СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИОЛОГИЯ, 2020, том 55, № 6, с. 1126-1138

Селекция и репродукция

УДК 636.4:636.082.2:612.311 doi: 10.15389/agrobiology.2020.6.1126rus

ПОКАЗАТЕЛИ КОРМОВОГО ПОВЕДЕНИЯ КАК НОВЫЕ СЕЛЕКЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ В РАЗВЕДЕНИИ СВИНЕЙ*

А.А. СЕРМЯГИН ✉, А.А. БЕЛОУС, Е.А. ТРЕБУНСКИХ, Н.А. ЗИНОВЬЕВА

Селекция свиней по откормочным, мясным и воспроизводительным качествам как главным критериям отбора реализована в практике разведения достаточно давно. Однако учитываемый при этом комплекс признаков продуктивности не включает ряд важных экономических показателей, в частности эффективность использования корма и поведенческие характеристики животных. В настоящее время переход к массовому тестированию животных на автоматических кормовых станциях служит наиболее точным методом оценки конверсии корма и сопутствующих показателей кормового поведения. В представленной работе впервые на российской популяции свиней породы дюрок установлена возможность использования значений остаточного потребления корма для повышения результативности отбора особей при непосредственном учете параметров кормового поведения. При одинаковой интенсивности выращивания свиней встречаются животные, по-разному использующие энергию корма. Эти различия генетически обусловливают около 20 % изменчивости, что подтверждает значимость показателя в тандемной селекции свиней на одновременное улучшение характеристик кормового поведения и конверсии корма. Целью работы было изучение генетической взаимосвязи признаков кормового поведения с эффективностью использования корма, оцененной по показателю остаточного потребления корма. Исследования проводили на базе СГЦ «Топ Ген» (Воронежская обл., п. Верхняя Хава, 2017-2019 годы) на 800 хрячках (*Sus scrofa*) породы дюрок, меченных электронными чипами. Потребление корма учитывали индивидуально, используя автоматические кормовые станции. Регистрировали показатели кормового поведения, среднесуточные приросты живой массы (ADG) и конверсию корма (FCR), оценивали откормочные качества. Для элиминации влияния факторов выращивания на изучаемые признаки проводился регрессионный анализ для корректировки конверсии корма, а также расчет генетических и паратипических варианс. Значения отклонений от прогнозируемого потребления корма (RFI) были получены на основе разности фактического и прогнозируемого среднесуточного потребления корма с учетом средней метаболической массы и прироста массы животных по уравнению множественной линейной регрессии. Средние значения и наследуемость основных селекционных признаков: конверсия корма — 2,20±0,02 кг/кг (h^2 = 0,214, для скорректированной величины), среднесуточное потребление корма — 2,51±0,14 кг/сут (h^2 = 0,221), число посещений станции — 7,9±0,1 ед. (h^2 = 0,494), масса съеденного корма за посещение — 0,372±0,005 кг (h^2 = 0,284), длительность поедания корма за посещение — 11,3±0,2 мин (h^2 = 0,168), скорость поедания — 35,4±0,3 г/мин (h^2 = 0,269). Для RFI коэффициент наследуемости составил h^2 = 0,215. По соотношению RFI и ADG были установлены желательные группы хрячков породы дюрок с отрицательными или низкими значениями RFI: –254,9 и –276,2 г против +266,8 и +353,9 г для положительных RFI. Особи, показавшие высокие приросты живой массы (1057 г/сут) при пониженном потреблении корма (2,34 кг/сут), могут служить основой для создания специализированной линии свиней, с высокой эффективностью использующих энергию корма для роста. Такие хрячки в сравнении со сверстниками, имеющими положительные значения RFI, достоверно выделялись лучшими показателями FCR_{corr} (–0,15 и –0,24 кг/кг), толщины шпика (–1,90 и –2,49 мм), площади мышечного глазка (+4,57 и +6,10 $см^2$); для времени нахождения на станции различия составляли –2,8 и –8,0 мин, для числа посещений — +1,7 и +2,0 ед., для затраченного времени на одно посещение — –2,7 и –4,2 мин. То есть более частое посещение кормовых станций животными при более низких временных затратах пребывания в станке способствовало более эффективному потреблению комбикормовой смеси. Для оценок племенной ценности показателей кормового поведения были обнаружены аналогичные закономерности в части характеристики желательной группы животных по RFI и сравниваемых аналогов. Большее количество съеденного корма компенсировало имеющиеся различия между фенотипом и генотипом по числу посещений станции и скорости потребления корма вследствие выявленных генетических корреляций с RFI — соответственно r_g = 0,702 и r_g = 0,033. Таким образом, признаки кормового поведения свиней наравне с прогнозируемым потреблением корма могут быть использованы в процессе улучшения популяций свиней по экономическим и хозяйственно ценным показателям.

Ключевые слова: свиньи, порода дюрок, кормовое поведение, конверсия корма, прогнозируемое потребление корма, откормочная продуктивность, наследуемость, племенная ценность.

Интенсивная селекция свиней по ограниченному числу признаков,

* Исследования проведены при поддержке РФФИ (проект № 19-316-90008) и Минобрнауки России.

практикуемая в последние десятилетия, обусловливает достижение так называемого селекционного плато, когда проводимый отбор не может обеспечить дальнейший генетический прогресс в улучшении признаков. Для решения проблемы требуются новые стратегии в разведении животных. В качестве одного из перспективных подходов рассматривается поиск и оценка селекционных показателей, связанных с экономически значимыми признаками напрямую или косвенно (1). Интеграция в программы селекционно-племенной работы дополнительных показателей позволит повысить точность оценки племенной ценности животного по связанным с ними экономически значимым признакам и, как следствие, ускорить генетический прогресс в селекции. Разработка автоматических компьютеризированных систем (кормовых станций, или фид-лотов) сделала возможным учет показателей кормового поведения свиней (2), таких как время нахождения на кормовой станции в сутки (time in the feeding station per test day, TPD), количество потребленного корма в сутки (average daily feed intake, ADFI), число посещений кормовой станции в сутки (number of visits in the feeding station per test day, NVD), средняя продолжительность одного посещения (time in the feeding station per visit, TPV = TPD/NVD), среднее потребление корма за посещение (feed intake per visit, FPV), скорость поедания корма (feed consumption rate, FR = DFI/TPD) (3). Эти показатели рассматриваются в качестве дополнительных признаков для включения в программы селекции свиней и могут стать одним из элементов системы менеджмента в свиноводстве.

Анализ показателей кормового поведения обнаружил наличие породоспецифичных особенностей (4), вследствие чего J. Fernández с соавт. (5) предположили, что повышение эффективности использования корма может быть достигнуто разработкой для пород свиней определенных стратегий кормления, основанных на генетической обусловленности этих признаков. Установлено, что кормовое поведение характеризуется умеренной степенью наследуемости: значения h^2 в зависимости от породы (йоркшир, ландрас, дюрок) для NVD составили 0,44-0,51, для TPD — 0,48-0,56, для FR — 0,55-0,59, для FPV — 0,49-0,57, для TPV — 0,47-0,51 (6). В работе A.T. Kavlak с соавт. (7) коэффициенты наследуемости кормового поведения варьировали от 0,17 до 0,47, при этом значения ADFI высоко коррелировали с производственными признаками. Выявлены вариации коэффициента наследуемости показателя суточного потребления корма у свинок породы ландрас голландской селекции в зависимости от периода выращивания: $h^2 = 0,53$ на 5-е сут и $h^2 = 0,24$ на 95-е сут контрольного выращивания (8).

