


GENETYCZNE UWARUNKOWANIA ZACHOWAŃ KRÓLIKÓW W ŚWIETLE BADAŃ LITERATUROWYCH

Julia Sojan, Sylwia Pałka

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Katedra Genetyki,
Hodowli i Etologii Zwierząt, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
E-mail: sylwia.palka@urk.edu.pl

 Sylwia Pałka: 0000-0002-5164-7395

Źródło finansowania: Praca została zrealizowana przy wsparciu finansowym Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (środki na działalność statutową, SUB.215-D201).

Abstrakt

Celem pracy był przegląd dostępnej literatury pod kątem doniesień dotyczących dziedzicznych uwarunkowań zachowań królików. Z dostępnego piśmiennictwa wynika, iż zachowania królików są silnie związane z warunkami środowiskowymi, ale także z uwarunkowaniami genetycznymi. W warunkach naturalnych zwierzęta te prezentują inne modele zachowań niż w warunkach fermowych, ponadto zwierzęta o mniej dzikim modelu zachowań charakteryzują się lepszymi cechami użytkowymi. W testach behawioralnych króliki hodowlane wykazują takie zachowania jak: ciekawość, agresja oraz lęk. Naukowo dowiedziono, że odziedziczalność stężenia kortyzolu w osoczu krwi królików przed i w czasie działania stresu jest bardzo niska, dlatego też selekcja w tym kierunku jest znacznie utrudniona, ponadto wartość korelacji genetycznej wskazuje, że za stężenie kortyzolu we krwi mogą odpowiadać różne geny. W badaniach, gdzie selekcjonowano króliki na wysoką i niską aktywność w otwartym polu, obserwowano powtarzające i nasilające się lękowe zachowanie zwierząt linii o niskiej aktywności w otwartym polu, co więcej, w badaniach molekularnych wyodrębniono specyficzny allel minisatelitarny dla tej grupy. Na podstawie przeprowadzonej analizy literaturowej stwierdzono, iż króliki dziedziczą cechy behawioralne i odporność na stres, ale ostateczna odpowiedź organizmu jest uwarunkowana wpływem środowiska. Badania dowodzą, iż prowadzona selekcja królików w kierunku wykazywania pewnych zachowań może te zachowania załagodzić lub uwydatnić, jednak nie ma pewności co do ostatecznego efektu selekcji, ze względu na różne czynniki decydujące o wykształceniu się danego zachowania. Z dostępnej literatury wynika, że zagadnienia związane z dziedziczeniem zachowań królików są słabo poznane, dlatego też badania te powinny być kontynuowane.

Słowa kluczowe: behawior, królik, odziedziczalność

Wstęp

Obecnie coraz więcej uwagi poświęca się tematyce dobrostanu zwierząt utrzymywanych w warunkach fermowych. Wynika to z rosnącej świadomości społeczeństwa odnośnie potrzeb zwierząt, nie tylko fizycznych (odpowiednio duża klatka/boks, stały dostęp do wody), ale także psychicznych (możliwość wyrażania zachowań behawioralnych). Każde zwierzę zachowuje

się odpowiednio do jego stanu psychicznego (Kania, 2017), a reakcje składające się na zachowanie zwierząt są przejawem ich interakcji ze środowiskiem (Sadowski, 2016). Zwierzęta swoim zachowaniem informują właściciela lub hodowcę o swoich potrzebach. Źródłem praw zwierząt jest fakt odczuwania przez nich emocji. Zwierzę jako istota żyjąca zdolna do odczuwania cierpienia nie jest rzeczą. Człowiek jest mu winien poszanowanie, ochronę i opiekę, co potwierdził ustawodawca m.in. w ustawie z dnia 21 sierpnia 1997 r. o ochronie zwierząt. Psychikę u zwierząt definiuje się jako indywidualny sposób reagowania osobnika danego gatunku, która to reakcja różni się od reakcji u innych osobników. Reakcje takie są niezmiennie w czasie i niekoniecznie ściśle zależne od sytuacji. Kiedy jednak zwierzę wykazuje większą liczbę powiązanych ze sobą odpowiedzi behawioralnych, definiuje się to jako syndrom behawioralny (Kaleta, 2014). Ze względu na różne osobowości zwierząt, każdy osobnik inaczej reaguje na dany bodziec. W zależności od rodzaju i intensywności bodźca zwierzę może reagować nieśmiałością, chęcią eksploracji, strachem czy agresją. Każdy nowy bodziec powoduje wytworzenie reakcji stresowej, która jest potrzebna i pożyteczna, ponieważ motywuje zwierzę do podjęcia odpowiedniego działania, nierzadko ratując jego życie. Przedłużający się stres prowadzi do wyczerpania i wyniszczenia organizmu. W hodowli stres jest czynnikiem niepożądanym i prowadzi do zmniejszenia wyników produkcyjnych. Zwierzęta nadwrażliwe na czynniki potencjalnie stresotwórcze lub niemogące się zaadaptować do środowiska hodowlanego (co również powoduje stres) są niepożądane.

