

Modele regresyjne w przewidywaniu wydajności mleka krów

Barbara Binerowska, Wilhelm Grzesiak

AR w Szczecinie

Przy podejmowaniu decyzji dotyczących dalszych losów utrzymywanych zwierząt czy też decyzji hodowlanych ważna jest świadomość korzyści płynących z prognozowania oraz znajomość jego ograniczeń. Prognoza jest stwierdzeniem odnoszącym się do przyszłości, a prognozowanie jest ważnym aspektem pracy naukowej [3]. Przewidywanie wynika z wykorzystania dobrodziejstw nauki, przy doświadczalnej weryfikacji, oraz (co jest bardzo ważne) zaakceptowania. Potrzeba przewidywania jest wypadkową dwóch podstawowych powodów: niepewności przyszłości oraz przesunięcia w czasie między momentem podjęcia decyzji a wynikłymi z niej skutkami. Błędy prognozowania będą maleć w miarę opanowywania precyzyjniejszych metod przewidywania przyszłości. Optymalne wykorzystanie prognozy zależy w dużym stopniu od sformułowania problemu i właściwego użycia informacji, jaką niesie prognoza [5].

Proces budowy strategii funkcjonowania całej populacji hodowlanej, jak również jej pojedynczych ogniw (ferm), jest procesem bardzo złożonym. Hodowca, który chce pomyślnie kierować gospodarstwem nie może ignorować otoczenia, w jakim prowadzi swoją działalność. Posiadanie informacji o stanie otoczenia, a więc wszelkich czynnikach jakie mogą oddziaływać na wydajność zwierząt i końcowe efekty finansowe, może korzystnie wpływać na skuteczność podejmowanych decyzji. Szczególnego znaczenia nabierają zwłaszcza informacje o przyszłym stanie warunków zewnętrznych, zmniejszające lukę informacyjną, tak w przypadku prostych decyzji, jak i bardziej ogólnej strategii rozwoju. Większość decyzji w przedsiębiorstwie jest podejmowana w celu osiągnięcia korzyści w przyszłości. Procedury prognostyczne powinny zatem być częścią systemu wspomagającego decyzję. Spośród potencjalnie przewidywanych zdarzeń wyróżnić można takie, które podlegają stabilnym i dobrze poznanym prawom, których przewidywanie jest pewniejsze oraz takich, których zdeterminowanie jest mało stabilne, a prognozy dotyczące tych zjawisk podlegać będą większym błędom. Przewidywanie produkcji zwierząt podlega wahaniom, wynikającym z biologicznego uwarunkowania organizmu i jego interakcji ze środowiskiem. Ponadto koniunktura czy też inne elementy otoczenia mogą wpływać na podejmowane przez hodowcę decyzje. Zidentyfikowanie wszystkich czynników jest trudne do wykorzystania w budowanej prognozie.

Regresja wielokrotna i segmentowa jako metody prognozowania

Metod prognozowania jest bardzo wiele. Jedną z nich jest regresja o postaci:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n, \xi)$$

gdzie:

Y jest zmienną prognozowaną, a X_1, X_2, \dots, X_n są zmiennymi objaśniającymi, zaś ξ to tzw. składnik losowy, obejmujący wpływ wszystkich niezidentyfikowanych (i nie uwzględnionych w modelu) czynników.

Przy budowie prognozy regresyjnej zdecydowanie najtrudniejszym zagadnieniem jest wybór zmiennych objaśniających. Przykładowo, przy przewidywaniu wydajności mleka krów trzeba pamiętać, że uzależniona jest ona od wielu czynników, takich jak: wiek krowy, jej genotyp, kolejna laktacja, stadium laktacji, okres wycielenia, choroby, czy bodaj najważniejszy – żywienie [4, 8, 18, 20, 25, 29, 33]. Wynika stąd często konieczność ograniczenia liczby analizowanych zmiennych, ze względu na trudności z uchwyceniem ich wpływu na wydajność mleka. Zmienne objaśniające powinny być silnie powiązane przyczynowo-skutkowo lub symptomatycznie ze zmienną prognozowaną oraz nie powiązane ze sobą. Wybór miesiąca wycielenia z wydajnością laktacyjną jest związkiem przyczynowo-skutkowym, albowiem krowy cielące się w okresie jesienno-zimowym osiągają dodatkowy przyrost wydajności w dalszych miesiącach laktacji, przypadających na okres cieplejszy i obfitujący w pasze zielone. Wybór zmiennych powinien wynikać również z konkretnej sytuacji prognostycznej. Niektóre zmienne wpływające na wydajność mleka mogą w pewnych sytuacjach tracić swoje znaczenie przy konstrukcji prognozy wydajności, w innych zaś zyskiwać.