Использование признаков кормового поведения в программах селекции требует знаний о генетических взаимосвязях между показателями. С этой целью были изучены корреляции между признаками у свиней различных пород. Так, D.N. Do с соавт. (6) в крупномасштабном исследовании, проведенном на свиньях пород йоркшир, ландрас и дюрок датской селекции, показали улучшение конверсии корма (feed conversion rate, FCR) с увеличением значений ADFI (r_g = 0,43-0,74) и NVD (r_g = 0,39-0,50) и снижение FCR с увеличением TPV (r_g от –0,35 до –0,43) и FPV (r_g от –0,27 до –0,40). Было обнаружено повышение суточного потребления корма (ADFI) и, как следствие, среднесуточных приростов живой массы (average daily gain, ADG) с увеличением скорости поедания корма (FR) (6). Это согласуется с данными L.C.M. de Haer с соавт. (3) и W.M. Rauw с соавт. (9), которые ранее установили, что свиньи, быстро потребляющие корм, характеризуются более высокой оплатой корма продукцией, повышенной интенсивностью роста и аккумулируют больше жира. I. Andretta с соавт.

(10) показали, что скорость поедания корма и число посещений кормовой станции в сутки наиболее тесно связаны с продуктивными качествами. Кроме того, количество потребленного корма в сутки и скорость поедания корма отрицательно коррелируют с эффективностью его использования (10). В недавних исследованиях G. Carcò с соавт. (11), выполненных на гибридных боровках, признаки кормового поведения высоко коррелировали с откормочной продуктивностью и показателями качества туш. Так, ADFI положительно коррелировал с ADG, TPD — отрицательно с ADG и положительно — с FCR, между FPV и ADG была прямая корреляция, FR имел сильную связь с ADG и ADFI.

Наибольший интерес представляет использование показателей кормового поведения для оценки эффективности потребления корма. Традиционная оценка основана на определении конверсии корма — отношения количества потребленного корма (или потребленного сухого вещества) к приросту живой массы за определенное время. В проведенных нами ранее исследованиях была показана связь некоторых признаков кормового поведения с FCR (12, 13). Однако при использовании этого показателя в селекции необходимо принимать во внимание его сильную корреляцию с количеством потребленного корма и среднесуточными приростами живой массы животного. То есть, два животных могут иметь одинаковые значения показателя FCR, но сильно различаться по потреблению корма и приросту живой массы. И наоборот, одно и то же животное при разном потреблении корма будет характеризоваться неодинаковыми значениями FCR, хотя наследственная основа при этом не меняется.

Альтернативным показателем оценки эффективности использования корма, который нашел широкое применение у разных видов сельскохозяйственных животных, включая свиней, служит остаточное потребление корма, или отклонения от прогнозируемого потребления корма (residual feed intake, RFI). У свиней RFI можно рассчитать, как остаточное значение уравнения модели потребления корма, которая включает признаки скорости роста (среднесуточного прироста) и толщины шпика в качестве независимых переменных и, возможно, метаболическую массу тела животного (14-16). Иными словами, этот показатель можно определить как разницу между фактическим потреблением корма и ожидаемыми потребностями в кормах, обусловленными необходимостью поддержания массы тела и увеличения прироста. В отличие от FCR, показатель RFI не зависит от среднесуточного прироста живой массы, поэтому служит для более точной оценки эффективности использования корма, поскольку основан на потребностях животного в энергии.

Было установлено, что животные, принадлежащие к разным линиям и селекционируемые по низким значениям RFI (LRFI), имели желательные показатели по фертильности и лактационной деятельности свиноматок, но худшие значения по упитанности и отрицательный энергетический баланс в течение лактации (17). По данным J.D. Colpoys и соавт. (18), боровки с LRFI характеризовались пониженной поведенческой реактивностью при воздействии различных стресс-факторов, что позволяет лучше утилизировать энергию корма. Для предварительного отбора молодых животных по RFI предлагается использовать физиологический маркер — гормон IGF-1 (19). Сообщалось, что прямая селекция по RFI сопровождалась изменениями других признаков, причем самую высокую корреляцию отмечали между RFI и содержанием в IGF-1 в крови, то есть IGF-1 генетически ассоциирован с эффективностью откорма (19). Также показано, что рацион, отличающийся от использованного при выведении свиней с LRFI (высокое содержание энергии и низкое — клетчатки), не позволяет максимально

реализовать генетический потенциал особей по RFI (20).

В настоящей работе впервые на российской популяции свиней породы дюрок установлена возможность использования показателя остаточного потребления корма для повышения результативности отбора при непосредственном учете параметров кормового поведения особей. При одинаковой интенсивности выращивания свиней встречаются животные, по-разному использующие энергию корма. Эти различия генетически обусловливают около 20 % изменчивости, что подтверждает значимость показателя в тандемной селекции свиней на одновременное улучшение характеристик кормового поведения и конверсии корма.

Целью работы было изучение генетической взаимосвязи признаков кормового поведения с эффективностью использования корма, оцененной по показателю остаточного потребления корма.

Методика. Исследования проводили на базе СГЦ «Топ Ген» (Воронежская обл., п. Верхняя Хава, 2017-2019 годы) на 800 хрячках (*Sus scrofa*) породы дюрок, меченных электронными чипами. Возраст животных при постановке на откорм составил 78 сут, при снятии — 156 сут. Хрячки содержались группами по 15 гол. в станках со щелевыми полами (площадь пола 1,30 м^2/гол.) при 18 °С, имели неограниченный доступ к кормам и воде. Индивидуальный учет потребления корма осуществляли с использованием автоматических кормовых станций MLP-RAP («Schauer Agrotronic AG», Швейцария) и GENSTAR («Cooperl», Франция).

Рационы были однотипными для всех групп хрячков и менялись в зависимости от периода откорма: СК-52 — в первый, СК-6 — во второй, СК-7 — в третий (завершающий) период. Состав рационов: СК-52 — сухое вещество (80 %), обменная энергия (13,14 %), сырой протеин (16,70 %), сырой жир (4,38 %), сырая клетчатка (4,39 %), лизин (1,11 %), метионин + цистеин (0,67 %), кальций (0,55 %), фосфор (0,52 %); СК-6 — сухое вещество (80 %), обменная энергия (13,02 %), сырой протеин (14,59 %), сырой жир (3,57 %), сырая клетчатка (4,12 %), лизин (0,95 %), метионин + цистеин (0,58 %), кальций (0,55 %), фосфор (0,48 %); СК-7 — сухое вещество (80 %), обменная энергия (12,61 %), сырой протеин (13,10 %), сырой жир (2,17 %), сырая клетчатка (4,49 %), лизин (0,83 %), метионин + цистеин (0,51 %), кальций (0,51 %) и фосфор (0,49 %).

