

Badania nad dziedziczeniem antygenów erytrocytarnych u bydła

Tadeusz Rychlik, Mariusz Kościelny

*Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy,
Dział Cytogenetyki i Genetyki Molekularnej Zwierząt,
32-083 Balice k. Krakowa*

Poznanie antygenowego zróżnicowania erytrocytów bydłowych zapoczątkowało badania nad genetyczną kontrolą wykrywanych cech antygenowych. Ich identyfikacja możliwa jest jedynie w oparciu o reakcje zachodzące między zlokalizowanymi na czerwonych krwinkach antygenami a specyficznymi przeciwciałami zawartymi w surowicach testowych. Obecnie znanych jest u bydła ponad 100 antygenów, przynależnych ze względu na ich dziedziczenie do 12 układów grupowych krwi (wyniki Międzynarodowego Testu Porównawczego 2003/2004).

Cechy jednego układu dziedziczą się niezależnie od cech pozostałych układów. Do najbardziej polimorficznych należą układy B i C, w których znanych jest kilkadziesiąt antygenów krwinkowych oraz A i S – kilkanaście cech antygenowych, przekazywanych przez rodziców potomstwu w kompleksach zwanych fenogrupami. Badania nad wykrywaniem i dziedziczeniem cech antygenowych prowadzili m.in.: Kanemaki i Morita (1984), Duniec i in. (1989 ab), Georges i in. (1990), Duniec i in. (1996, 1998, 2000, 2001, 2002 b).

Duże zróżnicowanie antygenowe erytrocytów stosunkowo szybko znalazło szerokie zastosowanie w praktyce hodowlanej do kontroli rodowodów zwierząt gospodarskich. Miało to kolosalne znaczenie, zwłaszcza po wprowadzeniu sztucznej inseminacji w rozrodzie bydła, dającej możliwości szybkiego postępu hodowlanego (Rychlik, 2005; Rychlik i Kościelny, 2009 b). Wyniki testów grup krwi potomstwa, ich matek i ojców, uzyskiwane w trakcie kontroli pocho-

dzenia, stanowią także doskonały materiał do badań poznawczych. Materiał ten może służyć zarówno do badań genetycznych nad nowo poznawanymi antygenami krwi, jak i zróżnicowaniem cech antygenowych u różnych ras i populacji bydła.

Celem prowadzonych od wielu lat w Instytucie Zootechniki PIB badań było uzyskiwanie reagentów testowych, zawierających przeciwciała identyfikujące określone antygeny erytrocytarne bydła. Reagenty te uzyskiwano z surowic odpornościowych – pozyskanych od osobników poddanych wcześniej odpowiedniej stymulacji antygenowej. Tak uzyskane surowice standaryzowano w Międzynarodowych Testach Porównawczych, organizowanych przez Międzynarodowe Towarzystwo Genetyki Zwierząt – International Society for Animal Genetics (ISAG). Wyniki ostatniego testu, którego organizację ISAG powierzył Laboratorium Działu Immuno- i Cytogenetyki Zwierząt IZ PIB (obecnie Dział Cytogenetyki i Genetyki Molekularnej Zwierząt) potwierdziły wysoką specyficzność otrzymywanych w tym laboratorium surowic testowych. Sukcesywnie uzyskiwano reagenty identyfikujące ponad 90 antygenów krwinkowych z 12 układów grupowych. Posiadany zestaw reagentów testowych wykorzystywano do wykonywania testów genetycznych w pracach nad dziedziczeniem cech antygenowych w układach złożonych grup krwi u bydła (A, B, C i S) oraz do charakterystyki struktury genetycznej bydła rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czerwono-białej (PHF RW) i białogrzbietej.

Dziedziczenie cech antygenowych w złożonych układach grup krwi

Aby dokładniej poznać zagadnienie genetycznej kontroli cech antygenowych w układach złożonych, konieczne jest prowadzenie badań na materiale obejmującym różne rasy. Dział Cytogenetyki i Genetyki Molekularnej Zwierząt dysponuje dużą ilością wyników badań grup krwi potomstwa i rodziców, uzyskanych w trakcie prac nad weryfikacją rodowodów bydła, dlatego możliwe było przeprowadzenie na stosunkowo dużym materiale obserwacji nad przekazywaniem cech antygenowych w układach A, B, C i S u różnych ras bydła w Polsce.

