

Н. А. Гарская, Л. Г. Перетятко

Изменчивость защитных свойств эпидермального барьера кожи свиней (*Sus scrofa* (Linnaeus, 1758)) в связи с domestikацией

Аннотация.

Цель: изучение структурно-функциональных особенностей и изменчивости эпидермального барьера кожи свиней в связи выполняемой защитной функцией и с domestikацией.

Материалы и методы. Материалом исследования стала кожа чистопородных хряков полтавской мясной породы основного стада и взрослых самцов дикого кабана. Изменчивость эпидермального барьера кожи кабанов и хряков изучали методом сравнения структурно-функциональных показателей в аналогичных топографических участках тела животных и аналогичных природно-климатических условиях (сезон года, район обитания).

На окрашенных срезах кожи определяли толщину рогового слоя (как внешний слой эпидермиса) и толщину подлежащих роговому слою слоёв эпидермиса (как внутренние подлежащие слои), длину выступов эпидермиса в десятикратной повторяемости. На основании первичных данных рассчитывали общую толщину эпидермиса, соотношение внешнего и внутренних слоёв эпидермиса, складчатость эпидермиса. Все полученные результаты были обработаны статистическими методами.

Результаты. Хряки полтавской мясной породы имеют ряд структурно-функциональных особенностей, связанных с выполнением эпидермисом кожи защитных функций и достоверно отличающихся от диких кабанов. Эти особенности в большей мере присущи роговому слою эпидермиса. Нами установлено, что у хряков меньше толщина рогового слоя (на 11,89 мкм ($p \leq 0,001$) или на 32,91%), относительная толщина рогового слоя по отношению к толщине эпидермиса (на 12,96 % ($p \leq 0,001$), соотношение рогового слоя и внутренних (подлежащих) слоёв (на 0,415 или на 41,29% ($p \leq 0,001$)). Вариабельность показателей соотношений толщины рогового слоя с эпидермисом и внутренними подлежащими слоями была выше в группе хряков. Толщина подлежащих роговому слою слоёв эпидермиса достоверно по толщине не отличалась у исследуемых групп свиней. Морфологическим отличием внутренних (подлежащих роговому слою) слоёв эпидермиса хряков полтавской мясной породы от диких кабанов является наличие более интенсивной базофилии и четко просматриваемых ядер кератиноцитов. Проведённый корреляционный анализ показал наличие большего числа достоверных корреляционных зависимостей между показателями в группе хряков полтавской мясной породы.

Ключевые слова: защитная функция, эпидермис кожи, domestikация, хряки, дикий кабан, полтавская мясная порода.

Авторы:

Гарская Наталья Александровна — кандидат биологических наук; Луганский государственный аграрный университет; 91008, г. Луганск-8, городок ЛГАУ, 1; e-mail: Natalya_G@bk.ru;

Перетятко Лидия Григорьевна — кандидат сельскохозяйственных наук; Институт свиноводства и агропромышленного производства НААН Украины, 36013, Украина, г. Полтава-13, ул. Шведская Могила, 1; e-mail: lidipl@mail.ru.

Введение. В настоящее время, явление domestikации определяется как эволюционный процесс адаптации, отличие которого заключается в том, что основное селективное давление навязывается (хотя и намеренно) через ассоциацию с антропогенной нишей [1].

По мнению Феофилова А. В. с соавт. (2014) [2], специфическими особенностями давления отбора, отличающими domestikированные виды от диких, являются: необходимость взаимодействия с че-

ловеком, адаптации к широкому спектру пищевых источников, патогенов и эколого-географических факторов. Отбор приводит к модификациям в определенных областях генома, связанных с экономически значимыми признаками, адаптацией к климатическим и стрессовым условиям, иммунным ответом и устойчивостью к болезням [3].

Домашние свиньи (*Sus scrofa domesticus*) относятся к одному из немногих видов, у которых имеются ныне живущие дикие предки. Дикий ка-

бан (*Sus scrofa scrofa*), в настоящее время, как и в древности, имеет широкий ареал и обитает от Атлантики до Тихого океана, обладая высокой экологической пластичностью [4].

В результате domestikации свиньи испытали комбинированные эффекты естественного отбора и интенсивного искусственного отбора, которые привели к значительному фенотипическому разнообразию во внешнем виде, росте, размножении, местной приспособленности и поведении [5]. Домestikация привела, таким образом, к появлению новых популяций — пород, созданных людьми [6].

В то же время, согласно данным Mingzhou Li с соавт. (2014) [7], филогенетический анализ не выявил глубокого раскола между домашними и дикими свиньями. В целом, было подсчитано, что примерно 7% генома свиньи было затронуто событиями отбора [8]. Известно, что гены, связанные с морфологией тела, подвергались давлению отбора во время одомашнивания, в то время как гены, участвующие в основном метаболизме и устойчивости к болезням, подвергались отбору во время искусственного разведения [5].

Тесное генетическое сходство «подтверждает» также интрогрессия генов свиньи домашней в генофонд диких кабанов, которая была установлена многими исследованиями. Предполагается, что генетическая интрогрессия от домашних свиней в генофонд диких кабанов, может быть причиной возникновения различных поведенческих и физиологических эффектов, поскольку изменяет видовые характеристики [9].