По результатам контроля качества индивидуальных и групповых (по всей выборке) параметров кормового поведения на нормальность распределения (минимальное число контрольных записей за время теста не менее 14, но не более 144) для анализа отобрали 766 животных с общим числом наблюдений за периоды откорма 49577 при среднем значении 64,7 записей на 1 гол. Исследовали показатели ADG (г), ADFI (г/сут), TPD (мин/сут), NVD (ед.), FPV (г), FR (г/ч), TPV (мин), FCR (кг/кг) и RFI (г), BF, BF100 (толщина шпика над 6-7-м позвонком, абсолютная и приведенная к живой массе 100 кг, мм); LD, LD100 (площадь мышечного глазка, абсолютная и приведенная к живой массе 100 кг, см).

Значения FCR рассчитывали для каждого животного, как отношение количества потребленного корма к приросту живой массы за весь период выращивания. Учитывая различия в продолжительности периода выращивания между группами, для получения сопоставимых значений конверсии корма использовали следующее регрессионное уравнение, которое было получено с помощью программы STATISTICA 10:

$$FCR_{corr} = -4{,}2361 + 0{,}0890x_1 + 0{,}0922x_2 - 0{,}0841x_3 + 0{,}0057x_4, \quad [1]$$

где x_1 — период откорма на автоматической кормовой станции, сут; x_2 — живая масса при постановке на откорм, кг; x_3 — живая масса при снятии с

откорма, кг; x_4 — среднесуточный прирост живой массы, г.

Расчет генетических и паратипических корреляций выполняли с использованием программы REMLF90 (21, 22) по следующему уравнению смешанной модели:

$$y = \mu + YM + DFSM + Party\ (Batch) + Period + b_1BW_{start} + animal + e, \quad [2]$$

где μ — популяционная константа; YM — год × месяц рождения животного, фиксированный эффект; DFSM — дата постановки × кормовая станция × неделя, фиксированный эффект постановки животного на кормовую станцию; Party (Batch) — партия оценки на кормовой станции групп животных, фиксированный эффект; Period — продолжительность оценки животного, фиксированный эффект; b_1BW_{start} — живая масса при постановке, регрессионный эффект; animal — эффект животного, рандомизированный; e — остаточная варианса модели.

Коэффициент наследуемости рассчитывали на основе отношения аддитивной генетической вариансы к общей фенотипической изменчивости признака согласно вариационным компонентам анализа:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2+\sigma_e^2}, \quad [3]$$

где σ^2_a — варианса между группами потомков, σ^2_e — варианса внутри группы потомков, или остаточная варианса.

Отклонение от прогнозируемого потребления корма (RFI) определяли согласно подходу, предложенному W. Cai с соавт. (23) и R. Ding с соавт. (24), на основе множественной линейной регрессии:

$$RFI = ADFI - (a + b_1MWT^{0,75} + b_2ADG),$$

$$RFI = ADFI - (888{,}00 + 40{,}33 \times MWT^{0,75} + 0{,}64 \times ADG) \quad [4]$$

где a — свободный член линейного уравнения; b_1 и b_2 — регрессионные коэффициенты; $MWT^{0,75}$ — средняя метаболическая масса, представляющая активную массу тканей тела организма животного, которые нуждаются в обеспечении энергией $[(BW_start + BW_end)/2]^{0,75}$, кг; BW_start, BW_end — живая масса соответственно в начале и в конце тестового откорма; ADG — среднесуточный прирост, г.

Статистическую обработку результатов проводили в среде Microsoft Excel. Средние, минимальные и максимальные значения по всей выборке получали с помощью описательной статистики, коэффициент вариации вычисляли по формуле:

$$Cv = \sigma/M \times 100, \quad [5]$$

где σ — стандартное отклонение, M — среднее значение признака.

Результаты. Изучение кормового поведения с использованием автоматических кормовых станций представляет интерес для понимания эффективности кормления и усвояемости кормов. В нашей работе средняя живая масса при постановке хрячков на откорм составила 35,7 кг, период откорма — 78,1 сут. Фенотипическая вариабельность (*Cv*) кормового поведения и конверсии корма внутри закрытой популяции свиней составила от 14,5 до 40,5 %, что свидетельствует о потенциальных возможностях отбора (табл. 1). Изменчивость фактических значений конверсии корма составила 25,4 %, скорректированных — 9,1 %, при этом среднее значение показателя осталось тем же — 2,20 кг/кг. Для показателя RFI коэффициент вариации не рассчитывали, поскольку сумма значений составляла 0.

Сравнительный анализ наших данных с результатами, полученными другими авторами, показал наличие породоспецифичных особенностей. Если показатели эффективности использования корма (среднесуточное потребление и конверсия) были относительно стабильными (отмечалось

поступательное снижение конверсии корма за последние 15 лет, обусловленное интенсивной селекцией и совершенствованием рационов), то показатели кормового поведения сильно варьировали (табл. 2).

1. Характеристика фенотипических показателей исследуемой выборки хрячков (*Sus scrofa*) породы дюрок (n = 766; СГЦ «Топ Ген», Воронежская обл., п. Верхняя Хава, 2017-2019 годы)

Показатель	M±SEM	SD	Min	Max	Cv, %
ADG	957±5	139	424	1508	14,5
ADFI	2,51±0,14	0,40	1,14	4,45	15,9
TPD	74,9±0,5	13,8	45,7	139,9	18,5
NVD	7,9±0,1	2,6	3,5	16,3	32,2
TPV	11,3±0,2	4,5	4,0	26,0	39,8
FR	35,4±0,3	8,5	16,6	74,5	24,1
FPV	0,372±0,005	0,151	0,145	0,799	40,5
FCR	2,20±0,02	0,56	0,40	5,70	25,4
FCR_{corr}	2,21±0,01	0,20	1,80	3,70	9,1
RFI	0,00±13,46	372	–1227	1964	–

Примечание. ADG — среднесуточный прирост живой массы, г; ADFI — среднесуточное потребление корма, кг/сут; TPD — среднее время нахождения на кормовой станции, мин/сут; NVD — число посещений кормовой станции в сутки, ед.; FPV — количество съеденного корма за посещение, кг; TPV — длительность приема пищи за посещение, мин; FR — скорость поедания корма, г/мин; FCR — конверсия корма, кг/кг; FCR_{corr} — скорректированная конверсия корма, кг/кг; RFI — отклонение от прогнозируемого потребления корма, г. Прочерк означает, что показатель не рассчитывали.

Так, исследуемые нами хрячки породы дюрок по сравнению со свиньями аналогичной породы (6) при приблизительно равных значениях среднесуточного потребления корма и конверсии корма (различия составляли 4,6-5,0 %) в 1,4 раза реже посещали кормовые станции, при этом продолжительность одного посещения была в 1,3 раза больше. Кроме того, свиньи породы дюрок потребляли за одно посещение в 1,5 раза больше корма, а скорость поедания корма была на 15,6 % выше по сравнению с аналогичными значениями, установленными D.N. Do с соавт. (6).

Мы выявили умеренную наследуемость для TPV (h^2 = 0,168), FCR_{corr} (h^2 = 0,214), RFI (h^2 = 0,215) и ADFI (h^2 = 0,221) (табл. 3). Значения коэффициентов наследуемости для FR, FPV и TPD были более высокими и ранжировались от 0,269 до 0,290. Наименьшую генетическую вариацию обнаружили для показателя фактической конверсии корма (FCR, h^2 = 0,058), тогда как наибольшую — для числа посещений кормовой станции в сутки (NVD, h^2 = 0,494).