Celem przeprowadzonych w 2005 r. badań było ustalenie fenogrup w układzie grupowym krwi S, ponieważ pomimo znacznego postępu prac nad dziedziczeniem antygenów erytrocytarnych w tym układzie zagadnienie S-fenogrup u ras bydła hodowanych w Polsce nie było rozpracowane. Do badań wykorzystano wyniki testów hemolitycznych próbek krwi pobranych od jałówek i buhajków oraz ich rodzi-

ców w latach 1995–2005 z terenów całej Polski w celu przeprowadzenia kontroli pochodzenia. Wyniki testów potomstwa oraz ich rodziców stanowiły materiał do analizy dziedziczenia cech antygenowych w układzie grupowym krwi S u 6740 sztuk bydła, w tym u 1312 rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej (PHF HO), 1343 rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czerwono-białej (PHF RW), 2259 czerwonej polskiej (RP), 1318 simentalskiej oraz 508 Charolaise (Rychlik i Duniec, 2005).

Na podstawie przekazywania cech antygenowych przez rodziców na potomstwo w układzie grupowym krwi S u bydła ustalono fenogrupy dla tych ras, obliczono częstość ich występowania oraz stopień homozygotyczności i efektywną liczbę alleli w locus (N_a). Najwięcej S-fenogrup (13) stwierdzono u bydła rasy Charolaise, a najmniej (6) u PHF RW. Największą zmienność w tym układzie zaobserwowano u rasy Charolaise, gdzie wartość stopnia homozygotyczności i N_a wynosiła odpowiednio – 17,83 i 5,61, a najmniejszą w rasie PHF RW (stopień homozygotyczności – 34,51 i N_a – 2,90) (tab. 1).

Tabela 1. Częstość występowania fenogrup w układzie grupowym krwi S u badanych ras bydła
Table 1. Frequency of phenogroups in the S blood group system in cattle breeds studied

Fenogrupy <i>Phenogroups</i>	Częstość – Frequency				
	PHF HO n=1312	PHF RW n=1343	RP n=2259	Simental n=1318	Charolaise <i>Charolais</i> n=508
SH'	0,1818	0,1205	0,1389	0,2538	0,0827
SH'U'1	–	–	–	0,0034	–
SH'U''	–	–	0,0006	0,0364	0,0118
U1	–	–	0,0019	0,0030	–
U1H'	0,0056	–	0,0220	0,0027	0,0276
U1H'H''	0,2273	0,0273	0,0032	0,0391	0,0473
U1H'H''U''	–	–	0,0011	–	0,2480
H'	0,2841	0,3750	0,3170	0,3323	0,3071
H'H''	–	–	0,0013	0,1563	0,0354
H'U''	0,0028	–	0,0004	–	0,0354
U'1	0,1279	0,0204	0,2601	0,0751	0,0709
U'2	0,0227	0,0227	0,0228	0,0038	0,0197
H''	–	–	–	–	0,0236
U''	–	–	–	–	0,0354
S-	0,1478	0,4341	0,2307	0,0941	0,0551
Stopień homozygotyczności (%) <i>Degree of homozygosity (%)</i>	20,41	34,51	24,17	21,64	17,83
Ilość fenogrup <i>No. of phenogroups</i>	8	6	12	11	13
Efektywna liczba S-alleli (N_a) <i>Effective number of S-alleles (N_a)</i>	4,90	2,90	4,14	4,62	5,61

W 2006 r. przeprowadzono badania, których celem była identyfikacja fenogrup w układzie grupowym krwi C w kolejnych trzech rasach bydła hodowanego w Polsce: PHF RW, PHF HO i Charolaise (Rychlik i Duniec, 2006). Badaniom poddano 1854 sztuki bydła, w tym 684 rasy PHF RW, 646 PHF HO oraz 524 rasy Charolaise. Analizując fenotypy potomstwa oraz fenotypy i genotypy rodziców, a w niektórych przypadkach również dziadków, określono poszczególne genotypy zwierząt w układzie krwi C.

