

*Józef Kulisiewicz
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

Współdziałanie między genotypem a środowiskiem i jego znaczenie w hodowli i produkcji świń

Słowa kluczowe: świnie, interakcja genotyp \times środowisko, selekcja, tucz

Wprowadzenie

Współdziałanie między genotypem a środowiskiem można zdefiniować jako zmianę wyników oceny (wartości cech) dwóch lub więcej genotypów względem siebie, gdy ocena (mierzenie cech) następuje w dwóch lub więcej środowiskach [9]. Przejawem współdziałania (interakcji $G \times S$) między genotypem a środowiskiem jest zmiana wartości cechy w różnych warunkach środowiskowych, zmieniająca kolejność genotypów w rankingu wartości hodowlanej podczas selekcji lub wyniki użytkowania zwierząt i efekty ekonomiczne w produkcji. Z genetycznego punktu widzenia cechę „x”, uzyskaną w dwóch środowiskach, należy — wg Falconera [4] — rozpatrywać jako oddzielne cechy, pozostające pod kontrolą dwóch różnych grup genów, przy czym niektóre z nich są wspólne. Genotyp świń reprezentowany jest zwykle przez:

- poszczególne knury,
- rasy świń, typy mieszańców,
- pojedyncze loci.

W rozważaniach problemów interakcji genotyp \times środowisko można wyróżnić trzy grupy czynników środowiskowych [9]:

- czynniki specyficzne: technika żywienia, system utrzymania, płęć,
- utrzymanie i żywienie jako czynnik kompleksowy: wpływ stada, chlewni,
- miejsce przeprowadzania oceny cech: stacje kontroli, chlewnie zarodowe, chlewnie produkcyjne.

Każdy ze wspomnianych rodzajów czynników genetycznych i środowiskowych może być przyczyną interakcji $G \times S$. W dalszej części artykułu zostaną omówione wyniki badań uzasadniające tezę mówiącą o występowaniu interakcji i celowości jej uwzględnienia w pracy hodowlanej i użytkowaniu świń.

Znaczenie współdziałania genotypu i środowiska podczas oceny i selekcji dla celów hodowlanych

Wartość hodowlana świń („addytywny genotyp” zwierząt płodnych) jest oceniana zwykle w specyficznym, zaplanowanym środowisku, różnym od środowiska produkcyjnego, np. w stacjach kontroli (w Polsce — SKURTC). Testowane młode świnię utrzymywane są w kojcach pojedynczych lub po dwie sztuki, żywione paszą o wysokiej wartości pokarmowej w technice racjonowania wg przyjętej skali lub do woli. Świnię w produkcji towarowej utrzymywane są w innych warunkach: grupowo, w tym w USA w dużych grupach z wolnym dostępem do paszy, w krajach Unii Europejskiej zaś w grupach mniejszych, często z żywieniem racjonowanym w całym lub przynajmniej w drugim okresie tuczu. Jest oczywiste, że celem oceny świń hodowlanych i ich selekcji jest poprawa ważnych ekonomicznie cech świń, użytkowanych w warunkach produkcyjnych.

Zmiana wartości cech zwierząt, utrzymywanych w środowisku „1”, w wyniku selekcji prowadzonej w środowisku „2”, z intensywnością „i”, gdy wariancja cechy wynosi $\Sigma^2 P$, jest zależna od [1]:

$$r_g \cdot \frac{h_2}{h_1}$$

gdzie: h_1, h_2 — pierwiastek drugiego stopnia ze współczynnika odziedziczalności odpowiednio dla cechy „1” — h_1 i cechy „2” — h_2 ,

r_g — korelacja genetyczna między cechami określanymi w środowisku „1” i „2”.

Wspomniana korelacja genetyczna staje się miarą interakcji $G \times S$, gdyż mierzy zgodność lokat genotypów poszczególnych zwierząt w obydwu środowiskach. Im wartość r_g jest mniejsza, tym oczekiwana odpowiedź na selekcję będzie mniejsza od oczekiwanej.

Poniżej (tab. 1) przedstawiono schemat opisujący możliwe do oszacowania korelacje r_g zachodzące podczas oceny cech użytkowych świń w stacjach kontroli w fermach (np. test oceny przyżyciowej młodych knurów) lub stadach produkcyjnych.

Tabela 1. Schemat przedstawiający możliwe do szacowania korelacje r_g zachodzące podczas oceny cech użytkowych świń w różnych środowiskach w stacjach kontroli w chlewniach zarodowych (test młodych knurów wewnątrz fermy) i chlewniach produkcyjnych (towarowych)

test stacyjny cechy potomstwa knurów	test stacyjny cechy potomstwa knurów	test wewnątrz fermy cechy potomstwa knurów
r_{g1}	r_{g2}	r_{g3}
test wewnątrz fermy cechy potomstwa knurów	test towarowy cechy potomstwa knurów	test towarowy cechy potomstwa knurów

W literaturze przedmiotu znajdziemy wiele prac, w których oszacowano r_{g1} cech ocenianych w stacjach i w teście wewnątrzfermowym. Dane wyjściowe są bowiem łatwo dostępne, gdyż dotyczą urzędowo prowadzonych ocen, dokumentowanych w księgach.

