УДК 636.084.41:612.015.3:636.4

ВЗАИМОСВЯЗЬ ОБМЕНА ЭНЕРГИИ И МЕТАБОЛИЗМА У СВИНЕЙ

ПОПОВ В.С.,

доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр»,
e-mail: viktor.stugen@yandex.ru, тел.: 8 (920)7140260.

ВОРОБЬЕВА Н.В.,

кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр».

СВАЗЛЯН Г.А.,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр»

Реферат. Изучение энергетической обеспеченности организма растущего молодняка свиней за счет комбикормов является важным направлением в области физиологии питания животных. При этом выбор кормовых средств, входящих в комбикорм, имеет определенное значение в обеспечении метаболического статуса организма поросят. Результаты исследований, приведенные в статье, отражают эффективность использования обменной энергии поросятами с пониженным уровнем энергетического питания в комбикорме СК-5, сбалансированного с учётом детализированных норм кормления при содержании 17,8 % сырого протеина в контрольной группе и 18,4 % в опытных группах, 5,2 %; 5,8 %; 6,6 % и 7,0 % сырой клетчатки – соответственно по группам подопытных поросят. Установлено, что энергетическая питательность рационов находится в обратной зависимости от содержания в них клетчатки. При этом с увеличением клетчатки снижается расход чистой энергии на активность поддержания жизни и возрастает на прирост живой массы. На основании выявленных закономерностей установлена зависимость между живой массой (Ж.М.) поросят, содержанием сухого вещества (С.В.), сырого протеина (С.П.) и сырой клетчатки (С.К.), которая характеризуется уравнениями множественной регрессии, которые могут быть использованы для определения потребности поросят в обменной энергии. На основании биохимических показателей крови поросят и питательности комбикорма рассчитаны уравнения регрессии, математическое выражение которых позволяет прогнозировать уровень обеспеченности обменной энергией организм растущих поросят.

Ключевые слова: валовая энергия, переваримая энергия, обменная энергия, комбикорм, поросята-отъемыши, сырой протеин, клетчатка, метаболизм.

THE RELATIONSHIP OF ENERGY EXCHANGE AND METABOLISM IN PIGS

POPOV V.S.,

doctor of veterinary Sciences, chief researcher, Federal Agricultural Kursk Research Center,
e-mail: viktor.stugen@yandex.ru, тел.: 8 (920)7140260.

VOROBIEVA N.V.,

candidate of veterinary Sciences, senior researcher, Federal Agricultural Kursk Research Center.

SVAZLIAN G.A.,

candidate of biological Sciences, senior researcher, Federal Agricultural Kursk Research Center.

Essay. The study of energy security of the body of growing young pigs at the expense of animal feed is an important area in the field of animal nutrition physiology. In this case, the choice of feed products included in the feed has a certain value in ensuring the metabolic status of the piglets. The

results of the studies presented in the article reflect the efficiency of the use of metabolic energy by piglets with a reduced level of energy supply in the feed SK-5 balanced with detailed feeding standards at a content of 17.8 % of crude protein in the control group and 18.4 % in the experimental groups, 5.2 %; 5.8 %; 6.6 % and 7.0 % of crude fiber-respectively, in the groups of piglets. It is established that the energy nutritional value of diets is inversely dependent on the content of fiber. At the same time, with the increase in fiber, the consumption of clean energy for the activity of maintaining life decreases and increases for the growth of live weight. On the basis of the revealed regularities, the dependence between the live weight (LM) of piglets, the content of dry matter (SV), crude protein (SP) and crude fiber (SG), which is characterized by multiple regression equations, which can be used to determine the needs of piglets in metabolic energy, was established. On the basis of biochemical parameters of piglets' blood and feed nutrient the regression equations are calculated, the mathematical expression of which allows to predict the level of exchange energy supply to the organism of growing piglets.

Keywords: gross energy, digestible energy, metabolic energy, feed, weaned piglets, crude protein, fiber, metabolism.

Введение. В исследованиях отечественных учёных вопрос об использовании и распределении энергии в организме свиней, поступающей с кормом, достаточно изучается. Вместе с тем, имеющиеся данные о влиянии структуры рационов и отдельных их компонентов и, в частности, клетчатки на использование энергии организма поросятами имеют противоречивый характер, при этом доступность отдельных питательных веществ корма различна, и на их усвоение требуется различное количество обменной энергии [1. - С. 62; 2. - С. 49; 3].