Regresja wielokrotna (multiple regression) bada przede wszystkim związki pomiędzy wieloma zmiennymi niezależnymi (objaśniającymi) a zmienną zależną (objaśnianą), w praktyce pozwala więc odpowiedzieć na pytanie: jakie wielkości w najlepszy sposób opisują analizowaną zmienną zależną.

Ogólny problem obliczeniowy, jaki należy rozwiązać w analizie regresji wielokrotnej, polega na dopasowaniu prostej do zbioru punktów. W przypadku wielowymiarowym, kiedy mamy do czynienia z więcej niż jedną zmienną niezależną, prosta regresji nie może być opisana w przestrzeni dwuwymiarowej. Jej równanie otrzymamy równie łatwo, aczkolwiek obliczenia są dość złożone. Regresja wyraża najlepszą prognozę zmiennej objaśnianej dla określonych zmiennych niezależnych [10].

Otrzymane w konstruowanym modelu współczynniki regresji dla poszczególnych zmiennych objaśniających powinny być statystycznie istotne, co oznacza, że ich oddziaływanie na zmienną objaśnianą jest znaczące.

Przy analizie otrzymanych modeli trzeba zwrócić uwagę na wielkość współczynnika determinacji (R^2). Współczynnik ten zawarty jest w przedziale od 0 do 1 i wskazuje, jaka część obserwowanej w próbie zmienności objaśnianej zmiennej (Y) jest wyjaśniona regresją względem wszystkich zmiennych niezależnych jednocześnie ($X_1, X_2 \dots X_k$). Wysoka jego war-

tość świadczy o dobrym dopasowaniu modelu. Przy porównywaniu R^2 dla kilku modeli użycie współczynnika determinacji wymaga pewnego przekształcenia, w zależności od liczby obserwacji (n) i liczby użytych w modelach zmiennych (k):

$$R_p^2 = 1 - \left(\frac{n-1}{n-k-1} \right) (1-R^2)$$

Wartość poprawionego współczynnika determinacji (R_p^2) maleje przy wprowadzaniu zmiennych nie wywołujących znaczącego przyrostu wyjaśnionej regresją sumy kwadratów odchyleń. Pierwiastek z R^2 , będący współczynnikiem korelacji wielorakiej, informuje o tym, w jaki sposób zmienna objaśniana skorelowana jest ze wszystkimi zmiennymi niezależnymi jednocześnie [15].

Aby otrzymany model spełniał pokładane w nim nadzieje, należy po jego wyznaczeniu i zweryfikowaniu sprawdzić otrzymane wartości resztowe. Reszty to różnice między wartościami przewidywanymi a wartościami rzeczywistymi. Dużą pomocą w sprawdzaniu założeń jest wizualizacja, czyli analiza wykresu wartości przewidywanych i resztowych. Rozkład reszt modelu powinien być normalny. Reszty nie powinny być skorelowane (dotyczy to obserwacji uporządkowanych w czasie). Do sprawdzenia tego założenia stosuje się test Durбина-Watsona [6]. Wariancja składnika reszt powinna być taka sama dla wszystkich obserwacji. Do weryfikacji tego założenia wykorzystuje się różne testy, np. test Lagrange'a [28]. Składnik losowy winien mieć wartość oczekiwaną równą 0, wariancja składnika losowego powinna być taka sama dla wszystkich obserwacji [16].

