

Jerzy Juszcak
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Genetyczno-środowiskowe interakcje w produkcji zwierzęcej

Poszczególne rasy i odmiany zwierząt gospodarskich, zwłaszcza tzw. rasy czyste, powstawały w określonych warunkach środowiskowych i, jak to niektórzy twierdzili, były wytworem gleby, rozumianej właśnie jako to środowisko. Istniejąca w tych niezmiennych warunkach selekcja naturalna, a nawet sztuczna, prowadziła do ukształtowania się określonego podłoża genetycznego poszczególnych cech, uwarunkowanego oddziaływaniem typowych dla danego miejsca warunków środowiskowych. Problem współdziałania genotypu ze środowiskiem, określonego jako interakcje genetyczno-środowiskowe, nabrał szczególnej wagi z chwilą umiędzynarodowienia obrotu materiałem hodowlanym i przepływem uzyskanego w jednych krajach zysku genetycznego do innych, często — a raczej z reguły — o skrajnie odmiennych warunkach produkcyjnych. W oczekiwaniu na wydatną poprawę wydajności rodzimych ras prymitywnych krzyżuje się je z importowanymi wysokoprodukcyjnymi, uzyskując tylko czasami efekt pozytywny i to najczęściej jedynie przejściowy. Wykonane w tym zakresie badania [1, 7, 8, 11] wykazały, że określone warunki mogą wzmacniać bądź depresjonować działanie genotypu i w zróżnicowanych warunkach środowiskowych podobne genotypy mogą ujawnić różną zdolność produkcyjną. Niektóre genotypy o wysokiej wartości hodowlanej w kraju macierzystym, w innych krajach są oceniane niżej. Świadczy to o tym, że efekt krzyżowania nie jest prostą wypadkową działania czynników genetycznych i pozagenetycznych, lecz wynikiem zachodzących między nimi interakcji [8]. Te względy powinny być brane pod uwagę przy podejmowaniu prób krzyżowania, zwłaszcza jeśli jego celem ma być doskonalenie cech produkcyjnych ras miejscowych. Ale nie tylko. Oszacowanie wartości hodowlanej genotypu stanowi wielkość względną, określoną z uwzględnieniem interakcji z określonym środowiskiem [8]. Zatem interakcja genotyp-środowisko może deformować wynik oceny wartości hodowlanej zwierząt w takim stopniu, że prowadzona na jej podstawie selekcja okazuje się nieskuteczna. Ma to miejsce w przypadku oceny reproduktorów na podstawie użytkowości ich potomstwa produkującego w stadach o różnym poziomie produkcyjnym przy braku w pełni losowego ich rozkładu, a na pewno, jeśli buhaje oceniane są na wybranych stadach odbiegających pod

względem poziomu produkcyjnego od reprezentatywnego dla doskonałej populacji [2, 3, 12].