Tabela 2. Wyniki szacowania korelacji genetycznej między wynikami potomstwa ocenianego w stacji (ST) i w teście oceny wewnątrzfermowej (WF) w różnych krajach; oceniane cechy: przyrost dzienny i grubość słoniny [10]

Autorzy	Płeć potomstwa		Korelacja genetyczna	
	ST	WF	przyrosty dzienne ¹	grubość słoniny ²
Standal, Norwegia	Lo	Kn	0,45	0,65
Bampton, Wielka Brytania	Kn	Lo	0,23	0,34
Schulte-Coerne i Simon, b. RFN	Lo	Kn	0,06	0,08
Roberts i Curran, Wielka Brytania	Kn	Kn	0,02	0,46
Groeneveld i in., b. RFN	Lo	Kn	0,08	0,20
Soemichsen i in., b. RFN	Lo	Kn	0,20	0,72
Sellier, Francja	Kn	Kn	0,45	0,32
Merks, Holandia	Lo	Kn	0,42	0,30
Średnio			0,24	0,39

¹ Przyrost dzienny w okresie testu stacyjnego i przyrost dzienny, życiowy w ocenie wewnątrzfermowej.

² Grubość słoniny mierzona na tuszy po zakończeniu testu stacyjnego i pomiary ultradźwiękowe, przyżyciowe grubości słoniny w ocenie wewnątrzfermowej.

Oszacowanie r_{g2} i r_{g3} jest dużo trudniejsze, gdyż wymaga posiadania danych o cechach mierzonych w chlewniach towarowych. Potomstwo tych samych knurów musi być użytkowane w kilku obiektach, aby umożliwić oddzielenie od siebie nakładających się wpływów ojca i chlewni. W praktyce oznacza to konieczność zaplanowania i przeprowadzenia testów towarowych z wykorzystaniem inseminacji. Dlatego liczba prac dostarczających informacji o zależnościach między testami wykonywanymi w stadach zarodowych a testami produkcyjnymi jest bardzo mała.

W tabeli 2 zamieszczono wyniki szacowania korelacji genetycznej między cechami ocenianymi w testach stacyjnym i prowadzonym na fermie, uzyskane przez różnych autorów. Według Robertsona [13], interakcja $G \times S$ ma znaczenie zarówno biologiczne, jak też użytkowe, gdy r_g jest mniejsze od 0,8. Wartości r_g podane w tabeli 2 potwierdzają istnienie interakcji między genotypem a warunkami oceny, przy czym w części wynika ona z różnego środowiska, a w części z różnych technik pomiaru tych samych cech stosowanych w teście stacyjnym i wewnątrzfermowym lub wykonywania oceny na przedstawicielach różnych płci.

Wykonane w Holandii szacunki korelacji genetycznej między cechami potomstwa knurów ocenianych w stacji i w chlewniach towarowych [10] wykazały, że korelacja między przyrostem dziennym w obu środowiskach wynosiła 0,17, między pomiarami grubości słoniny zaś osiągnęła wartość 0,64.

Merks i Van Kemenade [11] oszacowali na liczonym materiale 8148 tuczników korelację genetyczną między cechami potomstwa tych samych knurów w 27 stadach towarowych. Użyto nasienia 65 knurów, pozyskując po każdym z nich minimum 30

miotów, z każdego zaś miotu minimum 3 sztuki ukończyły tucz, a ich tusze oceniono w rzeźniach. Interakcja knur \times stado okazała się istotna ($p < 0,05$) w wypadku przyrostu dziennego i nieistotna dla grubości słoniny i wyników klasyfikacji rzeźnej „Europ”. Korelacja genetyczna między przyrostami dziennymi potomstwa knurów w różnych stadach wynosiła 0,29. Jednakże gdy obliczenia przeprowadzono dla dziennego przyrostu masy tuszy, a nie masy żywej (eliminacja wpływu różnego stopnia okarmienia przy uboju), korelacja wzrosła do 0,52. Wartości r_g dla grubości słoniny i punktów klasyfikacji rzeźnej „Europ” przekraczały 1,0, nie dostarczając oczekiwanych informacji. Duże różnice w warunkach środowiskowych między stadami towarowymi zwiększały interakcję $G \times S$, tym samym zmniejszając korelacje genetyczne wynikające z występowania potomstwa tych samych ojców w różnych chlewniach.