Pamiętać trzeba także o tym, aby zmienne objaśniające użyte w modelu nie były kombinacją innych zmiennych użytych w modelu. Liczba obserwacji powinna być wielokrotnie większa od liczby szacowanych parametrów. Model powinien być liniowy, aby można było skorzystać z prostych metod estymacji, w przeciwnym wypadku można próbować transformować zmienne. Te założenia są niezbędne do tego, aby otrzymane estymatory były najbardziej efektywne (gdy posiadają najmniejszą wariancję), zgodne (gdy dla dużej próby błąd w ocenie parametru przez estymator jest mniejszy od pewnej, z góry dowolnie ustalonej, małej liczby) i nieobciążone (gdy przy wielokrotnym losowaniu próby średnia z wartości przyjmowanych przez estymator jest równa wartości szacowanego parametru).

Modele regresyjne w przewidywaniu wydajności mleka

Istnieje cały szereg procedur nieliniowych służących do prognozowania wydajności mleka krów, np. regresja wykładnicza, logarytmiczna, kwadratowa, wielomianowa, hiperboliczna, logistyczna. Gdy brakuje informacji o zachodzących relacjach, zestawienie adekwatnego nieliniowego modelu jest trudniejsze, jednakże można np. spróbować wizualizować zależności i na podstawie wykresu dopasować odpowiednie równanie. Jeżeli zastosowanie metody najmniejszych kwadratów będzie niemożliwe, można wykorzystać ważoną metodę najmniejszych kwadratów wówczas, gdy występują obserwacje powtarzające się lub gdy niektóre obserwacje uznajemy za ważniejsze, czy też metodę największej wiarygodności.

Odmianą regresji wielokrotnej jest **regresja segmentowa** (piecewise linear regression). W tym przypadku uwzględniona jest sytuacja, gdy zmienna zależna (Y) zmienia się wraz z wartościami zmiennych niezależnych, a liniowa zależność utrzymuje się w szerokim zakresie różnych poziomów produkcji. Jednakże powyżej pewnej wartości może pojawić się nieciągłość w zależności między zmiennymi. Moment tej nieciągłości, zwany punktem przełamania (breakpoint), dzieli równanie regresji na dwa oszacowania powyżej i poniżej punktu przełamania. Model regresji segmentowej składa się więc z dwóch niezależnych równań stosowanych w zależności od wartości zmiennej zależnej [11, 22].

W **regresji logistycznej** (logistic regression) zmienna objaśniana jest postaci zero i jeden (np. gdyby wydajności mleka analizować jako większe od pewnej wartości i wówczas

Tabela
Przykłady różnych modeli regresyjnych [14, 23]

Model	Autorzy
$\ln(Y/t)=a+bt$	Jenkins i Ferrel, 1984
$\ln(Y)=a+b\ln t+ct$	Wood, 1967
$\ln(Y)=a+b\ln t+ct+d\cdot t^{0.5}$	Badner i Anderson, 1985
$\ln(Y)=a+b\ln t+ct+d^2$	Morant i Gnanasathy, 1989
$\ln(Y)=a+b\ln t+ct+d\cdot t^{0.5}+ft^2$	Morant i Gnanasathy, 1989
$\ln(Y)=a+bt^1+ct+d^2$	Jenkins i Ferrel, 1984; Morant i Gnanasathy, 1989
$1/Y=a+bt^1+ct$	Badner i Anderson, 1985; Nelder, 1966
$1/Y=a+bt^1+ct+d^2$	Badner i Anderson, 1985
$1/Y=a+bt^1+ct+d^2+ft^3$	Nelder, 1966
$Y=a+bt+ct^2+dt^3+et^4+ft^5+gt^6$	Martin, 1976
$Y=a+bt+c\exp(-0,5(g(t)-1)/0,6)^2\cdot f^1$	Guo i Swalve, 1995
$Y=a+b\cdot t^{0.5}+dnt$	Guo i Swalve, 1995
$Y=a+bt+c\exp(-0,05t)$	Wilmlink, 1987
$Y=a+b\cdot t^{0.5}+dnt+dt^4$	Guo i Swalve, 1995
$Y=a+b(t/305)+d(t/305)^2+dn(305/t)+fn(305/t)^2$	Ali i Schaeffer, 1987
$Y=a+bt+c\sin(x)t^2+d\sin(x)t^3+fe\exp(-0,055t)$	Guo i Swalve, 1995
$Y=a+bt+ct^2+dt^3+fn(t)$	Guo i Swalve, 1995
$Y=a+bt+ct^2+dt^3+ft^4$	Guo i Swalve, 1995
$Y=a+bt+ct^2+dt^3+ft^4+gt^5+ht^6$	Guo i Swalve, 1995
$Y=a\exp(bt-ct^2)$	Sherchand i wsp., 1995
$Y=l(a+bt+ct^2)$	Sherchand i wsp., 1995
$Y=a-bt+d\ln(t)$	Sherchand i wsp., 1995
$Y=a \arctan(bt)/\cosh(ct)$	Sherchand i wsp., 1995
$Y=a \arctan(bt)\exp(-ct)$	Sherchand i wsp., 1995