Содержание клетчатки как вещества, придающего объём рациону и затрудняющего при большом поступлении процессы пищеварения, должно быть не более 8-10 % сухого вещества рациона (оптимальное количество клетчатки для поросят – 3 %, откармливаемого молодняка – 5-7 % от сухого вещества). Недостаточное количество клетчатки в рационах свиней вызывает такие заболевания, как язва желудка и кишечника, гастрит, гастроэнтерит [4, 5]. Объясняется это ролью клетчатки как балластного вещества, способствующего активизации моторики желудочно-кишечного тракта и профилактике заболевания свиней язвой и эрозией желудка при использовании концентрированных кормов тонкого помола [6].

Как углевод клетчатку необходимо включать в рацион животных не только потому, что она является источником энергии, но следует иметь в виду, что она дополняет питательные вещества (протеин), способствует синтезу витаминов и аминокислот в организме.

Цель наших исследований – оценить эффективность использования энергии сложных

рационов растущих свиней при снижении уровня энергетического питания за счёт увеличения клетчатки в рационах.

Материал и методика исследования. Материалом послужило проведение балансового опыта на поросятах-отъёмышках и анализ по методике опытного дела в животноводстве [7]. Основным рационом был комбикорм марки СК-5, сбалансированный с учётом детализированных норм кормления, при содержании 17,8 % сырого протеина в контрольной группе и 18,4 % в опытных группах, 5,2 %; 5,8 %; 6,6 % и 7,0 % сырой клетчатки – соответственно по группам подопытных поросят.

Эффективность использования энергии оценивали по обменной энергии (О.Э.), распределение которой проводили с учётом разделения чистой энергии корма (Ч.Э.) на чистую энергию продукции и для поддержания жизни с определением количества энергии теплоприращения (Э.Т.П.).

Экспериментальный материал обработан с помощью методов вариационной статистики и с определением уравнений множественной регрессии с определением уравнений, отражающих взаимосвязь содержания обменной энергии комбикормов с живой массой поросят и питательностью комбикормов, уровнем и направленностью метаболитов обмена веществ.

Результаты исследования. Энергетическая ценность рационов, приведенная в таблице 1, отражает потребление энергии по группам свиней.

При этом энергетическая питательность рационов находится в обратной зависимости от содержания в них клетчатки, что влияет на распределение энергии в организме и эффективность использования (таблица 2).

КОРМОПРОИЗВОДСТВО, КОРМЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЯ КОРМОВ

Таблица 1 – Энергетическая ценность рационов, n=3

Группа	Потреблено				
	В.Э. (МДж)	П.Э. (МДж)	Обменной энергии		Ч.Э. (МДж)
			МДж	Степень обмен.	
1	17,8	13,2	12,3	0,7	8,35
2	17,0	12,3	12,0	0,7	8,33
3	17,5	12,6	11,9	0,7	8,03
4	17,3	12,2	11,8	0,7	8,35

Таблица 2 – Эффективность использования обменной энергии, n=3

Показатели		Группы			
		1	2	3	4
Содержание в 1 кг	клетчатка, %	5,2	5,8	6,6	7,0
	О.Э.(МДж)	12,3	12,0	11,9	11,8
Живая масса, кг		31,1	28,2	30,2	25,8
Обменная масса, w ^{0,75}		13,2	12,24	12,9	11,5
Обменная энергия на поддержание жизни (МДж)	О.Э.	6,5	6,1	6,45	5,57
	Ч.Э.	5,14	5,0	5,15	4,8
	Э.Т.П.	1,36	1,1	1,3	0,95
Обменная энергия на прирост, (МДж)	О.Э.	5,8	5,9	5,5	6,0
	Ч.Э.	3,21	3,33	2,88	2,35
	Э.Т.П.	2,59	2,57	2,65	3,65
Использование О.Э., %	на прирост	47,2	49,2	46,0	50,8
	на поддержание жизни	52,8	50,8	54,0	49,2

Данные, приведенные в таблице 2, свидетельствуют, что увеличение клетчатки в рационах опытных групп ведёт к увеличению уровня обменной энергии на прирост живой массы поросят при снижении общей обменной энергии.

При этом следует отметить, что с увеличением клетчатки снижается расход чистой энергии на активность поддержания жизни и возрастает на прирост живой массы, а недостаток энергии, поступающей с кормом, восполняется за счёт микробного расщепления клетчатки в толстом отделе кишечника, высвобождения жирных кислот, использования их для энергетических целей.