Króliki są często kojarzone jako zwierzęta płochliwe wobec wielu bodźców. Jest to związane z ich naturalnym przystosowaniem do ucieczki i brakiem przystosowań do walki z drapieżnikami. W hodowlach towarowych stresory wpływają negatywnie na wydajność reprodukcyjną, zachowanie oraz fizjologię tych zwierząt. Płochliwe samce wykazują niski poziom testosteronu we krwi, co ujemnie wpływa na przebieg i wyniki krycia. Samice bardziej spokojne cechują się lepszą płodnością oraz parametrami maczynymi (Kowalska i Piechocka-Warzecha, 2015). Zwierzęta zbyt płochliwe lub reagujące agresją w warunkach stresowych powinny być brakowane ze stada. Obecnie na całym świecie istnieje ponad 100 ras królików, które są hodowane na mięso, futro, jako zwierzęta towarzyszące i laboratoryjne. Zwierzęta te są powszechnie wykorzystywane w badaniach biomedycznych. Królik okazał się nieocenionym modelem w badaniach immunologicznych (do produkcji przeciwciał), w tym zarówno w immunogenetyce, jak i badaniu różnych chorób u ludzi. Broad Institute zakończył projekt (RabGTD) poznania genomu (z pokryciem 7x) i transkryptomu królika. Zidentyfikowano i przypisano warianty genomowe pochodzące od 79 królików (33 dzikich i 46 domowych). Projekt ten nie tylko znacznie pomoże w badaniach immunologicznych ale również w badaniach nad wieloma chorobami (np. hiperlipidemią i miażdżycą) (Carneiro i in., 2014).

W oparciu o obecnie dostępną wiedzę postawiono hipotezę, iż behawior królików oraz ich odporność na czynniki stresogenne mogą być dziedziczne. Celem pracy jest przegląd dostępnej literatury polskiej i zagranicznej pod kątem doniesień dotyczących dziedzicznych warunkowań zachowania królików.

Behawior królików dziko żyjących i hodowlanych

Behawior zwierząt w dużej mierze zależy od warunków środowiska, w jakim przebywają. Zachowanie zwierzęcia daje podstawową informację o stanie jego zdrowia. Zły stan fizyczny lub psychiczny zwierzęcia ma istotny wpływ na jego wyniki produkcyjne. Istotna jest więc analiza zachowania zwierząt w różnych warunkach środowiskowych ze względu na wynikające z nich różne modele zachowań.

Dzике króliki osiągają wielkość hodowlanych królików miniaturowych. Długość ich ciała wynosi od 38 do 48 cm a masa od 1,5 do 2,5 kg. Okrywa włosowa jest szaro-brunatna, dzięki czemu zwierzęta te świetnie wtapiają się w otoczenie. Umaszczenie od strony brzuszno-