Identyfikacja poszczególnych fenogrup układu grupowego krwi C u badanych zwierząt stała się możliwa dzięki uzyskaniu i wprowadzeniu do badań kontroli pochodzenia bydła

surowic testowych, identyfikujących prawie wszystkie dotychczas znane na świecie antygeny krwinkowe tego układu. Za pomocą posiadanych przez Dział Cytogenetyki i Genetyki Molekularnej Zwierząt IZ PIB własnych reagentów testowych zidentyfikowano u badanych ras bydła w układzie grupowym krwi C 12 antygenów: C1, C2, E, R1, R2, W, X1, X2, C', L', C'' i PLB-9. Szczególnie cenna w określeniu genotypów układu C okazała się wprowadzona w 1973 r. surowica identyfikująca antygen C'' (Duniec i in., 1973), a także uzyskana w 1989 r. surowica anty-PLB-9, wykrywająca antygen oznaczony wstępnie PLB-9, który wykazuje nieliniarną zależność z antygenami C1 i C2 (Duniec i in., 1989 b).

Tabela 2. Częstość występowania fenogrup w układzie grupowym krwi C u badanych ras bydła (powyżej 5%)
 Table 2. Frequency of phenogroups in the C blood group system in cattle breeds studied (over 5%)

Lp. No.	C-fenogrupy <i>C-phenogroups</i>	PHF RW n = 684	PHF HO n = 646	Charolaise <i>Charolais</i> n = 524	Czarno-biała* <i>Black-and-White*</i> n = 12551	Polska czerwona** <i>Polish Red**</i> n = 2322	Simentalska*** <i>Simental***</i> n = 1318
2.	C1E	0,0789	0,1354	0,0573	0,1761	0,0487	0,0379
6.	C1ER2	0,0030	0,0147	0,0057	0,0099	0,0543	0,0106
13.	C1EW	0,0190	0,0224	0,0477	0,0621	0,0454	0,0391
32.	C1WX2	0,0117	0,0093	0,0038	0,1601	0,0024	0,0030
50.	C2EWPLB-9	–	–	0,0019	0,0015	0,0015	0,0661
62.	C2R2WC'PLB-9	0,0497	0,0147	0,1011	0,0461	0,0693	0,0011
80.	EWC''	0,0146	0,0178	0,0019	0,0152	0,0806	0,0140
84.	EC''	0,0833	0,1169	0,0057	0,0351	0,0698	0,0049
85.	R1WC''	0,0030	0,0046	0,0095	0,0591	0,0263	0,0042
97.	R2X2C''	0,0365	0,0186	–	0,0198	0,0767	0,0262
104.	WX2C''	0,0219	0,0712	0,0630	0,0088	0,0361	0,0079
107.	WC''	0,0146	0,0356	0,0859	0,0206	0,0458	0,1813
109.	X1C''	0,0205	0,0279	0,0038	0,0579	0,0035	–
110.	X2L'C''	0,0730	0,1300	–	0,0076	–	0,0095
111.	X2C''	0,2543	0,1649	0,0267	0,0930	0,0432	0,0079
115.	C''	0,0672	0,0310	0,0592	0,0423	0,0259	0,0706
Stopień homozygotyczności (%) <i>Degree of homozygosity (%)</i>		9,80	8,81	4,17	8,43	4,81	6,61
Liczba fenogrup <i>No. of phenogroups</i>		44	62	75	74	63	66
Efektywna liczba C-alleli <i>Effective number of C-alleles</i>		10,20	11,35	23,98	11,87	20,78	15,13

