

В.А. РОЩИН, Н.В. ПИЛЮК, С.А. ЛИНКЕВИЧ, А.В. ГОЛУШКО,
Л.А. ШВАБ, В.Н. ПИЛЮК

**КОМБИКОРМА ДЛЯ МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ,
СБАЛАНСИРОВАННЫЕ ПО ПЕРЕВАРИМЫМ
НЕЗАМЕНИМЫМ АМИНОКИСЛОТАМ**

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

Энергия необходима для всех биологических процессов, протекающих в живом организме. Она вырабатывается в результате окисления органических соединений, содержащихся в ингредиентах корма. В связи с этим большое значение приобретает оценка кормов и нормирование потребности животных по переваримым (усвояемым) аминокислотам. Поэтому целью данной работы явилось установление оптимального соотношения усвояемого лизина и обменной энергии в комбикормах для выращиваемого откармливаемого молодняка свиней. В процессе исследований в условиях школы-фермы ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» провели два научно-хозяйственные опыта на молодняке свиней: первый – на поросятах 2-4-месячного возраста, второй – для поросят на откорме. В ходе исследований установлено оптимальное соотношение переваримого лизина и обменной энергии в рационах свиней, которое способствует максимальному проявлению их продуктивных качеств. Рационы для поросят на доращивании, содержащие 13,5 МДж обменной энергии и 10,5 г переваримого лизина, а для свиней I и II периода откорма соответственно 13,0 МДж и 8,3 и 8,0 г способствуют в полной мере реализации их генетического потенциала. Так, опытные животные характеризовались наивысшими среднесуточными приростами живой массы, минимальным потреблением комбикормов, обменной энергии, наименьшей толщиной шпика и наибольшей площадью «мышечного глазка».

Ключевые слова: доращивание, комбикорм, откорм, свиньи, переваримые незаменимые аминокислоты.

V.A. ROSCHIN, N.V. PILUYK, S.A. LINKEVICH, A.V. GOLUSHKO,
L.A. SHVAB, V.N. PILUYK

**COMPOUND FEED FOR YOUNG PIGS, BALANCED
IN TERMS OF DIGESTIBLE ESSENTIAL AMINO ACIDS**

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

Energy is necessary for all biological processes occurring in a living organism. It is produced as a result of the oxidation of organic compounds contained in feed

ingredients. In this regard, the evaluation of feed and rationing of digestible (assimilable) amino acids are of great importance. Therefore, the purpose of this work was to establish the optimal ratio of digestible lysine and metabolizable energy in compound feed for growing fattening young pigs. In the course of the research, two scientific and economic experiments on young pigs were carried out at the school-farm of the State Enterprise "ZhodinoAgroPlemElita": the first one – on piglets of 2-4 months of age, the second one – on fattening piglets. The research revealed the optimal ratio of digestible lysine and metabolizable energy in the diets of pigs, contributing to the ultimate manifestation of their production traits. Diets for growing-finishing piglets, containing 13.5 MJ of metabolizable energy and 10.5 g of digestible lysine, and diets for pigs of I and II fattening periods, containing 13.0 MJ of metabolizable energy and 8.3 and 8.0 g of digestible lysine, contribute to the full realization of their genetic potential. Thus, the experimental animals were characterized by the highest average daily gain in live weight, the minimum consumption of compound feed, metabolizable energy, the smallest fat thickness and the largest loin eye area.

Keywords: growing-finishing, compound feed, fattening, pigs, digestible essential amino acids.

Введение. Необходимость сокращения затрат на производство животноводческой продукции и уменьшения для окружающей среды вредных выбросов продолжает стимулировать интерес к определению идеальной структуры и количества всех питательных веществ, необходимых для обеспечения высокой продуктивности животного.