ogonowej jest jaśniejsze. Oczy najczęściej ciemne, ułożone są po obu stronach głowy. Ich uszy są długie (do 8 cm), mogą nimi nasłuchiwać z kilku kierunków jednocześnie dzięki możliwości poruszania jednym uchem niezależnie od drugiego, a dobrze umięśnione tylne skoki pozwalają na szybką ucieczkę. Dzikie króliki żyją stadnie. W kolonii istnieje hierarchia – dominująca jest para królików, gdzie samiec alfa przewodzi innymi samcami, a samica alfa innymi samicami. Zwierzęta postawione wyżej w hierarchii stada mają pierwszeństwo w wyborze bezpieczniejszego miejsca na norę, a te postawione niżej muszą zadowolić się terenami bardziej narażonymi na atak drapieżnika. Walki o pozycję w stadzie zdarzają się często, szczególnie w okresie godowym. Zwierzęta walczą przede wszystkim o wyższą pozycję w stadzie, lepszą samicę czy bezpieczniejszą norę. Teren zamieszkiwany przez jedną kolonię królików może zajmować nawet kilometr kwadratowy. Najczęściej są to skraje lasów, pól uprawnych i polan ze względu na różnorodną roślinność oraz odpowiednie podłoże do kopania nor. Dzikie króliki można spotkać także w mieście na terenach parków, cmentarzach, ogródkach a nawet przy ludzkich osiedlach. Króliki poznają się nawzajem po zapachu feromonów pochodzącym z gruczołów znajdujących się pod brodą. Wydzielina ta daje informacje o płci, wieku, posiadaniu młodych, a nawet o tym czy królik pochodzi z odpowiedniej kolonii. Zwierzęta te przez pocieranie oznaczają również ważne dla nich obiekty jak: wejście do nory, przedmioty w norze oraz inne króliki. Królicze nory mają bardzo skomplikowaną architekturę, tunele są długie oraz posiadają kilka wejść i wyjść awaryjnych osłoniętych krzakami. Wewnątrz są miejsca do spania wyłożone suchą trawą. Potrzeby fizjologiczne króliki załatwiają regularnie przez całą dobę w wyznaczonych przez siebie miejscach na skraju swojego terytorium. Koprofagia występuje u nich tylko w godzinach nocnych oraz wczesno-porannych i ma charakter cekotrofii, czyli dwuetapowej metody trawienia pokarmu. Cekotrofia polega na zjadaniu przez zajęczaki nocnego kału pochodzącego z ich jelita ślepego, by ponownie je strawić w żołądku. Zjawisko to jest potrzebne, aby zwierzę mogło przyswoić azot białkowy i witaminy z grupy B, które nie zostały strawione przy pierwszym przejściu przez przewód pokarmowy. Większą część dnia dzikie króliki spędzają w norach pod ziemią, odpoczywając. W poszukiwaniu pokarmu wychodzą po zmierzchu i rano. Żywią się drobnymi roślinami zielnymi, korą i pędami drzew oraz krzewów. Zimą jest to sucha trawa, bulwy, korzonki, kora i pędy. Najchętniej pożywiają się na intensywnie użytkowanych pastwiskach oraz obrzeżach lasów. Przed niebezpieczeństwem króliki ostrzegają się nawzajem tupiąc w ziemię, jest to słyszalne również w norach pod ziemią, dzięki czemu cała kolonia wie o zbliżaniu się potencjalnego drapieżnika. Okres godowy dzikich królików europejskich trwa od lutego do sierpnia. Ciąża trwa około 30 dni, a pierwsze mioty rodzą się na początku marca. Króliki dobierają się w pary na stałe. Królicza para mieszka i śpi razem w jednej norze, razem również żerują i wychowują młode. Jedna para ma około 5 miotów w roku. Przed porodem samica kopie oddaloną od innych zwierząt norę, gdzie buduje gniazdo z trawy, liści oraz własnej sierści z brzucha i łap. Królicza rodzi około 5 młodych, myje je, zjada łożysko i pępowinę, a następnie karmi oseski. Samica karmi młode tylko raz lub dwa razy dziennie, za każdym razem przez 2–5 minut, podczas których młode króliki mogą wypić 20% swojej masy ciała (Varga Smith, 2013). Po odkarmieniu młodych samica opuszcza gniazdo, przykrywając je trawą, ziemią i liśćmi. Królicze młode są gniazdownikami – oznacza to, że rodzą się ślepe i głuche. Nie posiadają również okrywy włosowej. Mają jednak dobry węch. Po trzech dniach zaczyna rosnąć ich pierwsze futro. Po tygodniu młode zaczynają słyszeć, a po dziesięciu dniach widzieć. Po około 24 dniach samica pozostawia młode pod opieką samca – ojca. Dojrzałość płciową króliki osiągają w czwartym miesiącu życia. Samce są wtedy przepędzane z kolonii, wyruszają, by dołączyć do innej lub założyć własną. Dzikie króliki mogą dożyć nawet 10 lat, jednak rzadko się to zdarza ze względu na choroby i drapieżniki (McBride, 2003).

Środowisko, w jakim utrzymywane są króliki w celach hodowlanych, znacznie różni się od ich naturalnego środowiska bytowania, dlatego też behavior królików hodowlanych