Znaczący wpływ współdziałania między genotypem a środowiskiem na efektywność selekcji świń nakazuje rozważenie warunków, jakim powinno odpowiadać środowisko, w którym przeprowadza się ocenę wartości hodowlanej współczesnych populacji świń bardzo mięsnych. Punktem wyjścia dyskusji naukowej na powyższy temat jest stwierdzenie, że tradycyjny model selekcji, uwzględniający ocenę przyrostów dziennych i grubości słoniny podczas testu z zastosowaniem żywienia dawkowanego, nie jest już wystarczający podczas doskonalenia współczesnych populacji świń bardzo mięsnych. Selekcja w tych warunkach preferuje raczej zwierzęta odkładające mniej tłuszczu, przy małym pobraniu paszy, niż te o dużych genetycznych predyspozycjach do szybkiego odkładania chudego mięsa w ciele. Fowler i in. [5] zaproponowali dwa kryteria selekcyjne łączące w sobie przesłanki fizjologiczne i rynkowe: „lean tissue growth rate” (LTGR, przyrosty tkanek chudych) i „lean tissue food conversion” (LTFC, zużycie paszy przy odkładaniu tkanek chudych). Cameron i in. [2, 3] opublikowali wyniki selekcji prowadzonej przez 4 generacje w kierunku LTGR lub LTFC przy żywieniu do woli lub LTGR przy żywieniu dawkowanym (dawki o 25% mniejsze od pobrania paszy do woli). W eksperymencie wykorzystano populacje: Large White i British Landrace. Celem określenia najlepszej strategii selekcyjnej osobniki były na zakończenie eksperymentu testowane przy obydwu technikach żywienia. Wyniki wykazały, że wartość genetyczna landrace była podobna niezależnie od techniki żywienia podczas selekcji. Postęp osiągnięty w doskonaleniu wielkiej białej był zależny od techniki żywienia; selekcja przy żywieniu restrykcyjnym była bardziej efektywna. Bardzo ciekawym osiągnięciem okazały się różnice w skutkach selekcji zależnie od tego, czy prowadzono ją w kierunku LTGR lub LTFC przy żywieniu do woli. Jak wynika z zamieszczonych w tabeli 3 danych, selekcja w kierunku LTFC (cienkiej słoniny i małego zużycia paszy), przy żywieniu do woli, spowodowała wyraźne zmniejszenie otluszczenia, ale wskutek mniejszego pobrania paszy (o 131 g dziennie), preferując świnię o mniejszym apetycie. Webb [21], analizując wyniki eksperymentów Camerona i in. [2, 3], dochodzi do wniosku, że we współczesnej hodowli świń konieczna jest selekcja nie przeciw odkładaniu tłuszczu, ale w kierunku odkładania mięsa, co wymaga identyfikacji osobników, które chętnie pobierają paszę, ale przetwarzają ją głównie na mięso, a nie na tłuszcz. Ten sam autor podaje informacje o technicznych warunkach prowadzenia selekcji knurków w firmie komercyjnej „Costwold”. Młode knurki utrzymywane są podczas testu grupowo, ale żywione są indywidualnie, do woli. Dzięki specjalnej elektronicznej stacji paszo-

Tabela 3. Skumulowana odpowiedź na selekcję (po 4 generacjach) w kierunku przyrostu tkanek chudych (LTGR) lub zużycia paszy na przyrost tkanek chudych (LTFC) przy żywieniu do woli [3]

Cechy	Kierunek selekcji	
	LTGR	LTFC
Przyrosty dzienne masy żywej [g]	+78	+9
Dzienne pobranie paszy [g]	+25	-131
Zużycie paszy [kg/kg]	-0,24	-0,18
Średnia grubość słoniny [mm]	-2,9	-3,1
Przyrost tkanek chudych [g/dzień]	+45	+28
Wykorzystanie paszy na odkładanie tkanek chudych* [g/kg]	+39	+35

* Mierzone dziennym przyrostem masy tkanek chudych [g] z 1 kg paszy.

wej — codzienne pobranie paszy każdej sztuki jest rejestrowane, a one same są bezstresowo ważone, co pozwala na wykreślenie indywidualnych krzywych wzrostu i pobrania paszy, a po dokonaniu oceny mięsności także krzywej odkładania mięsa. Szczególnie cenne są osobniki mające duży apetyt w pierwszym okresie wzrostu, gdyż dużym przyrostom w tym czasie nie towarzyszy odkładanie tłuszczu. Oczekuje się, że selekcja w tych warunkach będzie bardziej efektywna, i to o 20%, w porównaniu z selekcją tradycyjną — w kierunku przyrostu dziennego i cienkiej słoniny. Zdaniem Webba [21], konieczne jest lepsze poznanie krzywych wzrostu świń współczesnych genotypów zależnie od pobierania paszy suchej i mokrej, o mniejszej i dużej koncentracji składników pokarmowych, a więc informacji możliwych do wykorzystania przy pracy nad populacjami przydatnymi w chowie bardzo i mniej intensywnym. Selekcja w warunkach utrzymania grupowego może być bardzo cenna dla szczebla produkcyjnego nie tylko z uwagi na interakcję $G \times S$, ale także z uwagi na możliwość obniżenia cech agresywności w wyselekcjonowanych populacjach.

