DOI: 10.37925/0039-713X-2025-2-27-30
УДК 577.118:636.4.033

Рост и развитие свиней породы ландрас и ассоциации некоторых тяжелых металлов *с массой туши*

О.А. ЗАЙКО, кандидат биолог. наук, доцент, А.И. ЖЕЛТИКОВ, доктор с.-х. наук, профессор, Т.В. КОНОВАЛОВА, ст. преподаватель, О.С. КОРОТКЕВИЧ, доктор биолог. наук, профессор, В.Л. ПЕТУХОВ, доктор биолог. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»,
e-mail: zheltikovaolga@gmail.com

В статье представлены результаты оценки некоторых откормочных и мясных качеств свиней породы ландрас, разводимых в Западной Сибири. Выполнен ранговый корреляционный анализ отдельных параметров с уровнем железа, цинка, меди, марганца, стабильного стронция, кадмия и свинца во внутренних органах, в скелетной мускулатуре и щетине свиней. Значимые ассоциации установлены только для массы туши и концентрации кадмия в скелетной мускулатуре свиней.
Ключевые слова: свиньи, ландрас, откормочные, мясные показатели, химические элементы.

The growth and development of Landrace pigs and associations of some heavy metals with carcass weight

O.A. ZAIKO, candidate of biological sciences, associate professor, A.I. ZHELTIKOV, doctor of agricultural sciences, professor, T.V. KONOVALOVA, senior lecturer, O.S. KOROTKEVICH, doctor of biological sciences, professor, V.L. PETUKHOV, doctor of biological sciences, professor,
Novosibirsk State Agrarian University, e-mail: zheltikovaolga@gmail.com

The article presents the results of an evaluation of some fattening and meat qualities of Landrace pigs bred in Western Siberia. The correlation analysis of individual parameters with the levels of iron, zinc, copper, manganese, stable strontium, cadmium, and lead in the internal organs, skeletal muscles, and bristles of pigs was conducted. Significant associations were established solely with carcass weight and cadmium concentration in the skeletal muscles of pigs.
Key words: pigs, Landrace, growth indicators, meat indicators chemical elements.

Введение

Порода ландрас является одной из самых известных специализированных мясных пород свиней в мире, огромным преимуществом которой считается скороспелость и способность давать многочисленное потомство [1, 2]. В Российской Федерации данная порода широко распространена и рассматривается как одна из основных в системе разведения и гибридизации [3]. Она является одной из наиболее адаптированных в нашей стране [4]. Разведением ландрасов и продажей соответствующей продукции занимаются во многих регионах [5].

В современных условиях уделяется особое внимание изучению интерьера животных, основоположником учения о котором в России является Е.Ф. Лискун, считающий его микроэкстерьером [6]. Для совершенствования селекционной работы необходимы индивидуальные системы геномной оценки, при которых первичным этапом является создание референтной популяции, оцененной по фенотипическому разнообразию признаков (средняя арифметическая, среднеквадратическое отклонение, коэффициент изменчивости, фенотипические корреляции и др.) [7].

Ряд работ рассматривает данное направление в отношении оценки интерьера сельскохозяйственных животных, выращенных в Западной Сибири, на предмет химического статуса и некоторых других параметров [8, 9]. Сопряженность же между признаками имеет большое значение в племенной работе, особенно в свиноводстве, где главным методом является преимущественная селекция [10].

Уровни химических элементов в мышечной ткани и внутренних органах, которые используются в пищу человеком и животными, входят в

одну из групп количественных признаков в животноводстве, характеризующих качество продукции [11]. При этом отдельные химические элементы не играют существенной роли в организме – наоборот, их воздействие может привести к негативным последствиям. Это всецело касается свинца, ртути, кадмия и мышьяка. Пороговые значения для некоторых из них пересматриваются [12]. Это предполагает целесообразность постоянного мониторинга и поиск новых направлений минимизации их влияния [13].

Новизна исследований

Изучены некоторые откормочные и мясные качества свиней породы ландрас, выращенных в Западной Сибири, и их возможная связь с уровнем аккумуляции химических элементов во внутренних органах, в скелетной мускулатуре и щетине животных.

Цель исследования – оценить откормочные и мясные качества свиней породы ландрас, выращенных в Западной Сибири, и влияние уровня некоторых химических элементов в организме животных на массу туши.