zmienił się w porównaniu do zachowania królików dzikich. Na podstawie badań Gacka (2000) stwierdzono podobieństwa i różnice w zachowaniu królików dzikich, jak i hodowlanych. Autor badając zachowanie królików wyróżnił szereg reakcji najbardziej istotnych i typowych, a zarazem wynikających z ich biologii i pozostających w ścisłym związku ze środowiskiem. Z badań tych wynika, że króliki hodowlane pobierają paszę przez 2,5 do 3 godzin w ciągu doby, w nieregularnych odstępach czasu. Najchętniej wybierają paszę o smaku słodkim, a samice dodatkowo słonym. W warunkach hodowlanych zwierzęta jedzą równocześnie, fizycznie słabsze okazy mają zwykle gorsze miejsce przy paśniku. Króliki hodowlane oddają kał i mocz regularnie zwykle w rogu klatki. Koprofagia występuje u nich przez całą dobę. Zachowanie płciowe królików dzikich, jak i hodowlanych jest porównywalne. Przed pokryciem zwierzęta gonią się, obwąchują i oblizują. Samice odchowujące młode przy próbie zbliżenia się do gniazda wykazują zachowania obronne i agresywne. Hodowlane królice budują gniazda niechlujne, przez co oseski mogą z nich wypaść, ponadto samica po wykocie rzadko wylizuje i czyści młode. Naukowcy zaobserwowali, że umiejętność budowania gniazd przez samice poprawia się do 3. porodu (Benedek i in., 2020). Zauważalne jest także mniejsze zainteresowanie i opieka nad młodymi w porównaniu z królikami dzikimi. Młode naśladują zachowania matki, wykazują również dużą chęć eksploracji środowiska. Młode przebywają z matkami do 5. tygodnia życia, później są odsadzane. Samce i samice utrzymuje się osobno. Króliki najczęściej dopuszcza się do rozrodu w 5. miesiącu ich życia. Zarówno zwierzęta hodowlane, jak i dzikie przez około 70% doby odpoczywają, najczęściej leżąc na brzuchu lub siedząc z poziomo ułożonym grzbietem. Agresja w hodowli jest zależna od wieku, występuje w przypadku pojawienia się obcych osób lub często zmieniającej się obsługi. Agresja jest więc przede wszystkim skierowana w stosunku do ludzi, rzadko zdarzają się przypadki pogryzienia zwierząt przez siebie nawzajem. Zachowania lękowe to głównie paniczne bieganie po klatce – próba ucieczki, natomiast tupanie w podłogę jako chęć ostrzeżenia innych przed zagrożeniem pojawia się bardzo rzadko.

Genetyczne uwarunkowania zachowań królików

Przy użyciu testów behawioralnych można wyodrębnić grupy zwierząt o różnych osobowościach. Jest to niezwykle przydatne przy prowadzeniu selekcji na daną cechę osobowości. W badaniach nad odziedziczalnością modelu zachowań jest to praktyczne, pomocne oraz często wykorzystywane narzędzie eksperymentalne.

Stężenie kortyzolu w osoczu krwi może być uznawane za indykator poziomu stresu (Maj i in., 2001; Traczyk i Trzebiski, 2012; Badowska-Kozakiewicz, 2013), stąd też zespół pod kierunkiem Maj (2001) podjął próbę oszacowania poziomu kortyzolu i kortykosteronu we krwi królików pochodzących z trzech pokoleń oznaczonych jako P (pokolenie rodzicielskie), F1 (pierwsze pokolenie potomne) oraz F2 (drugie pokolenie potomne). Jako czynnik stresowy zastosowano podwieszanie zwierząt przez 15 minut w plastikowej siatce 1,2 metra nad ziemią. Przed zadziałaniem czynnika stresowego i w ostatniej, 15. minucie trwania testu od zwierząt pobierano krew z żyły brzożnej ucha, do probówek z heparyną. Autorzy badań nie zaobserwowali istotnych różnic w stężeniu kortyzolu między pokoleniami P – 49,06nmol/l, F1 – 46,05nmol/l i F2 – 51,66nmol/l przed działaniem czynnika stresowego, jednak w 15. minucie trwania testu zaobserwowano istotną różnicę pomiędzy pokoleniami F1 – 100,26nmol/l i F2 – 81,96nmol/l. Wiek królików nie wpływał istotnie na stężenie kortyzolu, natomiast duże znaczenie miała płeć zwierząt. Zarówno przed testem, jak i w 15. minucie testu o wiele wyższe stężenie kortyzolu we krwi miały samice, co wskazuje, że są mniej odporne na stres niż samce. Ponadto autorzy oszacowali odziedziczalność (h^2) stężenia kortyzolu przed stresem na 0,2, a w 15. minucie stresu na 0,08. Korelację genetyczną między poziomem kortyzolu przed dzia-

łaniem czynnika stresującego i w ostatniej minucie badania oszacowano na $r_G=0,92$. Na podstawie wartości korelacji genetycznej między stężeniem kortyzolu przed i w czasie działania czynnika stresogennego stwierdzono, że za te dwie cechy mogą odpowiadać różne geny. Na podstawie przeprowadzonych badań autorzy stwierdzili także, że „zakres zmienności genetycznej stężenia kortyzolu przed stresem jest dostatecznie duży, aby można było prowadzić skuteczną selekcję zmierzającą do obniżenia wartości tej cechy”.

