

ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА И ФОРМИРОВАНИЯ МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ У СВИНЕЙ РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ

¹Еримбетов К.Т., ¹Обвинцева О.В., ²Михайлов В.В.

¹*Институт физиологии, биохимии и питания животных, Боровск Калужской обл.,*
²*Тамбовский государственный университет, Российская Федерация*

Целью работы было изучение особенностей метаболизма и формирования мясной продукции в процессе роста у помесных свиней с оценкой их мясных и откормочных качеств. Опыты были проведены на свинках и боровках крупной белой (КБ) породы (n=15), двух- (дюрок×КБ, n=20, ландрас×КБ, n=15, Ріс-402×КБ, n=15, датский йоркшир×датский ландрас n=13) и трехпородных помесей (дюрок×КБ×крупная черная, n=15, гемпшир×КБ×ландрас, n=10) в период с 30- до 225-суточного возраста. Двухпородные помесные свиньи (дюрок×КБ) по интенсивности роста и характеру метаболических процессов существенно отличались от свиней исходной материнской породы (КБ). В 30-сут. возрасте помесные свиньи ландрас×КБ уступали сверстникам крупной белой породы по живой массе и менее эффективно использовали азотистые вещества корма. В дальнейшем помесные свиньи по интенсивности роста и эффективности использования корма опережали свиней материнской породы. В целом за опыт прирост живой массы у помесного молодняка был выше на 6,1% (P<0,05), эффективность использования корма – на 5,7% по сравнению с чистопородным. В конце откорма помесные животные превосходили чистопородных по убойному выходу, выходу мяса и костей. У помесных свиней Ріс-402×КБ среднесуточный прирост за весь период откорма был на 7,3% (P<0,05), выше, а расход корма на 6,7% ниже, по сравнению с помесами ландрас×КБ. Помесные свиньи с высоким потенциалом продуктивности (дюрок×КБ и Ріс 402×КБ) по абсолютной и относительной массе внутренних органов уступали животным КБ и ландрас×КБ. При анализе объединённых данных по всем периодам опыта выявлена положительная корреляционная взаимосвязь (P<0,05) параметров мясной продуктивности (живая масса, выход мякоти и мышечной массы) с активностью креатинкиназы и концентрацией креатинина, и отрицательная корреляция (P<0,05) – с активностью щелочной фосфатазы в крови.

Ключевые слова: помесные поросята, рост и развитие, параметры мясной продуктивности, биохимический состав крови, креатинин, креатинкиназа

Проблемы биологии продуктивных животных, 2018, 1: 51-63

Введение

Интенсивность и направленность процессов метаболизма белков и липидов в организме растущих животных во многом зависят от условий питания, содержания, интенсивности их выращивания и других факторов. Особый интерес представляют исследования по изучению особенностей обмена белков и липидов в связи с возрастом, генотипом животных и интенсивностью их выращивания. Генетический потенциал свиней на откорме позволяет получать среднесуточный прирост массы тела до 1,1 кг, при этом определяющее значение имеют показатели качества продукции (соотношение костной ткани и мышечной, содержание белка и жира в теле). Ограниченность знаний в области механизмов регуляции синтеза и отложения в организме липидов и белков сдерживает разработку методов, средств и технологий, способствующих максимальному проявлению генетического потенциала мясной продуктивности свиней, в том числе в плане получения высококачественной свинины с определенным соотношением жира и белка в мясе (Еримбетов, 2007; Robina et al., 2013; Fuentes al., 2014; Liu et al., 2015; Ayuso et al., 2015).

Рост и животных имеет два аспекта – первый связан с увеличением массы тела, второй – с изменениями формы и состава тела, обусловленными дифференциальным ростом его составных частей (Bridges et al., 1986). В исследованиях по мясному животноводству, прежде всего, имеют дело с ростом основных тканей животного, к которым относятся мускулатура, жировая ткань, костяк. Соотношение этих трех компонентов зависит от возраста, породы, пола, уровня и типа кормления, а также от факторов гормональной регуляции (эндогенной и экзогенной) (Young, Sykes, 1987; Albrecht et al., 2006).

На протяжении последних 30 лет прогресс в повышении мясной продуктивности млекопитающих и птицы, в том числе связанный с селекцией, был направлен в основном на увеличение скорости роста мышечной ткани и уменьшение жировой. Изучение закономерностей формирования мясной продуктивности в онтогенезе имеет важное теоретическое и практическое значение, в том числе для моделирования и оптимизации этих процессов в связи с породой, полом, возрастом, факторами питания (Bridges et al., 1986; Черепанов, 1992).

Современные технологии предусматривают использование межпородных помесей при производстве свинины. Этот прием позволяет создавать типы животных с желаемыми качествами, а также повышать их продуктивность благодаря эффекту гетерозиса. Однако эффективность скрещивания проявляется по-разному и зависит от породы, степени генетической обусловленности признаков, их сочетаемости, условий кормления и содержания животных (Васильева, 1997; Иващук, 1997; Susenbeth et al., 1999; Никульников, 2000). Задача разработки систем адекватного питания для полной реализации гетерозиса нуждается в серьезной физиолого-биохимической проработке.

На практике важно уметь отбирать генотипы животных с высокой наследуемостью признаков продуктивности. Одним из приемов такого отбора является использование показателей роста животных, формирования мышечной и жировой тканей, эффективности использования корма. Генотипические различия проявляются на уровне регуляторных систем организма, от которых зависят интенсивность и направленность метаболических процессов, влияющих на скорость наращивания мышечной и жировой ткани, на степень использования питательных веществ корма и прирост живой массы. Актуальность научных поисков в этом направлении определяется недостаточной изученностью механизмов, регулирующих процессы биосинтеза белка и липогенеза в тканях при формировании мясных качеств помесных свиней. Среди сельскохозяйственных животных свиньи генетически наиболее предрасположены к ожирению. Форсированное накопление жировой ткани в раннем возрасте ведёт к метаболическим сдвигам в организме, сопровождающимся снижением белкового синтеза и торможением роста животных (Hood, 1972; Lee et al., 1973; Ненгу, 1975), поэтому важно знать, в какой период постнатального развития наиболее целесообразно воздействовать на метаболизм с целью управления ростом животного и качеством мяса.

