных пород и кроссов в энергии и переваримых аминокислот. // Животноводство. 2007. № 11. С. 21-24.
15. Рядчиков В., Омаров М., Полежаев С. Идеальный белок в рационах свиней и птиц. // Животноводство России. 2010. № 2. С. 49-51.
16. Рядчиков В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. Краснодар: КЕАУ, 2013. 616 с.
17. Тимошкина Е.И., Колганов А.В., Родионова О.Н. Убойные характеристики свиней в период откорма и качественные показатели свинины в зависимости от сбалансированности рационов по лимитирующим аминокислотам. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2010. № 4. С. 55-62.

18. Carpenter D.A., O'Mara F.P., O'Doherty J.V. The effect of dietary crude protein concentration on growth performance, carcass composition and nitrogen excretion in entire grower-finisher pigs. *Irish // J. Agric. Food Res.* 2004. Vol. 43. P. 227-236.
19. 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. DOI: 10.2527/jas.2016.0990.
20. Chen H., Zhang X.Yi.G., Lu N., Chu L., Thacker P.A., Qiao S.Y. Studies on reducing nitrogen excretion Net energy requirement of finishing pigs maximizing performance and carcass quality fed low crude protein diets j supplemented with crystalline amino acids. *// J. Anim. Sci. Biotech.* 2011. Vol. 2 nr 2. P. 84-93.
21. Deng D., R.L. Huang T.J. Li G.Y. et al. Nitrogen balance in barrows fed low-protein diets supplemented with essential j amino acids. *// J. Livest. Sci.* 2007. Vol. 109. P. 220-223.
22. Galassi G., Colombini S., Malagutti L., Crovetto G.M., Rapetti L. Effects of high fibre and low protein diets on performance, digestibility, nitrogen excretion and ammonia emission in the heavy pig. *// Anim. Feed Sci. Techn.* 2010. Vol.161. P. 140-148.
23. Gloaguen M., Le Floch N., Corrent E., Primot Y., van Milgen J. The use of free amino acids allows formulating very low crude protein diets for piglets. *// J. Anim. Sci.* 2014. Vol. 92. P. 637-644.
24. Guay F., Donovan S.M., Trottier N.L. Biochemical and morphological developments are partially impaired in intestinal mucosa from growing pigs fed reduced-protein diets supplemented with crystalline amino acids. *// J. Anim. Sci.* 2006. Vol. 84. P. 1749-1760.
25. Hansen M.J., Norgaar J.V., Adamsen A.P.S., Poulsen H.D. Effect of reduced crude protein on ammonia, methane, and chemical odorants emitted from pig houses. *// J. Livest. Sci.* 2014. Vol. 169. P. 118-124.
26. Hernandez F., Martinez S., Lopez C., Megias M.D., Loopez M., Madrid J. Effect of dietary crude protein levels in a commercial range, on the nitrogen balance, ammonia emission and pollutant characteristics of slurry in fattening pigs. *//Animal.* 2011.Vol. 5, nr 8. P. 1290-1298.
27. Htoo J.K., Trautwein J., Gao J., Dusel G. Feeding low protein, amino acid-fortified diets did not affect performance and carcass composition of growing finishing pigs. *// In: Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production (Oltjen J., Kebreab E. Lapierre H., Wageningen N.L., Eds). Wageningen Acad. Publ.* 2013. P. 169-172.
28. Le Bellego, L., Noblet J. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. *// J. Livest. Sci.* 2002. Vol. 76. P. 45-58.
29. Li Y.H., Li F.N., Duan Y.H., Guo Q.P., Wen C.Y., Wang W.L., Huang X.G., Yin Y.L. Low-protein diet improves meat quality of growing and finishing pigs through changing lipid metabolism, fiber characteristics, and free amino acid profile of the muscle *// J. Anim. Sci.* 2018. Vol. 96. nr 8. P. 3221-3232.
30. Lynch M.B., O'Shea C.J., Sweeney T., Callan J.J. O'Doherty J.V. Effect of crude protein concentration I and sugar-beet pulp on nutrient digestibility, nitrogen I excretion, intestinal fermentation and manure ammonia and odour emissions from finisher pigs. *// J. Anim. Sci.* 2008. Vol. 2. nr 3. P. 425-434.
31. Madrid J., Martinez S., Lopez C., Orengo J., Lopez M.J., Hernandez F. Effects of low protein diets on growth performance, carcass traits and ammonia emission of barrows and gilts. *// J. Anim. Prod. Sci.* 2013. Vol. 53. P. 146-153.
32. Niyazov N.S.-A., Cherepanov G.G., Ostrenko K.S. Use of low-protein diets for growing pigs to reduce fecal nitrogen excretion. *// Ukrainian Journal of Ecology.* 2020. Vol. 10. nr 1. P. 313-316. DOI:10.15421/2020_49
33. Powell S., Bidner T.D., Payne R.L. Southern L.L. Growth performance of 20- to 50-kilogram pigs fed low-crude-protein diets supplemented with histidine, cystine, glycine, glutamic acid, or arginine. *// J. Anim. Sci.* 2011. Vol. 89. P. 3643-3650.
34. Rodrigues N.E.B., Fialho E.T., Zangeronimo M.G., de Souza Cantarelli V., Rodrigues P.B., Filho M., Gomide E., Betarelli R. Reduction in the protein level and addition of oil in diets for finishing pugs under different temperatures. *// J. Revista Brasil. Zoot.* 2012. Vol. 41. nr 8. P 1878-1883.
35. Stein H.H., Sève B., Fuller M.F. et al. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application *// J. Anim. Sci.* 2007. Vol. 85. P.172-180.
36. Vidal T.Z. B., Fontes D.O., O.Silva F.C., Vasconcellos H.F., Silva M.A., Kill J.L. Souza L.P.O. Reduction of crude protein and supplementation of amino acids for barrows from 70 to 100 kg. *// J. Arquivo Brasil. Medic. Veter. Zoot.* 2010. Vol. 62. nr 4: P. 914-920.