Przykłady wpływu współdziałania między genotypem a żywieniem na wyniki tuczu

Współdziałanie między genotypem a środowiskiem może wywierać znaczący wpływ na wyniki tuczu, gdy zarówno użyte genotypy, jak i warunki środowiskowe są wyraźnie zróżnicowane. Z wcześniejszych badań wynika, że wybitnie mięsne świni rasy pietrain różnią się od innych ras europejskich czy amerykańskich wieloma cechami anatomicznymi, fizjologicznymi i użytkowymi. W porównaniu z niemiecką landrace świni pietrain mają masę żołądka mniejszą o 8% i jelita o 16%, krótsze jelito o 13%, mniejsze wypełnienie przewodu pokarmowego treścią o 20% [12]. Większa mięsność, a mniejsze otłuszczenie pietrain w porównaniu z innymi rasami (np. z wbp lub pbz, różnica wynosiła w mięsności aż 12% [22]) tłumaczone są przede

wszystkim bardziej katabolicznym niż u innych ras świń mechanizmem przemiany węglowodanowo-tłuszczowej. Rogdakis i in. [14] stwierdzili u pietrain mniejsze wydzielanie enzymów syntezy tłuszczu, wyraźnie większy poziom związków lipidowych zmobilizowanych we krwi, szczególnie w warunkach stresu, mniejszą sekrecję insuliny, także po podaniu glukozy, a większą glukagonu niż u wielkiej białej. Zapotrzebowanie pokarmowe czystorasowych pietrain, a być może także mieszańców wytworzonych z jej udziałem, może być zatem inne. W badaniach przeprowadzonych w SGGW [7, 8, 18, 19] stosowano mieszanki o większej i mniejszej koncentracji energii (11,8–12,3 vs 12,9–13,4) z wyrównaniem udziału białka lub aminokwasów w technice żywienia do woli lub dawkowanego (75% pobrania do woli). Zróżnicowane żywienie stosowano w tuczu trzech typów mieszańców po ojcach duroc, pietrain i duroc × pietrain. Stwierdzono, że mieszańce z 50-procentowym udziałem pietrain, żywione do woli, pobierały o 7–10% mniej paszy niż pozostałe, dlatego podwyższona koncentracja składników pokarmowych umożliwia im pobranie podobnej ilości składników pokarmowych jak mieszańcom innych typów. Stwierdzono istotny wpływ interakcji genotyp mieszańców × żywienie na zawartość mięsa w tuszy. Udział bowiem mięsa w tuszy u mieszańców z 50-procentowym udziałem genów pietrain wzrastał, gdy zawartość białka oraz białka i energii wzrastała, u innych typów mieszańców zaś mięsność nie ulegała zmianom [7]. Współdziałanie między genotypem mieszańców a techniką ich żywienia może mieć także znaczenie praktyczne.

Tabela 4. Wyniki tuczu mieszańców dwóch typów, żywienie dawkowane i do woli (20–108 kg) [7, 8, 18, 19]

Cechy tuczu i wyniki ekonomiczne	Mieszańce lochy (wbp × pbz) × knury	Technika żywienia		Różnica [%]
		dawkowane	do woli	
Spożycie paszy [kg/dzień]	duroc	2,30	2,74	+19,1
	pietrain	2,27	2,46	+8,4
Przyrosty dzienne [g]	duroc	757	868	+14,7
	pietrain	731	807	+10,4
Zużycie paszy [kg/kg]	duroc	2,96	3,22	+8,1
	pietrain	3,00	3,14	+4,7
Mięśność tuszy [%]	duroc	51,9	50,1	-1,8
	pietrain	54,7	53,9	-0,8
Dochód sprzedaż żywca [zł/szt.]*	duroc	26,9	21,9	-18,6
	pietrain	18,0	23,9	+32,7
Sprzedaż na wbc [zł/szt.]**	duroc	51,9	39,7	-23,5
	pietrain	54,5	57,2	+4,9

