

Heterozja dla wybranych wskaźników fizjologicznych krwi w rozwoju osobniczym mieszańców bydła $cb \times hf$

RYSZARD SKRZYPEK

Katedra Hodowli Bydła Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt AR, ul. Wołyńska 33, 60-637 Poznań

Skrzypek R.

Heterosis for selected physiological blood parameters in the ontogenesis of $bw \times hf$ cattle crosses

Summary

The aim of this study was to evaluate the effect of individual heterosis on some physiological blood parameters in the ontogenesis of female crosses between native Black-and White cattle and Holstein-Friesian. The study was conducted on 83 animals that were tested in the period from birth to the 280th day of their first lactation. Up to the age of 18 months blood samples were taken according to the following schedule: 2, 21, 42, 90, 200 and 440 days, and 18 months. Thereafter blood was sampled in relation to the first calving: 7-8 and 1-2 weeks before expected calving (ap), and 2, 5, 30, 60, 90, 120, 200 and 280 days after calving (pp). In all samples concentrations of glucose, total cholesterol, urea, albumins and immunoglobulins were measured. In the samples taken from 7-8 weeks ap on, acetone concentration was also assayed. The general effect of heterosis was significant for concentrations of glucose (0.10 mmol/l; $P \leq 0.05$), cholesterol (-0.25 mmol/l; $P \leq 0.01$), acetone (-0.028 mmol/l; $P \leq 0.05$), and immunoglobulins (-2.8 ZST units; $P \leq 0.01$). These effects were mostly a result of significant heterosis in the period from 7-8 weeks ap to 30-60 days pp. In this period negative heterosis for urea concentration (pp only) and positive heterosis for albumins concentration were also determined. On the 2nd day of life, heterosis significantly effected concentrations of glucose (0.78 mmol/l; $P \leq 0.01$), cholesterol (0.38 mmol/l; $P \leq 0.05$), and immunoglobulins (-5.1 ZST units; $P \leq 0.05$). From day 120 pp on heterosis also had a significant effect on glucose concentration (estimates from 0.24 mmol/l; $P \leq 0.05$ to 0.38 mmol/l; $P \leq 0.01$).

This study demonstrates that heterosis significantly affects the level of selected physiological blood indicators, determined during the key stages of ontogenesis of females deriving from crossing native Black-and-White cattle with Holstein-Friesian. Apparently its largest practical importance is that heterosis improves the metabolic and immunological status of crosses in the periparturient period and during early lactation.

Keywords: dairy cattle, blood indicators, heterosis

Zjawisko heterozji występuje w świecie organizmów żywych u osobników pochodzących po rodzicach, należących do odrębnych grup ewolucyjnych. Dowodem na obecność heterozji u mieszańców między tymi grupami jest istotne odchylenie średniej dla rozpatrywanej cechy od średniej dla obu grup rodzicielskich. U mieszańców międzyrasowych bydła mlecznego stwierdzono dodatnią heterozję dla użytkowości rozrodowej i wydajności mleka, oraz w efekcie końcowym dla długowieczności (7, 16, 29). O znaczeniu heterozji w ocenie genetycznej mieszańców tego bydła może zaś świadczyć to, że jej ignorowanie prowadzi do przeszacowania wartości hodowlanej dochodzącego do 33% (28), natomiast w rankingu buhajów aż do 60% zwierząt może uzyskać niewłaściwą lokatę (11).

Teorie na temat podstaw heterozji nie są jednolite, ale są zgodne co do tego, że jest to przede wszystkim efekt interakcji genów w obrębie i między loci, w związku z czym heterozji można się spodziewać u mieszańców o wysokiej heterozygotyczności (18). O tym, że biologiczne podstawy heterozji nie zostały dotychczas poznane dokładnie świadczyć może fakt, że jak dotąd nie opracowano metody, która pozwoliłaby na przewidywanie jej wielkości. Nawet badania przeprowadzone na gatunkach modelowych nie potwierdziły hipotezy,

że wielkość heterozji można prognozować na podstawie dystansu genetycznego między rodzicami, oszacowanego w wyniku analizy polimorfizmu tych loci, które są związane istotnie z cechami fenotypowymi (6, 18).