Результаты исследования по выявлению метаболических изменений в организме свиней разного генотипа представляют определённый интерес и в медицине человека для понимания межиндивидуальных различий в ожирении и связанных с ним нарушений обмена липидов (Ibanez-Escriche et al., 2016).

Целью данной работы было изучение особенностей метаболизма и формирования мясной продукции в процессе роста у помесных свиней с разным потенциалом продуктивности.

Материал и методы

Серия экспериментов была проведена на свинках и боровках крупной белой породы, двух- (дюрок×КБ, ландрас×КБ, Ріс-402×КБ, датский йоркшир×датский ландрас) и трехпородных помесей (дюрок×КБ×крупная черная, гемпшир×КБ×ландрас) в период с 30- до 225-сут. возраста. Содержание свиней групповое, поение из автопоилок. Кормление животных осуществлялось по нормам и рационам, принятым на предприятиях промышленного типа. В частности, комбикорма по уровню обменной энергии, протеину и биологически активным веществам

соответствовали рецептуре СК-4 для поросят 45-60-дневного возраста, СК-5 — 61-106-120-дневного возраста, СК-6 — с 106-120 до 225-дневного возраста (окончание откорма). При проведении опытов учитывали потребление комбикормов, расход корма на единицу прироста и периодически исследовали их химический состав. Индивидуальное взвешивание животных проводили в начале опытов и в конце каждого возрастного периода.

Для определения эффективности использования азота корма были проведены балансовые опыты в конце периода выращивания в возрасте 106-120 суток (n=6-8) и во втором периоде откорма — в возрасте 204-209 суток (n=6). В конце балансовых опытов были проведены убой животных для оценки состава туши и взятие образцов органов и тканей для биохимических исследований, в ходе которых определяли содержание мочевины в плазме крови (Coulambe, Fawreop, 1963); концентрацию свободных аминокислот в плазме крови, печени и длинной мышце спины (на аминокислотном анализаторе ААА-Т-339; активность аспаратаминотрансферазы (КФ 2.6.1.1.) и аланинаминотрансферазы (КФ 2.6.1.2.) в длинной мышце спины и печени (Reitman, Frankel, 1967); активность щелочной фосфатазы (КФ 3.1.3.1.) в сыворотке крови (Кальницкий и др., 1988); активность креатинкиназы (КФ 2.7.3.2) с использованием набора UTS («Юнимед»); содержание креатинина в плазме крови (Лемперт, 1968). Химический анализ мышечной ткани (сухое вещество, белок, липиды, зола) проводили по общепринятым методам (Лебедев, Усович, 1976). Препаративное выделение саркоплазматических, миофибриллярных и стромальных белков из мышц проводили по (Helander, 1957). В ходе опытов проводили анализ кормов, кала и мочи на содержание сухого вещества по общепринятым методам и содержание азота (по Къельдалю на приборе Къельтек). Для экстракции общих липидов из крови, органов и тканей использовали метод Фолча (Folch et al., 1957). Количество общих липидов определяли гравиметрическим методом (Кальницкий, 1997).

При оценке качества туш и мяса учитывали следующие показатели: площадь «мышечного глазка», толщина шпига, рН в динамике в процессе созревания мяса, его влагоудерживающая способность, окраска, нежность и белковый состав (отношение миофибриллярных+саркоплазматических к стромальным белкам) (Гуменюк, Черкасская, 1977).

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что двухпородные помесные свиньи (дюрок×КБ) по интенсивности роста и характеру метаболических процессов существенно отличались от свиней исходной материнской породы (КБ). В 30-сут. возрасте, когда поросята находились под матерью, помесные свиньи уступали своим сверстникам КБ породы по живой массе (на 0,6 кг), а показатели азотистого обмена у них указывали на менее эффективное использование азотистых веществ корма в биосинтетических процессах (табл. 1). В частности, концентрация мочевины в плазме крови была выше у помесных свиней (на 28%), тогда как содержание креатинина и концентрация белка в скелетных мышцах, были выше у поросят КБ породы (табл. 1).

Помесные свиньи существенно отставали от поросят крупной белой по интенсивности роста и в первые 15 суток послеотъемного периода (табл. 2), что, вероятно, связано с меньшей устойчивостью помесных поросят к стрессовым факторам (ранний отъем и перевод на кормление комбикормом). В дальнейшем помесные свиньи по интенсивности роста существенно опережали свиней материнской породы (на 2,6-9,8 %). Потребление корма животными обеих групп было одинаковым (309 кг на голову за опыт или 1,9 кг/сут.). В целом за опыт прирост живой массы у помесного молодняка был выше на 33 г/сут или на 6,1% (P<0,05), эффективность использования корма — на 5,7%, при одинаковом его потреблении. Живая масса в конце опыта у свиней КБ×дюрок оказалась выше на 6 кг, а возраст достижения массы тела 100 кг — на 12 сут. меньше по сравнению со сверстниками крупной белой породы (табл. 2).

Таблица 1. Живая масса и показатели азотистого обмена у поросят 30-суточного возраста ($M \pm m$, $n=3$)

| Показатели | КБ | дюрок×КБ |
|------------------------------|--------------|---------------------------|
| Живая масса, кг | 6,98 ± 0,30 | 6,38 ± 0,30 |
| Мочевина, ммоль/л | 3,51 ± 0,52 | 4,87 ± 0,72 [#] |
| Креатинин, мкмоль/л | 43,50 ± 7,80 | 34,21 ± 3,30 [#] |
| Щелочная фосфатаза, мккат/л | 1,29 ± 0,03 | 1,48 ± 0,13 |
| В длиннейшей мышце спины, г% | | |
| Общий белок, в т.ч. | 20,30 ± 0,51 | 19,97 ± 0,68 |
| саркоплазматические | 7,57 ± 0,13 | 7,98 ± 0,20 |
| миофибриллярные | 10,70 ± 0,17 | 10,36 ± 0,35 |
| стромальные | 2,03 ± 0,13 | 1,63 ± 0,12 |

Примечание: здесь и далее в табл.: [#] $P < 0,05$ по U-тесту при межгрупповом сравнении.