Материалы и методы исследования

Исследование было выполнено в период 2016–2023 годов. Использовалась группа свиней породы ландрас. Животные откармливались в крупном свиноводческом хозяйстве Алтайского края закрытого типа IV уровня компартментализации, благополучном по особо опасным инфекционным, инвазионным и массовым внутренним незаразным болезням свиней.

Для оценки животные отбирались случайно с учетом пола, возраста и происхождения. Весь технологический период хрячки имели статус клинически здоровых животных, на производстве в полном объеме реализовывался комплекс ветеринарных мероприятий, заложенный в плане. К убою в анамнезе у животных отсутствовали какие-либо заболевания.

Система содержания свиней была трехфазная. Завершающий технологический этап подразумевал наличие типовых для мясного откорма условий на основании ГОСТа 28839-90 «Свиньи. Зоотехнические требования к содержанию на откорме».

Откорм свиней проводился до возраста 160 дней с расчетом на получение 900–950 г среднесуточного прироста в течение всего периода откорма. Кормление животных осуществлялось кормами серийного выпуска, имеющими сертификаты соответствия. В зависимости от этапа использовались концентрированные корма СК-3, СК-4, СК-5, СК-6, СК-7, обогащенные витаминно-минеральными премиксами в количестве 1% к сухому веществу комбикорма. Рационы составлялись согласно детализированным нормам кормления с учетом потребности в питательных веществах на различных стадиях роста [14].

В основе рационов были зерновые и зернобобовые корма, гарантированно добавлены препараты синтетических аминокислот. Проверка качества корма на соответствие номенклатуре обязательных и дополнительных показателей выполнялась на основании нескольких нормативных документов. Ввиду временного максимально допустимого уровня (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах и кормовых добавках для сельскохозяйственных животных в инструкции от 7 августа 1987 года для всех физиологических групп свиней на одинаковом уровне нормируются концентрации кадмия, свинца, ртути, мышьяка, меди, цинка, железа, сурьмы, никеля, селена, хрома, фтора, йода, молибдена, кобальта.

Поение свиней выполнялось водой из источников хозяйственно-питьевого водоснабжения 2-го класса с устранением отклонений до требований СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

На территории свинокомплекса совершался мониторинг, затрагивающий оценку химических элементов в пробах воды, почвы и кормов, который показал отсутствие отклонений от требуемых норм в отношении контролируемых элементов [15].

Проводили взвешивание животных, определяли динамику живой массы и среднесуточные приросты. Оценивали массу туши с помощью монорельсовых весов для статического взвешивания с классом точности III, измеряли толщину шпика в точках P1 и P2.

Убой животных выполнялся на основании ГОСТа 31476-2012 «Свиньи для убоя. Свинина в тушах и полутушах. Технические условия», действующих технологических инструкций, Технических регламентов (ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции»), приказа Минсельхоза России от 12.03.2014 №72 «Об утверждении Правил в области ветеринарии при убое животных и первичной переработке мяса и иных продуктов убоя непромышленного изготовления на убойных пунктах средней и малой мощности».

В некоторых внутренних органах, скелетной мускулатуре и щетине свиней оценивали уровень таких химических элементов, как железо, цинк, медь, марганец, стабильный стронций, кадмий и свинец. От каждого животного отбирали образцы мышечной ткани массой около 100 г, а также левую почку и селезенку целиком. Волосяной покров свиней длиной не менее 15 мм собирали до убоя животных с четырех-пяти мест в области холки в количестве не менее 0,4 г – срезали, несколько отступив от поверхности кожи. Общее число проб составило 105.

Образцы органов и мышечной ткани хранились индивидуально в полиэтиленовой упаковке zip lock в условиях морозильной камеры при температуре -24°С до анализа. Щетина – индивидуально при комнатной температуре.

Оценка минералов выполнялась методом атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно связанной плазмой на оборудовании iCAP PRO (Thermo Fisher Scientific) с индексом способа обзора плазмы Duo в условиях Аналитического центра коллективного пользования Института геологии и минералогии имени В.С. Соболева СО РАН.

Анализ полученных данных выполнялся с помощью ПО Microsoft Office Excel, языка программирования R (версия 4.4.1) и среды анализа данных RStudio версии 2024.09.0 (2009–2024 Posit Software, PBC).

Тип распределения оценивали с помощью ряда критериев, в том числе Шапиро-Уилка. С учетом характера дисперсий связи между показателями определяли посредством корреляционного анализа, используя непараметрические коэффициенты

корреляции Спирмена и Кендалла. Нулевая гипотеза о равенстве коэффициентов корреляции нулю отклонялась при уровне значимости менее 0,05.