Inną metodą służącą do poznania biologicznych podstaw heterozji lub nawet do wczesnej oceny wpływu tego zjawiska na cechy użytkowe, mogą być badania wskaźników fizjologicznych krwi. Jakkolwiek podczas ostatnich kilkudziesięciu lat wielokrotnie wskazywano na potrzebę przeprowadzenia takich badań (np. 18, 20), dotychczas u zwierząt wykonano ich niewiele (26), stwierdzając istotny wpływ heterozji na odporność siarową u bydła. Wydaje się, że badania nad wpływem heterozji na wskaźniki fizjologiczne krwi są szczególnie uzasadnione u bydła mlecznego, gdyż znajdują one u tych zwierząt duże zastosowanie na wszystkich etapach rozwoju osobniczego, zarówno w ocenie warunków środowiskowych (1, 5, 9, 12-14, 21, 27), jak i w ocenie potencjału użytkowego i genetycznego zwierząt (10, 13-15, 17, 19, 22, 24, 25, 27).

Celem badań była ocena wpływu heterozji na wybrane wskaźniki fizjologiczne krwi u samic mieszańców między bydem rodzimym czarno-białym i holsztyńsko-fryzyskim, które określano w okresie od urodzenia do końca pierwszej laktacji.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na 83 osobnikach płci żeńskiej bydła, które urodziły się w wyniku krzyżowania rodzimego bydła czarno-białego z rasą holsztyńsko-fryzyjską. Udział puli genowej rasy holsztyńsko-fryzyjskiej wynosił u nich od 12,5 do 93,5%. Wszystkie zwierzęta pochodziły z ciąży pojedynczej i były wychowywane i użytkowane co najmniej do ukończenia pierwszej laktacji w tym samym gospodarstwie (RGD Dłóż).

Do wieku 18 miesięcy, próbki krwi pobierano według następującego harmonogramu: 2 dni (24-48 godz.) i 21 (± 3), 42 (± 3), 90 (± 3), 200 (± 14), 440 (± 14) dni oraz 18 miesięcy (± 14 dni). Następnie krew pobierano w relacji do pierwszego wycielenia: 7-8 i 1-2 tygodnie przed spodziewanym porodem (ap) oraz 2 dni (24-48 godz.) i 5, 30, 60, 90, 120, 200 i 280 dni (± 3) po porodzie (pp). Analizy laboratoryjne wykonywano we krwi pełnej i surowicy. W próbkach krwi pełnej badano koncentrację glukozy, natomiast w surowicy analizowano stężenie cholesterolu całkowitego, mocznika, albumin i immunoglobulin. Ponadto, od 7-8 tygodni ap w surowicy analizowano koncentrację acetonu. Ostatnią z wymienionych analiz wykonywano za pomocą chromatografii gazowej. Natomiast metodykę pozostałych analiz oraz sposób pobierania próbek i postępowania przedanalizycznego z próbkami, jak również żywienie i utrzymanie zwierząt doświadczalnych scharakteryzowano we wcześniejszych opracowaniach (22, 25, 27), w których za wyjątkiem koncentracji acetonu badano związek fenotypowy i genetyczny między wskaźnikami fizjologicznymi krwi a cechami użyteczności mlecznej.

Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą wieloczynnikowej analizy wariancji. W zastosowanych 3 modelach statystycznych, analizowanym czynnikiem głównym był efekt heterozji, uwzględniony jako regresja na przewidywany udział loci heterozygotycznych u badanych zwierząt, który oszacowano zgodnie z teorią dominacji (7). Poza tym model dla testów wykonywanych do 18 miesiąca życia (model 1) zawierał efekty towarzyszące sezonu urodzenia (kwiecień-wrzesień, październik-marzec), kolejnej ciąży matki (1, 2 i 3 \leq) i przebiegu porodu u matki (normalny, trudny). Natomiast model dla testów wykonywanych w późniejszym wieku (model 2) zawierał, oprócz efektu heterozji, efekty sezonu wycielenia badanego zwierzęcia (kwiecień-wrzesień, październik-marzec), przebiegu porodu (normalny, trudny) oraz regresję na wiek przy wycieleniu. Oprócz efektów cząstkowych heterozji oszacowanych dla poszczególnych testów, analizowano także efekt ogółem. Model statystyczny do tych obliczeń (model 3) zawierał efekty użyte w modelach 1 i 2 oraz wpływ testu (10 testów dla acetonu, 17 testów dla pozostałych oznaczeń). Wyniki obliczeń statystycznych przedstawiono za pomocą współczynników heterozji (HET), które zaprezentowano na tle średnich arytmetycznych (\bar{x}) dla badanych składników krwi.