Анализ генетических корреляций показал, что чем чаще животные посещали кормовые станции, тем больше времени они там находились (r = 0,536), при этом средняя продолжительность одного посещения уменьшалась (r = –0,593), как и скорость поедания корма (r = –0,760). То есть чем чаще животные заходили на станцию, тем меньше корма за посещение они потребляли (r = –0,721). Конверсия корма повышалась с увеличением продолжительности нахождения на станции (значения r 0,454 и 0,530) и уменьшалась при увеличении скорости поедания корма (значения r –0,538 и –0,772), что также было связано с усвояемостью и качеством кормов. Влияние паратипических (средовых) факторов на кормовое поведение было заметно по взаимосвязи числа посещений кормовой станции и продолжительности одного посещения: чем чаще животное посещало фидлот, тем меньше времени оно там находилось (r = –0,597) и съедало меньше корма за посещение (r = –0,715), что тоже обусловлено поведенческой характеристикой.

На рисунке 1 представлен график исходных и прогнозируемых значений ADFI, разница между которыми отражает отклонение от прогнозируемого потребления корма (RFI).

2. Эффективность использования корма и кормовое поведение свиней (*Sus scrofa*) разных пород, описанные в литературе, в сравнении с показателями, полученными для породы дюрок в настоящей работе (n = 766; СГЦ «Топ Ген», Воронежская обл., п. Верхняя Хава, 2017-2019 годы)

Показатель	Дюрок (n = 766)	PIC L-26 × C-15 (25)		Large White (4)	Landrace (4)	Pietrain (4)	PIC C-22 (26)	Duroc (D) (6)	Landrace (L) (6)	Yorkshire (Y) (6)	Финальный гибрид (Y×D)×L (27)	Maxgro (28)
Пол	X	K	C	K	K	C	К и С	К и С	К и С	К и С	К и С	X
ADG, г	0,957±0,01	0,997	0,980	0,87±0,08	0,85±0,08	0,71±0,07	–	1,03±0,10	1,00±0,09	0,93±0,09	–	-
ADFI	2,51±0,14	3,19	2,88	2,21±0,19	2,28±0,20	1,70±0,14	–	2,40±0,38	2,38±0,38	2,15±0,35	–	2,73±0,32
NVD	7,90±0,09	11,8	11,8	–	–	–	5,6±0,61	11,07±5,25	8,81±4,36	18,19±10,88	13,12±3,99	4,29±0,90
FPV	0,37±0,06	0,302	0,272	–	–	–	–	0,25±0,09	0,31±0,11	0,15±0,01	–	0,64
TPV	11,3±0,2	9,5	8,9	–	–	–	11,3±1,1	8,58±3,40	9,36±3,67	4,44±2,36	5,35±1,61	14,44
FR	35,4±0,3	32,1	32,0	35,90±6,50	35,30±6,50	30,70±5,20	–	30,61±0,66	34,81±0,78	36,69±0,84	–	45,38±8,79
FCR	2,20±0,01	3,13	2,94	2,57±0,18	2,68±0,22	2,40±0,17	–	2,31±0,34	2,36±0,30	2,29±0,29	–	2,26±0,23

Примечание. K — кастраты, C — свинки, X — хрячки; ADG — среднесуточный прирост живой массы, г; ADFI — среднесуточное потребление корма, кг/сут; NVD — число посещений кормовой станции в сутки, ед.; FPV — количество съеденного корма за посещение, кг; TPV — длительность приема пищи за посещение, мин; FR — скорость поедания корма, г/мин; FCR — конверсия корма, кг/кг. Прочерк означает, что показатель не представлен.

3. Генетические и паратипические корреляции кормового поведения и конверсии корма у хрячков (*Sus scrofa*) породы дюрок (n = 766; СГЦ «Топ Ген», Воронежская обл., п. Верхняя Хава, 2017-2019 годы)

Показатель	ADFI	TPD	NVD	TPV	FR	FPV	FCR	FCR_{corr}	RFI
ADFI	0,221[c]	0,385	0,230	–0,001	0,375	0,327	0,372	–0,369	0,928
TPD	0,390	0,290[c]	0,148	0,582	–0,639	0,132	0,153	–0,202	0,355
NVD	0,641	0,536	0,494[c]	–0,597	0,030	–0,715	0,143	0,013	0,254
TPV	–0,307	0,286	–0,593	0,168[c]	–0,554	0,679	–0,063	–0,079	–0,016
FR	0,303	–0,760	–0,094	–0,501	0,269[c]	0,123	0,129	–0,086	0,358
FPV	–0,047	–0,465	–0,721	0,532	0,457	0,284[c]	0,007	–0,199	0,288
FCR	–0,062	0,454	0,147	0,115	–0,538	–0,462	0,058[c]	0,257	0,546
FCR_{corr}	–0,287	0,530	0,002	0,298	–0,772	–0,467	0,861	0,214[c]	–0,099
RFI	0,910	0,575	0,702	–0,281	0,033	–0,293	0,311	0,113	0,215[c]

Примечание. ADFI — среднесуточное потребление корма; TPD — среднее время нахождения на кормовой станции; NVD — число посещений кормовой станции в сутки; TPV — длительность приема пищи за посещение; FR — скорость поедания корма; FPV — количество съеденного корма за посещение; FCR — конверсия корма; FCR_{corr} — скорректированная конверсия корма; RFI — отклонение от прогнозируемого потребления корма. По диагонали (отмечена верхним индексом [c]) — коэффициенты наследуемости h^2, над диагональю — паратипические корреляции, под диагональю — генетические корреляции.

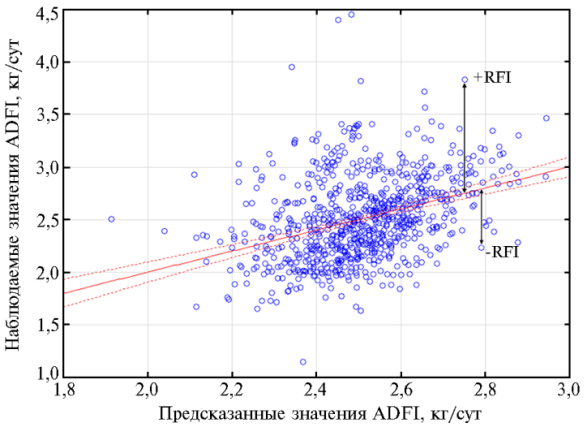

Рис. 1. Распределение исходных и прогнозируемых значений среднесуточного потребления корма (ADFI) хрячками (*Sus scrofa*) породы дюрок, полученных при расчете RFI на основе множественной линейной регрессии (СГЦ «Топ Ген», Воронежская обл., п. Верхняя Хава, 2017-2019 годы).

Влияние регрессионных коэффициентов ($MWT^{0,75}$, ADG) на значимую переменную (ADFI) было достоверным при $p < 0,001$. Отрицательные значения RFI означали, что на прирост живой массы и поддержание жизнедеятельности организма в тестовый период животные расходовали меньше энергии корма, чем прогнозировалось. Напротив, положительная величина RFI свидетельствовала о превышении расходования корма или более низкой эффективности его потребления на нужды организма.