W badaniach Daniewskiego i Jezierskiego (2003) prowadzono selekcję dwóch linii królików rasy nowozelandzkiej ze względu na wysoką i niską aktywność w otwartym polu. Spośród przebadanych w teście otwartego pola 60 samców i 60 samic wybrano 20 samców i 20 samic o najwyższych wynikach (najwyższą liczbą przekroczonych pól obiema przednimi łapami) jako założycieli pierwszej linii oraz odpowiednio 20 samic i 20 samców o najniższych wynikach (równych zero) jako założycieli drugiej linii. Jako że w przypadku zwierząt o niskim wyniku w otwartym polu większość osobników uzyskała wynik zero, dodatkowym kryterium selekcji była liczba poruszeń w polu startowym (przesunięcie wszystkich czterech łap). Selekcję prowadzono przez 8 pokoleń. Każde pokolenie było badane testem otwartego pola, gdzie oceniano: liczbę poruszeń w polu startowym (przesunięcie wszystkich czterech łap), czas oczekiwania w sekundach na przejście królika przez pole startowe, wynik punktowy otwartego pola odpowiadający liczbie przekroczonych pól obiema przednimi łapami, liczbę poruszeń w polu startowym na minutę oraz liczbę przekroczonych pól obiema przednimi łapami na minutę. Autorzy nie zauważyli znaczących różnic pomiędzy wynikami samic i samców z wyjątkiem liczby poruszeń w polu startowym i liczby poruszeń w polu startowym na minutę, oprócz tego samice wykazywały minimalnie większą ruchliwość. Zwierzęta z linii o niskich wynikach w teście otwartego pola po 6. pokoleniu uzyskiwały stałe, takie same wyniki – wszystkie następne pokolenia z szóstym włącznie uzyskiwały wynik równy zero (w teście otwartego pola). W linii selekcyonowanej na wysoki wynik w teście otwartego pola, średnia aktywność lokomotoryczna zwierząt wzrastała do 3. pokolenia, znacząco spadła w pokoleniu 4., wzrosła w pokoleniu 7., a w pokoleniu 8. ponownie spadła do poziomu, jakie uzyskało pierwsze pokolenie po selekcji. W obu liniach liczba ruchów zwierząt w polu startowym znacząco zmalała podczas kolejnych prób w obu liniach, przy czym tendencja ta była bardziej zaznaczona w linii o wysokich wynikach w teście otwartego pola. W otwartym polu liczba poruszeń w polu startowym na minutę wzrosła w linii o wysokich wynikach, natomiast w kolejnych próbach testowych liczba przekroczonych pól obiema przednimi łapami na minutę nie uległa znacznym zmianom. Autorzy oszacowali odziedziczalność (h^2) uzyskiwanych wyników w otwartym polu dla linii o niskich wynikach dla pokoleń 0–3 i 0–8. Uzyskane wartości h^2 wynosiły odpowiednio 0,46 i 0,44. Dla linii o wysokich wynikach w otwartym polu dla pokoleń 0–3 odziedziczalność wynosiła 0,23, odziedziczalność w pokoleniach 0–8 nie była możliwa do obliczenia ze względu na zbyt dużą zmienność danych uniemożliwiającą dokonanie prawidłowych oszacowań. Króliki o niskich wynikach w otwartym polu cechowały się wyższą masą ciała niż króliki o wysokich wynikach w otwartym polu. Największe różnice w masie ciała pomiędzy liniami były zauważalne przed poddaniem zwierząt testowi, tj. w 4–8 tygodniu życia oraz pomiędzy 14. a 16. tygodniem życia. Nie zaobserwowano znaczących różnic pomiędzy masą ciała samic i samców z wyjątkiem 8. tygodnia, w którym samce były znacznie cięższe. Badacze zwrócili uwagę na fakt, iż największy przyrost masy ciała królików w czwartym pokoleniu zbiegł się ze zmniejszeniem aktywności lokomotorycznej w linii królików o wysokiej aktywności w otwartym polu. Oprócz tego w obrębie tej linii zaobserwowano tendencję do zmniejszania się przyrostów masy ciała w kolejnych pokoleniach, co pokazuje oszacowany na tą cechę współczynnik regresji równy 0,094. Zaobserwowano również znaczne różnice pomiędzy liniami o wysokim i niskim wyniku w teście otwartego pola w procencie samic wydających potomstwo w porównaniu do liczby samic krytych. Większy procent samic kotnych odnotowano w linii o niskich