Таблица 2. Показатели продуктивности свиной разного возраста и генотипа ($M \pm m$, $n=15$, $n=20$)

| Возраст и показатели | Группы | |
|-------------------------------------|--------------|---------------|
| | КБ | дюрок×КБ |
| Потребление корма | | |
| 45-208 сут., кг | 308,8 | 309,2 |
| 45-208 сут., кг/сут. | 1,88 | 1,89 |
| Затраты корма на 1 кг прироста, кг | | |
| 45-105 сут. | 2,82 | 2,78 |
| 45-208 сут. | 3,51 | 3,31 |
| 61-105 сут. | 2,76 | 2,59 |
| 106-153 сут. | 3,59 | 3,10 |
| 154-208 сут. | 3,85 | 3,75 |
| Возраст при достижении 100 кг, сут. | 216 | 204 |
| Живая масса, кг | | |
| 45 сут. | 8,40 ± 0,28 | 8,86 ± 0,35 |
| 60 сут. | 10,09 ± 0,29 | 9,55 ± 0,40 |
| 105 сут. | 30,22 ± 1,02 | 31,05 ± 1,10 |
| 153 сут. | 55,62 ± 2,11 | 60,50 ± 2,10* |
| 208 сут. | 96,20 ± 4,34 | 102,13 ± 4,96 |
| Среднесуточный прирост, г | | |
| 61-105 сут. | 447 ± 23 | 477 ± 18* |
| 106 -153 сут. | 559 ± 29 | 614 ± 27* |
| 154-208 сут. | 738 ± 35 | 757 ± 42 |

Помесные животные превосходили чистопородных по выходу мякоти, мышечного белка ($P < 0,05$) (табл. 3). По физико-химическим показателям качества мяса (рН, влагоудерживающая способность, нежность, интенсивность окраски) помесные животные превосходили чистопородных сверстников и в 107- и в 208-сут. возрасте (табл. 4), что согласуется с данными литературы. В возрасте 208 сут. помесные животные значительно уступали чистопородным сверстникам по абсолютной и относительной массе внутренних органов (табл. 5).

Биохимические исследования показали, что в периоды интенсивного роста помесные поросята значительно эффективнее использовали азотистые вещества в биосинтетических процессах. В возрасте 208 сут. в плазме крови помесных свиной содержание мочевины было существенно ниже, чем у сверстников КБ породы, а концентрация креатинина, напротив, была ниже у свиной КБ. О более эффективном использовании азота в организме помесных свиной свидетельствуют данные контрольного убоя животных. Мышечная масса и содержание белков в ней были выше ($P < 0,05$) у помесных свиной (табл. 3), и эти показатели положительно коррелировали с концентрацией креатинина в плазме крови (табл. 6).

Таблица 3. *Результаты контрольного убоя свиней разного возраста и генотипа* (M±m, n=5, n=3)

| Показатели | КБ | дюрок×КБ |
|---------------------------------|--------------|---------------------------|
| Возраст 107 сут. | | |
| Живая масса, кг | 34,48 ± 2,34 | 37,86 ± 4,67 |
| Масса полутуши, кг | 9,16 ± 0,69 | 9,86 ± 1,36 |
| Выход мякоти, кг | 5,86 ± 0,38 | 6,41 ± 0,27 [#] |
| Выход костей, кг | 2,29 ± 0,28 | 2,33 ± 0,17 |
| Выход костей, % | 25,0 | 23,6 |
| Выход жира, кг | 1,01 ± 0,17 | 1,12 ± 0,32 |
| Концентрация белка в мышцах, г% | 16,56 ± 1,14 | 18,14 ± 0,98 [#] |
| Возраст 208 сут. | | |
| Живая масса, кг | 97,5 ± 6,83 | 103,90 ± 5,42 |
| Масса полутуши, кг | 28,46 ± 2,58 | 31,78 ± 3,81 |
| Убойный выход, % | 58,4 | 61,0 |
| Выход мякоти, кг | 16,84 ± 1,29 | 18,59 ± 2,14 [#] |
| Выход костей, кг | 5,65 ± 0,75 | 6,91 ± 0,81 |
| Выход жира, кг | 5,97 ± 1,16 | 6,08 ± 1,08 |
| Выход жира, % | 21,0 | 19,1 |

Таблица 4. *Физико-химические показатели качества мяса свиней разного возраста и генотипа* (M±m, n=5, n=3)

| Показатели | КБ | дюрок×КБ |
|---|-------------|--------------------------|
| Возраст 107 сут. | | |
| pH через 1,5 ч. после убоя | 6,45 ± 0,05 | 6,47 ± 0,02 |
| pH через 24 ч. после убоя | 6,27 ± 0,05 | 6,27 ± 0,04 |
| Интенсивность окраски, ед. (экстинция×10 ³) | 89,4 ± 13,0 | 92,2 ± 9,0 |
| Нежность мяса, см ² / г | 1145 ± 25 | 1230 ± 20 [#] |
| Влагоудерживающая способность, % | 72,0 ± 4,6 | 81,3 ± 4,4 [#] |
| Возраст 208 сут. | | |
| pH через 1,5 ч. после убоя | 6,30 ± 0,03 | 6,49 ± 0,06 [#] |
| pH через 12 ч. после убоя | 5,95 ± 0,04 | 5,98 ± 0,07 |
| pH через 24 ч. после убоя | 5,64 ± 0,1 | 5,92 ± 0,04 [#] |
| Интенсивность окраски, ед. (экстинция×10 ³) | 73,0 ± 3,7 | 76,5 ± 1,1 [#] |
| Нежность мяса, см ² / г | 1197 ± 61 | 1234 ± 14 [#] |
| Влагоудерживающая способность, % | 75,8 ± 6,5 | 85,7 ± 3,4 [#] |