Энергия не является питательным веществом, но она необходима для всех биологических процессов, протекающих в живом организме. Она вырабатывается в результате окисления органических соединений (то есть углеводов, липидов и белков), содержащихся в ингредиентах корма, в то время как питательные вещества являются строительными блоками для организма животных, энергия используется для поддержания обменных процессов, связанных основными физиологическими функциями, такими как кровообращение, дыхание, мышечный тонус, ионный баланс, иммунные реакции, обновление тканей, физическая активность, приём и переваривание корма [1], а также синтезе новых тканей тела [2, 3]. Другим важным аспектом концентрации энергии в ингредиентах корма является то, что количество энергии в рационе влияет на потребление корма свиньями, поскольку свиньи имеют особенность потреблять корм до тех пор, пока их энергетические потребности не будут удовлетворены [4].

Рост животных является сложным результатом конкуренции между анаболическим и катаболическим процессом, что подразумевает постоянные изменения посредством синтеза новых белков и разрушения уже существующих. Вместе эти процессы называются белковым оборотом и приводят к росту мышц, когда синтез белков выше, чем распад или мышечному истощению, когда синтез ниже их распада [5]. Все

белковые вещества корма являются необходимыми элементами питания и могут усваиваться только после гидролиза в желудочно-кишечном тракте, в основном в виде аминокислот. Способность синтезировать мышечную ткань у растущих свиней зависит от удовлетворения потребностей в аминокислотах, особенно в незаменимых [6]. Кроме того, при отложении белка определяющим фактором эффективности использования питательных веществ в процессе роста свиней является соответствующее поступление энергии с кормом, которая варьирует в зависимости от уровня белка (аминокислот) в рационе [7].

Лизин (диаминокарбоновая кислота) является первой незаменимой аминокислотой для свиней при производстве комбикормов, в состав которых входят зерно ячменя, пшеницы, тритикале, овса, ржи, кукурузы, рапсовый и подсолнечный шроты. Он исключительно инертен в процессах обмена. В белки тканей тела лизин корма включается, не подвергаясь предварительным преобразованиям. Балансирование рационов молодняка свиней по лизину с использованием его кристаллических форм улучшает показатели их роста, особенно отложение в их теле азота. Он участвует в окислительно-восстановительных реакциях в организме, процессе ацилирования, положительно влияет на гемопоэз и состояние нервной системы [8]. Лизин в белке очень восприимчив к повреждению посредством термообработки, поскольку обладает реакционно активной электронной ϵ -аминогруппой, особенно если присутствуют восстановленные сахара. Поэтому последующие продукты лизина, созданные во время реакции Maillard, становятся недоступными для синтеза белков животными. С другой стороны, лизин, лейцин и фенилаланин подвержены окислению в кишечнике свиней [9]. Исследования J. van Goudoever et al. [10] показывают, что окисление незаменимых аминокислот происходит только в тонком отделе кишечника и составляет 2-5 % от объема, доступного для абсорбции. По данным D. Burtin et al. [11], окисление аминокислот в кишечнике может достигать одной трети всех окисляемых в организме аминокислот, поэтому метаболизм кишечника оказывает большое влияние на потребности всего организма в аминокислотах. Вместе с тем, эффективность использования аминокислот корма обусловлена различием в скорости всасывания их из кишечника. Постепенное освобождение и всасывание аминокислот, наблюдаемое при использовании в рационе натуральных белков, должно в большей мере благоприятствовать процессам анаболизма, чем интенсивное поступление аминокислот при скармливании свободных аминокислот. Исследованиями J. Yen et al. [12] доказано, что микрофлора кишечника более интенсивно поглощает кристаллические аминокислоты, такие как лизин и треонин, чем аминокислоты, высвобождающиеся в процессе переваривания натуральных белков, что также негативно сказывается на

усвояемости белковой составляющей корма.

В странах с высокоразвитым свиноводством считается более эффективным оценка кормов и нормирование потребности животных по переваримым (усвояемым) аминокислотам [13]. Под переваримостью аминокислот подразумевается способность освобождения из белковой молекулы под действием пищеварительных ферментов, затем через кишечную стенку поступать в кровь и потенциально использовать всосавшиеся аминокислоты. В нашей стране балансирование рационов по количеству переваримых аминокислот в кормах до сих пор не практикуется. Поэтому целью данной работы явилось установление оптимального соотношения усвояемого лизина и обменной энергии в комбикормах для выращиваемого откармливаемого молодняка свиней.