В соответствии с рассчитанными значениями RFI, ADFI и ADG были выделены группы хрячков с наиболее желательным соотношением RFI/ADG — I и IV группы (отрицательные или низкие значения RFI) и с наименее желательным — II и III (положительные или высокие значения RFI) (рис. 2).

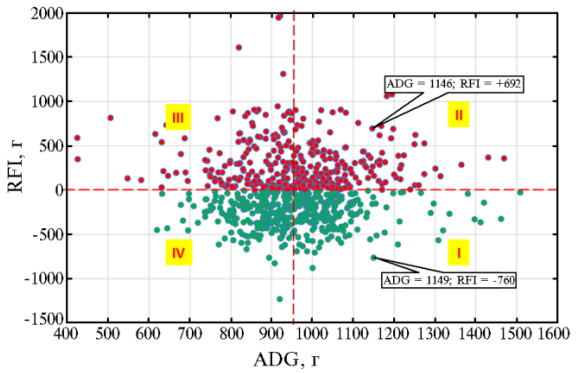

Рис. 2. Группы хрячков (*Sus scrofa*) породы дюрок (I-IV), **выделенные по соотношению фенотипических значений среднесуточного прироста** (ADG) **и отклонения от прогнозируемого потребления корма** (СГЦ «Топ Ген», Воронежская обл., п. Верхняя Хава, 2017-2019 годы).

Долевое распределение животных между I-IV группами составило соответственно 25,3; 24,3; 22,1 и 28,3 %. Следовательно, I группа, или примерно четверть особей, могли быть отобраны в качестве племенного ремонтного молодняка, успешно прошедшего оценку по собственной

продуктивности (высокие показатели ADG при пониженном потреблении корма). Свиней II, III и отчасти IV групп с низким значением RFI рекомендуется использовать в товарном производстве (выранжировка).

4. Фенотипические показатели откормочной продуктивности и кормового поведения хрячков (*Sus scrofa*) породы дюрок в группах в зависимости от соотношения признаков RFI (отклонение от прогнозируемого потребления корма) **и ADG** (среднесуточный прирост живой массы) (СГЦ «Топ Ген», Воронежская обл., п. Верхняя Хава, 2017-2019 годы)

Показатель	I группа (n = 194)	II группа (n = 186)	III группа (n = 169)	IV группа (n = 217)
Откормочная продуктивность				
RFI	–254,9±12,7	$266,8\pm17,1^{a)***}$	$353,9\pm26,3^{b)***}$	–276,2±12,0
ADG	$1057\pm7^{b)***}$ $^{c)***}$	1069±7	844±8	864±5
ADFI	$2,34\pm0,01^{c)***}$	$2,89\pm0,02^{a)***}$	$2,75\pm0,03^{b)***}$	$2,14\pm0,01$
FCR	1,89±0,03	$2,37\pm0,03^{a)***}$	$2,57\pm0,05^{b)***}$	$2,04\pm0,03^{c)***}$
FCR_{corr}	2,12±0,01	2,10±0,01	$2,36\pm0,02^{b)***}$	$2,27\pm0,01^{c)***}$
BW_start	$35,9\pm0,4^{b)*}$	36,3±0,4	34,7±0,4	35,7±0,4
BW_end	$114,8\pm0,7^{b)***}$ $^{c)***}$	$118,7\pm0,8^{a)***}$	103,5±0,8	103,4±0,6
BF	$17,43\pm0,54^{c)**}$	$19,92\pm0,67^{a)**}$	$19,33\pm0,81^{t}$	15,24±0,47
LD	$79,95\pm1,21^{b)*}$ $^{c)***}$	$84,20\pm1,64^{a)*}$	75,38±1,40	73,85±0,91
BF100	15,25±0,52	16,60±0,70	$18,72\pm0,80^{b)***}$	14,80±0,48
LD100	68,36±1,08	66,52±1,32	$72,10\pm1,42^{b)*}$	$71,48\pm0,87^{c)***}$
Period	75,0±0,7	$77,3\pm0,7^{a)*}$	$81,9\pm0,7^{b)***}$	$78,5\pm0,6^{c)***}$
Age_end_off	153,6±0,7	$156,3\pm0,7^{a)**}$	$158,8\pm0,8^{b)***}$	$156,3\pm0,6^{c)**}$
BWG	$78,9\pm0,6^{b)*}$ $^{c)***}$	$82,4\pm0,8^{a)***}$	68,8±0,8	67,8±0,6
FI_all	$149,0\pm2,8^{c)**}$	$195,0\pm2,8^{a)***}$	$175,6\pm3,5^{b)***}$	137,4±2,2
Кормовое поведение				
TPD	72,3±0,8	$75,1\pm0,9^{a)*}$	$80,3\pm1,2^{b)***}$	72,9±0,9
NVD	$8,9\pm0,2^{a)***}$ $^{b)***}$	7,2±0,2	6,9±0,2	8,5±0,2
TPV	9,5±0,3	$12,2\pm0,3^{a)***}$	$13,7\pm0,4^{b)***}$	10,2±0,3
FR	$33,8\pm0,4^{c)***}$	$41,2\pm0,7^{a)***}$	$36,8\pm0,7^{b)***}$	30,9±0,4
FPV	0,304±0,010	$0,464\pm0,011^{a)***}$	$0,456\pm0,011^{b)***}$	0,289±0,007

Примечание. Распределение животных по группам иллюстрирует рисунок 2. RFI — отклонение от прогнозируемого потребления корма, г; ADG — среднесуточный прирост живой массы, г; ADFI — среднесуточное потребление корма, кг/сут; FCR — конверсия корма, кг/кг; FCR_{corr} — скорректированная конверсия корма, кг/кг; BW_start, BW_end — живая масса при постановке и снятии с откорма, кг; BF, BF100 — толщина шпика над 6-7-м позвонком, абсолютная и приведенная к живой массе 100 кг, мм; LD, LD100 — площадь мышечного глазка, абсолютная и приведенная к живой массе 100 кг, $см^2$; Period — продолжительность откорма на станции, сут; Age_end_off — возраст животного при снятии с откорма, сут; BWG — прирост живой массы за период откорма, кг; FI_all — потребление корма за период тестирования на станции, кг; TPD — среднее время нахождения на кормовой станции, мин/сут; NVD — число посещений кормовой станции в сутки, ед.; TPV — длительность приема пищи за посещение, мин; FR — скорость потребления корма, г/мин; FPV — количество съеденного корма за посещение, кг. Число животных при учете по признакам BF, BF100, LD, LD100 по группам I-IV — соответственно 122, 112, 93 и 158 гол.
*, **, *** Различия между группами ($^{a)}$ — I и II, $^{b)}$ — I и III, $^{c)}$ — I и IV) при сравнении средних показателей статистически значимы соответственно при $p < 0,05$, $p < 0,01$ и $p < 0,001$; $^{t}p < 0,1$ (тенденция).