Таблица 5. *Масса внутренних органов у свиней разного возраста и генотипа* (M±m, n=5, n=3)

| Масса органов, кг | КБ | дюрок×КБ |
|-------------------|----------------------|---------------------------------|
| Возраст 107 сут. | | |
| Печень | 0,75 ± 0,06 / 2,18 | 0,80 ± 0,08 / 2,11 |
| Легкие | 0,32 ± 0,02 / 0,93 | 0,34 ± 0,04 / 0,90 |
| Сердце | 0,18 ± 0,02 / 0,52 | 0,17 ± 0,01 / 0,45 |
| Почки | 0,14 ± 0,01 / 0,41 | 0,15 ± 0,02 / 0,40 |
| Селезенка | 0,051 ± 0,006 / 0,15 | 0,052 ± 0,004 / 0,14 |
| Возраст 208 сут. | | |
| Печень | 1,50 ± 0,07 / 1,54 | 1,26 ± 0,10 [#] / 1,29 |
| Легкие | 0,60 ± 0,14 / 0,62 | 0,51 ± 0,04 / 0,52 |
| Сердце | 0,38 ± 0,02 / 0,39 | 0,29 ± 0,02 [#] / 0,30 |
| Почки | 0,29 ± 0,04 / 0,30 | 0,29 ± 0,02 / 0,28 |
| Селезенка | 0,15 ± 0,01 / 0,15 | 0,16 ± 0,02 / 0,15 |

Реализация гетерозиса в условиях эксперимента наиболее проявилась в период выращивания (61-105-сут.) и в первую фазу откорма (106-153 сут.). Разница по среднесуточному приросту живой массы в указанные периоды составила 7 и 10% соответственно в пользу помесных свиней. Помесные животные отличались более высоким выходом мякоти и концентрацией белка в мышцах (P<0,05) и, судя по биохимическим показателям крови (концентрация

жению азота корма на 2,58 г/сут. превосходили сверстников ландрас×КБ. Аналогичные результаты были получены по отложению азота и белка в единицах г/кг ЖМ^{0,75}/сут.

Таблица 8. Показатели усвоения азота корма, г/сутки (M±m, n=3-4)

| Показатели | Период выращивания | | Период откорма | |
|---|--------------------|------------|----------------|-------------------------|
| | ландрас×КБ | Рис 402×КБ | ландрас×КБ | Рис 402×КБ |
| Потреблено азота с кормом, г | 47,44 | 47,44 | 76,38 | 76,38 |
| г/кг ЖМ ^{0,75} /сут. | 3,15±0,06 | 3,19±0,08 | 2,50±0,03 | 2,47±0,06 |
| Выделено с калом | 8,66±0,36 | 10,01±0,76 | 14,58±1,06 | 14,79±1,82 |
| с мочой | 18,00±0,75 | 17,19±0,85 | 38,21±1,50 | 35,42±1,32 [#] |
| Переварено, г | 38,78±0,36 | 37,44±0,76 | 61,80±1,06 | 61,59±1,98 |
| % | 81,75±0,77 | 78,91±1,62 | 80,91±1,29 | 80,64±1,86 |
| Отложено, г | 20,79±0,66 | 20,25±1,20 | 23,59±1,32 | 26,17±1,66 [#] |
| % от потребленного | 43,82±1,39 | 42,68±2,92 | 30,89±3,06 | 34,26±1,75 |
| % от переваренного | 53,60±1,69 | 54,08±2,01 | 38,17±2,09 | 42,49±3,81 |
| Отложено, г/кг ЖМ ^{0,75} /сут. | 1,38±0,04 | 1,36±0,06 | 0,77±0,04 | 0,85±0,02 [#] |
| Отложение белка в теле, г | 130 ± 4 | 127 ± 7 | 147 ± 8 | 164 ± 9 [#] |
| Отложение белка в теле, г/кг ЖМ ^{0,75} /сут. | 8,62±0,25 | 8,50±0,37 | 4,81±0,25 | 5,31±0,22 [#] |
| N мочи/N корма | 0,38 | 0,36 | 0,50 | 0,46 |
| N мочи/N переваренного | 0,46 | 0,46 | 0,62 | 0,57 |

Таблица 9. Показатели азотистого обмена в плазме крови, печени и мышцах у помесных свиней (M±m, n=3-4)

| Показатели | Группы | |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------|
| | ландрас×КБ | Рис 402×КБ |
| Возраст 104 сут. | | |
| В плазме крови: | | |
| Мочевина, ммоль/л | 4,64± 0,18 | 4,35 ± 0,29 |
| Креатинин, мкмоль/л | 47,90 ±2,71 | 46,83± 2,35 |
| Щелочная фосфатаза, мккат/л | 1,14 ± 0,06 | 1,25± 0,08 |
| Креатинкиназа, Ед/л | 154,1±9,7 | 186,2±10,9 [#] |
| Активность в печени: | | |
| АСТ, мкмоль/час/мг белка | 30,2± 1,99 | 28,9 ± 2,2 |
| АЛТ, мкмоль/час/мг белка | 4694 ± 286 | 4202 ± 256 |
| Активность в длиннейшей мышце спины: | | |
| АСТ, мкмоль/час/мг белка | 11,02 ± 1,65 | 12,74 ±1,79 |
| АЛТ, мкмоль/час/мг белка | 1548 ±100 | 1682 ± 91 |
| Возраст 209 сут. | | |
| Мочевина, ммоль/л | 6,05 ± 0,30 | 5,48 ±0,49 [#] |
| Креатинин, мкмоль/л | 81,97 ± 3,03 | 89,22 ± 3,67 [#] |
| Щелочная фосфатаза, мккат/л | 0,84 ± 0,05 | 1,01 ± 0,10 [#] |
| Креатинкиназа, Ед/л | 168,0± 10,3 | 192,4± 11,5 [#] |
| Активность в печени: | | |
| АСТ, мкмоль/час/мг белка | 27,8 ± 2,0 | 25,3 ± 1,86 |
| АЛТ, мкмоль/час/мг белка | 4165 ± 205 | 3821 ± 190 |
| Активность в длиннейшей мышце спины: | | |
| АСТ, мкмоль/час/мг белка | 8,76 ± 1,52 | 11,87 ± 1,80 |
| АЛТ, мкмоль/час/мг белка | 1256 ± 90 | 1432 ± 99 |

О более эффективном использовании помесными свиньями Рис 402×КБ азотистых веществ в обменных процессах, по сравнению со сверстниками ландрас×КБ, свидетельствуют данные по концентрации мочевины и уровню незаменимых аминокислот в плазме крови. Содержание мочевины в плазме крови было существенно ниже (на 6,3-9,4%) у помесей Рис 402×КБ, тогда как концентрация креатинина – выше (P<0,05), чем у свиней ландрас×КБ (табл. 9). У помесей Рис 402×КБ содержание в плазме крови незаменимых аминокислот было ниже на 7,8%, чем у животных ландрас×КБ. При этом наиболее заметное уменьшение отмечалось по лимитирующим аминокислотам.