t – dany dzień doju;
 a, b, c, d, e, f, g, h – parametry estymowane w modelu;
 $x = 0,01$;
 $\exp()$ – funkcja wykładnicza e (stała Eulera = 2,71...) do określonej w nawiasie potęgi;
 \arctan – arcus tangens;
 \cosh – cosinus hiperboliczny;
 \ln – logarytm naturalny.

oznaczyć je jedynką, a mniejsze od tej wartości oznaczyć zerem). Model ten może opisywać prawdopodobieństwo znalezienia się danego osobnika w jednym z dwóch zbiorów (poziomów) wydajności, wiążąc to prawdopodobieństwo ze zmiennymi objaśniającymi. W przypadku regresji logistycznej obliczenia są bardziej skomplikowane. Również nie ma miar dopasowania modelu, jak chociażby współczynnik determinacji. Procedura estymacji oparta jest na metodzie największej wiarygodności [7].

Prognozowanie wydajności mleka jest tak stare jak hodowla, w związku z czym istnieje wiele różnych równań opisujących przebieg krzywej laktacji. Począwszy od znanego z podręcznika Nowickiego [19] modelu Kwizdy (regresja wielomianowa) lub Kreffta i Winnickiego (regresja wykładnicza), poprzez klasyczny model krzywej laktacji Wooda [32], będący regresją wykładniczą z uwzględnieniem jako zmiennej objaśniającej kolejnego dnia laktacji, a na współczesnych modelach regresyjnych skończywszy (tab.). Modele opisujące krzywe laktacji mogą być wielomianami trzeciego, czwartego, a nawet szóstego stopnia [9]. Niektórzy badacze [27] proponują modele z funkcjami trygonometrycznymi oraz ich odwrotnościami (tab.). Jednakże różnice w dokładności, z jaką różne modele opisują mleczność krów, są niewielkie. Niektórzy autorzy wskazują, że prostsze modele, choć nie odwzorowują wiernie przebiegu laktacji, to są jednak mniej wrażliwe na różne niedokładności pojawiające się w danych. Za pomocą mniej skomplikowanych modeli można uzyskać bardziej wyrównane wyniki, a ponadto obliczenia są znacznie łatwiejsze [23].

W Polsce, jak również w wielu innych krajach, analiza wydajności za okres 305 dni laktacji stanowi podstawę oceny wartości hodowlanej bydła mlecznego. Co miesiąc (metoda A₄) lub w odstępach dwumiesięcznych (metoda A₈) przeprowadzane są próbne udoje, które stanowią podstawę do obliczenia, z pewnym przybliżeniem, wydajności mleka za okres 305-dniowej laktacji. Użytkowość krowy porównywana jest z wydajnościami krów będącymi w tej samej laktacji, wycielonymi w tym samym roku i sezonie oraz pochodzącymi z tego samego stada. Jednakże wiele czynników oddziałujących na wydajność mleczną krowy jest w tym wypadku trudna lub niemożliwa do uwzględnienia. Generalnie są one włączane do modelu jako tzw. efekt stada, roku i sezonu (Herd-Year-Season – HYS).