* cb – Duniec i in. (1989 a) – *BW* – Duniec et al. (1989 a),

** pc – Rychlik i in. (1999) – *PR* – Rychlik et al. (1999),

*** sim – Duniec i in. (2002 a) – *Sim* – Duniec et al. (2002 a).

Dotychczas nie spotkano informacji o fenogrupie, w której antygen C'' występowałby razem z antygenem C1 lub C2. W trakcie prezentowanych badań również nie natrafiono na taką fenogrupę. Obserwacje te potwierdzają wcześniejszą hipotezę o allelicznym charakterze dziedziczenia jednostek genetycznych determinujących cechy C1, C2 i C''. W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono również fenogrupy, w której nie zidentyfikowano przynajmniej jednego z trzech antygenów: C1, C2 lub C'', co jest potwierdzeniem wcześniejszej hipotezy o układzie C jako układzie zamkniętym (Duniec i in., 1973). Uzyskane wyniki potwierdzają także

inną, postawioną przez Guerina i in. (1981) hipotezę, że genetyczne jednostki determinujące antygeny X1, X2 i C' są alleliczne, gdyż nie wystąpiły one razem w żadnej ze zidentyfikowanych fenogrup. Zidentyfikowane C fenogrupy, które występowały w badanych rasach z częstością powyżej 5%, a także stopień homozygotyczności i efektywną liczbę fenogrup przedstawiono w tabeli 2. W tabeli tej zamieszczono również wyniki wcześniejszych badań nad dziedziczeniem cech antygenowych w układzie grupowym C u bydła czarno-białego (Duniec i in., 1989 a), czerwonego polskiego (Rychlik i in., 1999) oraz simentalskiego (Duniec i in., 2002 a).

Tabela 3. Częstość występowania fenogrup w układzie grupowym krwi A u badanych ras bydła
Table 3. Frequency of phenogroups in the A blood group system in cattle breeds studied

Fenogrupy <i>Phenogroups</i>	CH Charolaise <i>Charolais</i> n=191	HH Hereford n=138	LM Limousine <i>Limousin</i> n=247	PI Piemontese n=240
A1	0,1099	0,0870	0,0972	0,0750
A1DPLB-4	0,0785	0,2174	0,0607	0,0666
A1H	0,0628	0,0435	0,1458	0,1625
A1HDPLB-4	0,0209	0,0652	0,1580	0,0250
A1HZ'	0,0524	–	0,0283	0,0167
A1HDPLB-4Z'	–	–	0,0121	–
A1Z'	0,2199	0,0290	0,1093	0,0500
A2	–	0,0217	0,0081	0,0125
A2DPLB-4	0,0079	0,0145	0,0121	–
A2HDPLB-4	–	–	0,0081	0,0167
A2H	–	–	0,0081	0,0562
DPLB-4	0,1885	0,1522	0,1336	0,1667
DPLB-4Z'	–	–	0,0081	–
DPLB-8	0,1257	0,1957	0,0729	0,2375
H	0,0052	0,0217	0,0162	0,0375
HDPLB-4	0,0340	–	0,0364	0,0146
Z'	–	0,0217	0,0121	0,0125
-	0,0943	0,1304	0,0729	0,0500
Stopień homozygotyczności (%) <i>Degree of homozygosity (%)</i>	13,52	14,22	10,23	13,19
Liczba fenogrup <i>Number of phenogroups</i>	12	12	18	15
Efektywna liczba alleli <i>Effective number of alleles</i>	7,4	7,0	9,7	7,5

Przeprowadzono również badania z zakresu dziedziczenia cech antygenowych należących do układu grupowego krwi A (Rychlik i Kościelny, 2009 a). Układ ten, podobnie jak układy B, C, S, jest układem złożonym (wielo-

antygenowym), w którym antygeny krwinkowe przekazywane są przez rodziców na potomstwo w postaci kompleksów zwanych fenogrupami. Pod względem liczby znanych cech antygenowych układ A jest mniej polimorficzny i zajmuje

4. miejsce po układach B, C i S. Stąd też, duże znaczenie mają prace nad dziedziczeniem i genetycznymi zależnościami pomiędzy antygenami tego układu u różnych ras bydła. Przeprowadzone badania dotyczyły 4 ras bydła mięsnego hodowanego w Polsce (Charolaise, Hereford, Limousine i Piemontese), w których fenogrupy układu grupowego A nie były jeszcze rozpoznane. W analizowanym układzie stwierdzono u tych ras 7 cech antygenowych A1, A2, D, H, PLB-4, PLB-8 i Z'.