Полученные данные свидетельствуют о более эффективном использовании аминокислот в мышечной ткани и повышенной интенсивности биосинтетических процессов в скелетных мышцах у свиней с высоким потенциалом продуктивности. Эффективное использование азотистых веществ корма в биосинтетических процессах у свиней с высоким потенциалом продуктивности способствовало увеличению массы скелетной мускулатуры, т.е. отложения мышечных белков. Прирост мышечной массы к концу откорма у них был выше по сравнению с помесью ландрас×КБ на 10,6% ($P<0,05$), отложение белка в скелетных мышцах при этом увеличилось на 8,2% ($P<0,05$) (табл. 10).

Таблица 10. Параметры отложения мышечных белков и мышечной массы у помесных свиней ($M\pm m$, $n=3-4$)

| Показатели | Группы | |
|------------------------------------|------------------|--------------------------|
| | ландрас×КБ | Рис 402×КБ |
| | Возраст 107 сут. | |
| Мышечная масса, кг | 14,52 ± 0,72 | 13,92 ± 0,41 |
| Мышечный белок, кг | 2,89 ± 0,56 | 2,75 ± 0,30 |
| | Возраст 209 сут. | |
| Мышечная масса, кг | 38,28 ± 1,37 | 40,20 ± 1,20 |
| Мышечный белок, кг | 7,44 ± 0,38 | 8,80 ± 0,57 [#] |
| Прирост мышечной массы, г/сутки | 226 ± 13,0 | 250 ± 15,9 [#] |
| Отложение мышечных белков, г/сутки | 49 ± 1,9 | 53 ± 2,6 [#] |

Результаты прижизненной оценки интенсивности метаболизма азотистых веществ и накопления мышечной ткани подтвердились данными, полученными после убоя свиней. В туше свиней Рис 402×КР статистически значимо было больше мякоти (на 9,6%, $P<0,05$). Отношение количества мякоти к выходу костей на 11,7 % и к выходу жира на 13,7% также оказалось статистически значимо выше, чем у помесей ландрас×КБ. Это свидетельствует о лучших мясных качествах помесей Рис 402×КБ (табл. 11).

Таблица 11. Показатели мясной продуктивности свиней, кг ($M\pm m$, $n=3-4$)

| Показатели | Период выращивания (107 сут.) | | Период откорма (209 сут.) | |
|---------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| | ландрас×КБ | Рис 402×КБ | ландрас×КБ | Рис 402×КБ |
| Живая масса | 37,25 ± 2,36 | 36,60 ± 1,78 | 95,50 ± 1,32 | 97,00 ± 3,11 |
| Масса туши | 21,09 ± 1,78 | 20,85 ± 1,24 | 59,35 ± 1,55 | 62,93 ± 2,16 |
| Убойный выход, % | 56,41 ± 1,09 | 56,89 ± 0,87 | 62,12 ± 0,83 | 64,86 ± 0,14 |
| Масса полутуши | 10,99 ± 1,03 | 10,46 ± 0,49 | 29,93 ± 0,92 | 31,26 ± 1,54 |
| Выход мякоти | 7,51 ± 0,76 | 7,19 ± 0,39 | 18,93 ± 0,61 | 20,74 ± 0,88 [#] |
| Выход жира | 1,46 ± 0,11 | 1,36 ± 0,07 | 6,67 ± 0,35 | 6,43 ± 0,58 |
| Выход костей | 2,01 ± 0,17 | 1,90 ± 0,07 | 4,33 ± 0,17 | 4,25 ± 0,16 |
| Внутренний жир | - | - | 2,04 ± 0,22 | 1,76 ± 0,19 [#] |
| Выход внутреннего жира, % | - | - | 3,44 ± 0,40 | 2,78 ± 0,20 [#] |
| Отношение мясо / жир | 5,14 ± 0,36 | 5,29 ± 0,31 | 2,84 ± 0,18 | 3,23 ± 0,17 [#] |
| Отношение мясо / кости | 3,74 ± 0,09 | 3,78 ± 0,10 | 4,37 ± 0,12 | 4,88 ± 0,20 [#] |

Как и в предыдущем эксперименте, тенденция проявилась и по развитию внутренних органов (табл. 12) – помесные свиньи с высоким потенциалом продуктивности (Рис 402×КБ) по абсолютной и относительной массе внутренних органов уступали животным ландрас×КБ. Аналогичные данные были получены и другими исследователями в сравнительных опытах на поросятах породы иберийская и ландрас (Rivera-Ferre et al., 2005, 2006).

Одной из важных задач является поиск биохимических критериев, характеризующих формирование мясной продуктивности у свиней. Корреляционный анализ объединённых данных, полученных в раннем возрасте (30-сут.) и в последующие периоды опыта для разных ге-

нотипов (n=38), выявил ряд зависимостей между отдельными биохимическими показателями и мясной продуктивностью свиней (табл. 13). Концентрация креатинина и активность креатинкиназы в крови положительно коррелировали с выходом мяса (P<0,05). Выявлена линейная зависимость активности креатинкиназы в плазме крови (Ед/л) от живой массы (кг) в интервале 15-105 кг ($y=0.39+154x$, $r=0.95$, $P<0,01$). Отрицательная корреляционная взаимосвязь обнаружена между активностью щелочной фосфатазы в плазме крови и выходом мякоти.