Wyniki i omówienie

Ogółem, heterozja miała istotny dodatni wpływ na koncentrację glukozy oraz istotny ujemny wpływ na koncentrację cholesterolu, acetonu i immunoglobulin we krwi (tab. 1). Natomiast rozpatrując wyniki uzyskane w poszczególnych testach można zauważyć, że heterozja wpłynęła istotnie na wszystkie wskaźniki fizjologiczne.

Dla koncentracji glukozy we krwi istotną dodatnią heterozję stwierdzono w wieku 2 dni oraz 5, 120, 200 i 280 dni pp. Analogicznie, heterozja miała istotny dodatni wpływ na koncentrację cholesterolu w wieku 2 dni. Natomiast pozostałe istotne współczynniki heterozji dla poziomu tego metabolitu miały znak ujemny, a sytuacja ta wystąpiła 30 i 60 dni pp. Współczynniki heterozji dla stężenia acetonu we krwi były istotne i ujemne podczas testów przeprowadzonych 5 i 30 dni pp.

Wydaje się, że ze względu na wspólne funkcje biologiczne, wyniki uzyskane dla koncentracji powyższych metabolitów we krwi można omówić razem. Mianowicie u nowo narodzonych cieląt stwierdzono dodatni związek między zawartością glukozy i cholesterolu całkowitego we krwi a ich zdrowotnością i przeżywalnością (23). Zatem dodatnia heterozja stwierdzona w przeprowadzonych badaniach dla tych wskaźników fizjologicznych świadczy, że heterozja ma u mieszańców korzystny wpływ na żywotność cieląt w początkowym okresie życia. Z kolei można sądzić, że w pierwszych 60 dniach po wycieleniu wspólnym podłożem heterozji dla koncentracji wszystkich trzech składników we krwi mogła być heterozja dla odporności na ketozę. Dane piśmiennictwa wskazują bowiem, że największe nasilenie tego schorzenia występuje w pierwszych 2 miesiącach laktacji, z czego około 90% przypadków przypada na pierwsze 3-4 tygodnie po wycieleniu (3, 9), a więc w tym samym okresie, w którym w przeprowadzonych badaniach stwierdzono największe współczynniki ujemnej heterozji dla koncentracji acetonu w surowicy. Z kolei w innych badaniach, między koncentracją ciał ketonowych i glukozy we krwi stwierdzono zależność ujemną (12), natomiast między stężeniem tych ciał i cholesterolu stwierdzono związek dodatni (8). Powyższe relacje znajdują w obecnej pracy analogię w postaci dodatniej heterozji dla koncentracji glukozy i ujemnej heterozji dla koncentracji cholesterolu we krwi w tym samym okresie laktacji, w którym stwierdzono ujemne współczynniki heterozji dla koncentracji acetonu.

Ponadto, wśród omówionych trzech wskaźników interesujący wydaje się być konsekwentnie dodatni i istotny wpływ heterozji na koncentrację glukozy począwszy od 120 dnia laktacji, co zbiegało się z okresem ciąży u badanych zwierząt. Biorąc pod uwagę, że u tych samych zwierząt koncentracja glukozy we krwi określana w tym okresie laktacji była skorelowana ujemnie z wydajnością mleka w całej laktacji (27) oraz zakładając, że heterozja nie miała ujemnego wpływu na tę cechę produkcyjną wydaje się, iż można przyjąć, że biologiczne znaczenie dodatniej heterozji stwierdzone dla koncentracji tego metabolitu we krwi w drugim i trzecim trymestrze laktacji polegało na jego korzystnym wpływie na rozwijający się płód. Stwierdzono mianowicie, że u krów płód i macica wymagają relatywnie dużych ilości glukozy, dochodzących pod koniec ciąży do 45% ogólnej puli tego związku w organizmie (4).