Результаты исследований и обсуждение

Свинина является одним из основных источников белка для человека. Процесс роста и развития животных отражается на метаболических и физиологических функциях, откормочно-убойных характеристиках, которые обусловлены наследственными и средовыми факторами [16]. Химические элементы оказывают значимые эффекты на организм млекопитающих, которым присущи механизмы, контролирующие уровни различных минералов посредством клеточного или системного гомеостаза [17–19].

В **таблице 1** приведены данные по откормочным и мясным качествам подопытных свиней породы ландрас, а также показатели, характеризующие энергию роста от рождения до 28- и 160-дневного возраста.

По данным **таблицы 1**, живая масса до 28-дневного возраста возросла на 6,91 кг, или в 5,53 раза. Живая масса от 28- до 160-дневного возраста увеличилась на 99,74 кг, или в 12,23 раза. Лимиты этих показателей составили 7,6–8,8 кг и 84,0–130,0 кг соответственно. Среднесуточные приросты за эти два периода равнялись 255,9 г и 755,5 г. Среднесуточный прирост живой массы изменялся от 230 г до 274 г и от 572 г до 923 г. Превосходство максимальных показателей над минимальными достигло 19,1% и 61,4% соответственно. Эти показатели указывают на хорошие откормочные качества свиней породы ландрас. Относительная скорость роста от рождения до 28- и от 28- до 160-дневного возраста была 146,9% и 171,7%.

Лимиты показывают, что в отличие от среднесуточного прироста живой массы от 28- до 160-дневного возраста относительная скорость за этот период изменялась у отдельных животных значительно меньше, разность между крайними вариантами составила 8,1% (отн.).

Оценивалась толщина шпика, которая в точке Р1 составила 1,5 см, в точке Р2 – 1,17 см. Максимальные показатели превзошли минимальные в 2,75 и 2,57 раза соответственно, что указывает на недостаточную отселекционированность свиней по толщине шпика.

Таблица 1. **Откормочные и мясные качества свиней породы ландрас при откорме до 160 суток**

Показатель	$\bar{X}\pm S_{\bar{x}}$	σ	Me	IQR	Lim
Живая масса при рождении, кг	1,25±0,019	0,139	1,2	0,15	1,1–1,7
Живая масса в 28 суток, кг	8,16±0,037	0,268	8,1	0,35	7,6–8,8
Живая масса в 160 суток, кг	107,90±1,290	9,251	108,0	11,75	84,0–130,0
Среднесуточный прирост в 0–28 суток, г	255,90±1,257	8,978	256,0	11,0	230,0–274,0
Среднесуточный прирост в 28–160 суток, г	755,50±9,818	70,115	755,0	87,5	572,0–923,0
Относительный прирост в 0–28 суток, %	146,90±0,912	6,515	147,3	6,3	129,2–153,2
Относительный прирост в 28–160 суток, %	171,70±0,357	2,550	171,9	3,05	163,2–176,5
Толщина шпика в точке Р1, см	1,50±0,044	0,311	1,6	0,45	0,8–2,2
Толщина шпика в точке Р2, см	1,17±0,035	0,249	1,1	0,35	0,7–1,8

Примечание: Me – медиана, IQR – интерквартильный размах, Lim – лимиты, σ – среднее квадратическое отклонение, $\bar{X}\pm S_{\bar{x}}$ – среднее арифметическое и ошибка.

Таблица 2. **Корреляция между массой туши и содержанием тяжелых металлов в органах и тканях свиней**

Орган, ткань	ρ	S	P	τ	z	P
$Cd_{скелетная\ мускулатура}$	0,557±0,240	201,77	0,039	0,472	2,047	0,041
$Cd_{печень}$	-0,572±0,335	132,07	0,138	-0,519	-1,759	0,079
$Cu_{селезенка}$	0,519±0,258	175,22	0,069	0,405	1,902	0,057
$Zn_{селезенка}$	0,456±0,268	198,18	0,118	0,336	1,547	0,122

Примечание: ρ – коэффициент корреляции Спирмена, S – значение тестовой статистики коэффициента корреляции Спирмена, P – уровень значимости, τ – коэффициент корреляции Кендалла, z – значение тестовой статистики коэффициента корреляции Кендалла.