Общеизвестно, что кожа является жизненно важным органом животных, являющимся общим покровом тела и сочетающим выполнение различных функций, основной из которых является защитная. Ее структура и функциональная активность представляют широкий спектр для морфологических, физиологических, зоологических, генетических и технологических обобщений. Уникальным биологическим свойством кожи является сочетание структурно-функциональной видовой специфичности и высоких адаптивных свойств в условиях естественных или антропогенных изменений различной интенсивности и характера действия [10].

Стабильность барьерных свойств кожи определяется, прежде всего, физико-химическими свойствами эпидермиса [11]. Именно эпидермальный барьер, является физическим барьером, обеспечивающим защиту организма на границе двух сред [12].

Учитывая все выше изложенное, мнение Lord K. A. с соавт. (2020) [1], о том, что для того, чтобы понять процесс domestikации, требуется ком-

плексный подход, ориентированный на существенную адаптацию к измененной человеком среде. А также мнение Lewis S. L., Maslin M. A. (2015) [13], о том, что следует рассмотреть, как одомашненные виды изменились, и все еще изменяются в ответ на измененную человеком среду обитания и была определена цель данного исследования.

Цель исследования — изучение структурно-функциональных особенностей и изменчивости эпидермального барьера кожи свиней (*Sus scrofa* (Linnaeus, 1758)) в связи выполняемой защитной функцией и с domestikацией.

Материал и методы. Научно-производственные опыты проведены в условиях ООО «Племзавод «Беловодский»» Луганской области, Украины на свиньях полтавской мясной породы.

Материалом исследования стала кожа чистопородных хряков полтавской мясной породы основного стада. Животных в группу отбирали методом пар-аналогов. Данные о генотипе хряков были взяты из материалов племенного и зоотехнического учета. Все животные относились к классам элита и первый. Отбирали клинически здоровых животных по принципу пар-аналогов.

Условия кормления и содержания всех групп соответствовали нормам кормления Института свиноводства и агропромышленного производства НААН Украины с учетом возраста, живой массы и физиологического состояния. Тип кормления — концентратный, с использованием кормов собственного производства. Содержание животных свободно-выгульное.

Образцы кожи взрослых самцов дикого кабана были получены от животных, добытых в осенне-зимний период в Беловодском лесничестве Луганской области, Украина.

Изменчивость эпидермального барьера кожи кабанов и хряков изучали методом сравнения структурно-функциональных показателей в аналогичных топографических участках тела животных и аналогичных природно-климатических условиях (сезон года, район обитания).

Всего собран биоматериал от 6 диких кабанов и 11 хряков полтавской мясной породы.

Взятие образцов для гистологического исследования и их приготовление проводили согласно методике Г. Д. Кацы (2013) [14]. Отбирали пробы кожи в точке, расположенной на расстоянии 4–4,5 см от каудального угла правой лопатки животного в каудальном направлении специальным пробоотборником. Отобранный образец фиксировали в 10% растворе формальдегида в течение 24 часов, а затем перекладывали на хранение в 5% раствор.

Срезы готовили на замораживающем микротоме МПЗ-01 «Техном» после предварительного уплотнения их в желатине. После промывки фиксатора в проточной воде в течении 15 часов, образец помещали в 18% раствор желатина на 24 часа в термостат ТС-80М-2 при температуре $+37^{\circ}\text{C}$, затем переносили в 25% раствор желатина на 3 часа. Уплотнение и длительное хранение изготовленных блоков образцов проводилось в 5% растворе формальдегида. После уплотнения (в течении 2–3 суток) образцы очищали от желатина и промывали проточной водой в течении 15–20 минут, затем переносили в дистиллированную воду и оттуда на столик замораживающего микротомы. Выполняли вертикальные срезы толщиной 30 мкм. С ножа микротомы срезы переносили в 50⁰ этиловый спирт, а затем окрашивали краской Судан III и гематоксилином Караччи. Окрашенные срезы на короткий срок опускали в дистиллированную воду, а затем заключали в смесь глицерина и желатина.

На окрашенных срезах кожи с помощью цифрового микроскопа Delta Optical Genetic Pro Z (Score Image 9.0) определяли толщину рогового слоя (как внешний слой эпителия) и толщину подлежащих слоев эпителия (как внутренние под-

лежащие слои эпителия), длину выступов эпидермиса в десятикратной повторяемости. На основании первичных данных рассчитывали общую толщину эпидермиса, соотношение внешнего и внутренних слоев эпидермиса, складчатость эпидермиса.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием пакета компьютерных программ STATISTICA (6.0). Оценка степени соответствия параметров нормальному распределению осуществлялась с использованием числовых характеристик — коэффициента асимметрии и эксцесса, а также графическим методом. Вычисляли среднюю величину признака (M), ошибку средней (m_M), достоверность разницы средних значений (p), коэффициент вариации (Cv), коэффициент корреляции (r), значения минимальной и максимальной вариант совокупности (lim), размах вариации (R).