wynikach w teście otwartego pola. U samic w linii o wysokich wynikach w teście zaobserwowano znaczące spadki zakoczeń w 3. i 6. pokoleniu. Nie zaobserwowano znaczących różnic pomiędzy liniami w liczbie urodzonych żywych i martwych młodych przed końcem odsadzenia, natomiast różnice pojawiły się w obrębie kolejnych pokoleń w obu liniach. Autorzy stwierdzili, że selekcionując zwierzęta na wysoką i niską aktywność w otwartym polu, prowadzą tak naprawdę selekcję na aktywne i pasywne kopiowanie zachowań. W niesocjalnych sytuacjach aktywnie kopiujące zachowania zwierzęta reagują szybciej wobec obcych obiektów niż pasywnie kopiujące. Pasywnie kopiujące zachowania zwierzęta zarówno w socjalnych i niesocjalnych sytuacjach reagują wycofaniem i bezruchem i najczęściej taka odpowiedź jest konsekwentnie powtarzana w podobnych sytuacjach. Utrzymywanie zwierząt w klatkach zmniejsza możliwość ich aktywności ruchowej, jak również ogranicza zmienność środowiska, co jest bardziej niekorzystne dla aktywnie kopiujących zwierząt niż dla pasywnie kopiujących. Zwierzęta aktywnie kopiujące, czyli wykazujące wyższą aktywność w teście otwartego pola, mają większe problemy z zaaklimatyzowaniem się i wyrażaniem zachowań behawioralnych w warunkach utrzymywania klatkowego, co w następstwie skutkuje obniżeniem masy ciała, niższym procentem zapłodnień, a także gorszymi parametrami matczynymi.

Dzięki metodom genetyki molekularnej powstała możliwość identyfikowania konkretnych genów odpowiadających za daną cechę. Przykładem genów mających wpływ na osobowość są geny *DRD4* ulokowany u ludzi na chromosomie 11, oraz *5-HTT* leżący u ludzi na chromosomie 17 (Kaleta, 2014). Gen *DRD4* koduje podtyp D4 receptora dopaminy. Gen ten posiada liczne miejsca polimorficzne (różne alleliczne odmiany fragmentów tego samego genu występujące jednocześnie w populacji) składające się z tandemowych powtórzeń. Mutacje w obrębie tego genu powiązane z różnymi fenotypami behawioralnymi, a także z dysfunkcjami autonomicznego układu nerwowego, zaburzeniami uwagi i nadpobudliwością (U.S National Library of Medicine – NCBI *DRD4* Gene). Gen *5-HTT* koduje transporter serotoniny. Mutacje związane z genem transportera serotoniny mogą powodować zmiany w funkcji tych związków. Wariant promotora genu transportera serotoniny, składający się z wariantu długiego i krótkiego, jest jednym z głównych czynników, które przyczyniają się do zapoczątkowania wielu zaburzeń psychicznych. Według najnowszych doniesień wariant o powtarzalnej długości w regionie promotorowym tego genu może wpływać na szybkość wychwytu serotoniny, co w następstwie może odgrywać rolę w zaburzeniach stresu pourazowego, podatności na depresję, zaburzeniach lękowych, a nawet zachowań samobójczych (Kuzelova i in., 2010). Obecnie prowadzone są badania przy użyciu zwierząt laboratoryjnych dotyczące wpływu czynników genetycznych na cechy osobowości. Gatunki szczególnie interesujące badaczy to gryzonie i naczelnice. Specjalnie wyselekcjonowane linie zwierząt o różnych cechach behawioralnych są wykorzystywane jako modele badawcze w badaniach farmakologicznych oraz terapii zaburzeń psychicznych (Kaleta, 2014). Do tej pory nie analizowano wspomnianych genów u królików.

Technika DNA fingerprinting, inaczej nazywana metodą genetycznych odcisków palców, pozwala na identyfikację konkretnego osobnika z próbki DNA poprzez analizę unikalnych wzorców DNA, wykorzystując minisatelity. Minisatelity to miejsca w genomie zawierające powtarzające się sekwencje nukleotydowe o długości od 6 do około 100 par zasad. Miejsca te charakteryzują się wysokim stopniem zmienności populacyjnej dzięki czemu wykorzystując metodę fingerprinting polegającą na wykrywaniu minisatelitów w genomie, tworzy się niepowtarzalny indywidualny wzorec – genetyczny odcisk palca. Sacharczuk i in. (2005) prowadzili przez osiem pokoleń selekcję królików na wysoką i niską aktywność w otwartym polu. Otwarte pole zostało wybrane jako podstawa selekcji zwierząt, ponieważ, jak podają autorzy cytując za Crawley i in. (1997), nie ma jednej cechy, która odzwierciedlałaby aktywność emocjonalną lub zachowania lękowe, ale geny tych cech będą jednocześnie zaangażowane zarówno w aktywność lokomocyjną, zachowania eksploracyjne, jak i zachowania lękowe lub