Prac badawczych, podejmowanych z myślą wykazania interakcji genetyczno-środowiskowych, a zwłaszcza wynikających z nich następstw hodowlanych, jest niewiele. Przyczyną jest trudność zgromadzenia ścisłych informacji dotyczących dostatecznie dużych populacji, nie mówiąc już o konieczności wieloletnich badań, jeśli ich efektem miałyby być stwierdzenie wpływu interakcji na wynik pracy hodowlanej prowadzonej w populacjach utrzymywanych w różnych warunkach środowiskowych. Wręcz trudno jest nawet wyobrazić sobie takie badania w przypadku bydła, gdzie z uwagi na długi okres międzypokoleniowy musiałyby one trwać kilkadziesiąt lat. Z tego też względu informacje dotyczące występującej interakcji genotyp-środowisko ograniczają się z reguły do stwierdzenia takowej przy okazji badań nad efektami produkcyjnymi uzyskanymi w opasie lub użytkowaniu mlecznym mieszańców o różnym składzie rasowym, przy różnym poziomie żywienia bądź systemie utrzymania. Prac takich w naszej najnowszej literaturze jest kilka [1, 2, 3, 4, 11] i dowodzą one, że zróżnicowanie bądź też uszeregowanie różnych genotypów (ras lub mieszańców) pod względem wydajności mlecznej, tempa wzrostu, zdolności opasowej, wartości rzeźnej i innych parametrów produkcyjnych zmienia się w zależności od warunków produkcyjnych (czynnikiem doświadczalnym najczęściej był poziom żywienia). Okazuje się m.in., że mniej wydajne, w porównaniu z mieszańcami, czyste rasy krajowe w gorszych warunkach produkcyjnych mogą górować nad nimi pod względem efektywności produkcyjnej. Dowodzą tego m.in. badania nad kształtowaniem się wydajności mlecznej krów czarno-białych bez udziału i z różnym udziałem genów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, w zależności od poziomu produkcyjnego stad [2]. Badania te, obejmujące populację około 10 tys. krów, wykazały wysokoistotną interakcję pomiędzy genotypem a poziomem produkcyjnym w zakresie wydajności mleka i tłuszczu. Przedstawione w tabeli 1 dane wskazują wyraźnie na różną reakcję poszczególnych genotypów w zależności od zróżnicowania warunków środowiskowych. Przy niskich poziomach produkcyjnych, w stosunku do posiadanego potencjału genetycznego, efektywniejsza okazuje się wydajność pierwiastek czystorasowych czarno-białych, natomiast efekt wysokiego udziału genów rasy holsztyńsko-fryzyjskich ujawnia się dopiero w znaczący sposób w stadach o poziomie produkcyjnym przekraczającym 5000 kg mleka.

W innych, nie publikowanych jeszcze badaniach [5], gdzie została także udowodniona statystycznie interakcja pomiędzy genotypem a poziomem produkcyjnym stad, uzyskano podobne wyniki. Prezentowane w tabeli 2 dane wskazują również na sens krzyżowania krajowego bydła czarno-białego z holsztyńsko-fryzyjskim tylko w stadach o dostatecznie wysokim poziomie produkcyjnym. Jak wynika z tabeli 3, dopiero w takich warunkach ujawniają się potencjalne możliwości produkcyjne mieszańców o wysokim udziale genów rasy mlecznej.

Tabela 1. Stałe najmniejszych kwadratów dla cech mleczności pierwiastek w trzech genotypach i pięciu poziomach produkcyjnych

Poziom	Genotyp	Mleko [kg]	Tłuszcz [kg]	Tłuszcz [%]
Poniżej 3500	1	-19,13	-0,25	0,025
	2	6,86	-1,16	-0,031
	3	12,27	1,41	0,006
3501-4000	1	66,18	2,43	-0,002
	2	23,77	-0,99	-0,036
	3	-89,95	-1,44	0,038
4001-4500	1	29,76	-0,28	-0,034
	2	130,10	4,84	-0,007
	3	-159,86	-4,56	0,041
4501-5000	1	19,12	1,09	0,005
	2	65,49	6,98	0,092
	3	-84,61	-8,07	-0,097
Powyżej 5000	1	-95,93	-2,99	0,006
	2	-226,22	-9,67	-0,018
	3	322,15	12,66	0,012

genotyp 1 — córki buhajów cb

genotyp 2 — córki buhajów F₁ (cb x hf)

genotyp 3 — córki buhajów hf

Tabela 2. Stałe najmniejszych kwadratów dla wydajności mleka i tłuszczu pierwiastek w czterech genotypach i dwóch poziomach produkcyjnych

Genotyp	Niski poziom produkcji		Wysoki poziom produkcji	
	mleko	tłuszcz	mleko	tłuszcz
1	324	16,14	-324	-16,14
2	-32	-1,23	32	1,23
3	-20	-1,34	20	1,34
4	-270	-13,57	270	13,57

Genotyp:

1 — cb

2 — cb z udziałem do 25% genów hf

3 — cb z udziałem 25,1-50% genów hf

4 — cb z udziałem ponad 50% genów hf

Poziom produkcji:

niski — poniżej 4000 kg mleka ($\bar{x} = 3439$)wysoki — powyżej 4000 kg mleka ($\bar{x} = 4363$)

Tabela 3. Kształtowanie się wydajności mleka i tłuszczu pierwiastek poszczególnych genotypów w zależności od poziomu produkcyjnego stad

Genotyp	Cecha	Poziom produkcji		Relacja wysoki : niski
		niski	wysoki	
1	mleko [kg]	3279	3555	108,4
	tłuszcz [kg]	133,20	137,49	103,2
2	mleko [kg]	3363	4354	129,5
	tłuszcz [kg]	136,05	175,09	128,7
3	mleko [kg]	3499	4464	127,6
	tłuszcz [kg]	139,60	178,84	128,1
4	mleko [kg]	3613	5079	142,9
	tłuszcz [kg]	140,75	204,47	145,3

Objaśnienia jak w tabeli 2.

Tabela 4. Wartości średnie i stałe najmniejszych kwadratów (c) dla niektórych cech wartości mięsnej buhajków cb i mieszańców cb z hf opasanych różnym systemem

Cecha		Opas intensywny		Opas półintensywny		Interakcja
		cb x hf	cb	cb x hf	cb	
Głębokość klatki piesiowej	\bar{x}	68,16	64,78	64,60	64,50	+
	c	0,83	-0,83	-0,83	0,83	
Spiralny obwód ciała	\bar{x}	177,81	178,83	172,07	166,33	+
	c	-2,00	2,00	2,00	-2,00	
Masa ciała (18 miesięcy)	\bar{x}	536,75	522,11	478,60	489,50	+
	c	6,24	-6,24	-6,24	6,24	
Wydajność rzeźna zimna	\bar{x}	54,56	56,50	56,62	56,00	+
	c	-0,67	0,67	0,67	-0,67	
% mięsa w wyrębach podstawowych	\bar{x}	68,01	70,71	69,43	70,42	—
	c	—	—	—	—	
% tłuszczu w wyrębach podstawowych	\bar{x}	13,07	10,45	11,48	10,34	—
	c	—	—	—	—	

+ — stwierdzono interakcję genotyp–intensywność opasania.

Badania nad efektywnością opasu wykazały także istotną interakcję pomiędzy genotypem buhajków a systemem opasania. Stwierdzono różne uszeregowanie poszczególnych grup genetycznych buhajków pod względem wartości cech pokrojowych, opasowych i rzeźnych w zależności od intensywności opasu [3,4]. Z danych przedstawiających stałe najmniejszych kwadratów dla niektórych z tych cech (tab. 4) wynika, że przy zastosowaniu opasu półintensywnego lepszy efekt, mierzony masą ciała w wieku 18 miesięcy, uzyskuje się u buhajków czystorasowych czarno-białych,

natomiast mieszańce z rasą holsztyńsko-fryzyjską ujawniają swoje większe możliwości w zakresie tego parametru w opasie intensywnym.

Skutki produkcyjne interakcji genetyczno-środowiskowych, zarówno w cechach mlecznych jak i mięsnych, ujawniły się, jak widać, w postaci zróżnicowanej produktywności genotypów o różnym udziale genów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej utrzymywanych w różnych warunkach. Nie można przejść do porządku dziennego nad faktem, że przy niskich poziomach produkcyjnych (tutaj zwykle w parze z gorszym żywieniem idą również gorsze warunki utrzymania i użytkowania) efekt wzrostu w genotypie mieszańców genów ras mlecznych okazał się mierny, a nawet ujemny w porównaniu z rasami krajowymi. Właśnie zbadanie efektu interakcji genetyczno-środowiskowej pozwoliło autorom pracy [2] na określenie dolnego pułapu produkcyjnego stad, w których celowe jest krzyżowanie z rasą holsztyńsko-fryzyjską, na 5000 kg mleka. W zakresie mięsnego użytkowania badania te dowodzą celowości intensywnego opasania mieszańców ras krajowych z bydłem holsztyńsko-fryzyjskim. W opasie półintensywnym bardziej efektywny okazuje się opas bydła bez udziału genów ras mlecznych.