W latach 90. wykorzystano bezpośrednio próbne udoje do oceny wartości hodowlanej, tzw. **model próbnego udoju** (Test Day Model). Uwzględnienie wydajności dziennych daje możliwość uchwycenia wpływu takich czynników, jak: stan zdrowia zwierząt, warunki atmosferyczne (wilgotność, temperatura, nasłonecznienie), sposób żywienia, częstość zadawania paszy, warunki utrzymania w danej oborze, obsługa i wiele innych. Uwzględnienie dnia próbnego udoju, dzięki włączeniu do modelu efektu dnia doju w stadzie, umożliwia wyeliminowanie różnych wpływów środowiskowych [14, 24, 26, 30]. Dienne wydajności krów stanowią grupy danych zebranych w jednym stadzie dla krów z tej samej laktacji, ewentualnie w takiej grupie zwierząt można wyróżnić zróżnicowanie np.

pod względem utrzymania czy żywienia. Pozwala to dokładniej analizować zmieniające się warunki środowiskowe i ich oddziaływanie na wydajność krów. Obserwacje z jednej laktacji analizowane są jednocześnie jako pomiary tej samej cechy, stąd też konieczne staje się uwzględnienie w modelu przebiegu krzywej laktacji, obejmującej zmiany ilości mleka pozyskiwanego od krowy w zależności od stadium laktacji. Najczęściej (tab.) wykorzystywane są modele regresyjne Wooda [32], Ali i Schaeffera [2], Wilminka [31]. Do modelu włącza się dzień laktacji, jako efekt stały lub regresji krzywoliniowej, opisującej zmiany wydajności mleka w kolejnych dniach laktacji.

W ostatnim czasie w modelu zastosowana została **regresja losowa** (random regression), która zastępuje losowy efekt zwierzęcia regresją krzywoliniową, uwzględniając kształt krzywej laktacji również w oszacowaniu wartości genetycznej krowy. Do obliczeń potrzeba jednak bardzo dużej liczby danych i maszyn liczących o odpowiedniej mocy. Konieczne też jest, przynajmniej w początkowym okresie, przeliczanie wyników oceny dziennej wydajności mlecznej na wydajności 305-dniowe.

Oprócz zastosowania w opisie przebiegu mleczności podstawowej zmiennej objaśniającej, jaką są dni laktacji, istnieją także propozycje uwzględniające do przewidywania wydajności mleka także inne zmienne. Muhhamad i wsp. [17] do przewidywania wydajności mleka wykorzystali długość trwania laktacji w dniach, proponując następujący model:

$$\text{wydajność mleka} = 6,48 + 7,2532 \times \text{długość laktacji}$$

przy korelacji między cechami $r=0,3491$.

Również na podstawie długości trwania laktacji niektórzy autorzy przedstawili różne modele krzywych laktacji: funkcję gamma dla laktacji I, wielomian dla laktacji II oraz parabolę dla laktacji III [1, 27]. Natomiast Itano i Okubo [12] do przewidywania wydajności mleka wykorzystali poziom produkcyjny stada, szybkość oddawania mleka oraz poziom energii metabolicznej, a Pan i wsp. [21] prognozy swoje oparli na szczytowej wydajności laktacyjnej.

Podsumowanie

Przy szacowaniu wartości hodowlanej bydła modele regresyjne odgrywają wiodącą rolę. Przy stosowaniu prognoz w pojedynczych fermach można jednak wykorzystać znacznie prostsze modele regresyjne, jak chociażby regresji wielokrotnej czy regresji segmentowej. Ich zastosowanie pozwala prognozować wydajność mleka za laktację na bazie wybranych zmiennych objaśniających, takich jak: wydajności z kilku pierwszych dni próbnego udoju, kolejnej laktacji krowy, wydajności z poprzednich laktacji, miesiąc wycielenia, przeciętna wydajność stada, czy też genotyp krowy. Równanie opisujące przebieg krzywej laktacji może stanowić ceną wskazówkę przy racjonalizacji żywienia czy też monitorowaniu różnych schorzeń krów (mastitis, ketoza).