inne manifestacje emocjonalne w teście otwartego pola. Do analizy DNA fingerprinting wybrano losowo 14 samców z linii o wysokiej aktywności i tyle samo samców z linii o niskiej aktywności w teście otwartego pola. W każdej z grup taka sama ilość DNA dziesięciu królików została wymieszana w celu stworzenia wspólnego wzorca reprezentatywnego dla obu linii. Cztery pozostałe próbki DNA wykorzystano, aby stworzyć indywidualne wzorce genetyczne determinujące zakres podziału prążków oraz innych parametrów genetycznych w obrębie danej linii. Autorzy badań nie zaobserwowali znaczącej różnicy w parametrach zmienności genetycznej. Dzięki analizie prążków pojedynczych osobników jak i próbek reprezentatywnych zidentyfikowano w linii królików o niskiej aktywności w otwartym polu specyficzny allel minisatelitarny. Linia o wysokiej aktywności w otwartym polu nie posiadała takich alleli. Ponadto w linii o wysokiej aktywności w otwartym polu wykryto spadek odziedziczalności aktywnego zachowania w teście w trakcie selekcji. Mutacje w obrębie minisatelitów mogą mieć wpływ na ekspresję białek, a nawet tworzenie ich form patologicznych. Badacze zwrócili uwagę na minisatelity w obrębie genów transportujących lub receptorów serotoniny i dopaminy, gdzie takie mutacje mogłyby mieć znaczący wpływ na wystąpienie u osobnika większej podatności na depresję, zaburzenia socjalne i neurotyczne.

Podsumowanie

Zachowania królików są silnie związane z warunkami środowiskowymi ale także z dziedziczonymi genami. W warunkach naturalnych zwierzęta te prezentują inne modele zachowań niż w warunkach fermowych, ponadto zwierzęta o mniej dzikim modelu zachowań charakteryzują się lepszymi cechami użytkowymi. Cechy niezbędne do przeżycia w naturze mogą stanowić problem w hodowli. W naturalnym środowisku potrzeba eksploracji jest niezbędna królikom do przetrwania, natomiast badania naukowe wykazały, iż w warunkach fermowych króliki o większej potrzebie eksploracji z racji braku odpowiedniej ilości bodźców tracą na masie, są mniej płodne i plenne, jak również cechują się gorszymi właściwościami matecznymi. Samice o słabym instynkcie macierzyńskim budują niechlujne gniazda lub wcale ich nie tworzą, niechętnie opiekują się potomstwem, co skutkuje śmiertelnością młodych; z drugiej strony agresywne matki w hodowli stanowią istotny problem ze względu na trudności w przeprowadzeniu zabiegów zootechnicznych (przejrzenie stanu miotu i jakości gniazda, wymiana ściółki). W warunkach naturalnych stres jest czynnikiem motywującym, natomiast w warunkach fermowych jest zjawiskiem niepożądanym mogącym prowadzić do chorób, a nawet śmierci zwierząt. Przez zmianę warunków bytowania u królików wykształciły się inne cechy behawioralne, pozwalające zaadaptować się zwierzętom do warunków hodowlanych i spełniające wymogi hodowców (zwierzęta agresywne, niebezpieczne lub niewydajne są często eliminowane i nie przekazują genów). W badaniach udowodniono, że możliwa jest selekcja królików ze względu na dany model zachowań. U królików wykazujących niską aktywność w otwartym polu można zaobserwować pogłębienie się modelu zachowania pasywno- obronnego poprzez zwiększające się z pokolenia na pokolenie niechęć i lęk przed eksploracją nowego terenu. Natomiast u królików o wysokiej aktywności w otwartym polu zaobserwowano spadek odziedziczalności tego modelu zachowania oraz spadek aktywności i chęci do eksploracji pola. Selekcja królików w kierunku konkretnych zachowań może je załagodzić lub uwydatnić, jednak nie ma pewności co do ostatecznego efektu, ze względu na różne czynniki decydujące o wykształceniu się zachowania. Króliki dziedziczą temperament po swoich przodkach, ale jest on ostatecznie kształtowany przez środowisko życia zwierzęcia. Z dostępnej literatury wynika, że zagadnienia związane z dziedziczeniem zachowań królików są słabo poznane, dlatego też badania te powinny być kontynuowane.