Хрячки, относящиеся к I группе, имели достоверно более выгодные хозяйственные значения показателей откормочной продуктивности по сравнению с другими группами (табл. 4): для RFI — +523,9 и +608,8 г (соответственно II и III группы, $p < 0,001$), ADG — +193 и +213 г (II и III, $p < 0,001$), ADFI — –0,41 и –0,55 кг/сут (II и III, $p < 0,001$), FCR — –0,48; –0,68 и –0,15 кг/кг (II, III и IV, $p < 0,001$), FCR_{corr} — –0,15 и –0,24 кг/кг (III и IV, $p < 0,001$), BW_end — +11,3 и +11,4 кг (III и IV, $p < 0,001$), BF — –1,90 и –2,49 мм (II и III, $p < 0,1$-0,01), LD — +4,57 и +6,10 $см^2$ (III и IV, $p < 0,05$-0,001), BWG — +10,1 и +11,1 кг (III и IV, $p < 0,05$-0,001), FI_all — –26,6 и –46,0 кг (II и III, $p < 0,001$). По признакам кормового поведения различия с другими группами составили для TPD –2,8 и –8,0 мин/сут (II и III, $p < 0,05$-0,001), для NVD — +1,7 и +2,0 ед. (II и III, $p < 0,001$), TPV — –2,7 и –4,2 мин (II и III, $p < 0,001$). В то же время животные I группы уступали сверстникам из некоторых групп по показателям BW_end — –3,9 кг (II, $p < 0,001$), LD — –4,25 $см^2$ (II, $p < 0,05$), BWG — –3,5 кг (II, $p < 0,001$), FR — –3,0 и –7,4 г/мин (II и III, $p < 0,001$), FPV — –0,152 и –0,160 кг (II и III, $p < 0,001$).

Вместе с тем выявленные различия между группами указывали на оптимальное сочетание у животных I группы качественных характеристик туш и экономических показателей выращивания. Более частое посещение кормовых станций при менее длительном пребывании в станке способствовало более эффективному потреблению комбикормовой смеси. Стоит отметить, что особи I и IV групп имели тенденцию к минимизации кормовых затрат и по признакам кормового поведения (за исключением скорости поедания корма) достоверно не различались.

5. Генетические показатели откормочной продуктивности и кормового поведения хрячков (*Sus scrofa*) породы дюрок в группах в зависимости от соотношения признаков RFI (отклонение от прогнозируемого потребления корма) **и ADG** (среднесуточный прирост живой массы) (СГЦ «Топ Ген», Воронежская обл., п. Верхняя Хава, 2017-2019 годы)

Показатель	I группа (n = 194)	II группа (n = 186)	III группа (n = 169)	IV группа (n = 217)
Откормочная продуктивность				
RFI	–28,9±4,1	+14,1±4,3[a)***]	+19,3±5,6[b)***]	–28,5±4,4
ADFI	–12,0±5,0[c)***]	+23,4±4,7[a)***]	+7,25±5,9[b)***]	–39,7±5,0
FCR	–0,029±0,002	–0,007±0,003[a)***]	+0,021±0,004[b)***]	+0,006±0,002[c)***]
FCR_{corr}	–0,018±0,002	–0,007±0,002[a)***]	+0,015±0,003[b)***]	+0,010±0,002[c)***]
Кормовое поведение				
TPD	–1,79±0,25	+0,12±0,25[a)***]	+1,36±0,32[b)***]	–0,50±0,27[c)***]
NVD	–0,282±0,043	–0,001±0,041[a)***]	+0,068±0,045[b)***]	–0,252±0,046
TPV	–0,10±0,03	+0,03±0,04[a)***]	+0,07±0,04[b)***]	+0,16±0,03[c)***]
FR	+0,67±0,11[a)* b)*** c)***]	+0,29±0,11	–0,54±0,14	–0,38±0,11
FPV	+11,46±1,11[a)*** b)*** c)***]	+4,31±1,50	–3,70±1,62	+2,17±1,23

Примечание. ADG — среднесуточный прирост живой массы, г; RFI — отклонение от прогнозируемого потребления корма, г; ADFI — среднесуточное потребление корма, г/сут; FCR — конверсия корма, кг/кг; FCR_{corr} — корректированная на множественную регрессию конверсия корма, кг/кг; TPD — среднее время нахождения на кормовой станции, мин/сут; NVD — число посещений кормовой станции в сутки, ед.; TPV — длительность поедания корма за посещение, мин; FR — скорость потребления корма, г/мин; FPV — количество съеденного корма за посещение, кг.

*, **, *** Для различий между группами ([a)] — I и II, [b)] — I и III, [c)] — I и IV) при сравнении средних показателей статистически значимы соответственно при $p < 0,05$, $p < 0,01$ и $p < 0,001$.

Показатели откормочной продуктивности и кормового поведения в генетическом выражении (оценка племенной ценности животных) имели схожую динамику изменения по группам (табл. 5). Желательный тип свиней по RFI, ADFI, FCR и FCR_{corr} характеризовался достоверно более выгодными значениями откормочной продуктивности и конверсии корма. Признаки кормового поведения демонстрировали в целом аналогичное распределение, но поскольку учитывались генетические корреляции, а желательные генотипы оценивались по отрицательным величинам RFI, для NVD было отмечено снижение на –0,283; –0,214 и +0,030 ед. (II, III, IV группы, $p < 0,001$), а для FR и FPV получены достоверно более высокие значения — соответственно на 0,38-1,21 г/мин и 7,15-15,16 г (II, III, IV группы, $p < 0,001$). Несмотря на различия между фенотипическим и генетическим выражением некоторых признаков кормового поведения, отбор хрячков по племенной ценности признаков, определяющих эффективность использования корма, позволит получать животных с экономически обоснованным потреблением (ADFI) и конверсией (FCR) корма — соответственно 2,1-2,4 кг/сут и 1,9-2,1 кг/кг. Тандемный отбор (время пребывания на кормовой станции, увеличение скорости поедания корма и количества потребленного корма за одно посещение) позволит повысить оплату корма продукцией.

Результаты нашего исследования в целом согласуются с опубликованными данными. Среднесуточное потребление корма у хрячков породы дюрок в наших опытах было несколько выше (2,51 кг/сут), чем отмечали D.N. Do с соавт. (2,40 кг/сут) (6), но у животных PIC L-26 × C-15 и Maxgro (25, 28) этот показатель имел максимальные значения (2,88 и 3,19 кг/сут соответственно у свинок и кастратов PIC L-26 × C-15 и 2,73 кг/сут у

хрячков Maxgro). Число посещений кормовой станции в сутки, по всей вероятности, зависит от технических характеристик, однако наши результаты (7,90 ед.) заняли промежуточное положение между значениями для кастратов и свинок породы ландрас (8,81 ед.) и гибридов PIC C-22 (5,6 ед.) (6, 26). Количество съеденного корма за посещение в наших исследованиях оказалось наибольшим (0,37 кг) после отмеченного у хрячков Maxgro (0,64 г) (28). Длительность кормления составляла 11,3 мин, что в целом превышало средние значения для чистопородных животных. Заметим, что сама величина FCR в нашем исследовании имела одно из наименьших значений по сравнению с аналогами (см. табл. 2). Она не зависела от того, насколько часто животные могли посещать станцию (максимум для йоркшира и минимум для Maxgro) и сколько времени тратили на поедание корма. Полагаем, что эффективность использования корма зависит не только от поведенческих реакций животного, но и от соотношения длительности периодов выращивания, возраста постановки и снятия с откорма. Достижение наибольшей интенсивности среднесуточных приростов живой массы способствует получению скороспелых животных с хорошими экономическими показателями оплаты корма продукцией.