Таблица 12. *Масса внутренних органов свиней разного генотипа в возрасте 209 сут.* (M±m, n=3-4)

| Масса органа, кг | Группы | |
|------------------|---------------------|----------------------------------|
| | ландрас×КБ | Рис 402×КБ |
| Печень | 1,74 ± 0,12 / 1,82 | 1,67 ± 0,08 / 1,72 [#] |
| Легкие | 0,56 ± 0,02 / 0,59 | 0,57 ± 0,01 / 0,58 |
| Сердце | 0,37 ± 0,02 / 0,39 | 0,38 ± 0,02 / 0,39 |
| Почки | 0,28 ± 0,009 / 0,29 | 0,26 ± 0,008 / 0,27 [#] |
| Селезенка | 0,17 ± 0,01 / 0,18 | 0,15 ± 0,01 / 0,15 [#] |

Примечание: / – масса органа в долях.

С учётом полученных данных, такие биохимические показатели, как активность щелочной фосфатазы, креатинкиназы и концентрация креатинина в сыворотке крови, могут быть использованы в качестве биохимических маркеров формирования мясной продуктивности у свиней. Статистически значимые коэффициенты корреляции получены как в раннем 30-сут. возрасте, так и в последующие периоды опыта, что свидетельствует об устойчивости выявленных корреляционных связей.

Таблица 13. *Коэффициенты корреляции биохимических показателей с откормочными и мясными качествами свиней разного генотипа, оцененные по объединённым данным* (n=38)

| Показатели | Саркоплазматические белки мышц, г% | Плазма крови | | |
|--|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| | | Щелочная фосфатаза, мккат/л | Креатинин, мкмоль/л | Креатинкиназа, Ед/л |
| Возраст 30-сут., дюрок×КР | | | | |
| Выход мякоти, кг | +0,87* | -0,81* | +0,88* | - |
| возраст 60-65-сут. (Рис 402 × КБ, ландрас× КБ) | | | | |
| Живая масса, кг | +0,98* | -0,79* | +0,85* | +0,92 |
| Выход мякоти, кг | +0,92* | -0,82* | +0,84* | +0,90 |
| Мышечный белок, кг | +0,88* | -0,69 | +0,90* | +0,91 |
| Возраст 105-125-сут. (датский йоркшир×датский ландрас; дюрок×КБ×КР; гемпшир×КБ×ландрас) | | | | |
| Живая масса, кг | +0,98* | -0,82* | +0,84* | +0,91* |
| Выход мякоти, кг | +0,94* | -0,81* | +0,86* | +0,94* |
| Мышечный белок, кг | +0,87* | -0,71 | +0,92* | +0,93* |
| 204 -224-сут. (датский йоркшир×датский ландрас; дюрок× КБ×крупная чёрная; гемпшир×КБ ×ландрас) | | | | |
| Живая масса, кг | +0,97* | -0,80* | +0,82* | +0,90* |
| Выход мякоти, кг | +0,90* | -0,79* | +0,87* | +0,92* |
| Мышечный белок, кг | +0,87* | -0,70 | +0,93* | +0,90* |

В целом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о более эффективном использовании аминокислот и повышенной активности биосинтетических процессов в скелетных мышцах у свиней с высоким потенциалом продуктивности. На это указывают данные по активности креатинкиназы и щелочной фосфатазы, концентрации мочевины, свободных аминокислот, креатинина, выделение азота с мочой. Более эффективное использование азотистых веществ корма в биосинтетических процессах у свиней с повышенным потенциалом роста способствует увеличению у них массы скелетной мускулатуры и белка в скелетных мышцах. К особенностям метаболизма, выявленным у свиней с высоким потенциалом мясной

продуктивности, можно отнести более эффективную реутилизацию аминокислот в тканях и сниженную интенсивность их окисления, об этом свидетельствуют пониженные уровни свободных аминокислот и мочевины в организме животных. Характерной особенностью является также повышенные значения содержания в скелетных мышцах фракции саркоплазматических белков, активности креатинкиназы и содержания креатинина в крови, положительно коррелирующие с показателями роста и формирования мясной продуктивности свиней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева Э.Г., Ситникова Н.Ф. Селекция свиней при создании гибридов // Зоотехния. – 1997. – № 10. – С. 8-11.
2. Гуменюк Г.А., Черкасская Н.В. Методические рекомендации по исследованию кормов и продуктов животноводства. – Киев: Ураджай, 1977. – 256 с.
3. Еримбетов К.Т. Метаболизм белков у растущих бычков и свиней и факторы его регуляции: автореф. дисс...д.б.н. – Боровск, 2007. – 29 с.
4. Еримбетов К.Т., Ниязов Н.С.-А., Шариева Д.И., Пьянкова Е.В., Обвинцева О.В. Особенности азотистого метаболизма и накопления мышечной ткани у молодняка свиней разного генотипа // Труды ВНИИФБиП, Боровск, 2004, 43: 217-227.
5. Иващук И.С. Эффективность скрещивания в свиноводстве // Зоотехния. – 1997. – № 10. – С. 12-13.
6. Кальницкий Б.Д. (Ред.) Методы биохимического анализа (справочное пособие). – Боровск: ВНИИФБиП, 1997. – 356 с.
7. Лебедев П.Т., Усович А.Т. Методы исследования кормов и тканей животных. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 389 с.
8. Лемперт М.Д. Биохимические методы исследования. – Кишинев: Наука, 1968. – С. 18-20.
9. Никульников В.С. Влияние генотипа и среды на качество мяса свиней // 2-й съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров. Тезисы докладов. – Санкт-Петербург, 2000. – Т. 2. – С. 55.
10. Черепанов Г.Г. Системная морфофизиологическая теория роста животных. Боровск: ВНИИФБиП, 1994, 104 с.
11. Albrecht E., Teuscher F., Ender K. Growth- and breed-related changes of marbling characteristics in cattle // J. Anim. Sci. – 2006. – Vol. 84. – P. 1067-1075.
12. Ayuso M., Fernández A., Núñez Y. et al. Comparative analysis of muscle transcriptome between pig genotypes identifies genes and regulatory mechanisms associated to growth, fatness and metabolism // PLOS ONE. 2015, December 22. DOI:10.1371/journal.pone.0145162
13. Bridges T.C., Turner L.W., Smith E.M. A mathematical procedure for estimating animal growth and body composition // Trans. Am. Soc. Agr. Eng. – 1986. – Vol. 29. – P. 1342-1347.
14. Coulambe S.S., Favreon G. New the semimicro method determination of urea // Clin. Chem. – 1963. – Vol. 1. – № 9. – P. 23-26.
15. Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H. A simple method of the isolation and purification of total lipids from animal tissue // J. Biol. Chem. – 1957. – Vol. 226. – P. 497-509.
16. Fuentes V., Ventanas S., Ventanas J., Estevez M. The genetic background affects composition, oxidative stability and quality traits of Iberian dry-cured hams: Purebred Iberian versus reciprocal Iberian x Duroc crossbred pigs // Meat Science. – 2014. – Vol. 96. – No. 2. – P. 737-743.
17. Helander E. On quantitative muscle protein determination sarcoplasm and myofibrile protein content of normal and atrophy skeletal muscle // Acta Physiol. Scand. – 1957. – Vol. 41. – P. 141-147.
18. Henry V. Lobesite chez le porc comment la maitriser // Economic et Medicines Animals. – 1975. – Vol. 16. – № 5-6. – P. 261-293.
19. Hood R.Z. Adipose tissue cellularity and lipogenic activity in porcine and bovine animals: Ph. D. Thesis. Universiti of Minnisota, St.Paul – 1972 – Vol. 298 – P. 233-236.
20. Ibanez-Escriche N., Magallón E., Gonzalez E., Tejeda J.F., Noguera J.L. Genetic parameters and crossbreeding effects of fat deposition and fatty acid profiles in Iberian pig lines // J. Anim. Sci. – 2016. – Vol. 94 – № 1 – P. 28-37.
21. Lee V.B., Kauffman R.G., Grummer R.H. Effect of early nutrition on the development of adipose tissue in the pig. I. Age constant basis // J. Anim. Sci. – 1973. – Vol. 6. – № 37. – P. 1312-1325.
22. Liu Y., Kong X., Jiang G., Tan B., Deng J., Yang X., Li F., Xiong X., Yin Y. Effects of dietary protein/energy ratio on growth performance, carcass trait, meat quality, and plasma metabolites in pigs of different genotypes // J. Anim. Sci. Biotech. – 2015 - Vol. 6 - № 36 – P. 234-244.