Это подтверждают данные биохимических исследований крови, где установлено увеличение уровня общих липидов. Это согласуется с распределением энергии в организме (таблица 3). При этом следует отметить возрастание энергетической ценности прироста, где проявляется тенденция увеличения энергии в теле за счёт жира, однако определённой закономерности не установлено.

Таким образом, потребление растущим молодняком свиней определённого количества корма, оцененного в обменной энергии, с повышенным уровнем клетчатки, дало возмож-

ность получить соответствующие приросты живой массы, его энергетическую ценность, а также эффективность использования энергии корма (таблица 4).

Затраты чистой энергии находятся в прямой зависимости от прироста, часть её используется на поддержание жизни, синтез белка и жира. Предположительно её расход зависит от живой массы свиней и количества отложенного белка и жира и не зависит от типа рационов.

Другая часть (ЭТП) – это затраты энергии на ассимиляцию и использование питательных веществ, в некоторых случаях эта часть существенно изменяется. Следует предположить, что это связано с компонентами рационов. Так, содержание в рационе большого количества грубых компонентов может привести к её увеличению, что связано с возрастанием энергии для усвоения, например, клетчатки. И наоборот, возможно её снижение при введении в рацион жира, для усвоения которого требуется меньше затрат, так как организм получает готовые жирные кислоты.

На основании выявленных закономерностей установлена зависимость между живой массой (Ж.М.) поросят, содержанием сухого вещества (С.В.), сырого протеина (С.П.) и сырой клетчатки (С.К.), которая характеризуется

КОРМОПРОИЗВОДСТВО, КОРМЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЯ КОРМОВ

уравнениями множественной регрессии, которые могут быть использованы для определения потребности поросят в обменной энергии.

В опытах на растущем молодняке свиней, получавших рацион с различной концентрацией сырого протеина (17,3-20,2 %), сырой клетчатки (5,2-7,0 %) и сухого вещества (88,3-87,9 %) в зависимости от живой массы, с высокой степенью достоверности можно определять потребление обменной энергии поросятами по следующим уравнениям регрессии:

(1). $OЭ = 17,12 + 0,081ЖМ - 0,0009СВ - 0,039СП$

(2). $OЭ = 9,7 + 0,08ЖМ + 0,058СК - 0,016СП$

(3). $OЭ = 10,27 + 0,035ЖМ + 0,032СП$

(4). $OЭ = 7,7 - 0,004ЖМ - 0,0007СВ + 0,004СК + 0,026СП$

При этом отмечено снижение среднесуточных приростов на 5 % -21,1 %, затраты корма увеличились от 4,1 до 16,6 %, что сви-

детельствует о недостаточном уровне энергии при увеличении клетчатки в рационах.

Динамика показателей метаболитов обмена веществ свидетельствует: биологическое значение уравнения (1) заключается в высокой корреляции ($r=0,68$) обменной энергии (ОЭ) и сырой клетчатки (СК), а зависимость между сырым протеином (СП) выражена соответствующими коэффициентами. В уравнении (2) установлена тесная корреляция ($r=0,64$) между уровнем обменной энергии и сухим веществом. В уравнении (3) отмечена тесная корреляция ($r=0,80$) между уровнем обменной энергии, сухим веществом и сырым протеином. Уравнение (4) имеет отрицательный результат, который указывает на нецелесообразное увеличение клетчатки до указанного значения, при имеющихся заданных параметрах ($r=0,33$).

Таблица 3 – Баланс энергии растущего молодняка свиней, $n=3$

Показатели	Группы			
	1	2	3	4
Живая масса, кг	31,1	28,2	30,2	25,8
Содержание клетчатки в рационах, %	5,2	5,8	6,6	7,0
Валовая энергия, МДж	17,8	17,0	17,5	17,3
Энергия кала, МДж	4,6	4,7	4,9	5,1
в % от валовой энергии	25,8	27,7	28,0	29,4
Переваримая энергия, МДж	13,2	12,3	12,6	12,2
в % от валовой энергии	74,2	72,4	72,0	70,5
Энергия мочи, МДж	0,90	0,3	0,7	0,4
в % от валовой энергии	5,1	1,8	4,0	2,3
Обменная энергия, МДж	12,3	12,0	11,9	11,8
в % от переваримой энергии	93,2	97,6	94,4	96,7
в % от валовой энергии	67,4	69,1	68,0	68,3
Теплопродукция, МДж	3,95	3,67	3,87	3,45
в % от валовой энергии	22,2	21,5	22,1	19,9
Чистая энергия, МДж	8,35	8,33	8,03	8,35
в % от валовой энергии	76,9	49,0	45,9	48,3
в % от переваримой энергии	63,3	67,7	63,7	68,4
в % от обменной энергии	67,9	69,4	67,4	70,8