Niewątpliwie większą wagę mają, wynikające z zachodzącej pomiędzy genotypem a środowiskiem interakcji, skutki natury hodowlanej. W przypadku cech ilościowych (a takie są właśnie przedmiotem doskonalenia zwierząt gospodarskich) należy liczyć się z faktem, że w takich samych genotypach, utrzymywanych w różnych warunkach środowiskowych, ekspresji mogą podlegać różne geny spośród wielu determinujących daną cechę. Selekcja podobnych genotypów prowadzona więc na podstawie oceny wartości hodowlanej w różnych środowiskach prowadzi w konsekwencji do zróżnicowania genotypów.

Wpływ interakcji genotyp–środowisko na efekt selekcji, z uwagi na przedstawione już wyżej przyczyny, był przedmiotem nielicznych badań modelowych wykonanych w warunkach laboratoryjnych. Można tu wymienić ciekawe badania przeprowadzone na wielu pokoleniach muszki owocowej [8], które wykazały, że w różnych warunkach środowiskowych selekcja na te same parametry prowadzi do wykształcenia się różnych genotypów, wykazujących przy zamianie warunków różną na nie reaktywność. Fakt ten powinien być niewątpliwie brany pod uwagę w założeniach pracy hodowlanej nad zwierzętami gospodarskimi. Znane mi badania wykonane na bydło wykazały wyraźny wpływ interakcji genotyp–środowisko na postęp hodowlany w zakresie niektórych cech opasowych i rzeźnych, osiągnięty w wyniku selekcji reproduktorów testowanych w różnych warunkach produkcyjnych. Przytoczę tutaj wyniki badań wykonanych w ramach współpracy naukowej pomiędzy Katedrą Hodowli Bydła i Produkcji Mleka AR we Wrocławiu a Uniwersytetem w Rostocku [6]. Wykazały one istotny wpływ interakcji genetyczno-środowiskowej na uzyskiwany postęp hodowlany w zakresie cech mięsnych u bydła, uzależniony od udziału zmienności interakcyjnej w zmienności ogólnej (tab. 5) i odziedziczalności cechy (tab. 6). Badania te dowodzą, że w miarę wzrostu udziału zmienności spowodowanej inter-

Tabela 5. Udział zmienności interakcyjnej w zmienności ogólnej dla cech mięsnych

Cecha	$W^2 = \frac{\text{zmienność interakcyjna}}{\text{zmienność ogólna}}$
Przyrost dobowy	0,02
Masa ciała końcowa	0,02
Masa przed ubojem	0,03
Masa półtuszy ciepłych	0,03
Wydajność rzeźna	0,01
Przyrost dobowy netto	0,02
Masa wyrębów	0,03

Tabela 6. Postęp hodowlany w zależności od wielkości interakcji genotyp–środowisko (ostrość selekcji — 10%, grupy kontrolne — 15 szt.)

W^2	Odziedziczalność cechy			
	0,1	0,2	0,3	0,4
0	14,625	26,0656	35,6046	43,875
0,01	2,925	15,6393	26,1101	35,1
0,02	-8,774	5,2131	16,6155	26,325
0,03	-20,475	-5,2132	7,1209	17,55
0,04	-32,175	-15,6394	-2,3737	8,774
0,05	-53,875	-26,0657	-11,8683	0

akcją genetyczno-środowiskową w stosunku do zmienności ogólnej (wskaźnik W^2), zmniejsza się postęp hodowlany, a jeśli wskaźnik ten osiąga wartość 1/8 wskaźnika odziedziczalności — maleje do zera.