Wpływ heterozji na koncentrację mocznika we krwi był istotny tylko podczas dwóch, lecz bardzo ważnych w zastosowanym harmonogramie testów, przeprowadzonych w wieku 90 dni (dodatnia korelacja) i 2 dni pp (ujemna korelacja). Heterozja dla koncentracji tego metabolitu była również znaczna i ujemna we wszystkich pozostałych testach wykonywanych podczas pierwszych 90 dni laktacji, a poziom istotności zawierał się w granicach od 0,1 do 0,2. Praktyczne znaczenie istotnej heterozji stwierdzonej dla koncentracji mocznika we krwi w 90 dniu życia wynika

z tego, że szereg autorów (15, 17, 22) wskazuje na zwykle bardzo istotny związek fenotypowy i genetyczny między poziomem tego wskaźnika określanym w podobnym lub nieco starszym wieku (do osiągnięcia dojrzałości płciowej) a wydajnością mleka. Użytkany rezultat świadczy więc, że na podstawie koncentracji mocznika we krwi określanej w młodocianym wieku można prognozować występowanie i wielkość heterozji dla tej cechy produkcyjnej. Z kolei praktyczne znaczenie ujemnej heterozji dla koncentracji mocznika stwierdzone podczas testów przeprowadzonych w pierwszych 90 dniach laktacji ilustruje to, że wysoki poziom tego metabolitu we krwi powoduje istotne obniżenie zdolności rozrodczych krów (5, 10).

Podobne znaczenie dla potencjału reprodukcyjnego krów jak dotychczas omawiane wskaźniki, może mieć dodatnia heterozja dla koncentracji albumin i ujemna heterozja dla koncentracji immunoglobulin surowiczych stwierdzona w okresie od 7-8 tygodni ap do 30 dni pp. Mianowicie udowodniono (10, 19), że najbardziej poprawnymi wskaźnikami rozrodu charakteryzują się te krowy, których organizm potrafi w okresie porodowym podtrzymać podobny poziom albumin we krwi jak w okresie przedporodowym. Powyższa zależność jest wynikiem tego, że poziom albumin surowiczych jest wyjątkowo dobrym wskaźnikiem puli białka w organizmie (21), zaś o znaczeniu tego składnika pokarmowego u krów w okresie okołoporodowym może świadczyć fakt, że bezpośrednio po poro-

Tab.1. Średnie arytmetyczne (\bar{x}) i współczynniki heterozji (HET) dla koncentracji glukozy, cholesterolu całkowitego, acetonu, mocznika, albumin i immunoglobulin we krwi