23. Reitman S., Frankel S. A calorimetric method for the transaminases // *Am. J. Clin. Path.* – 1957. – Vol. 1. – P. 28-34.
24. Rivera-Ferre M.G., Aguilera J.F., Nieto R. Differences in whole-body protein turnover between Iberian and Landrace pigs fed adequate or lysine-deficient diets // *J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 84. – P. 3346-3355.
25. Rivera-Ferre M.G., Aguilera J.F., Nieto R. Muscle fractional protein synthesis is higher in Iberian than in Landrace growing pigs fed adequate or lysine-deficient diets // *J. Nutr.* – 2005. – Vol. 135. – No. 3. – P. 469-478.
26. Robina A., Viguera J., Perez-Palacios T., Mayoral A.I., Vivo J.M., Guillen M.T. Carcass and meat quality traits of Iberian pigs as affected by sex and crossbreeding with different Duroc genetic lines // *Span J. Agric. Res.* – 2013. – Vol. 11. – No. 4. – P. 1057-1067.
27. Susenbeth A., Dickel T., Diekenhorst A. and Hohler D. Effect of energy intake, genotype and body weight on protein retention in pigs when dietary lysine is the first-limiting factor // *J. Anim. Sci.* – 1999. – Vol. 77. – P. 2985-2989.
28. Young M.G., Sykes A.R. Bone growth and muscularity // *Proc. New Zeland Soc. Anim. Prod.* – 1987 – Vol. 47. – P. 73-75.

REFERENCES

1. Albrecht E., Teuscher F., Ender K. Growth- and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. *J. Anim. Sci.* 2006, 84: 1067-1075.
2. Ayuso M., Fernández A., Núñez Y. et al. Comparative analysis of muscle transcriptome between pig genotypes identifies genes and regulatory mechanisms associated to growth, fatness and metabolism. *PLOS ONE*, 2015, December 22. DOI: 10.1371/journal.pone.0145162
3. Bridges T.C., Turner L.W., Smith E.M. A mathematical procedure for estimating animal growth and body composition. *Trans. Am. Soc. Agr. Eng.* 1986, 29: 1342-1347.
4. Coulambe S.S., Favreon G. New the semimicro method determination of urea. *Clin. Chem.* 1963, 1(9): 23-26
5. Cherepanov G.G. *Sistemnaya morfofiziologicheskaya teoriya rosta zivotnykh* (System morphophysiological theory of animal growth). Borovsk: VNIIFBiP Publ., 1994, 104 p.
6. Erimbetov K.T., Niyazov N.S.-A., Shariyeva D.I., P'yankova E.V., Obvintseva O.V. [Features of nitrogen metabolism and accumulation of muscle tissue in young pigs of different genotype]. *Trudy VNIIFBiP - Proc. Inst. Anim. Physiol. Biochem. Nutr.* 2004, 43: 217-227.
7. Erimbetov K.T. *Metabolizm belkov u rastushchikh bychkov i svinei i faktory ego regulyatsii* [Metabolism of proteins in growing calves and pigs and its regulation factors]. Extended Abstract of Diss. Dr. Sci. Biol., Borovsk, 2007, 29 p.
8. Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H. A simple method of the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 1957, 226: 497-509.
9. Fuentes V., Ventanas S., Ventanas J., Estevez M. The genetic background affects composition, oxidative stability and quality traits of Iberian dry-cured hams: Purebred Iberian versus reciprocal Iberian x Duroc crossbred pigs. *Meat Science*. 2014, 96(2): 737-743.
10. Gumenyuk G.A., Cherkasskaya N.V. *Metodicheskie rekomendatsii po issledovaniyu kormov i produktov zivotnovodstva* (Guidelines for the study of feed and livestock products). Kiev, 1977, 256 p.
11. Helander E. On quantitative muscle protein determination sarcoplasma and myofibrile protein content of normal and atrophy skeletal muscle. *Acta Physiol. Scand.* 1957, 41: 141-147
12. Henry V. Lobesite chez le porc comment la maitriser. *Economic et Medicines Animals*. 1975, 16(5-6): 261-293.
13. Hood R.Z. *Adipose tissue cellularity and lipogenic activiti in porcine and bovine animals*. Ph. D. Thesis. Universiti of Minnisota, St. Paul – 1972 – Vol. 298 – P. 233-236
14. Ibanez-Escriche N., Magallón E., Gonzalez E., Tejeda J.F., Noguera J.L. Genetic parameters and crossbreeding effects of fat deposition and fatty acid profiles in Iberian pig lines. *J. Anim. Sci.* 2016, 94(1): 28-37.
15. Ivashchuk I.S. *Zootekhnika - Zootechnics*. 1997, 10: 12-13.
16. Kal'nitskii B.D. (Ed.) *Metody biokhimicheskogo analiza (spravochnoe posobie)* (Methods of biochemical analysis: a handbook). Borovsk, 1997, 356 p.
17. Lebedev P.T., Usovich A.T. *Metody issledovaniya kormov i tkanei zivotnykh* (Methods for studying feed and animal tissues). Moscow: Rossel'khozizdat Publ., 1976, 389 p.