Literatura: 1. Ahunu-BK, Kabuga-JD: Bulletin of Animal Health and Production in Africa. No. 2, 147-152, 1994. 2. Ali T.E., Schaeffer L.R.: Can. J. Anim. Sci. 67, 637, 1987. 3. Blalock H.M.: Statystyka dla socjologów. PWN, Warszawa 1975. 4. Detilleux J.C., Grohn Y.T., Quaas R.L.: J. Dairy Sci. 77, 3316-3323, 1994. 5. Dittmann P.: Me-

tody prognozowania sprzedaży w przedsiębiorstwie. Wyd. AE we Wrocławiu, 1999. 6. Durbin J., Watson G.S.: *Biometrika* 38, 159-178, 1951. 7. Fisher R.A.: Two new properties of mathematical likelihood. *Pro. Roy. Soc., L*, seria A, t. 144, 1934. 8. Garcia S.C., Holmes C.W.: *Livestock Production Science*, Vol. 68 (2-3), 189-203, 2001. 9. Guo Z., Swalve H.H.: *INTERBULL* Bul. No. 11. *Int. Bull. Eval. Service*, Uppsala, Sweden, 1995. 10. Gunst R.F., Mason R.L.: *Regression analysis and its application. A data oriented approach*. Marcel Dekker. New York, 1980. 11. Guzik B.: Segmentowe modele ekonomiczne. Wyd. Akademii Ekonomicznej, Poznań 1993. 12. Itano S., Okubo T.: *Research Bulletin of the Faculty of Agriculture, Gifu University*. No. 62, 109-117, 1997. 13. Jenkins T.G., Ferrel C.L.: *Anim. Prod.* 39, 479, 1984. 14. Jamrozik J., Kistemaker G.J., Dekkers J.C.M., Schaeffer L.R.: *J. Dairy Sci.* 80, 2550-2556, 1997. 15. Józwiak J., Podgórski J.: *Statystyka od podstaw*. PWE, Warszawa 1997. 16. Luszniwicz A., Słaby T.: *Statystyka z pakietem komputerowym STATISTICATM PL. Teoria i zastosowania*. Wydawnictwo C.H. BECK, Warszawa 2001. 17. Muhammad Rafique, Zafar A.H., Chaudhry M.Z.: *Pakistan Journal of Veterinary Research*. 4-5, 1-2, 45-48, 1992. 18. Murphy J.J., O'Mara F.: *Livestock Prod. Sci.* 35, 117-134, 1993. 19. Nowicki B.: *Genetyka i metody doskonalenia zwierząt*. PWRiL, Warszawa 1985. 20. Olori V.E., Brotherstone S., Hill W.G., McGuirk B.J.: *Livestock Production Science* 52, 167-176,

1997. 21. Pan S., Koley N., Duttagupta R., Roy A.M.: *Environment and Ecology*. No. 4, 860-861, 1997. 22. Pedhazur E.J.: *Multiple regression in behavioral research*. Holt, Rinehart & Winston. New York 1973. 23. Perz W.P., Sobek Z.: *Biometrical Letters*, v. 36, No. 2, 169-178, 1999. 24. Ptak E., Schaeffer L.R.: *Livestock Prod. Sci.* 34, 23-34, 1993. 25. Ray D.E., Halbach T.J., Armstrong D.V.: *J. of Dairy Sci.* 75 (11), 2976-2983, 1992. 26. Schaeffer L.R., Jamrozik J., Kistemaker G.J., Doormaal B.J.: *J. Dairy Sci.* 83, 1135-1144, 2000. 27. Sherchand L., McNew R.W., Kellog D.W., Johnson Z.B.: *Journal of Dairy Science* 78, 11, 2507-2513, 1995. 28. Stanisz A.: *Przystępny kurs statystyki z wykorzystaniem programu STATISTICA PL na przykładach medycyny*. T. II, Kraków 2000. 29. Stenzel R.: *Zesz. Nauk. AR Wrocław*, nr 331, Konferencje XVII, 189-195, 1998. 30. Strabel T., Szwaczkowski T.: *Livest. Prod. Sci.* 48, 91-98, 1997. 31. Wilmink J.B.M.: *Livest. Prod. Sci.* 16, 335, 1987. 32. Wood P.D.P.: *Nature (Lond)* 216, 164, 1967. 33. Żarnecki A., Jamrozik J., Mrowiec S.: *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 395, 73-86, 1991.