Материал и методика исследований. Для определения оптимального соотношения усвояемого лизина и обменной энергии в комбикормах для молодняка свиней в условиях школы-фермы ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» проведено два научно-хозяйственных опыта на молодняке свиней: первый – на поросятах 2-4-месячного возраста, второй – для поросят на откорме. Для опыта на дорастивании были сформированы по принципу пар-аналогов 3 группы свиней по 24 головы в каждой с учётом происхождения, пола, живой массы. Количество откармливаемых животных во втором опыте составило 22 головы. Исследования проводились по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственных опытов

Группа		Количество голов	Особенности рациона		
			обменная энергия, МДж/кг	переваримый лизин, г/кг корма	соотношение переваримый лизин/ОЭ, г/МДж
Дорастивание (33 дня)					
Контрольная	24	13,5	10,0	0,74	
I опытная	24	13,5	9,5	0,70	
II опытная	24	13,5	10,5	0,78	
I период откорма (30 дней)					
Контрольная	22	13,0	7,91	0,61	
I опытная	22	13,0	7,51	0,58	
II опытная	22	13,0	8,30	0,64	
II период откорма (30 дней)					
Контрольная	22	13,0	7,63	0,59	
I опытная	22	13,0	7,25	0,56	
II опытная	22	13,0	8,01	0,62	

Разработано с использованием программы «Кормоптима – v 5.0» по три рецепта комбикормов СК-21 для поросят 2-4-месячного возраста и

СК-26 и СК-31 для I и II периодов откорма. Уровень обменной энергии в комбикормах для животных контрольных групп был обеспечен в соответствии с требованиями СТБ-2111, а количество переваримых незаменимых аминокислот (лизина, метионина, треонина и триптофана) – по значениям, наиболее часто встречающимся в литературе [14]. Комбикорма для животных I опытной группы отличались пониженным на 5 % количеством переваримого лизина. Содержание других незаменимых аминокислот рассчитывалось в процентах к лизину в соответствии с концепцией «идеального протеина». В рационы животных II опытной группы было введено на 5 % больше переваримых незаменимых аминокислот по сравнению с контрольной группой. Состав и питательность опытных комбикормов приведены в таблицах 2 и 3. В ходе экспериментов изучались откормочные и убойные качества молодняка. Цифровой материал обработан биометрически [15].

Таблица 2 – Состав и питательность комбикормов для молодняка свиней на дорастивании

Компонент	СК-21		
	кон- трольная	I опытная	II опытная
1	2	3	4
Ячмень шелушенный, %	6,76	6,70	6,62
Кукуруза, %	22,00	22,00	22,00
Пшеница, %	39,10	39,30	39,10
Шрот подсолнечный (СП=35-38%), %	10,80	10,80	10,80
Шрот соевый (СП=44,3), %	14,50	14,50	14,50
Масло рапсовое, %	2,30	2,30	2,30
Мел молотый, I сорт, %	1,08	1,08	1,08
Соль поваренная корм., %	0,34	0,34	0,34
Монокальцийфосфат, I сорт, %	0,80	0,80	0,80
L-лизин гидрохлорид, %	0,46	0,40	0,53
D-метионин, %	0,12	0,09	0,15
L-треонин, %	0,22	0,18	0,25
L-триптофан, %	0,02	0,01	0,03
Премикс КС-3-1, %	1,00	1,00	1,00
Трепел, %	0,50	0,50	0,50
Итого, %	100	100	100
В 1 кг комбикорма содержится:			
Обменной энергии, МДж	13,51	13,51	13,52
Сырого протеина, г	182,00	180,90	183,00
Лизина переваримого, г	10,01	9,54	10,55
Метионина переваримого, г	3,61	3,32	3,91
Метионина с цистином переваримых, г	6,03	5,74	6,32

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Триптофана переваримого, г	2,02	1,92	2,12
Треонина переваримого, г	6,55	6,16	6,84
Лизин переваримый/ ОЭ, г/МДж	0,74	0,70	0,78

По содержанию основных питательных веществ в опытных комбикормах существенных различий не установлено.