18. Lee V.B., Kauffman R.G., Grummer R.H. Effect of early nutrition on the development of adipose tissue in the pig. I. Age constant basis. *J. Anim. Sci.* 1973, 6(37): 1312-1325.
19. Lempert M.D. *Biokhimicheskie metody issledovaniya* (Biochemical methods of investigation). Kishinev, 1968, P. 18-20.
20. Liu Y., Kong X., Jiang G., Tan B., Deng J., Yang X., Li F., Xiong X., Yin Y. Effects of dietary protein/energy ratio on growth performance, carcass trait, meat quality, and plasma metabolites in pigs of different genotypes. *J. Anim. Sci. Biotechn.* 2015- Vol. 6 - № 36 – P. 234-244.
21. Nikul'nikov V.S. [Effect of genotype and environment on the quality of pig meat]. *2 s'ezd Vavilovskogo obshchestva genetikov i seleksionerov. Tezisy dokladov* (Second Congress of the Vavilov Society of Geneticists and Breeders. Abstracts). St.-Petersburg, 2000, 2, P. 55.
22. Rivera-Ferre M.G., Aguilera J.F., Nieto R. Differences in whole-body protein turnover between Iberian and Landrace pigs fed adequate or lysine-deficient diets. *J. Anim. Sci.* 2006, 84: 3346-3355.
23. Rivera-Ferre M.G., Aguilera J.F., Nieto R. Muscle fractional protein synthesis is higher in Iberian than in Landrace growing pigs fed adequate or lysine-deficient diets. *J. Nutr.* 2005, 135(3): 469-478.
24. Reitman S., Frankel S. A calorimetric method for the transaminases. *Am. J. Clin. Path.* 1957, 1: 28-34.
25. Robina A., Viguera J., Perez-Palacios T., Mayoral A.I., Vivo J.M., Guillen M.T. Carcass and meat quality traits of Iberian pigs as affected by sex and crossbreeding with different Duroc genetic lines. *Span J Agric Res.* 2013, 11(4): 1057-1067.
26. Susenbeth A., Dickel T., Diekenhorst A. and Hohler D. Effect of energy intake, genotype and body weight on protein retention in pigs when dietary lysine is the first-limiting factor. *J. Anim. Sci.* 1999, 77: 2985-2989.
27. Vasil'eva E.G., Sitnikova N.F. [Breeding pigs for creating hybrids]. *Zootekhnika - Zootechnics.* 1997, 10: 8-11.
28. Young M.G., Sykes A.R. Bone growth and muscularity. *Proc. New Zeland Soc. Anim. Prod.* 1987, 47: 73-75.

Features of metabolism and formation of meat productivity in pigs of different genotypes

Erimbetov K.T., Obvintseva O.V., Mikhailov V.V.

*Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition, Borovsk Kaluga region,
Russian Federation*

ABSTRACT. The aim of the work was to study the characteristics of the metabolism and formation of meat products in growing crossbred pigs with estimates of their growing and fattening performance. The experiments were carried out on pigs and boar piglets of Large White (LW) breed, two- (Duroc×LW, n=20, Landrace×LW, n=15, Pic-402 LW×Danish Landrace Danish×Yorkshire) and three-breed hybrids (Duroc×LW×Large Black, Hampshire×LW×Landrace) during the age period from 30- to 225-days. Two-breed crossbred pigs (Duroc×LW) differed significantly from the original maternal breed (LW) in regard to the intensity of growth and character of metabolic processes. At 30 days age the crossbred pigs Landrace×Large White do inferior to parentals of Large White breed by body weight and efficiency of using nitrogenous substances of feed. At a later date, the crossbred pigs were ahead of the parental breed in point of growth rate and feed efficiency. In general, over the experience, the live weight gain of crossbred piglets was higher by 6.1% ($P < 0.05$), the efficiency of feed by 5.7% vs original maternal breed. At the end of fattening, the hybrid animals were superior to pure-bred for slaughter output, the output of meat and bones. In crossbred pigs Large White×Pic-402, an average daily gain during the whole fattening period was by 7.3% ($P < 0.05$) above, and feed consumption by 6.7% lower, compared to cross Landrace×LW. Crossbred pigs with high productivity potential (Pic 402×Large White) were inferior to Landrace×LW in regard of absolute and relative weight of internal organs. When analyzing the combined data for all periods of the experiment, a positive correlation ($P < 0.05$) of meat production parameters (live weight, yield of pulp and muscle mass) with creatine kinase activity and creatinine concentration in blood was found, and negative one ($P < 0.05$) with the activity of alkaline phosphatase in blood.

Keywords: crossbred piglets, growth and development, meat production parameters, biochemical composition of blood, creatinine, creatine kinase

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2018, 1: 51-63

Поступило в редакцию: 17.09.2017

Получено после доработки: 05.02.2018

Еримбетов Кенес Тагаевич, с.н.с., д.б.н., тел.: 8(919)031-50-34, 8(903)812-56-24, erimbetovkt@mail.ru;

Обвинцева Ольга Витальевна, н.с., тел.: 8(903)814-79-76, obvintseva.olga@yandex.ru;

Михайлов Виталий Васильевич, д.б.н., проф., тел.: 8(962)219-25-07, MichailovVV@mail.ru