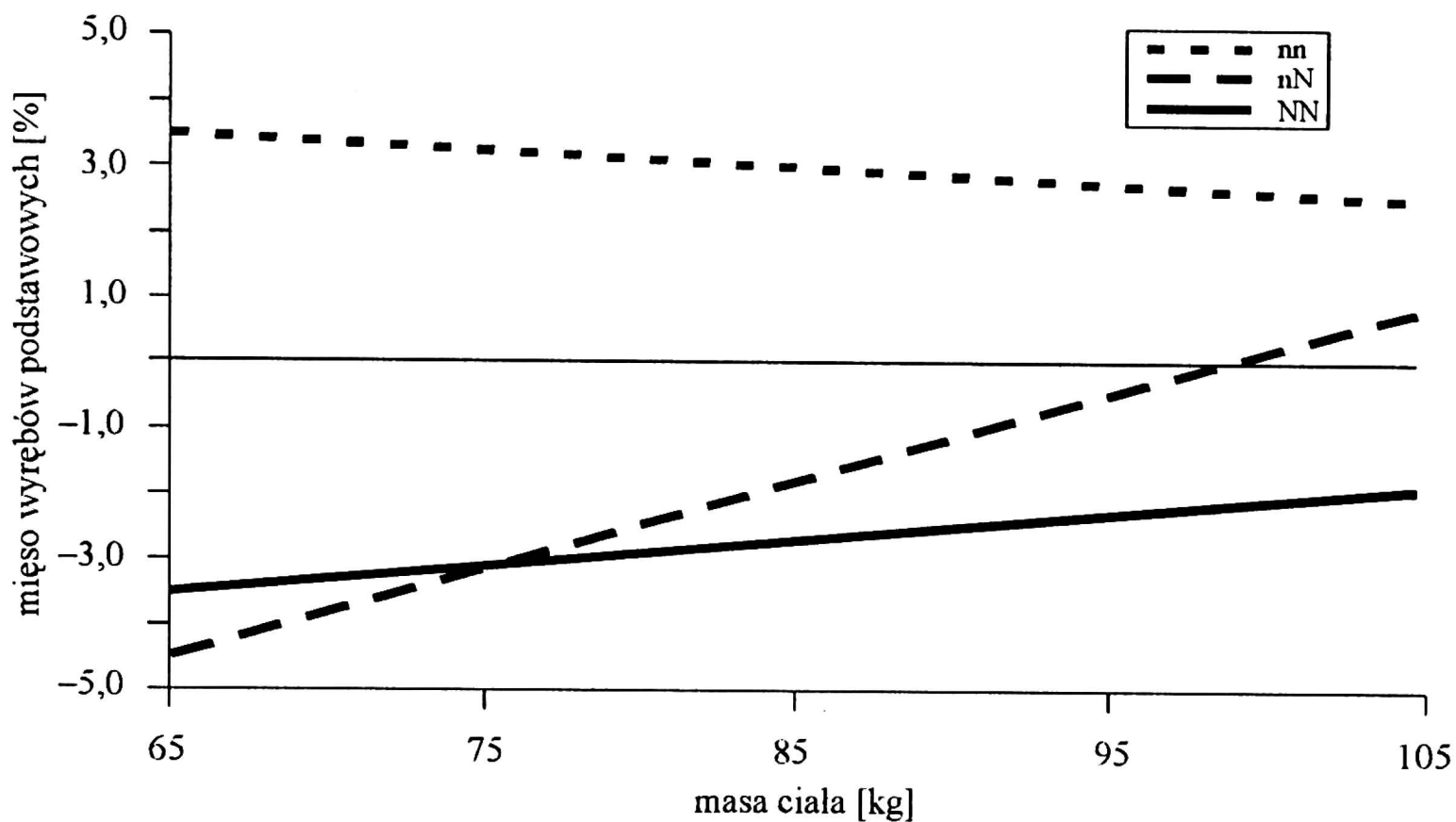
* Ceny z 1998 r. — 3,5 zł/kg żywca.

** Sprzedaż według „wagi bitej ciepłej”, czyli masy tuszy z oceną mięsności; premia +0,04 zł za każdy % mięsa powyżej 47%.