Na tle powyższych faktów można się zastanowić nad szansami efektu programów hodowlanych, opartych przecież na ocenie i selekcji, jeśli te etapy programu realizowane są w bardzo zróżnicowanych warunkach produkcyjnych, a z takim stanem rzeczy mamy do czynienia właśnie u nas. Można mieć uzasadnioną obawę, że ocena obarczona jest na skutek interakcji genetyczno-środowiskowych błędem, który może niweczyć efekt selekcji. Obawa taka rośnie w miarę odstępowania od pełnej losowości przy testowaniu buhajów, a ograniczaniu się tylko do wybranych stad często diametralnie odbiegających od poziomu produkcyjnego stad, dla których te reproduktory są przeznaczone. Nasuwa się w ogóle pytanie: na jaki postęp hodowlany można liczyć w wyniku realizacji programu oceny i selekcji buhajów w tak zróżnicowanych warunkach produkcyjnych, jak to ma miejsce u nas. Nie zmierzam, rzecz jasna, do kwestionowania programu oceny i selekcji buhajów, chciałbym jednak zwrócić uwagę na konieczność uwzględnienia w jego realizacji konsekwencji wynikającej z interakcji genetyczno-środowiskowych.

Literatura

- [1] Dymnicki E. 1979. Wpływ czynników genetycznych i środowiskowych na użytkowość mleczną krów rasy nizinnej czarno-białej w kolejnych laktacjach w zależności od poziomu produkcji stada. Rozprawy Habilitacyjne 8, IGHZ PAN w Jastrzębcu.
- [2] Filistowicz A., Juszcak J., Szyszkowski L., Kuczaj M. 1993. Badania genetyczno-hodowlane nad mieszańcami rodzimej rasy czarno-białej z holsztyńsko-fryzyjską. I. Struktura genetyczna stad użytkujących mieszańce. *Pr. Mater. Zoot.* 43: 11–18.
- [3] Juszcak J., Klautschek G., Zarzycki A. 1988. Untersuchungen zur Mast- und Schlachtleistung bei Bullen der Schwarzbunten Rasse als Grundlage für Zuchtscheidungen. *Rostocker Agrarwissenschaftliche Beiträge.* 21: 33–40.
- [4] Juszcak J., Ziemiński R., Urbaniak A. 1991. Kształtowanie się cech pokrojowych i wskaźników mięsnych u różnych genotypów bydła czarno-białego w zależności od intensywności opasania. *Roczn. Nauk Zoot.* 30: 33–42.
- [5] Juszcak J., Kuczaj M. Konsekwencje interakcji genetyczno-środowiskowych w krzyżowaniu bydła krajowego ch z rasą holsztyńsko-fryzyjską (maszynopis).
- [6] Klautschek G. 1991. Genotyp-Umwelt-Interaktionen bei der Mast- und Schlachtleistung der Rinder. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Zootechnika XXXVI:* 81–87.
- [7] Langholz H.J., Thies C.H. 1987. Die Bedeutung von Genotyp-Umweltinteraktionen für die Stationsprüfung auf Fleischleistung beim Rind. *J. Anim. Breed. Genet.* 104: 44–52.
- [8] Paleolog J. 1992. Interakcje genetyczno-środowiskowe na przykładzie plenności w modelowych doświadczeniach na *Drosophila melanogaster*. Rozprawy Naukowe AR Lublin.
- [9] Robertson A. 1982. Animal improvement through genetic engineering. *Span* 25: 53–57.
- [10] Szyszkowski L. 1980. Ocena przydatności stosowanych kryteriów wyboru krów w aspekcie ich wartości hodowlanej. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Rozprawy* 24.
- [11] Ziemiński R., Juszcak J., Hibner A. 1991. Kształtowanie się użytkowości mlecznej krów czerwono-białych i mieszańców z różnym udziałem krwi rasy holsztyńsko-fryzyjskiej (Red). *Roczn. Nauk. Zoot. Monografie i Rozprawy* 30: 43–49.
- [12] Żuk B., Filistowicz A., Szyszkowski L. 1984. Porównanie metod oceny wartości hodowlanej buhajów. *Pr. Mater. Zoot.* 11–27.