Таким образом, доказана обоснованность совместного применения признаков кормового поведения и эффективности использования корма хрячками породы дюрок для повышения результативности селекции. Наследуемость (h^2) изученных экономически ценных показателей варьировала от 0,168 до 0,494, что подтверждает потенциальную возможность ранжирования и отбора особей по признакам продуктивности. В закрытой российской популяции свиней изучен новый селекционный параметр для индивидуального отбора как по фенотипу, так и по племенной ценности — отклонение от прогнозируемого потребления корма (RFI). Этот показатель достоверно связан с признаками откормочной продуктивности, что позволит получать свинину с более выраженными мясными качествами, оптимальной толщиной шпика и площадью мышечного глазка. Оплата корма продукцией при этом составит 1,89-2,04 кг/кг, а кормовое поведение животных обеспечит рациональную загрузку кормовых станций. Полученные результаты будут использованы в работе селекционно-гибридного центра для повышения интенсивности отбора свиней породы дюрок с целью воспроизводства высокоценных генотипов и увеличения выхода экономически значимой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rexroad C., Vallet J., Matukumalli L.K., Reecy J., Bickhart D., Blackburn H., Boggess M., Cheng H., Clutter A., Cockett N., Ernst C., Fulton J.E., Liu J., Lunney J., Neibergs H., Purcell C., Smith T.P.L., Sonstegard T., Taylor J., Telugu B., Van Eenennaam A., Van Tassell C.P., Wells K. Genome to phenome: improving animal health, production, and well-being — a new USDA blueprint for animal genome research 2018-2027. *Frontiers in Genetics*, 2019, 10: 327 (doi: 10.3389/fgene.2019.00327).
2. Maselyne J., Saeys W., Van Nuffel A. Review: Quantifying animal feeding behaviour with a focus on pigs. *Physiology & Behavior*, 2015, 138: 37-51 (doi: 10.1016/j.physbeh.2014.09.012).
3. De Haer L.C.M., Luiting P., Aarts H.L.M. Relationship between individual (residual) feed intake and feed intake pattern in group housed growing pigs. *Livestock Production Science*, 1993, 36(3): 233-253 (doi: 10.1016/0301-6226(93)90056-N).
4. Baumung R., Lerhard G., Willam A., Sölkner J. Feed intake behaviour of different pig breeds during performance testing on station. *Arch. Anim. Breed.,* 2006, 49(1): 77-88 (doi: 10.5194/aab-49-77-2006).
5. Fernández J., Fàbrega E., Soler J., Tibau J., Ruiz J.L., Puigvert X., Manteca X. Feeding strategy in group-housed growing pigs of four different breeds. *Applied Animal Behaviour Science*, 2011, 134(3-4): 109-120 (doi: 10.1016/j.applanim.2011.06.018).
6. Do D.N., Strathe A.B., Jensen J., Mark T., Kadarmideen H.N. Genetic parameters for different

measures of feed efficiency and related traits in boars of three pig breeds. *Journal of Animal Science*, 2013, 91(9): 4069-4079 (doi: 10.2527/jas.2012-6197).
7. Kavlak A.T., Uimari P. Estimation of heritability of feeding behaviour traits and their correlation with production traits in Finnish Yorkshire pigs. *J. Anim. Breed. Genet.*, 2019, 136(6): 484-494 (doi: 10.1111/jbg.12408).
8. Huisman A.E., van Arendonk J.A.M. Genetic parameters for daily feed intake patterns of growing Dutch Landrace gilts. *Livestock Production Science*, 2004, 87(2-3): 221-228 (doi: 10.1016/j.livprodsci.2003.07.007).
9. Rauw W.M., Soler J., Tibau J., Reixach J., Gomez Raya L. Feeding time and feeding rate and its relationship with feed intake, feed efficiency, growth rate, and rate of fat deposition in growing Duroc barrows. *Journal of Animal Science*, 2006, 84(12): 3404-3409 (doi: 10.2527/jas.2006-209).
10. Andretta I., Pomar C., Kipper M., Hauschild L., Rivest J. Feeding behavior of growing — finishing pigs reared under precision feeding strategies. *Journal of Animal Science*, 2016, 94(7): 3042-3050 (doi: 10.2527/jas.2016-0392).
11. Carcò G., Gallo L., Dalla Bona M., Latorre M.A., Fondevila M., Schiavon S. The influence of feeding behaviour on growth performance, carcass and meat characteristics of growing pigs. *PLoS ONE*, 2018, 13(10): e0205572 (doi: 10.1371/journal.pone.0205572).
12. Белоус А.А., Требунских Е.А., Костюнина О.В., Сермягин А.А., Зиновьева Н.А. Оценка признаков конверсии корма и кормового поведения хряков породы дюрок с использованием автоматических кормовых станций. *Достижения науки и техники АПК*, 2019, 33(8): 63-67 (doi: 10.24411/0235-2451-2019-10814).
13. Белоус А.А., Сермягин А.А., Костюнина О.В., Требунских Е.А., Зиновьева Н.А. Генетические и паратипические факторы, характеризующие эффективность использования корма у свиней породы дюрок. *Сельскохозяйственная биология*, 2018, 53(4): 712-722 (doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.712rus).
14. Mrode R.A., Kennedy B.W. Genetic variation in measures of food efficiency in pigs and their genetic relationships with growth rate and backfat. *Animal Science*, 1993, 56(2): 225-232 (doi: 10.1017/S0003356100021309).
15. Gilbert H., Billon Y., Brossard L., Faure J., Gatellier P., Gondret F., Labussière E., Lebret B., Lefaucheur L., Le Floch N., Louveau I., Merlot E., Meunier-Salaün M. C., Montagne L., Mormede P., Renaudeau D., Riquet J., Rogel-Gaillard C., van Milgen J., Vincent A., Noblet J. Review: divergent selection for residual feed intake in the growing pig. *Animal*, 2017, 11(9): 1427-1439 (doi: 10.1017/S175173111600286X).
16. Hoque M., Suzuki K. Genetics of residual feed intake in cattle and pigs: a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2009, 22(5): 747-755 (doi: 10.5713/ajas.2009.80467).
17. Young J.M., Bergsma R., Knol E.F., Patience J.F., Dekkers J.C.M. Effect of selection for residual feed intake during the grow/finish phase of production on sow reproductive performance and lactation efficiency. *Journal of Animal Scienc*e, 2016, 94(10): 4120-4132 (doi: 10.2527/jas.2015-0130).
18. Colpoys J.D., Abell C.E., Young J.M., Keating A.F., Gabler N.K., Millman S.T., Siegford J.M., Johnson A.K. Effects of genetic selection for residual feed intake on behavioral reactivity of castrated male pigs to novel stimuli tests. *Applied Animal Behaviour Science*, 2014, 159: 34-40 (doi: 10.1016/j.applanim.2014.06.013).
19. Bunter K.L., Cai W., Johnston D.J., Dekkers J.C.M. Selection to reduce residual feed intake in pigs produces a correlated response in juvenile insulin-like growth factor-I concentration. *Journal of Animal Scienc*e, 2010, 88(6): 1973-1981 (doi: 10.2527/jas.2009-2445).
20. Mauch E.D., Young J.M., Serão N.V.L., Hsu W.L., Patience J.F., Kerr B.J., Weber T.E., Gabler N.K., Dekkers J.C.M. Effect of lower-energy, higher-fiber diets on pigs divergently selected for residual feed intake when fed higher-energy, lower-fiber diets. *Journal of Animal Scienc*e, 2018, 96(4): 1221-1236 (doi: 10.1093/jas/sky065).
21. Misztal I., Tsuruta S., Strabel T., Auvray B., Druet T., Lee D.H. BLUPF90 and related programs (BGF90). *Proc. 7th World Congress on genetics applied to livestock production*. Montpellier, Communication No. 28-27, 2002, 28: 28.07.
22. Misztal I., Tsuruta S., Lourenço D., Aguilar I., Legarra A., Vitezica Z. *Manual for BLUPF90 family of programs*. Athens, University of Georgia, 2014. Режим доступа: http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all2.pdf. Без даты.
23. Cai W., Casey D.S., Dekkers J.C.M. Selection response and genetic parameters for residual feed intake in Yorkshire swine. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(2): 287-298 (doi: 10.2527/jas.2007-0396).
24. Ding R., Yang M., Wang X., Quan J., Zhuang Z., Zhou S., Li S., Xu Z., Zheng E., Cai G., Liu D., Huang W., Yang J., Wu Z. Genetic Architecture of feeding behavior and feed efficiency in a Duroc pig population. *Frontiers in Genetics*, 2018, 9: 220 (doi: 10.3389/fgene.2018.00220).
25. Hyun Y., Ellis M. Effect of group size and feeder type on growth performance and feeding patterns in finishing pigs. *Journal of Animal Scienc*e, 2002, 80(3): 568-574 (doi: 10.2527/2002.803568x).
26. Lewis C.R.G., McGlone J.J. Modelling feeding behaviour, rate of feed passage and daily feeding cycles, as possible causes of fatigued pigs. *Animal,* 2008, 2(4): 600-605 (doi: 10.1017/S1751731108001766).
27. Rohrer G.A., Brown-Brandl T., Rempel L.A., Schneider J.F., Holl J. Genetic analysis of behavior