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований установлено, что структурно-функциональные особенности эпидермального барьера кожи у дикого кабана и хряков полтавской мясной породы имеют как общие черты, так и некоторые существенные отличия. Сравнительные сводные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели эпидермиса кожи свиней, ($M \pm m$)

Показатель	Животные	
	Дикие кабаны (n=6)	Хряки полтавской мясной породы (n=11)
Толщина эпидермиса кожи, мкм	72,99 \pm 7,04	65,71 \pm 1,75
Lim (R)	55,58–102,13 (46,55)	57,43–76,05 (18,62)
Cv, %	23,63	8,84
Складчатость эпидермиса кожи, %	143,43 \pm 18,93	145,77 \pm 6,56
Lim (R)	89,17–211,93 (122,76)	110,29–186,28 (75,99)
Cv, %	32,34	14,93
Длина выступов эпидермиса кожи, мкм	101,88 \pm 11,998	95,16 \pm 3,599
Lim (R)	57,96–135,74 (77,78)	77,34–117,42 (40,08)
Cv, %	28,85	12,54
Толщина рогового слоя кожи, мкм	36,13 \pm 3,27	24,24 \pm 1,04 ***
Cv, %	22,17	14,23
Толщина рогового слоя кожи по отношению к толщине эпидермиса, %	49,83 \pm 1,75	36,87 \pm 1,35 ***
Lim (R)	44,75–56,65 (11,9)	31,24–48,34 (17,1)
Cv, %	8,57	12,17
Толщина подлежащих слоёв эпидермиса, мкм	36,86 \pm 4,1	41,48 \pm 1,42
Lim (R)	24,09–50,77 (26,68)	31,52–49,73 (18,21)
Cv, %	27,25	11,33
Соотношение рогового слоя и подлежащих слоёв эпидермиса	1,005 \pm 0,074	0,59 \pm 0,038 ***
Lim (R)	0,81–1,31 (0,5)	0,45–0,93 (0,48)
Cv, %	17,91	21,52

* — вероятность разницы между группами $p \leq 0,05$; ** — вероятность разницы между группами $p \leq 0,01$;

*** — вероятность разницы между группами $p \leq 0,001$.

Согласно приведенным данным, для исследуемых особей характерен относительно толстый, хорошо развитый эпидермис кожи. Принципиальных различий (достоверной разницы) по толщине эпидермиса между хряками и дикими кабанами установлено не было. Однако установленные коэффициенты вариации (C_v) свидетельствуют о том, что у хряков внутригрупповая изменчивость низкая, в отличие от диких кабанов, которые характеризуются средним уровнем варьирования и большим размахом изменчивости.

Нами была установлена высокая микроскладчатость эпидермиса, обусловленная довольно большими выступами эпидермиса у всех исследуемых групп животных. При этом различия между группами, как по показателю складчатости эпидермиса, так и по длине выступов эпидермиса находились в пределах ошибки средней арифметической, т.е. были недостоверны. По данным показателям изменчивость в группах хряков отличалась средним уровнем варьирования, а в группе диких кабанов — значительным.

Роговой слой эпидермиса от более толстого и менее рыхлого, с развитой липидной мантией у дикого кабана, переходит в более рыхлый, однородный, волокнистый, представленный большим числом роговых слоев у хряков полтавской мясной породы (рис. 1).

Как видно из приведенных данных, структура рогового слоя подверглась существенной перестройке в процессе domestikации: высоко достоверные изменения были отмечены по всем изученным показателям.

Так, показатель толщины рогового слоя эпидермиса у дикого кабана на 11,89 мкм ($p \leq 0,001$)

или на 32,91% достоверно выше показателя хряков. Групповая изменчивость показала средний уровень варьирования, с преобладанием значений в группе диких кабанов. При этом, в группе диких кабанов была установлена положительная высокая корреляция между толщиной рогового слоя и толщиной эпидермиса ($r=0,943$ ($p \leq 0,05$)).

Нами также установлено достоверное увеличение относительной толщины рогового слоя по отношению к толщине эпидермиса у диких кабанов — на 12,96 % ($p \leq 0,001$). По данному показателю групповая изменчивость оказалась ниже в группе хряков и отличалась слабым уровнем варьирования.

Морфологическим отличием внутренних (подлежащих роговому слою) слоев эпидермиса хряков полтавской мясной породы от диких кабанов является наличие более интенсивной базофилии и четко просматриваемых ядер кератиноцитов. При этом толщина подлежащих роговому слою слоев эпидермиса достоверно по толщине не отличалась у исследуемых групп свиней. Было установлено, что у диких кабанов данный показатель по значению групповой изменчивости имел значительный уровень варьирования, а у хряков — средний.

Проведенный корреляционный анализ показал у всех животных достоверную положительную сильную связь толщины внутренних слоев эпидермиса и общей толщины эпидермиса. В группе диких кабанов показатель составил $r=0,964$ ($p \leq 0,05$), в группе хряков полтавской мясной породы $r=0,805$ ($p \leq 0,05$).