Wiek zwierząt/ stadium laktacji podczas testu	Glukoza mmol/l		Cholesterol całk. mmol/l		Aceton mmol/l		Mocznik mmol/l		Albuminy g/l		Immunoglob. j. ZST	
	\bar{x}	HET	\bar{x}	HET	\bar{x}	HET	\bar{x}	HET	\bar{x}	HET	\bar{x}	HET
2 dni	6,04	0,79**	1,44	0,38*			3,04	-0,32	37,1	1,3	13,2	-5,1*
21 dni	4,46	0,24	3,23	-0,21			4,39	0,65	36,7	0,7	13,2	-1,0
42 dni	3,69	-0,04	3,02	-0,01			6,36	0,01	37,4	0,3	17,2	-0,2
90 dni	3,18	-0,08	2,12	-0,27			5,37	0,76*	36,1	1,8	28,5	-0,2
200 dni	3,04	-0,21	2,28	-0,07			4,35	0,22	34,2	0,7	32,9	-1,9
440 dni	3,20	-0,12	2,62	-0,22			3,55	-0,19	38,6	1,6	27,5	-4,6*
18 mies.	2,93	0,17	2,77	-0,41			4,05	-0,35	38,9	0,1	30,9	-7,6**
7-8 tyg. ap	2,63	-0,04	2,89	0,14	0,452	0,009	5,00	-0,27	39,2	2,9*	31,2	-4,1*
1-2 tyg. ap	2,64	-0,12	2,74	-0,21	0,458	-0,009	5,49	0,07	40,1	3,2*	29,6	-6,1*
2 dni pp	2,65	-0,32	2,32	-0,19	0,373	-0,021	4,39	-0,70*	38,3	3,9*	27,5	-4,5*
5 dni pp	2,50	0,58*	2,35	-0,04	0,451	-0,098*	4,53	-0,43	37,1	2,6*	30,0	-5,6*
30 dni pp	2,42	-0,08	3,80	-0,43*	0,425	-0,079*	5,98	-0,28	38,7	1,8	39,6	-3,8
60 dni pp	2,39	0,02	4,54	-0,62*	0,372	0,009	6,35	-0,26	39,4	2,1	39,6	-3,2
90 dni pp	2,41	0,07	4,58	-0,28	0,361	0,019	6,62	-0,37	40,8	1,9	39,0	-2,5
120 dni pp	2,37	0,38**	4,56	-0,34	0,366	-0,019	6,82	0,21	40,3	0,6	37,4	0,3
200 dni pp	2,29	0,26*	4,35	-0,32	0,458	-0,058	6,57	0,29	40,1	1,8	36,1	-3,3
280 dni pp	2,34	0,24*	3,98	-0,31	0,445	-0,024	6,65	-0,34	38,7	1,2	38,8	0,4
Ogółem	3,01	0,10*	3,15	-0,25**	0,416	-0,028*	5,27	-0,07	38,3	0,1	30,1	-2,8**

Objaśnienia: ap – przed spodziewanym wycieleniem, pp – po wycieleniu; * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$

dzie zapotrzebowanie na aminokwasy wzrasta blisko 2-krotnie w porównaniu z okresem przedporodowym (4). Z kolei znaczenie ujemnej heterozji stwierdzonej dla koncentracji immunoglobulin we krwi w okresie okołoporodowym może wynikać z tego, że ich obniżony poziom jest efektem rzadziej występujących chorób zakaźnych we wcześniejszym okresie życia, co z kolei rzutuje korzystnie na zdrowotność krów w okresie okołoporodowym i w konsekwencji na ich produktywność i zdolność do zajęcia w następną ciążę (13, 19). Pozytywny wpływ niskiej koncentracji białek odpornościowych w surowicy w okresie okołoporodowym a wskaźnikami produkcyjnymi i reprodukcyjnymi stwierdzono także bezpośrednio (13, 19).

Biorąc po uwagę, że istotą oddziaływania heterozji na organizmy żywe jest lepsze przystosowanie mieszańców do środowiska, należałoby się zastanowić nad paradoksem, który wystąpił w przeprowadzonych badaniach w najwcześniejszym okresie życia zwierząt. Polega on na tym, że heterozja miała ujemny wpływ na koncentrację immunoglobulin surowiczych określaną w wieku 2 dni, podczas gdy wyjątkowo dobrze jest znany dodatni związek między poziomem tego wskaźnika a zdrowotnością i przeżywalnością cieląt w kilku początkowych tygodniach po urodzeniu (np. 1, 14, 23). W ostatnich latach pojawiły się jednak sygnały wskazujące, że rozpatrując długofalowe efekty odporności siarowej, jej maksymalizacja nie jest rozwiązaniem optymalnym. Stwierdzono mianowicie, że