Таблица 4 – Прирост живой массы и его энергетическая ценность, $n=3$

Группа	Живая масса, кг	Средне-суточный прирост, г	Отложение энергии в теле животного, МДж			Энергетическая ценность 1 кг прироста, МДж
			всего	в том числе за счёт		
				белка	жира	
1	31,1	404	4,40	1,412	2,988	10,89
2	28,2	343	4,66	1,268	3,392	10,89
3	30,2	339	4,16	1,631	2,529	12,27
4	25,8	331	4,90	1,398	3,502	14,80

КОРМОПРОИЗВОДСТВО, КОРМЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЯ КОРМОВ

Таблица 5 – Показатели метаболитов обмена веществ, n=3

Показатели	Группы			
	I	II	III	IV
Общий белок, г%	7,43±0,15	7,73±3,32	8,03±0,23	8,0±0,01
Общие липиды, мг%	282±2,6	385,8±8,3*	378,0±4,5*	435,0±0,01*
Глюкоза, мг%	68,1±4,2	62,6±3,1	68,0±6,2	73,4±3,1*
Щелочной резерв, мг%	422±3,1	465,3±1,69*	469,0±1,09*	450,6±7,5*
НЭЖК, мг%	3,2±0,27	3,6±0,4	4,2±0,24	3,8±0,1
ЛЖК, мг%	4,6±0,07	4,6±0,2	4,0±0,7	4,4±0,36
Кетоновые тела, мг%	3,8±0,26	3,9±0,2	3,6±0,11	3,8±0,29
Мочевина, мг%	18,8±6,4	19,4±1,4	17,7±1,9*	15,2±6,0*
Аминный азот, мг%	18,7±0,5	17,3±1,6	16,0±1,8	15,2±0,9*
Кальций, мг%	13,9±1,1	14,1±0,9	13,1±1,1	14,2±1,2
Фосфор, мг%	5,6±0,1	6,0±0,69	5,9±1,1	6,4±1,1

Примечание: * – $P \geq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$.

Определенное научное и практическое значение имеет величина обмена энергии при пониженном уровне кормления. Снижение концентрации валовой энергии в 1 кг сухого вещества влияет на доступность обменной энергии, которая находится в пределах (68%-69%). При этом отмечено определенное влияние валовой, переваримой и обменной энергии на величину живой массы, общую площадь тела, а также на единицу обменной массы поросят ($W^{0,75}$).

Определенное значение при этом имеет величина основного обмена, которая равна 0,2 мДж/кг $\cdot W^{0,75}$. Распределение обменной энергии проводилось на энергию для поддержания жизни и прироста живой массы, которая зависит от ряда факторов. Уровень поддержания является относительно стабильной величиной, приравняваемой к основному обмену.

В исследованиях установлено, что потребность поросят для поддержания жизни можно рассчитать по формуле:

$$O.Э.П = \frac{0,2 \text{ мДж/кг} \cdot W^{0,75}}{0,41},$$

где 0,2 мДж/кг $\cdot W^{0,75}$ - значение энергетических затрат при основном обмене (без учета активности животных) – обменная живая масса;

0,41 – постоянная величина, характеризующая эффективность использования обменной энергии на основной обмен.

Следует отметить особенности обмена веществ в организме растущего молодняка поросят при повышенном содержании клетчатки и снижении обменной энергии в комбикорме СК-5 (таблица 5).

На фоне нормальных физиологических показателей общего белка и глюкозы установле-

но достоверное увеличение щелочного резерва крови и общих липидов ($P \leq 0,01$). Следует предположить, что недостаток обменной энергии в рационах, поросята опытных групп компенсируют за счет эндогенных возможностей организма. Это предположение подтверждается тем, что уровень общих липидов в крови повышается с увеличением клетчатки, значительное количество которой переваривается в толстом отделе кишечника под действием микрофлоры. Образующиеся в результате действия микрофлоры жирные кислоты ресорбируются в кровь и используются для энергетических целей в обмене веществ.