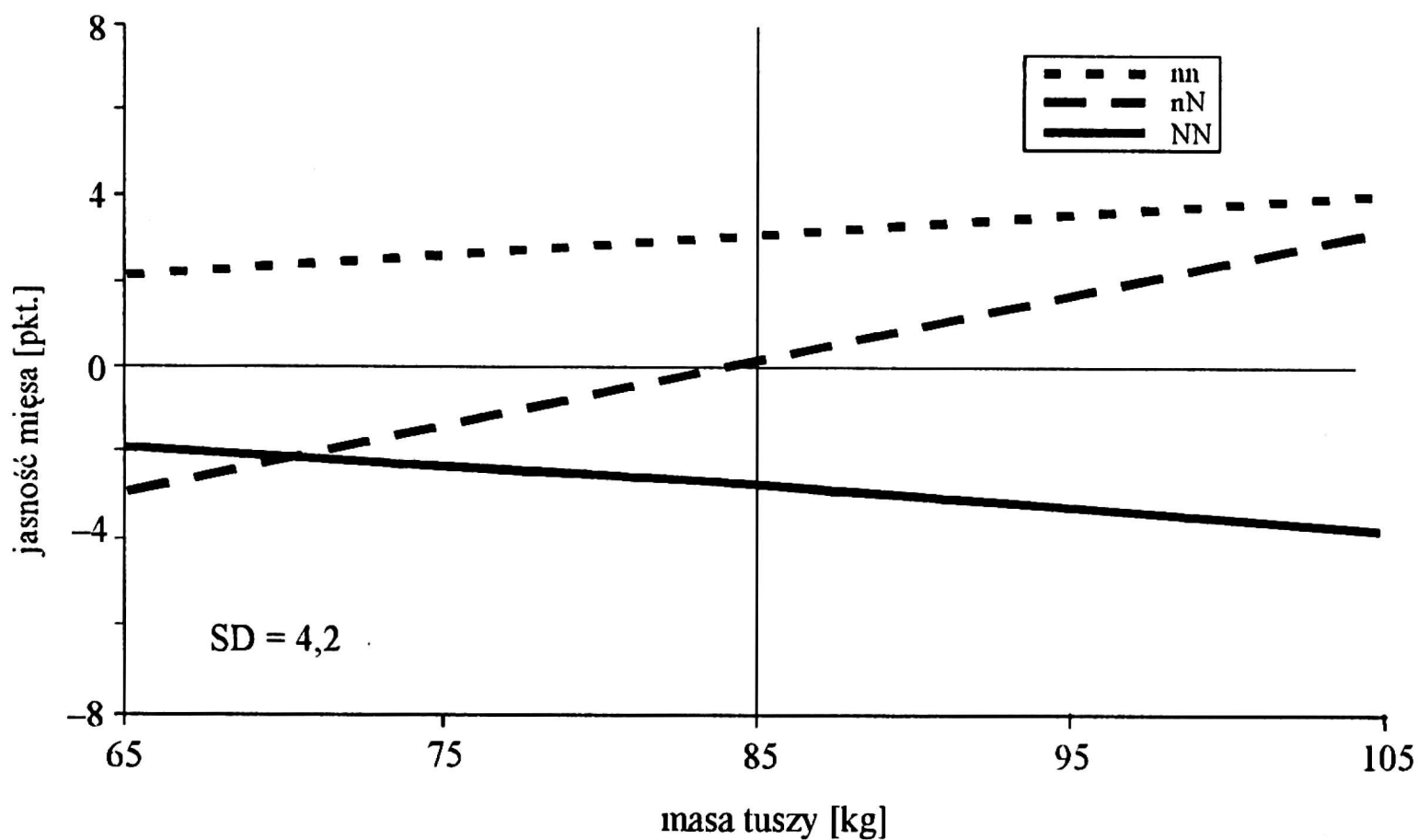
W tabeli 4 podano wyniki tuczu mieszańców uzyskanych z dwóch typów kojarzeń, żywionych ograniczenie i do woli, uwzględniając także efekty ekonomiczne zależnie od formy sprzedaży: bez i po uwzględnieniu zawartości mięsa w tuszy. Wynika z nich, że zastosowanie techniki żywienia do woli zamiast dawkowanego poprawia wyniki tuczu mieszańców z udziałem rasy pietrain, natomiast pogarsza wyniki tuczu mieszańców z udziałem rasy duroc. Mieszańce z 50-procentowym udziałem rasy duroc, mając duży apetyt, pobierały w tuczu do woli o 19% więcej paszy, nie wykazując w takim samym stopniu większych przyrostów dziennych, równocześnie bardziej otluszczając się. Mieszańce drugiego typu, po ojcach pietrain, pobierały w tuczu do woli o 8% więcej paszy, rosnąc jednak o 10% szybciej. Zastosowanie żywienia do woli nie powodowało w ich wypadku znaczącego zwiększenia otluszczenia. W wyniku tych różnic zmiana żywienia mieszańców duroc z dawkowanego na do woli spowodowała zmniejszenie dochodu, a w wypadku mieszańców pietrain jego zwiększenie. Wyniki te potwierdzają tezę Kanisa [6], że różnice w apetycie u różnych ras mogą być źródłem interakcji genotyp \times żywienie. Znaczący wpływ techniki żywienia na wyniki tuczu tuczników o zróżnicowanych genotypach wykazano także w badaniach Urbańczyka [20], przy czym przedmiotem porównań były mieszańce z 50% udziałem genów pietrain i linii syntetycznej 990.

Przykład wystąpienia interakcji między genotypem w pojedynczym locus a środowiskiem

Postępy genetyki w dziedzinie identyfikacji genów czynią nie tylko możliwym, ale wręcz niezbędnym wykorzystywanie informacji o genotypach w pojedynczych loci genowych w toku selekcji świń w kierunku cech użytkowych. Sellier [17] wymienia 10 pojedynczych loci oddziałujących na zawartość mięsa i inne ważne cechy tusz wieprzowych, a wśród nich geny wrażliwości halotanowej, noszące także nazwę genów receptora ryanodiny (RYR) lub kanału wapniowego (CRC). Locus zostało zlokalizowane w 6. chromosomie i jest możliwe do identyfikacji za pomocą testu molekularnego (Toronto- HAL 1843 DNA test). Genotyp w locus halotanowym ma duży wpływ na wrażliwość świń na stresy, cechy fizykochemiczne mięsa, decydujące o jego jakości, a także na umięśnienie tuszy. Z podsumowania wyników szeregu porównań wynika [17], że różnice w wartości cech jakości mięsa między homozygotami halotanowymi NN i nn są tak duże, że zwykle osiągają wartości od 0,5 do 3,0 odchylenia standardowego badanej cechy, przy czym korzystnie użytkowo wartości wykazują homozygoty NN. Natomiast zawartość mięsa w tuszy jest większa u homozygot nn o średnio 3,5% (1,1 odchylenia standardowego). Odmienna wartość genotypów homozygotycznych, zależnie od rodzaju cech, skłania do rozważań nad wykorzystaniem heterozygot, które zgodnie z addytywnym modelem dziedziczenia powinny wykazywać wartości pośrednie. Jednakże oddziaływanie warunków środowiskowych zewnętrznych może mieć wpływ na ekspresję genów, w tym na odchylenie od modelu addytywnego, np. spowodowane dominacją.