Таблица 3 – Состав и питательность комбикормов для молодняка свиней I и II периодов откорма

Компонент	СК-26			СК-31		
	кон- троль- ная	I опыт- ная	II опыт- ная	кон- троль- ная	I опыт- ная	II опыт- ная
1	2	3	4	5	6	7
Ячмень, %	2,31	3,42	2,74	50,59	50,69	50,58
Кукуруза, %	26,29	26,50	26,28	28,00	28,00	27,90
Пшеница, %	48,00	47,90	48,00	6,43	6,43	6,43
Шрот подсолнеч- ный, %	11,65	11,60	11,65	8,60	8,60	8,60
Шрот соевый, %	8,43	7,30	7,86	3,00	3,00	3,00
Масло рапсовое, %	-	-	-	3,0	3,0	3,0
Мел молотый, I сорт, %	0,98	0,98	0,98	1,10	1,10	1,10
Соль поваренная корм., %	0,34	0,34	0,34	0,27	0,27	0,27
Монокальцийфос- фат, I сорт, %	0,48	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47
L-лизин гидрохло- рид, %	0,36	0,34	0,43	0,35	0,31	0,40
D- метионин, %	0,03	0,02	0,06	0,05	0,03	0,08
L-треонин, %	0,13	0,12	0,17	0,13	0,10	0,15
L-триптофан, %	-	-	0,01	0,01	-	0,02
Премикс КС-4-1, %	1,00	1,00	1,00	-	-	-
Премикс КС-4-2, %	-	-	-	1,00	1,00	1,00
Итого, %:	100	100	100	100	100	100
В 1 кг комбикорма содержится:						
Обменной энергии, МДж	13,03	13,01	13,02	13,01	13,01	13,02
Сырого протеина, г	162,50	158,30	161,80	152,90	152,10	153,70
Лизина перевари- мого, г	7,94	7,53	8,36	7,62	7,31	8,01
Метионина перева- римого, г	2,57	2,42	2,84	2,51	2,32	2,81

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
Метионина с цистином переваримых, г	4,74	4,54	4,98	4,60	4,40	4,89
Триптофана переваримого, г	1,59	1,53	1,66	1,59	1,50	1,69
Треонина переваримого, г	5,11	4,90	5,44	5,10	4,81	5,30
Лизин переваримый/ ОЭ, г/МДж	0,61	0,58	0,64	0,59	0,56	0,62

Результаты эксперимента и их обсуждение. Основными хозяйственными показателями животных являются живая масса свиней и скорость их роста. Данные динамики живой массы поросят в течение первого научно-хозяйственного опыта приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели развития поросят на дорацивании

Группа	Живая масса, кг		Среднесуточный прирост, г
	на начало опыта	но окончании опыта	
Контрольная	21,24±0,1	47,26±0,5	788±18,5
I опытная	21,35±0,1	46,95±0,7	776±20,8
II опытная	21,32±0,1	48,06±0,4	809±24,7

Установлено, что максимальная живая масса к концу опыта получена у животных II опытной группы – 48,06 кг, где скармливались комбикорма с содержанием 0,78 г переваримого лизина на 1 МДж обменной энергии. Сокращение количества лизина в рационах свиней I группы до 0,70 г/МДж привело к незначительному снижению их конечной живой массы на 0,7 %. Увеличение в комбикормах уровня переваримого лизина на 5 % способствовало повышению на 2,7 % среднесуточных приростов молодняка по сравнению с контролем. Потребление комбикормов поросятами представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Потребление питательных веществ комбикормов на дорацивании

Группы	Потреблено в среднем за опыт		
	Комбикорма, кг/гол/сутки	Обменной энергии, МДж/гол/сутки	Доступного лизина, г/гол/сутки
Контрольная	1,899	25,65	19,01
I опытная	1,929	26,06	18,40
II опытная	1,852	25,03	19,53

Как показывают приведённые данные, имеются различия как по уровню потребленных животными комбикормов, так и по количеству

питательных веществ. Так, поросята контрольной группы съедали в среднем за период опыта по 1,899 г корма, в котором содержалось 25,65 МДж обменной энергии и 19,01 г переваримого лизина. Молодняк I опытной группы за такой же период потребил по 1,929 г комбикорма, 26,06 МДж энергии и 18,4 г переваримого лизина. Увеличение до 0,78 г переваримого лизина на каждый МДж обменной энергии в комбикормах II группы способствовало сокращению потребляемых животными кормов на 2,5 %, обменной энергии – на 0,62 МДж, однако количество переваримого лизина возросло на 0,52 г в сутки.