В связи с отмеченным увеличением рогового слоя соотношение внешнего (рогового) слоя и под-

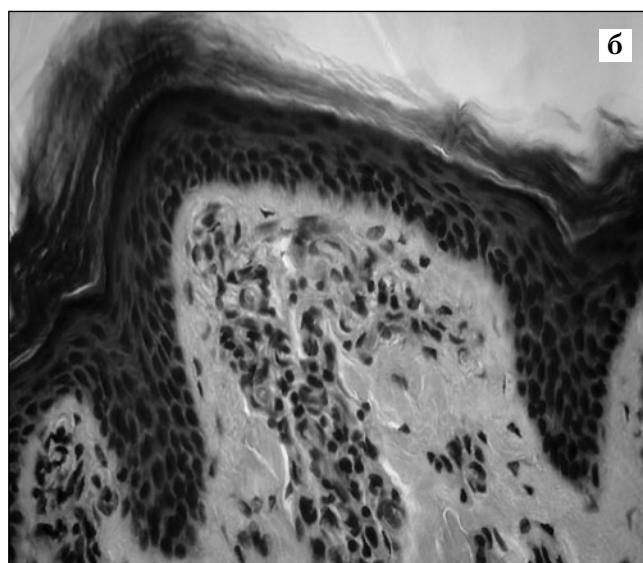
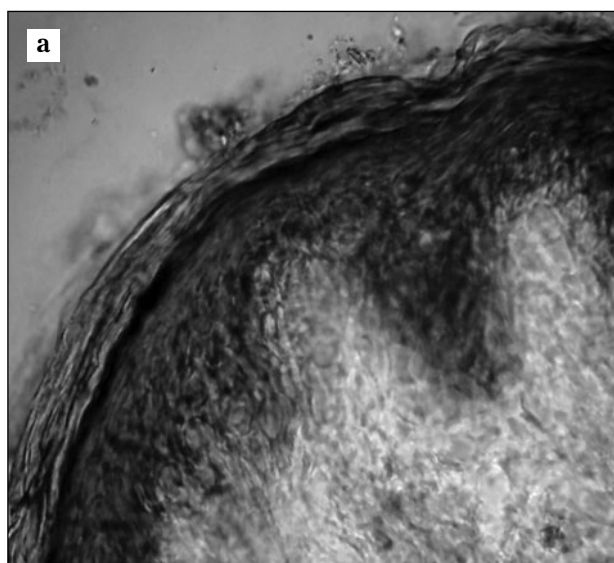


Рис. 1. Эпидермис свиней (x400). (Окраска Судан III и гематоксилин Караччи):

а — дикий кабан; б — хряк полтавской мясной породы

лежащих слоев эпидермиса испытывает соответствующие изменения. Так, данное соотношение достоверно на 0,415 или на 41,29% ($p \leq 0,001$) выше в группе диких кабанов, при несколько меньшей внутригрупповой изменчивости данного.

Следует отметить, что у хряков полтавской мясной породы, в отличие от диких кабанов отмечается большее количество достоверных взаимосвязей между изученными нами показателями эпидермиса кожи. Положительные корреляции в этой группе животных были установлены между толщиной рогового слоя и соотношением рогового слоя и внутренних подлежащих слоев эпидермиса ($r=0,759$ ($p \leq 0,05$)), толщиной рогового слоя и относительной толщиной рогового слоя ($r=0,791$ ($p \leq 0,05$)). Отрицательные корреляции — толщиной внутренних подлежащих слоев эпидермиса и относительной толщиной рогового слоя ($r=-0,613$ ($p \leq 0,05$)), толщиной внутренних подлежащих слоев эпидермиса и соотношением внешнего и внутренних подлежащих слоев эпидермиса ($r=-0,644$ ($p \leq 0,05$)), складчатостью эпидермиса и относительной толщиной рогового слоя ($r=-0,643$ ($p \leq 0,05$)), складчатостью эпидермиса и соотношением слоев эпидермиса ($r=-0,636$ ($p \leq 0,05$)).

Известно, что в отличие от домашних животных, отбор в популяциях диких животных (в том числе и диких кабанов) идет преимущественно по признакам общей приспособленности и жизнеспособности. Какие именно признаки характеризуют приспособленность диких кабанов в зависимости от ареала обитания, не всегда можно установить [15].

Ранее рядом работ было показано, что имеющиеся в коже млекопитающих структурно-функциональные особенности являются важнейшей морфофизиологической адаптацией к условиям внешней среды [16, 17]. Анализ полученных результатов исследования кожи дикого кабана и хряков полтавской мясной породы подтвердил данное утверждение.

Согласно исследованиям Соколова В. Е. (1973) [17], с изреживанием волосяного покрова эпидермис в большей степени принимает участие в защите кожи и его абсолютная толщина сильно возрастает. Как видно из приведенных данных, толщина эпидермиса у диких кабанов и хряков полтавской мясной породы практически не отличалась, несмотря на различную плотность волосяного покрова животных. Возможно, в данном случае, произошло некоторое увеличение толщины эпидермиса у диких кабанов, обусловленное действием неблагоприятных климатических факторов осенне-зимнего периода [16]. В тоже время, у хряков при содержании в условиях помещения

значение многих климатических факторов резко снижается, несмотря на свободно-выгульное их содержание в данном исследовании. Подтверждением данного предположения могут являться и более высокие показатели изменчивости диких кабанов (в 2,67 раза), свидетельствующие о большем влиянии средовых факторов [18].