На основании биохимических показателей крови поросят и питательности комбикорма установлены уравнения регрессии, математическое выражение которых позволяет прогнозировать уровень обеспеченности обменной энергией организм растущих поросят. При этом снижение энергетической питательности комбикорма имеет тесную корреляционную связь с показателями общего белка, глюкозы и общих липидов в крови поросят.

- (1) $O.Э. = 13,5 - 0,5 O.Б. - 0,004 O.Л. + 0,05 ГЛ.$
- (2) $O.Э. = 8,75 + 0,23 O.Б. - 0,002 O.Л. + 0,04 ГЛ.$
- (3) $O.Э. = 10,44 - 0,21 O.Б. + 0,009 O.Л. - 0,002 ГЛ.$
- (4) $O.Э. = 13,38 + 0,048 O.Б. - 0,007 O.Л. - 0,035 ГЛ.$

Биологическое значение уравнений заключается в возможности прогнозирования обеспеченности организма поросят по биохимическим показателям основных метаболитов обмена веществ и отражают математическое выражение взаимосвязи энергетической обеспеченности организма поросят с обменом веществ.

Вывод. Концентрация обменной энергии в сухом веществе рационов находится в прямой зависимости от содержания в них клетчатки. С ее увеличением в рационах уменьшается потребление кормов и переваримость питательных веществ. Однако полное ее отсутствие отрицательно сказывается на пищеварении, направленности и уровне обмена веществ, что влияет на иммунный статус поро-

сят. Вместе с тем, проведенный анализ позволяет отметить существенное влияние компонентов рациона на эффективность использования энергии и продуктивность поросят. Расчет уравнений регрессии и их анализ свидетельствует о недостаточной обеспеченности организма обменной энергией и при изучаемых показателях питательности комбикорма у поросят-отъемышей.

Список использованных источников

1. Попов В.С., Цуканов В.Т. Высокие уровни травяной муки в рационах поросят-отъемышей // Рациональное ведение отрасли животноводства. Тез. Докл. НПК. Сб. науч. трудов. - Днепропетровский СХИ, 1984. - С. 62-63.
2. Попов В.С. Использование рационов с различным уровнем клетчатки и энергии при кормлении поросят-отъемышей в условиях промышленных комплексов // Сб. науч. трудов. - СПб., 1990. - С. 49-51.
3. Хохрин С.Н. Кормление сельскохозяйственных животных: Учебник. - М.: Колос С, 2004. - 692 с.
4. Фенченко Н.Г. Биологически активные вещества в питании животных: Научное издание. - Уфа, 2003. - 200 с.
5. Хазиахметов Ф.С. Рациональное кормление животных: Учебное пособие. - СПб.: Лань, 2011. - 368 с.
6. Шарифьянов Б.Г., Харрасов Р.М., Хазиахметов Ф.С. Современные методы оценки питательности кормов и полноценности кормления сельскохозяйственных животных: Учебное пособие. - Уфа: Галиль, 2005. - 222 с.
7. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. - М.: Колос, 1976. - 304 с.

List of used sources

1. Popov V.S., Tsukanov V.T. High levels of grass meal in diets of weaned piglets // Rational management of the livestock industry. Tez. Report NPC. Sat scientific works of the Dnieper. SHI, 1984. - P. 62-63.
2. Popov V.S. The use of diets with different levels of fiber and energy when feeding weaned piglets in industrial complexes // Sb. scientific proceedings of St. Petersburg, 1990. - P. 49-51.
3. Hohrin S.N. Feeding of farm animals: Textbook. - M.: Kolos S, 2004. - 692 p.
4. Fenchenko N.G. Biologically active substances in the diet of animals: On-scientific edition. - Ufa, 2003. - 200 p.
5. Khaziakhmetov F.S. Rational feeding of animals: Textbook. - SPb.: Lan, 2011. - 368 p.
6. Sharifyanov B.G., Kharrasov R.M., Khaziakhmetov F.S. Modern methods of assessing the nutritional value of feed and the usefulness of feeding farm animals: Textbook. - Ufa: Galil, 2005. - 222 p.
7. Ovsyannikov A.I. Fundamentals of experienced business in animal husbandry. - M.: Kolos, 1976. - 304 p.