Rysunek 1. Różnice w udziale mięsa w wyrębach podstawowych, wyrażone odchyleniem od średniej, zależnie od genotypu halotanowego i masy tuszy [15]



Rysunek 2. Różnice w barwie mięsa, wyrażone odchyleniem od średniej, zależnie od genotypu halotanowego i masy tuszy [16]

Sather i in. [15, 16] wykazali, że wartość cech heterozygot halotanowych Nn może być zależna od masy ciała świń, przy której cechy te są mierzone. Krzywe regresji wartości cech na masę ubojową okazały się być dla poszczególnych genotypów zróżnicowane, co zilustrowano na rysunkach 1 i 2. Krzywe zawartości mięsa w tuszy, zależnie od masy i genotypu halotanowego (rys. 1 [15]), potwierdzają duży wpływ genotypów halotanowych na zawartość mięsa, przy czym genotyp „nn” ma największą, a „NN” najmniejszą wartość przy każdej masie przedubojowej. Efekt genu „n” w stanie heterozygotycznym zależy od masy, przy czym przy masach do 95 kg ma charakter recesywny, przy masach większych (od 95 kg) przejawia działanie dominujące. Krzywe intensywności barwy mięsa, zależnie od masy i genotypu halotanowego, wskazują na ścisłą zależność barwy, a zatem i jakości mięsa, od genotypu halotanowego. Barwa mięsa była korzystniejsza u homozygot „NN” niż „nn” przy każdej masie (rys. 2). Barwa mięsa heterozygot „Nn” wykazała interakcję z masą przedubojową. Przy mniejszych masach heterozygoty miały wartości zbliżone do zwierząt „NN”, przy masie 80–90 osiągały wartości pośrednie, przy masach większych wartości cech heterozygot były zbliżone do „nn” [16]. Wyniki wskazują na zmianę oddziaływania allelu „n” zależnie od masy ciała, co miałoby znaczenie nie tylko poznawcze, ale także znaczenie praktyczne dla przemysłu mięsnego.

Przytoczone badania stanowią ilustrację występowania zjawiska interakcji. Nasza wiedza na temat oddziaływania poszczególnych, już obecnie możliwych do zidentyfikowania loci na wartości cech zależnie od warunków zewnętrznych, w których zwierzęta są użytkowane, jest zbyt mała i dlatego powinna stanowić jeden z kierunków współczesnych badań zootechnicznych.

Podsumowanie i wnioski

1. Współdziałanie między genotypem a środowiskiem, mierzone korelacją genetyczną między cechami potomstwa tych samych knurów — ojców ocenianego w stacjach, fermach hodowlanych i produkcyjnych, występuje i ma znaczący wpływ na stopień wykorzystania postępu genetycznego w warunkach produkcyjnych.
2. Istnieją przesłanki uznania selekcji w kierunku przyrostów i grubości słoniny, przy żywieniu dawkowanym, za niewystarczające kryterium selekcji pożądanych współcześnie genotypów o dużej zdolności odkładania w ciele mięsa chudego.
3. Interakcja genotypu reprezentowanego przez rasy i typy mieszańców o zróżnicowanych cechach a warunkami żywienia — koncentracją składników pokarmowych w dietach i techniką pobierania paszy do woli lub dawkowanej może mieć znaczący wpływ na cechy użytkowe i ekonomiczne wyniki tuczu.
4. Przykład zmiany ekspresji genów halotanowych zależnie od masy przedubojowej wskazuje na konieczność nasilenia badań nad ekspresją genów o dużym wpływie na cechy użytkowe świń w różnych warunkach zewnętrznych.