Возможно, предположить, что и в теплое время года, влияние климатических факторов (прежде всего температуры среды) тоже будет оказывать большее воздействие на диких кабанов. Учитывая, что складчатость эпидермиса кожи характеризует степень теплоустойчивости видов и пород [10], предполагаем (основываясь на отсутствии достоверной разницы между сравниваемыми группами), что «возможности» теплоустойчивости и у диких кабанов и хряков полтавской мясной породы примерно одинаковы. Однако, превосходство коэффициента вариации показателя диких кабанов (в 2,17 раза) может являться признаком большей функциональной нагрузки при действии средовых факторов на организм [18].

Процесс снабжения питательными веществами эпидермиса кожи и прочность его взаимного сцепления с дермой кожи в исследованных нами группах свиней осуществляется подобно, о чем свидетельствуют довольно длинные выступы эпидермиса [19], примерно одинаковые по длине у всех животных. Нагрузка окружающей среды также, в большей мере, проявлялась при этом у диких кабанов.

Как известно, в большей степени за барьерные свойства кожи отвечает роговой слой эпидермиса [20]. Выполнение барьерной функции кожей требует строгого регулирования различных структурных и функциональных компонентов [21].

Ранее было установлено, что у дикого кабана роговой слой значительно тоньше, чем у домашних свиней [22]. Однако в зимнее время у наземных млекопитающих наблюдается увеличение рогового слоя эпидермиса кожи [17]. При усилении внешних воздействий, отмечается повышение митотической активности кератиноцитов, а это приводит к утолщению всего эпидермального пласта и рогового слоя в частности, а в результате — к повышению барьерно-защитных свойств кожи [23]. Утолщение рогового слоя у исследуемых диких кабанов и является, вероятно, приспособлением к данным природно-климатическим условиям (учитывая значение C_v).

У домашних свиней, при практически одинаковой толщине эпидермиса с дикими кабанов, увеличения толщины рогового слоя не наблюдается. При этом отмечается более существенная перестройка функциональных компонентов: со-

отношение толщины рогового слоя к толщине эпидермиса, соотношение рогового (внешнего) слоя и подлежащих (внутренних) слоев эпидермиса были значительно ниже, чем у диких животных, при большей их вариабельности. Указывали на снижение функциональной активности и качественные показатели рогового слоя хряков: при меньшей толщине он был более рыхлый, со значительно меньшим количеством липидов в мантии.

Известно, что роговой слой эпидермиса может выполнять функцию механической защиты, утолщаясь и становясь более плотным, а также, теплозащитную — становясь толстым и рыхлым [17]. Липиды мантии рогового слоя обеспечивают «спайку» слоев рогового слоя, сохранение воды в верхних слоях эпидермиса даже в условиях повышенной сухости окружающей среды, обеспечивают степень кислотности кожи с целью повышения ее бактерицидности [20].

Отмеченные изменения рогового слоя эпидермиса кожи у хряков приводят не только к нарушению «непроницаемости» рогового слоя, но и к изменениям в функциональном равновесии между количеством слущивающихся (внешний роговой слой) и делящихся (внешний слой) кератиноцитов, что делает животных более чувствительными к факторам окружающей среды. Показатели изменчивости (C_v , Lim) соотношения рогового слоя с эпидермисом и подлежащими слоями у хряков это подтверждают.

Исходя из полученных данных, роговой слой эпидермиса кожи диких кабанов, даже в неблагоприятные периоды года, более активно участвует в механической защите, защите от средовых факторов и в теплозащитной. У диких кабанов толщина рогового слоя относительно эпидермиса кожи величина мало изменяющаяся ($C_v=8,57\%$) и вероятно закреплена отбором. У домашних свиней самой мало изменяющейся величиной была толщина эпидермиса ($C_v=8,84\%$).

Внутренние подлежащие слои эпидермиса кожи практически не отличаются по толщине у исследуемых животных обеих групп. Выраженная

базофилия этого слоя у хряков полтавской мясной породы, вероятно, является показателем более высокого уровня белкового синтеза [20], обусловленного породными особенностями селекционной работы по улучшению мясных качеств.

Подтверждением функционального напряжения эпидермального барьера кожи у хряков полтавской мясной породы, в сравнении с дикими кабаном, может являться и установленное большее количество корреляций, исходя из утверждения Горбаня А. Н. с соавт. (1997) [24], о том, что «...при значительном адаптационном напряжении для группы организмов корреляции между физиологическими параметрами растут, а в ходе успешной адаптации корреляции между ними уменьшаются».

Закключение. Установленные особенности эпидермального барьера кожи изученных свиней (*Sus scrofa* (Linnaeus 1758)) показывают, как видовые сходные закономерности, так и существенные изменения, возникшие, вероятно, под влиянием доместикационных факторов.

С домашними свиньями диких кабанов сближают в основном структурные компоненты: значительная развитость эпидермиса (толщина, длина выступов, складчатость) и его внутренних подлежащих слоев.