u zwierząt o bardzo dużym spożyciu siary w pierwszej dobie życia, w późniejszym wieku występuje trwałe obniżenie odporności (2). Prawdopodobnie z tego powodu w innej pracy (14), u jałówek reprodukcyjnych o wysokim poziomie odporności siarowej stwierdzono obniżenie wydajności życiowej mleka, wydłużenie okresów międzywycieleniowych i skrócenie okresu życia, w porównaniu ze zwierzętami o średnim poziomie tej odporności. Tym niemniej, w tej grupie jałówek zaobserwowano zgodnie z oczekiwaniami najmniejszy odsetek padnięć w pierwszych 3 tygodniach po urodzeniu (14). Ujemną heterozję dla odporności siarowej stwierdzono także w badaniach wykonanych w okresie od urodzenia do 90 dnia życia cieląt, które również pochodziły z krzyżowania rodzimego bydła czarno-białego z rasą holsztyńsko-fryzyską (26). Jest charakterystyczne, że tak samo jak w obecnych badaniach, wpływ heterozji na odporność humoralną nie był istotny w okresie od 21 dnia życia. Jakkolwiek we wspomnianych badaniach (26), ujemna heterozja dla poziomu tej odporności w wieku 2 dni była około 2-krotnie większa niż w obecnych badaniach, przeżywalność cieląt mieszańcowych w pierwszym miesiącu po urodzeniu była identyczna jak w grupie cieląt rasy rodzimej. Informacje z piśmiennictwa również świadczą, że wpływ heterozji na żywotność cieląt nie jest ujemny, a przeciwnie – obserwowano najczęściej korzystny związek z tą cechą (7, 16). Biorąc pod uwagę stwierdzony w obecnych badaniach dodatni wpływ heterozji na koncentrację glukozy i cholesterolu we krwi oraz stwierdzoną wcześniej (23) dodatnią zależność między tymi wskaźnikami a żywotnością cieląt, można przedstawić hipotezę, że ujemny wpływ heterozji na odporność siarową jest rekompensowany za pomocą tego samego mechanizmu genetycznego poprzez zwiększenie innych rodzajów odporności.

Dostępne piśmiennictwo nie dostarcza informacji na temat czynników oddziałujących na koncentrację immunoglobulin surowiczych u jałówek w pierwszej połowie drugiego roku życia, kiedy w przeprowadzonych badaniach wystąpiła dla tego wskaźnika ujemna heterozja. Można jedynie przypuszczać, że podobnie jak w nieco starszym wieku mogło to mieć związek z obniżoną częstotliwością występowania chorób zakaźnych u mieszańców.

Podsumowując, w przeprowadzonych badaniach stwierdzono występowanie istotnej heterozji dla wybranych wskaźników fizjologicznych krwi we wszystkich kluczowych stadiach rozwoju osobniczego samic bydła, pochodzącego z krzyżowania rodzimej rasy czarno-białej z holsztyńsko-fryzyską. Stwierdzono przede wszystkim, że heterozja ma korzystny wpływ na status metaboliczny i odpornościowy w okresie około- i poporodowym. Ponadto potwierdzono sygnały odnośnie do konieczności ustalenia optymalnego poziomu odporności siarowej u nowo narodzonych jałówek, przewidzianych do remontu stada. Przeprowa-

dzone badania świadczą także, że na podstawie koncentracji mocznika we krwi określonej w młodocianym wieku zwierząt można prognozować występowanie heterozji dla wydajności mleka.