-
- [1] Cameron N.D. 1993. Methodologies for estimation of genotype with environment interaction. *Livest. Prod. Sci.* 35: 237–249.
- [2] Cameron N.D., Curran M.K. 1994. Selection for components of efficient lean growth in pigs. 4. Genetic and phenotypic parameter estimates and correlated responses in performance test traits with ad-libitum feeding. *Anim. Prod.* 59: 281–291.
- [3] Cameron N.D., Curran M.K., Kerr J.C. 1994. Selection for components of efficient lean growth in pigs. 3. Responses to selection with a restricted feeding regime. *Anim. Prod.* 59: 271–279.
- [4] Falconer D.S. 1981. Introduction to Quantitative Genetics. 2nd ed. Longman, London: 391 ss.
- [5] Fowler V.R., Bichard M., Bease A. 1976. Objectives in pig breeding. *Anim. Prod.* 23: 365–387.
- [6] Kanis E. 1990. Effect of food intake capacity on genotype by feeding regime interaction in growing pigs. *Anim. Prod.* 50: 343–351.
- [7] Kulisiewicz J., Sokół J.L., Rekiel A., Injarski R., Lenartowicz P. 1995. Growth rate and carcass value of three types of crossbred pigs fed ad libitum diets with different protein and energy contents. *J. Anim. Feed Sci.* 4: 11–19.
- [8] Kulisiewicz J., Sokół J.L., Rekiel A., Więcek J. 1996. Wyniki tuczu trzech typów mieszańców żywionych do woli mieszankami o zróżnicowanym poziomie energii, lizyny i aminokwasów siarkowych. *Zesz. Nauk. PTZ* 26: 93–102.
- [9] Merks J.W. 1986. Genotype × environment interactions in pigs breeding programmes. I. Central test. *Livest. Prod. Sci.* 14: 265–381.
- [10] Merks J.W. 1989. Genotype × environment interactions in pig breeding programmes. VI. Genetic relations between performances in Central test, On-farm test and commercial fattening. *Livest. Prod. Sci.* 22: 325–339.
- [11] Merks J.W., Van Kemenade P.G. 1989. Genotype × environment interactions in pig breeding programmes. V. Genetic parameters and sire × herd interactions in commercial fattening. *Livest. Prod. Sci.* 22: 99–109.
- [12] Petersen U. 1977. Vergleichende Untersuchungen über die Schlachtkörperzusammensetzung und die Ausbildung von Organen bei Schweinen der Rassen Pietrain and Deutsche Landrasse unter Berücksichtigung der Proteinversorgung. *Züchtungskunde* 50: 208–219.
- [13] Robertson A. 1959. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. *Biometrics* 15: 469–485.
- [14] Rogdakis E., Ensinger U., Faber H. 1979. Hormonspiegel im Plasma und Enzymaktivitäten im Fettgewebe von Pietrain und Edelschwein. *Z. Tierzucht u. Zuchtungsbiol.* 96: 108–119.
- [15] Sather A.P., Jones S.D., Tong A.K. 1990. Halothane genotype by weight interactions on lean yield from pork carcasses. *Can. J. Anim. Sci.* 71: 633–643.
- [16] Sather A.P., Jones S.D., Tong A.K., Murray A.C. 1990. Halothane genotype by weight interactions on pig meat quality. *Can. J. Anim. Sci.* 71: 645–658.
- [17] Sellier P. 1998. Genetics of meat and carcass traits. The genetics of the pig. CAB International: 463–510.

- [18] Sokół J.L., Chachulowa J., Kulisiewicz J., Skomial J., Sawosz E. 1995. Wpływ zróżnicowanego poziomu aminokwasów i energii w mieszankach na wyniki tuczu trzech różnych typów świń. *Mat. XXV Sesji Komisji Żyw. Zw. PAN, Poznań 8–9.11*: 45–46.
- [19] Sokół J.L., Kulisiewicz J., Skomial J., Sawosz E. 1997. The effect of feeding diets differing in protein and energy concentration on fattening performance of three pig crossbreds. *J. Anim. Feed Sci.* 6: 247–255.
- [20] Urbańczyk J. 1998. Wpływ intensywności żywienia oraz koncentracji energii i aminokwasów w paszy na cechy tuczne i rzeźne świń wysokomięsnych. *Roczn. Nauk. Zoot. Ser. Rozpr. Hab.*: 62 ss.
- [21] Webb A.J. 1995. Future challenges in pig genetics. *Animal Breeding Abstr.* 63: 731–736.
- [22] Wyniki oceny trzody chlewnej w roku 1997. *Centr. Stac. Hod. Zwierz.* Warszawa, 1998: 81–94.

Genotype and environment interactions and their importance for pig breeding and production

Key words: pigs, genotype × environment interaction, selection, fattening

Summary

Genotype and environment interactions, measured by the genetic correlation between the traits of boars offspring performance estimated in test stations, take place at breeding farms or in commercial herds and may be responsible for lower genetic improvement of commercial herds. The conditions of efficient selection for lean meat growth rate of modern pig types with regard to genotype × environment interaction were discussed. The interaction between genotype and feeding regime during fattening of genetically differentiated crossbreds strongly affects the fattening traits, carcass value and economic results. The phenomenon of different halothane genes expression, depending on slaughter weight, supports the necessity of intensification of the research work on phenotypic expression of single major genes under different external conditions.

*Adres do korespondencji:
prof dr hab. Józef Kulisiewicz
Katedra Szczegółowej Hodowli Zwierząt SGGW
ul. Przejazd 4
05-840 Brwinów*