Дикие кабаны имеют более развитые защитные механизмы эпидермального барьера, проявляющиеся в особенностях рогового слоя эпидермиса кожи. У домашних свиней, именно он (роговой слой) подвергается основному влиянию доместикации, и его защитная роль снижается. У хряков отмечается снижение функции кератообразования, которое приводит к изменению как структурных, так и функциональных компонентов рогового слоя, при увеличении вариабельности показателей.

Наблюдаемая в наших исследованиях повышенная изменчивость показателей эпидермиса кожи, обнаруженная у диких кабанов, вероятно в естественных условиях становится исходным материалом для осуществления в дальнейшем различных форм отбора.

Литература

1. Lord K. A. The History of Farm Foxes Undermines the Animal Domestication Syndrome / K. A. Lord, G. Larson, R. P. Coppinger, E. K. Karlsson // Trends in Ecology & Evolution. — 2020. — № 35(2). — P. 125–136.
2. Феофилов А. В. Доместикации сельскохозяйственных животных / А. В. Феофилов, Ю. А. Юлдашбаев, В. И. Глазко // Новости науки Казахстана. — 2014. — № 1(119). — С. 84–99.
3. Гетманцева Л. В. Поиск «отпечатков отбора» у домашних свиней и дикого кабана (обзор) / Л. В. Гетманцева, А. А. Траспов, Н. Ф. Бакоев, Ю. А. Прытков, С. Ю. Бакоев, Л. В. Петрикеева, О. В. Костюнина // Сельскохозяйственная биология. — 2020. — Т. 55. — № 2. — С. 243–256.

4. Барановский Д. И. Иммуногенетический анализ генезиса европейских и азиатских пород свиней // Д. И. Барановский, А. М. Хохлов, Е. Д. Ткачук // Таврический научный обозреватель. — 2016. — № 5. — С. 179–186.
5. Wang K. Genome-wide scan for selection signatures based on whole-genome re-sequencing in Landrace and Yorkshire pigs / K. Wang, P.-x. Wu, D.-j., et. al. // Journal of Integrative Agriculture. — 2021. — Vol. 20. — Issue 7. — P. 1898–1906.
6. Moon S. A genome-wide scan for signatures of directional selection in domesticated pigs // S. Moon, T.-H. Kim, K.-T. Lee, W. Kwak, et. al. // BMC Genomics. — 2015. — № 6(1). — 130 p. doi: 10.1186/s12864-015-1330-x.
7. Li M. Whole-genome sequencing of Berkshire (European native pig) provides insights into its origin and domestication / M. Li, Sh. Tian, C. K. L. Yeung, et. al. // Scientific Reports. — 2014. — № 4. — 4678. doi :10.1038/srep04678.
8. Amaral A. J. Genome-Wide Footprints of Pig Domestication and Selection Revealed through Massive Parallel Sequencing of Pooled DNA / A. J. Amaral, L. Ferretti, H.-J. Megens, et. al. // Plos One. — 2011. — V. 6. — Is. 4. — 120 p.
9. Кипень В. Н. Оценка интрогрессии генов свиньи домашней (*Sus scrofa domestica*) в генофонд дикого кабана (*Sus scrofa scrofa*) на основе исследования полиморфизма генов MC1R и NR6A1 / В. Н. Кипень, А. О. Рябцева, С. А. Котова, Н. В. Журина, А. И. Ганджа, И. С. Цыбовский // Молекулярная и прикладная генетика. — 2019. — Т. 26. — С. 83–95.
10. Кацы Г. Д. Морфо-физиологическая оценка животных / Г. Д. Кацы. — Луганск : ООО «Полиграфический центр «Максим»», 2011. — 103 с.
11. Утц С. Р. Методы не инвазивной оценки барьерных свойств кожи / С. Р. Утц, А. В. Каракаева, Е. М. Галкина // Саратовский научно-медицинский журнал. — 2014. — Т. 10. — № 3. — С. 512–517.
12. Danby S. G. New understanding of atopic dermatitis: the role of epidermal barrier dysfunction and subclinical inflammation / S. G. Danby, M. J. Cork // J. Clin. Dermatol. — 2010. — Vol. 1(2). — P. 33–46.
13. Lewis S. L. Defining the Anthropocene / S. L. Lewis, M. A. Maslin // Nature. — 2015. — V. 519. — P. 171–180.
14. Кацы Г. Д. Атлас кожи / Г. Д. Кацы. — Луганск: Элтон — 2, 2013. — 96 с.
15. Епишко Т. И. Роль искусственного и естественного отбора в иммуногенетических процессах доместикации и породообразования / Т. И. Епишко // Зоотехническая наука Беларуси. — 2003. — Т. 38. — С. 52–62.
16. Кацы Г. Д. Кожа млекопитающих: теория и практика / Г. Д. Кацы. — Луганск: Из-во «Русь», 2000. — 144 с.
17. Соколов В. Е. Кожный покров млекопитающих / В. Е. Соколов. — М. : Наука, 1973. — 487 с.
18. Сэхлян В. Химия, физика и математика жизни: Монография / В. Сэхлян; [перевод с румынского М. Хутира]. — Бухарест: Науч. изд-во, 1969. — 517 с.
19. Иванов И. Ф. Цитология, гистология, эмбриология / И. Ф. Иванов, П. А. Ковальский. — М.: Колос, 1976. — 448 с.
20. Кузнецов С. Л. Современные представления о структуре и функциях эпидермиса / С. Л. Кузнецов, В. Л. Горячкина, Д. А. Цомартова, В. А. Заборова, О. А. Луцевич // Российский журнал кожных и венерических болезней. — 2013. — № 2. — С. 26–32.
21. Olivry T. Stratum corneum removal facilitates experimental sensitization to mite allergens in atopic dogs / T. Olivry, J. Wofford, J. S. Paps, S. M. Dunston // Veterinary Dermatology. — 2011. — Vol. 22. — Issue 2. — P. 188–196.
22. Масенов Т. Н. Морфофункциональные особенности и возрастные изменения кожи семиреченских гибридных овец в сравнении с исходными формами / Т. Н. Масенов, М. Ж. Алдабергенова // Вопросы гибридизации копытных. — М. : Наука, 1980. — С. 116–122.
23. Миделей О. Д. Клеточные механизмы барьерно-защитных функций кожи и их нарушения при кожной патологии / О. Д. Миделей. — Витебск : Издательство Витебского государственного медицинского университета. — 2000. — 283 с.
24. Горбань А. Н. Групповой стресс: динамика корреляций при адаптации и организация систем экологических факторов / А. Н. Горбань, Е. В. Смирнова, Е. П. Чеусова // рукопись депонирована в ВИНТИ 17.07.97, № 2434В97. — 54 с.