traits in swine production. *Livestock Science*, 2013, 157(1): 28-37 (doi: 10.1016/j.livsci.2013.07.002).
28. Reyer H., Shirali M., Ponsuksili S., Murani E., Varley P.F., Jensen J., Wimmers K. Exploring the genetics of feed efficiency and feeding behaviour traits in a pig line highly selected for performance characteristics. *Mol. Genet. Genomics*, 2017, 292(5): 1001-1011 (doi: 10.1007/s00438-017-1325-1).

ФГБНУ ФИЦ животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
142132 Россия, Московская обл., г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60,
e-mail: alex_sermyagin85@mail.ru ✉, belousa663@gmail.com, terramio7@mail.ru, n_zinovieva@mail.ru

Поступила в редакцию 1 сентябрь 2020 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [*Agricultural Biology*], 2020, V. 55, № 6, pp. 1126-1138

FEEDING BEHAVIOR AS THE NEW BREEDING TRAITS IN PIGS

A.A. Sermyagin ✉, A.A. Belous, E.A. Trebunskih, N.A. Zinovieva

Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, 60, pos. Dubrovitsy, Podolsk District, Moscow Province, 142132 Russia, e-mail alex_sermyagin85@mail.ru (✉ corresponding author), belousa663@gmail.com, terramio7@mail.ru, n_zinovieva@mail.ru
ORCID:
Sermyagin A.A. orcid.org/0000-0002-1799-6014
Belous A.A. orcid.org/0000-0001-7533-4281
Trebunskih E.A. orcid.org/0000-0002-5208-3376
Zinovieva N.A. orcid.org/0000-0003-4017-6863
The authors declare no conflict of interests
Acknowledgements:
Supported by the RFBR, project No. 19-316-90008 and the Russian Ministry of Science and Higher Education
Received September 1, 2020
doi: 10.15389/agrobiology.2020.6.1126eng

Abstract

Pig breeding for improvements of growth and carcass traits, reproductive qualities as the main breeding criteria has been implemented in breeding practice for a long time. However, the used productivity traits do not involve a number of important economic indicators, in particular feed efficiency and behavioral characteristics of animals. The selection response for such traits is expected to give an additional increase in the accuracy of the breeding value of young animals when used at large nucleus farms. Undoubtedly, the transition to mass testing of animals at automatic feeding stations is currently the most accurate method for evaluating feed conversion rate and related traits of feeding behavior. This work aimed to study the genetic features of feeding behavior and growth traits of Duroc boars in relation to the residual feed intake (RFI) for use in the breeding process. The studies were carried out at Nucleus Farm TopGene for a population of 800 animals. Individual records for feed intake were collected using automatic feeding stations. Additionally, parameters of feeding behavior, average daily gain (ADG), and feed conversion rate (FCR) were recorded. To eliminate the influence of growing factors on the studied traits, a regression analysis was performed to correct feed conversion rate, as well as the calculation of genetic and paratypical variances. The RFI values were obtained based on the difference between the actual and predicted average daily feed intake, considering the average metabolic weight, and the body weight gain of animals according to the multiple linear regression equation. The average values and heritability of the main breeding traits were: feed conversion rate 2.20 kg/kg ($h^2 = 0.214$, for the adjusted value), average daily feed intake 2.51 kg ($h^2 = 0.221$), number of visits per day 7.9 units ($h^2 = 0.494$), feed intake per visit 0.37 kg ($h^2 = 0.284$), time spent in feeding per visit 11.3 min ($h^2 = 0.168$), feeding rate 35.4 g/min ($h^2 = 0.269$). For RFI, the ratio of genetic variation was $h^2 = 0.215$. According to the ratio of RFI and ADG, the groups of Duroc boars were selected for desirable negative or low RFI values of –254.9 and –276.2 g vs. +266.8 and +353.9 g for positive RFI. Individuals that showed high gains (1057 g per day) with reduced feed intake (2.34 kg/day) can serve as the basis for developing a specialized line of pigs (group I) capable of efficient using feed energy for body growth. Boars with positive RFI values significantly differed for FCR_{corr} (–0.15 and 0.24 kg/kg), back fat (–1.90 and –2.49 mm), muscle eye area (+4.57 and +6.10 cm^2); for feeding behavior, the differences were –2.8 and –8.0 minutes for time spent in feeding per day, +1.7 and +2.0 visits per day, and –2.7 and –4.2 minutes for time spent in feeding per visit. That is, the more frequent visits to feeding stations at less time spent in feeding per visit, the more efficient the use of feed. The estimation of breeding value showed the similar RFI pattern for the desired group of animals. The higher estimates for feed intake compensated the existing differences between the phenotype and genotype for the number of visits per day and feeding rate due to the identified genetic correlations with RFI, $r_g = 0.702$ and $r_g = 0.033$, respectively. Thus, the feeding behavior traits of pigs along with the residual feed intake (RFI) are genetically determined and can be used to improve pig populations for economically important and productive characteristics.

Keywords: pigs, Duroc breed, feeding behavior, feed conversion rate, RFI, growth, heritability, breeding value.