В анализируемой группе свиней средние показатели практически не отличаются от медианы, что является одним из признаков нормально распределенных данных. С помощью теста Шапиро-Уилка это подтверждено: во всех случаях W-критерий Шапиро-Уилка был равен 0,97–0,98 (P>0,05).

Выполнили непараметрический корреляционный анализ между таким показателем, как масса туши свиней, и содержанием изученных химических элементов в различных структурах организма. Выявлена только одна пара однонаправленных ассоциаций средней величины между кадмием в скелетной мускулатуре и указанным показателем мясной продуктивности **(табл. 2)**.

В указанной паре оба коэффициента корреляции значимые. При этом ранговый коэффициент корреляции Спирмена составил 0,557 (P<0,05), Кендалла – 0,472 (P<0,05). Следовательно, увеличение массы туши приводит к повышению содержания кадмия в скелетной мускулатуре. Это согласуется с ранними данными, в которых речь идет о том, что низкие уровни токсиканта не оказывают отрицательного воздействия, например на массу животных [20].

Следует учитывать то, что в указанных работах использовались более высокие дозировки кадмия в кормах, чем максимально допустимые в современных реалиях для сельскохозяйственных животных. Также считается, что накопление кадмия в мышцах происходит только в том случае, если суточное его содержание в корме составляет не менее 30 мг/кг, что маловероятно даже в самых загрязненных регионах [21]. Дополнительным фактором, подтверждающим отсутствие угнетающего эффекта на рост, является то, что свиньи могут быть менее восприимчивы к токсичности кадмия, чем другие жвачные животные, из-за неспособности образовывать фитазу, увеличивающую всасывание тяжелого металла [22].

Необходимо отметить, что возможен вариант косвенной селекции, используя прижизненную оценку копытного рога свиней на содержание марганца в нем, так как он ассоциирован с концентрацией кадмия в скелетной мускулатуре животных [23]. С учетом же приведенных данных этот показатель связан с массой туши животных, что потенциально позволит осуществлять отбор по одному признаку, изменяя другой.

На грани значимости находятся вышеуказанные ранговые коэффициенты корреляции между массой

туши и содержанием кадмия в одном из основных мест аккумуляции, которым является печень, составляя -0,572 и -0,519 соответственно. Таким образом, в этом органе существует тенденция к наличию разнонаправленных связей. Это может являться следствием негативных эффектов кадмия на организм млекопитающих, так как данный паренхиматозный орган отражает общую аккумуляцию металла в организме, хотя в отношении почек указанная тенденция не была характерна. Выделяются еще две пары потенциальных ассоциаций уже эссенциальных элементов меди и цинка в селезенке с массой туши свиней.

Выводы

Установлено, что свиньи породы ландрас, откармливаемые в условиях крупного свинокомплекса в одном из регионов Западной Сибири, способны реализовать высокий генетический потенциал, демонстрируя хорошие откормочные и мясные качества.

Оценка ассоциаций с такими химическими элементами, как железо, цинк, медь, марганец, стабильный стронций, кадмий и свинец, показала наличие значимых ранговых коэффициентов корреляции Спирмена и Кендалла только с уровнем кадмия в скелетной мускулатуре и массой туши, составив 0,557 и 0,472 ($P<0,05$) соответственно, что отражает отсутствие подавляющего действия на рост при допустимом фоновом воздействии тяжелого металла на организм сельскохозяйственных животных.

Литература

1. В.Л. Петухов. Генетические основы селекции животных/В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, И.И. Гудилин и др. М.: Росагропромиздат, 1989. 448 с.

2. Burgos-Paz W. Porcine colonization of the Americas: A 60k SNP history/W. Burgos-Paz, C.A. Souza, H.J. Megens et al. Heredity, 2013. Vol. 110. P. 321–330. https://doi.org/10.1038/hdy.2012.109.

3. Племенная работа с породой ландрас в Российской Федерации/ Ответственный за выпуск – Е.Н. Суслина. Пушкино, Лесные Поляны: ВНИИплем, 2022. 40 с.

4. Белоусов Н. Как развиваться отечественному племенному свиноводству?/Н. Белоусов. Свиноводство, 2016. №5. С. 12–16.

5. Красновская Е. Отрасль свиноводства: инновации или инертность/Е. Красновская. Свиноводство, 2019. №1. С. 6–10.