Garskaya N., Peretyatko L.

Variability of protective properties of the epidermal barrier of pig skin (*Sus scrofa* (Linnaeus, 1758)) in connection with domestication

Abstract.

Purpose: to study the structural and functional features and variability of the pig (*Sus scrofa* (Linnaeus 1758)) skin's epidermal barrier in connection with its protective properties and the domestication.

Materials and methods. The research materials included the skin samples taken from purebred Poltava Meat Breed boars of the main herd and from adult male wild boars. The epidermal barrier variability in the skin of wild and domestic boars was studied by comparing the structural and functional parameters in similar topographic areas of the animal bodies, with similar natural and climatic conditions (such as: the season of the year, the animals' habitation area). On stained skin sections, the thickness of the stratum corneum (i.e. the outer epidermis layer) and the thickness of the epidermis layers underlying stratum corneum (i.e. the inner underlying layers), the length of the epidermis projections in tenfold repetition were determined. Based on the primary data, the total thickness of the epidermis and the ratio of the outer and inner epidermis layers were calculated, folding of the epidermis. All the results obtained were processed by statistical methods.

Results. Poltava Meat Breed boars have a number of structural and functional features associated with the performance of protective functions by the skin epidermis. These features, most of which are related to the stratum corneum layer, reliably differ from those in the wild boars. We found that the stratum corneum thickness (by 11.89 microns ($p \leq 0.001$) or 32.91%), the relative thickness of the stratum corneum in relation to the thickness of the epidermis (by 12.96% ($p \leq 0.001$), the ratio of the stratum corneum and the inner (underlying) layers (by 0.415 or 41.29% ($p \leq 0.001$)), are lower in domestic boars. The variability of the thickness ratios of the stratum corneum with the epidermis and the inner underlying layers was higher in the group of domestic boars. The thickness of the underlying epidermis layers did not differ significantly in thickness, regarding the studied groups of pigs. The morphological difference between the inner (underlying the stratum corneum) epidermis layers of the Poltava Meat Breed boars, and those of the wild boars, is the presence of more intense basophilia and clearly visible nuclei of keratinocytes. The performed correlation analysis showed the presence of a greater number of reliable correlations between the indicators in the group of Poltava Meat Breed boars.

Key words: protective properties, skin epidermis, domestication, boars, wild boars, Poltava Meat Breed.

Authors:

Garskaya N. — PhD (Biol. Sci.); Lugansk State Agrarian University, Lugansk — 8, the town of LSAU, 1; e-mail: Natalya_G@bk.ru;

Peretyatko L. — PhD (Agr. Sci.); Institute of Pig Breeding and agroindustrial production of NAAS of Ukraine, 36013, Ukraine, Poltava — 13, Shvedskaya Mogila Str., 1; e-mail: lidipll@mail.ru.

References

1. Lord K. A. The History of Farm Foxes Undermines the Animal Domestication Syndrome / K. A. Lord, G. Larson, R. P. Coppinger, E. K. Karlsson // Trends in Ecology & Evolution. — 2020. — № 35(2). — P. 125–136.
2. Feofilov A. V. Domestication of agricultural animals / A. V. Feofilov, Yu. A. Yuldashbayev, V. I. Glazko // News of Science of Kazakhstan. — 2014. — № 1(119). — P. 84–99.
3. Getmantseva L. V. Search for "Fingerprints" in domestic pigs and wild boar (review) / L. V. Getmantseva, A. A. Trapov, N. F. Bakoev, Yu. A. Jim, S. Yu. Bakoev, L. V. Petrikeva, O. V. Kostyunina // Agricultural Biology. — 2020. — Vol. 55. — № 2. — P. 243–256.
4. Baranovsky D. I. Immunogenetic analysis of the genesis of European and Asian rocks of pigs // D. I. Baranovsky, A. M. Khokhlov, E. D. Tkachuk // Tavrichesky Scientific Observer. — 2016. — № 5. — P. 179–186.
5. Wang K. Genome-wide scan for selection signatures based on whole-genome re-sequencing in Landrace and Yorkshire pigs / K. Wang, P.-x. Wu, D.-j., et. al. // Journal of Integrative Agriculture. — 2021. — Vol. 20. — Issue 7. — P. 1898–1906.