Piśmiennictwo

1. Anonim: Bovine Alliance on Management & Nutrition: A Guide to Colostrum and Colostrum Management for Dairy Calves, United States Department of Agriculture, Arlington, VA 1995.
2. Aldridge B. M., McGuirk S. M., Lunn D. P.: Effect of colostrum ingestion on immunoglobulin-positive cells in calves. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 1998, 62, 51-64.
3. Andersson L., Gustafsson A. H., Emanuelson U.: Effect of hyperketonemia and feeding on fertility in dairy cows. *Theriogenology* 1991, 36, 521-536.
4. Bell A. W.: Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 1995, 73, 2804-2819.
5. Butler W. R.: Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 2000, 60-61, 449-457.
6. Charcosset A., Lefort-Buson M., Gallais A.: Relationship between heterosis and heterozygosity at marker loci: a theoretical computation. *Theor. Appl. Genet.* 1991, 81, 571-575.
7. Christensen L. G., Pedersen J.: Krydsning af malkekveaegracer. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, København 1988, 650, 1-229.
8. Drackley J. R., Richard M. J., Beitz D. C., Young J. W.: Metabolic changes in dairy cows with ketonemia in response to feed restriction and dietary 1,3-butenediol. *J. Dairy Sci.* 1992, 75, 1622-1634.
9. Geishauer T., Leslie K., Kelton D., Duffield T.: Monitoring for subclinical ketosis in dairy herds. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* 2001, 23, 65-71.
10. Giger R., Faissler D., Busato A., Blum J., Küpfer U.: Blutparameter während der Früh-laktation in Beziehung zur Ovarfunktion bei Milchkühen. *Reprod. Dom. Anim.* 1997, 32, 313-319.
11. Harbers A. G. F.: The usage of heterosis correction in a multiple breed genetic evaluation. *Interbull Bulletin* 1997, 16, 89-93.
12. Herdt T. H., Stevens J. B., Linn J., Larson V.: Influence of ration composition and energy balance on blood β -hydroxybutyrate (ketone) and plasma glucose concentrations of dairy cows in early lactation. *Am. J. Vet. Res.* 1981, 42, 1177-1180.
13. Ingraham R. H., Kappel L. C.: Metabolic profile testing. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim. Pract.* 1988, 4, 391-411.
14. Kłiks R.: Wpływ odporności laktogennej u jałówek bydła mlecznego na ich przeżywalność i użyteczność. Praca dokt., Wdz. Hodowli i Biologii Zwierząt, AR Poznań 1999.
15. Lovendahl P., Lund M., Bölling D., Brehmer L.: Genetics of behaviour and physiology in cattle and sheep. W: J. Jensen (Ed.), *Animal Breeding and Genetics in the 21st Century (Status and Visions for Future Research)*, DIAS Report 2002, 38, 143-158.
16. Mao J. L.: Current status of dairy cattle breeding and genetics with special reference to Jersey breed. *Proc. Int. Sci. Conf. „Status and Perspectives of Jersey Cattle Breeding in Poland and Europe”*, Poznań 2001, s.65-78.
17. Oprządek A.: Zależności między żemością, tempem wzrostu i wybranymi wskaźnikami fizjologicznymi jałówek a ich przyszłą użytecznością mleczną. Praca dokt. IgiHZ PAN Jastrzębiec 2001.
18. Paleolog J.: Wykorzystanie heterozji w hodowli zwierząt. *Zesz. Nauk. Przegł. Hod.* 1992, 6, 146-166.
19. Parra O., Ojeda A., Combellas J., Gabaldon L., Escobar A., Martínez N., Benezra M.: Blood metabolites and their relationship with production variables in dual-purpose cows in Venezuela. *Prev. Vet. Med.* 1999, 38, 133-145.
20. Sang J. H.: Hybrid vigour and animal production. *Anim. Breed. Abstr.* 1956, 24, 1-6.
21. Saun R. J. Van: Blood profiles as indicators of nutritional status. W: J. Kenelly (Ed.), *Adv. Dairy Technol.* 2000, 12, 401-410.
22. Skrzypek R.: Przydatność cech fizjologicznych krwi oraz tempa wzrostu do wczesnej oceny wartości hodowlanej bydła mlecznego. Praca hab. Wdz. Zootechniczny, AR Wrocław 1995.
23. Skrzypek R.: Zastosowanie regresji logistycznej do prognozowania zdrowotności i przeżywalności cieląt na podstawie składu krwi. *Rocz. AR Pozn., Zoot.* 2000, 52, 173-183.
24. Skrzypek R.: Znaczenie tempa wzrostu u bydła mlecznego. *Biul. Inf. IŻ* 2002, XL, 105-116.
25. Skrzypek R.: Usability of physiological blood traits of pregnant heifers for evaluation of breeding value of dairy cattle for milk performance traits. *Sci. Pap. Agric. Univ. Pozn. Anim. Sci.* 2002, 4, 169-178.
26. Skrzypek R.: Wpływ heterozji na koncentrację białek surowiczych u cieląt. *Rocz. Nauk. Zoot.*, w druku.
27. Skrzypek R.: The diagnostic value of physiological blood traits tested in lactating cows. *Sci. Pap. Agric. Univ. Pozn. Anim. Sci.*, w druku.
28. Werf J. H. J., Van der Boer W. De: Estimation of genetic parameters in a crossbred population of Black and White dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 1989, 72, 2615-2623.
29. Zamecki A., Norman H. D., Gierdziewicz M., Jamrozik J.: Heterosis for growth and yield traits from crosses of Friesian strains. *J. Dairy Sci.* 1993, 76, 1661-1670.