6. Боронецкая О.И. Академик Ефим Федотович Лискун: к 145-летию со дня рождения академика Е.Ф. Лискуна/О.И. Боронецкая, В.Е. Михеенков. М.: РГАУ-МСХА, 2018. 142 с.

7. Зиновьева Н. Новая стратегия генетического совершенствования свиней/Н. Зиновьева, А. Сермягин, О. Костюнина. Животноводство России, 2019. №S2. С. 15–17. DOI: 10.25701/ZZR.2019.78.97.011.

8. Зайко О.А. Изменчивость и корреляция химических элементов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы СМ-1: Автореферат диссертации кандидата биолог. наук. Новосибирск, 2015. 183 с.

9. Зайко О.А. Особенности аккумуляции меди в щетине свиней различных пород/О.А. Зайко, А.В. Назаренко, И.А. Королева и др. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 2021. Т. 51. №1. С. 90–98. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-1-11.

10. The genetics of the pig/ M.F. Rothschild, A. Ruvinsky (eds.). Wallingford CABI, 2011. 507 pp.

11. В.Г. Кахикало. Технология производства и переработки продукции свиноводства/В.Г. Кахикало, Н.Г. Фенченко, О.В. Назарченко, Н.И. Хайруллина. СПб: Лань, 2020. 340 с.

12. Environmental health criteria 234: Elemental speciation in human health risk assessment. Geneva: WHO Press, 2006. 238 pp.

13. Filipoiu D.C. Characterization of the toxicological impact of heavy metals on human health in conjunction with modern analytical methods/ D.C. Filipoiu, S.G. Bungau, L. Endres et al. Toxics, 2022. Vol. 10(12). P. 716. https://doi.org/10.3390/toxics10120716.

14. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах: Монография/Под ред. Р.В. Некрасова, А.В. Головина, Е.А. Махаева и др. М., 2018. 290 с.

15. Syso A.I. Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia/A.I. Syso, M.A. Lebedeva, A.S. Cherevko et al. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 2017. Vol. 9(4). P. 368–374.

16. Liu Y. Effects of dietary protein/ energy ratio on growth performance, carcass trait, meat quality, and plasma metabolites in pigs of different genotypes/Y. Liu, X. Kong, G. Jiang et al. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2015. Vol. 6(1). P. 36. DOI: 10.1186/s40104 015-0036-x.

17. Chen J. The molecular mechanisms of copper metabolism and its roles in human diseases/J. Chen, Y. Jiang, H. Shi et al. Pflugers Archiv – European Journal of Physiology, 2020. Vol. 472. P. 1415–1429. https://doi.org/10.1007/s00424-020-02412-2.

18. Krebs N.F. Zinc metabolism and homeostasis: The application of tracer techniques to human zinc physiology/N.F. Krebs, K.M. Hambidge// Zinc Biochemistry, Physiology, and Homeostasis. Dordrecht: Springer, 2001. P. 211–226. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3728-9_13.

19. Wu Q. Manganese homeostasis at the host-pathogen interface and in the host immune system/Q. Wu, Q. Mu, Z. Xia et al.//Seminars in cell & developmental biology. Academic Press, 2021. Vol. 115. P. 45–53. DOI: 10.1016/j.semcdb.2020.12.006.

20. Phillips C. The effect of adding cadmium and lead alone or in combination to the diet of pigs on their growth, carcase composition and reproduction/ C. Phillips, Z. Győri, B. Kovács. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003. Vol. 83(13). P. 1357–1365. https://doi.org/10.1002/jsfa.1548.

21. Wilkinson J.M. The accumulation of potentially-toxic metals by grazing ruminants/J.M. Wilkinson, J. Hill, C.J.C. Phillips. Proceedings of the Nutrition Society, 2003. Vol. 62(2). P. 267–277. DOI: 10.1079/PNS2003209.

22. Zacharias B. The influence of dietary microbial phytase and calciumon the accumulation of cadmium in different organs of pigs/B. Zacharias, H.J. Lantzsch, W. Drochner. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2001. Vol. 15(2–3). P. 109–114. https://doi.org/10.1016/S0946-672X(01)80052-3.

23. Патент RU2342659C1. МПК G01N 33/50. Способ определения содержания кадмия в органах и мышечной ткани свиней/Петухов В.Л., Желтикова О.А., Желтиков А.И. и др. Заявитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный аграрный университет». №2007111437/15. Заявлено 28.03. 2007. Опубликовано 27.12.2008.