Piśmiennictwo

- Badowska-Kozakiewicz A.M. (2013). Patofizjologia człowieka. Warszawa, Polska, PZWL.
- Benedek I., Altbacker V., Zsolnai A., Molnar T. (2020). Exploring the genetic background of the differences in nest-building behavior in European rabbit. *Animals*, 10: 1–12.
- Carneiro M., Rubin C.J., Palma Di F., i in. (2014). Rabbit genome analysis reveals a polygenic basis for phenotypic change during domestication. *Science*, 345: 1074–1079.
- Crawley J.N., Belknap J.K., Collins A., Crabbe J.C., Frankel W., Henderson N., Hitzemann R.J., Maxson S.C., Miner L.L., Silva A.J., Wehner J.M., Wynshawboris A., Paylor R. (1997). Behavioral phenotypes of inbred mouse strains: implications and recommendations for molecular studies. *Psychopharmacol.*, 132: 107–124.
- Daniewski W., Jezierski T. (2003). Effectiveness of divergent selection for openfield activity in rabbits and correlated response for body weight and fertility. *Behavior Genetics*, 33, 3: 337–345.
- Gacek L.A. (2000). Etologia królika w warunkach fermy przemysłowej. *Biul. Inf. IZ.*, XXXVIII, 3: 81–90.
- Kaleta T. (2014). Osobowość zwierząt: krótki przegląd współczesnych badań; *Życie Weter.*, 89, 9: 736–742.
- Kania B.F. (2017). Psychofarmakologia zwierząt towarzyszących. Kraków, Polska, Wyd. URK.
- Kowalska D., Piechocka-Warzecha K. (2015). Wpływ typu zachowania królików na wyniki użytkowości rozplodowej. *Wyd. IZ-PIB*.
- Kuzelova H., Ptacek R., Macek M. (2010). The serotonin transporter gene (5-HTT) variant and psychiatric disorders: review of current literature. *Neuro Endocrinol Lett.*: 31: 4–10.
- Maj D., Żarnecki A., Wrońska-Fortuna D., Sechman A. (2001). Zmienność genetyczna stężenia kortyzolu w osoczu krwi królików przed i w czasie stresu. *Pr. Mat. Zoot.*, 59: 127–134.
- McBride A. (2003). *Kaninchen verstehen*. Darmstadt, Niemcy, Wyd. Pala – Verlag GmbH, ss. 34–68
- Sacharczuk M., Jezierski T., Daniewski W., Górecka A., Parada R., Świergiel A. H., Jaszczak K. (2005). DNA fingerprinting analysis of rabbits from lines divergently selected for high and low open-field activity. *Anim. Sci. Pap.Rep.*, 23, 2: 107–117.
- Sadowski B. (2016). *Biologiczne mechanizmy zachowania się ludzi i zwierząt*. Warszawa, Polska, Wyd. Nauk. PWN.
- Traczyk W.Z., Trzebiski A. (2012). *Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej*. Warszawa, Polska, PZWL.
- Varga Smith M. (2013). *Textbook of Rabbit Medicine*. Oxford, Wielka Brytania, Butterworth-Heinemann.

GENETIC CONDITIONS OF RABBIT BEHAVIOR ACCORDING TO LITERATURE RESEARCH

Julia Sojan, Sylwia Pałka

SUMMARY

The aim of research was to review available literature in terms of reports on inherited conditions of rabbit behavior. The available literature suggests that rabbit behavior is strongly associated with environmental conditions, but also with genetic determinants. These animals present different behavioral models in natural conditions than in farm conditions, moreover, animals with a less wild behavioral model are characterized by better performance traits. Behavioral tests reveal that farm rabbits exhibit such behavioral models as curiosity, aggression and anxiety. It has been scientifically proven that heritability of the cortisol level in rabbit blood plasma before and during stress is very low, therefore selection in this direction is significantly impeded. Moreover, the value of genetic correlation indicates that different genes may correspond to blood cortisol levels. In studies where rabbits were selected for high and low activity in the open field test, repetitive and intensifying anxiety behavior of animals with low activity in the open field was observed, moreover in molecular studies a specific minisatellite allele for this group was isolated. On the basis of the literature analysis it was found that rabbits inherit behavioral traits and resistance to stress, but the final response of the organism is determined by the influence of the environment. Research shows that conducted selection of rabbits to show certain behaviors may soothe or enhance these behaviors, however, there is no certainty to the final selection effect due to various factors determining the development of a specific behavior. The available literature suggests that issues related to the inheritance of rabbit behavior are barely understood, which is why these studies should be continued.

Keywords: behavior, rabbit, heritability