References (for publications in Russian)

1. Glushko V., Roshchin V., Glushko A. [Balance of energy and essential amino acids in feed for young pigs]. *Kombikorma - Mixed feed*. 2018. 5: 46-48.
2. Kal'nitskii B.D. (Red.). *Metody biokhimitseskogo analiza* (Methods of biochemical analysis). Borovsk: VNIIFBiP Publ., 1997. 356 p.
3. Kulintsev V.V. [Influence of balanced diets for essential amino acids on the productivity of young pigs]. *Dostizheniya nauki i tekhniki v APK - Achievements of science and technology in the agro-industrial complex*. 2011. 2: 39-41.
4. Makhaev E. [Protein nutrition of meat-type pigs]. *Zhivotnovodstvo Rossii - Animal husbandry in Russia*. 2009. 8: 35-36.
5. 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 Publ., 2016. 118 p.
6. 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.
7. Niyazov N.S.-A., Rodionova O.N. [Productivity of meat-type pigs at different levels of crude protein, metabolic energy and essential amino acids in the diet]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of productive animal biology*. 2019. 2: 87-97.
8. Niyazov N.S.-A., P'yankova E.V. [Reducing protein levels and adding amino acids to the diet of pigs reduces nitrogen excretion]. *Svinovodstvo - Pig breeding*. 2020. 5: 16-18. DOI: 10.37925/0039-713X-2020-3-30-32
9. 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 zhivotnykh - Problems of productive animal biology*. 2021. 3: 69-81. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.3.69-81.
10. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I. Shcheglov V.V., Kleimenov N.I. (Eds.). *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Norms and rations for feeding farm animals). Moscow: Agropromizdat Publ., 2003. 456 p.
11. Omarov M. O., Slesareva O. A., Osmanova S.O. The effectiveness of low-protein diets in feeding young pigs]. *Sbornik nauchnykh trudov Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva - Collection of scientific works of the North Caucasian Research Institute of Animal Husbandry*. 2017. 6(1): 216-220.
12. Omarov M., Zolkova N., Slesareva S. [Lysine in diets with different energy concentrations for piglets]. *Kombikorma - Compound feed*. 2019. 7-8: 38-39.
13. Rodionova O.N., Timoshkina E.I., Kolganov A.V. [The effect of a low protein diet with different levels of metabolic energy and limiting amino acids on the metabolism and productivity of pigs]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of productive animal biology*. 2011. 2: 87-93. .
14. Ryadchikov V.G. [The norms of the need for pigs of meat breeds and crosses in energy and digestible amino acids]. *Zhivotnovodstvo – Livestock Breeding*. 2007. 11: 21-24.
15. Ryadchikov V., Omarov M., Polezhaev S. [An ideal protein in the diets of pigs and birds]. *Zhivotnovodstvo Rossii - Animal husbandry in Russia*. 2010. 2: 49-51.
16. Ryadchikov V.G. *Osnovy pitaniya i kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Fundamentals of nutrition and feeding of farm animals). Krasnodar: Agr. Univ. Publ., 2013. 616 p.
17. Timoshkina E.I., Kolganov A.V., Rodionova O.N. [Slaughter characteristics of pigs during the fattening period and quality indicators of pork, depending on the balance of diets for limiting amino acids]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of productive animal biology*. 2010. 4: 55-62.