6. Moon S. A genome-wide scan for signatures of directional selection in domesticated pigs // S. Moon, T.-H. Kim, K.-T. Lee, W. Kwak, et. al. // BMC Genomics. — 2015. — № 6(1). — 130 p. doi: 10.1186/s12864-015-1330-x.
7. Li M. Whole-genome sequencing of Berkshire (European native pig) provides insights into its origin and domestication / M. Li, Sh. Tian, C. K. L. Yeung, et. al. // Scientific Reports. — 2014. — № 4. — 4678. doi: 10.1038/srep04678.
8. Amaral A. J. Genome-Wide Footprints of Pig Domestication and Selection Revealed through Massive Parallel Sequencing of Pooled DNA / A. J. Amaral, L. Ferretti, H.-J. Megens, et. al. // Plos One. — 2011. — V. 6. — Is. 4. — 120 p.
9. Kipen V. N. Assessment of the Introgression of Pig House Genes (*Sus scrofa domestica*) in a wild boar gene pool (*Sus scrofa scrofa*) based on the study of polymorphism of genes MC1R and NR6A1 / V. N. Kipen, A. O. Ryabtseva, S. A. Kotova, N. V. Zhurin, A. I. Gandja, I. S. Tsybovsky // Molecular and applied genetics. — 2019. — Vol. 26. — P. 83–95.
10. Katsi G. D. Morpho-physiological assessment of animals / D. Katsi. — Lugansk: Maxim Printing Center LLC, 2011. — 103 p.
11. Utz S. R. Methods of non-invasive assessment of the barrier properties of the skin / S. R. Utz, A. V. Karakayeva, E. M. Galkina // Saratov Scientific and Medical Journal. — 2014. — Vol. 10. — № 3. — P. 512–517.
12. Danby S. G. New understanding of atopic dermatitis: the role of epidermal barrier dysfunction and sub-clinical inflammation / S. G. Danby, M. J. Cork // J. Clin. Dermatol. — 2010. — Vol. 1(2). — P. 33–46.
13. Lewis S. L. Defining the Anthropocene / S. L. Lewis, M. A. Maslin // Nature. — 2015. — V. 519. — P. 171–180.
14. Katsi G. D. Atlas Skin / D. Katsi. — Lugansk: Elton — 2, 2013. — 96 p.
15. Epishko T. I. The role of artificial and natural selection in immunogenetic processes of domestic and breeding / T. I. Epishko // Zootechnical Science of Belarus. — 2003. — Vol. 38. — P. 52–62.
16. Katsi G. D. Mammal Leather: Theory and Practice / D. Katsi. — Lugansk: from «Rus», 2000. — 144 p.
17. Sokolov V. E. Skin Pokrov Mammals / V. E. Sokolov. — M.: Science, 1973. — 487 p.
18. Schlyana V. Chemistry, Physics and Mathematics of Life: Monograph / V. Schlyan; [Translation from Romanian M. Hutira]. — Bucharest: scientific Publishing house, 1969. — 517 p.
19. Ivanov I. F. Cytology, Histology, Embryology / I. F. Ivanov, P. A. Kovalsky. — M.: Kolos, 1976. — 448 p.
20. Kuznetsov S. L. Modern ideas about the structure and functions of the epidermis / S. L. Kuznetsov, V. L. Goryachkin, D. A. Tsomartova, V. A. Zaborova, O. A. Lutsevich // Russian journal of skin and venereal diseases. — 2013. — № 2. — P. 26–32.
21. Olivry T. Stratum corneum removal facilitates experimental sensitization to mite allergens in atopic dogs / T. Olivry, J. Wofford, J. S. Paps, S. M. Dunston // Veterinary Dermatology. — 2011. — Vol. 22. — Issue 2. — P. 188–196.
22. Mashenov T. N. Morphofunctional features and age-related changes in the skin of seminary hybrid sheep in comparison with the initial forms / T. N. Mashenov, M. J. Aldabergenova // Questions of hybridization of united. — M.: Science, 1980. — P. 116–122.
23. Middles O. D. Cellular mechanisms of barrier-protective functions of the skin and their disorders under the skin pathology / O. D. Middle. — Vitebsk: Vitebsk State Medical University Publishing. — 2000. — 283 p.
24. Gorban A. N. Group stress: Dynamics of correlations in adaptation and organization of systems of environmental factors / A. N. Gorban, E. V. Smirnova, E. P. Cheyovova // Manuscript Deposited in Vinity 17.07.97, №. 2434B97. — 54 p.