Опытные группы для второго опыта были сформированы из животных, которые использовались в первом опыте (таблица 6). Спустя один месяц у подсвинков определили живую массу, которая в контрольной группе составила 75,24 кг, у животных опытных групп соответственно 72,35 и 76,22 кг. Второй период откорма составил также 30 дней. В итоге максимальная живая масса установлена у свиней II опытной группы – 105,53 кг, что на 2,4 % выше контрольных значений. Минимизация количества переваримого лизина, приходящегося на 1 МДж обменной энергии, в комбикормах животных I опытной группы привела к некоторому снижению их реализационного веса на 1,8 кг по сравнению с контролем. Аналогичные закономерности выявлены и по среднесуточным приростам подопытного молодняка.

Таблица 6 – Продуктивность молодняка свиней на откорме

Показатель	Группа		
	Контроль	I опытная	II опытная
Живая масса, кг			
Откорм: начало опыта	48,28±0,8	48,35±0,9	48,48±0,6
в конце I периода откорма	75,24±3,3	72,35±2,6	76,22±3,6
в конце II периода откорма	103,02±1,7	101,22±1,4	105,53±1,1
Среднесуточные приросты, г			
За I период откорма	899±26,7	800±23,4	925±35,9
За II период откорма	926±20,1	962±32,5	977±24,4
В целом за период откорма	912±21,3	881±21,3	951±18,7

Данные о потреблении питательных веществ молодняком на откорме представлены в таблице 7. Увеличение количества переваримых незаменимых аминокислот в комбикормах молодняка II опытной группы способствовало сокращению потребления ими кормов соответственно по периодам откорма на 0,5 и 2,7 %, обменной энергии – на 0,12 и 0,91 МДж, при этом увеличилось потребление переваримого лизина на 0,87 и 0,48 г по сравнению с контрольными животными. Снижение уровня переваримых аминокислот на 5 % в комбикормах для свиней I опытной группы привело к повышению потребления общего

количества кормов соответственно на 6,4 и 3,8 %, обменной энергии – на 1,81 и 1,31 МДж в сутки. Понижением количества переваримых незаменимых аминокислот в рационах этой группы не удалось снизить их потребление животными для продуктивных целей, в итоге по этому показателю существенных различий по сравнению с контролем не установлено.

Таблица 7 – Потребление питательных веществ комбикормов молодняком свиней на откорме

Группы	Потреблено комбикорма, кг/гол/сутки		Потреблено ОЭ, МДж/гол/сутки		Потреблено доступного лизина, г/гол/сутки	
	за I период откорма	за II период откорма	за I период откорма	за II период откорма	за I период откорма	за II период откорма
Контрольная	2,231	2,685	29,06	34,93	17,71	20,45
I опытная	2,373	2,786	30,87	36,24	17,86	20,36
II опытная	2,221	2,613	28,94	34,02	18,58	20,93

Результаты контрольного убоя (таблица 8) свидетельствуют о том, что повышение на 5 % количества переваримых незаменимых аминокислот, по сравнению с контролем, в комбикормах II опытной группы способствовало получению товарных животных более тяжёлых весовых кондиций, при этом наметилась тенденция снижения у них толщины шпика над 6-7 грудным позвонками и увеличения площади «мышечного глазка».