Autorzy: mgr inż. Barbara Binerowska i dr inż. Wilhelm Grzesiak, Akademia Rolnicza w Szczecinie, Wydz. Biotechnologii i Hodowli Zwierząt, Katedra Hodowli Bydła i Owiec, ul. Dr Judyta 10, 71-460 Szczecin.

Artykuł recenzowany

Test empatyczny – nowy test behawioralny dla lisów polarnych

Leszek A. Gacek

IZ, ZZD Chorzełów Sp. z o.o.

Selekcja stada podstawowego w kierunku uzyskania zwierząt o zamierzonej produktywności oparta jest na wielu, niezależnych od siebie elementach. Jednym z takich elementów jest selekcja oparta na stosowaniu testów behawioralnych do oceny przydatności zwierząt do dalszej hodowli. Testy pozwalają wybrać zwierzęta o odpowiedniej psychice, predysponujące je do przekazania pozytywnych form zachowania swojemu potomstwu. Do dalszej hodowli powinny być pozostawiane zwierzęta ufne, nie reagujące strachem na obecność człowieka ani nie wykazujące zachowań agresywnych. Utrzymywanie zwierząt łagodnych jest nie tylko wygodne dla hodowcy, ale przede wszystkim jest to wymóg dotyczący warunków hodowli, stawiany przez odpowiednie agencje Unii Europejskiej. Pod naciskiem ruchów ekologicznych, w najbliższym czasie zwierzęta będą mogły być utrzymywane tylko w hodowlach, które będą spełniały warunki wskazane przez UE. Nakładą to na hodowców, między innymi, obowiązek prowadzenia selekcji w kierunku uzyskania zwierząt ufnych. Wiąże się to nierozdzielnie ze stosowaniem odpowiednich testów behawioralnych, pozwalających na określenie czy dane zwierzę

odpowiada wymaganym kryteriom. Na świecie istnieje wiele testów prowadzących, w sposób mniej lub bardziej doskonały, do uzyskania zamierzonego celu.

Godnym polecenia jest test ręki. W praktyce hodowlanej polega to na tym, że co jakiś czas konieczne jest wkładanie ręki do klatki, w celach pielęgnacyjnych lub porządkowych. Po włożeniu ręki do klatki oceniamy zachowanie lisa. Preferowane zachowanie, występujące u zwierząt ufnych i ciekawych, to spokojne podchodzenie i obwąchiwanie. Zachowania agresywne, warczenie, rzucanie się z zębami i próby gryzienia świadczą o zwierzęciu agresywnym i takie powinno być eliminowane z dalszej hodowli. Eliminacji powinny podlegać również zwierzęta, które w obecności ręki włożonej do klatki próbują uciekać, wykazując objawy panicznego strachu.

Na podobnych zasadach oparty jest test łapania, określający zachowanie lisa podczas wyjmowania go z klatki. Zwierzę po unieruchomieniu w klatce widełkami jest wyjmowane za ogon i przytrzymywane na podłodze. Na podstawie zachowania lisa w tej sytuacji określany jest jego temperament i formy zachowania. Zwierzęta, które po wyjęciu z klatki próbują gryźć, warczą i kierują swoją uwagę na osobę przytrzymującą, uznawane są za agresywne. Lis spokojnie siedzący na podłodze i nie próbujący się uwolnić jest uznawany za ufnego. Zwierzę o takim temperamencie powinno być preferowane w trakcie prac selekcyjnych. Niepożądane jest także zachowanie zwierząt nacechowane strachem. Objawia się to chęcią ucieczki po wyjęciu z klatki i odwracaniem głowy od przytrzymującej je osoby. Lis drapie podłogę, próbując uciec jak najdalej od zagrożenia.

Przedstawione testy behawioralne pozwalają z dużą dozą prawdopodobieństwa określić temperament lisów, niezbędny do prowadzenia selekcji w kierunku zwierząt ufnych, nie są jednak pozbawione wad. W obu testach konieczne jest otwieranie drzwiczek klatki i naruszanie przestrzeni życiowej lisa,