UDC 636.4.082.35.085.2:612.015.33:637.5.04/07

**Low protein compound feeds, balanced by available amino acids,
in feeding growing meat-type pigs**

Niyazov N.S.-A., Panyushkin D.E., Pyankova E.V.

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

ABSTRACT. Reducing the content of crude protein in diets with simultaneous balancing by amino acids is an effective means of reducing the nitrogen release into the environment and will allow producing less expensive and more environmentally friendly diets without negatively affecting the productivity of pigs. The aim of the research is to assess the effect of low-protein diets with different levels of available amino acids in the diets for meat-type piglets during growing and fattening. The experiment was carried out on two groups of crossbred pigs (♂ Danish Yorkshire × ♀ Danish Landrace), 55 days old (n=10). During the experiment, the feed consumption and growth intensity were determined, at the end of the growing period, a balance experiment was carried out and blood samples were taken for biochemical studies. At the end of the fattening, a slaughter was carried out to determine the quality of the carcasses. Based on the results of the experiment, taking into account previously obtained data, it was established that the content of metabolic energy (ME) and amino acids (AA) in diets for meat-type pigs with a low protein content (including AA available for assimilation in the small intestine) in the I and II periods of growing and fattening is: ME – 13.6, 13.3 and 12.7 MJ; crude protein – 166, 155 and 146 g/kg; lysine – 13,4 (11,5), 11,0 (9,44) and 9.03 (7.74) g/kg; threonine – 9,08 (7,78), 7,35 (6,3) and 6.51 (5.68) and methionine+cystine – 7,87 (6,37), 6,51 (5,25) and 6.19 (5.01) g/kg of feed, respectively. The ratio lysine/ME in compound feeds for two periods of growing and for fattening period should be 0.98, 0.83 and 0.71, the threonine/lysine ratio is 0.68, 0.67 and 0.72, (methionine + cystine)/lysine – 0.59, 0.59 and 0.68. The use of such nutritious compound feeds makes it possible to obtain average daily increments during the growing period up to 602 g at 857 g fattening with feed consumption per unit increments – 2.45 and 3.75 kg, crude protein – 381 and 549 g and ME – 33.5 and 47.7 MJ, reduce nitrogen release into the environment and get high-quality pork.

Keywords: growing pigs, protein, availability of amino acids, feed efficiency, nitrogen balance, nitrogen metabolism, meat quality.

Problemy biologii productivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology. 2022. 2: 78-89.

Поступило в редакцию: 11.04.2022 Получено после доработки: 20.06.2022

Сведения об авторах:

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

Панюшкин Дмитрий Евгеньевич, к.б.н., м.н.с., тел. 8(980)716-23-38, panyshkin@yandex.ru

Пьянкова Евгения Владимировна, к.б.н., н.с.