Таблица 8 – Убойные качества молодняка

Группа	Предубойная живая масса, кг	Масса охлажденной туши, кг	Убойный выход, %	Толщина шпика, мм	Площадь «мышечного глазка», см ²
Контрольная	101,6±0,53	68,2±0,64	69,0±1,04	24,1±1,10	34,5±1,2
I опытная	100,6±0,25	67,0±0,33	67,9±0,28	25,0±0,47	33,9±1,4
II опытная	105,7±1,45	72,4±0,81	70,1±0,87	24,0±1,49	35,6±1,0

Заключение. Принцип нормирования в комбикормах растущего откармливаемого молодняка свиней уровня обменной энергии и количества переваримых незаменимых аминокислот (лизина, а к нему, согласно концепции «идеального протеина», метионина, треонина и триптофана) позволяет наиболее полно удовлетворить физиологические

потребности животных в этих питательных веществах. Проведёнными исследованиями установлено оптимальное соотношение переваримого лизина и обменной энергии в рационах свиней. Так, рационы для поросят на дорастивании, содержащие 13,5 МДж обменной энергии и 10,5 г переваримого лизина, а для свиней I и II периода откорма соответственно 13,0 МДж и 8,3 и 8,0 г способствуют в полной мере реализации их генетического потенциала.

Литература

1. Introduction to the principles of nutrient partitioning for growth // *Modelling Growth in the Pig* / J. L. Black, C. F. M. de Lange ; ed. P. J. Moughan, M. W. A. Verstegen, M. I. Visser-Reyenevel. Wageningen : Wageningen Press, 1995. – P. 115-122.
2. Noblet, J. Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system / J. Noblet, J. van Milgen // *J. Anim. Sci.* – 2004. – Vol. 82(1). – P. 229-238.
3. Moehn, S. Using net energy for diet formulation: Potential for the Canadian pig industry / S. Moehn, J. Atakora, R. O. Ball // *Adv. Pork Prod.* – 2005. – Vol. 16. – P. 119-129.
4. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: A review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions / C. Nyachoti [et al.]. // *Can. J. Anim. Sci.* – 2004. – Vol. 84. – P. 549-566.
5. Norton, L.E. Leucine regulates translation initiation of protein synthesis in skeletal muscle after exercise / L. E. Norton, D. K. Layman // *J. Nutr.* – 2006. – Vol. 36(2). – P. 533-537.
6. Performance and carcass characteristics of swine from 20 to 50 kg receiving diets with reduced crude protein and different levels of true digestible lysine / M. G. Zangeronimo [et al.] // *Ciência Rural.* – 2009. – Vol. 39(5). – P. 1507-1513.
7. Urynek, W. Effect of dietary energy concentration and apparent ileal digestible lysine: metabolizable energy ratio on nitrogen balance and growth performance of young pigs / W. Urynek, L. Buraczewska // *J. Anim. Sci.* – 2003. – Vol. 81. – P. 1227-1236.
8. Amino acids in swine nutrition // *Swine Nutrition* / A. J. Lewis, ed. L. L. Southern. – 2nd ed. – Boca Raton, Florida : CRC Press, 2001. – P. 131-150.
9. Substrate oxidation by the portal drained viscera of fed piglets / B. Stoll [et al.] // *Am. J. Physiol.* – 1999. – Vol. 277(1Pt 1). – P. 168-175.
10. Adaptative regulation of intestinal lysine metabolism / J. B. Van Gaudoever [et al.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2000. – Vol. 97(21). – P. 11620-11625.
11. Nutrient requirements for intestinal metabolism and growth in the neonatal pig / D. G. Burrin [et al.]. // *Digestive Physiology of the Pig: Proc. 8th Intern. Symp. Diges. Physiol. Pigs.* – Uppsala, Sweden : EAAP Publ., 2001. – Vol. 99. – P. 75-88.
12. Difference in rates of net portal absorption between crystalline and protein-bound lysine and threonine in growing pigs fed once daily / J. T. Yen [et al.] // *J. Anim. Sci.* – 2004. – Vol. 82. – P. 1079-1090.
13. AmiPig. Ileal standardized digestibility of amino acid in feedstuffs for pigs / AFZ, Aginomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF // *FeedBase.com* [Electronic resource]. – 2000-2013. – Mode of access: <http://www.feedbase.com/downloads/ampipeng.pdf>. – Date of access: 21.02.2023.
14. PIC USA : Nutrient Specifications // *J. Nutr.* – 2003. – Vol. 1. – P. 57-79.
15. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Высшая школа, 1973. – 327 с.

Поступила 27.03.2023 г.