W przeprowadzonych badaniach przy ustalaniu A fenogrup wykorzystano wyniki wcześniejszych badań nad dziedziczeniem i zależnościami między antygenami D, PLB-4 i PLB-8 (Duniec i in., 2001). Stwierdzono w nich, że antygeny PLB-4 i PLB-8 występują w fenogrupie zawsze z antygenem D. Nie spotkano natomiast przypadku, w którym by w jednej fenogrupie wystąpiły razem antygeny PLB-4 i PLB-8. Stwierdzona zależność należy do tzw. nielinearnego pokrewieństwa antygenów erytrocytarnych. Z badań tych wynikało również, że antygen PLB-8 występuje wyłącznie razem z antygenem D, tworząc fenogrupę DPLB-8, co pozwala na jednoznaczne ustalenie drugiego allelu u tego osobnika, czyli ustalenie pełnego ge-

notypu w tym układzie. W badanych rasach mięsnych również potwierdziły się te zależności. Stwierdzono w nich wystąpienie ogółem 18 A-fenogrup, wśród których antygen PLB-8 występował wyłącznie w fenogrupie DPLB-8, natomiast nie stwierdzono fenogrupy, w której by antygeny PLB-4 i PLB-8 wystąpiły razem lub bez antygeny D. (tab. 3).

Badania struktury genetycznej

W 2008 r. przy użyciu 80 standaryzowanych reagentów testowych określono cechy antygenowe erytrocytów u 744 sztuk bydła rasy PHF RW z obszaru południowej i południowo-zachodniej Polski (Rychlik i in., 2008). W układach grupowych krwi A, B, C, S obliczono częstość występowania ustalonych fenogrup, stopień homozygotyczności oraz efektywną liczbę alleli. W układzie B zidentyfikowano 72 fenogrupy, wśród których z najwyższą częstością występowały: BO1Y2D'I'1Q'' (0,0643), BO3Y1E'3G'I'2P'Q'G''1 (0,0511), G2Y2E'1Q'D'' (0,1616) i E'3G''1Q'' (0,0887). Wartość stopnia homozygotyczności w tym układzie wynosiła 6,01%, a efektywna liczba alleli 16,65 (tab. 4).

Tabela 4. Częstość fenogrup w układach fenogrupowych krwi A, B, C i S w badanej populacji bydła PHF RW (powyżej 5%)

Table 4. Frequency of phenogroups in the A, B, C and S blood group systems in the population of PHF RW cattle studied (over 5%)

Układ System	Fenogrupy Phenogroups	Częstość Frequency	Układ System	Fenogrupy Phenogroups	Częstość Frequency
EAA	A1	0,2473	EAC	C1E	0,0793
	DPLB-8	0,4274		C1E	0,0793
	A'	0,1976		EC''	0,0834
Stopień homozygotyczności (%)		28,63		X2C''	0,2540
Degree of homozygosity (%)				C'L'C''	0,0733
Efektywna liczba alleli		3,5		C''	0,0773
EAB	BO1Y2D'I'1Q''	0,0643	Stopień homozygotyczności (%)		11,9
	BO3Y1A'1E'3G'I'2P'Q'G''1	0,0511	Degree of homozygosity (%)		
	G2Y2E'1Q'D''	0,1616	Efektywna liczba alleli		8,4
	E'3G''1Q''	0,0887	Effective number of alleles		
Stopień homozygotyczności (%)		6,01	EAS	SH'	0,1203
Degree of homozygosity (%)				H'	0,3750
Efektywna liczba alleli		16,65		S'	0,4341
Effective number of alleles			Stopień homozygotyczności (%)		34,52
			Degree of homozygosity (%)		
			Efektywna liczba alleli		2,9
			Effective number of alleles		

Przeprowadzona w układach F i R' analiza rozkładu genotypów wykazała istotne różnice między oczekiwaną i obserwowaną ilością genotypów, wskazującą na zachwianie równowagi genetycznej. Porównanie częstości niektórych cech antygenowych oraz fenogrup z ich frekwencją z lat ubiegłych ujawniło zmiany w strukturze genetycznej badanej populacji bydła. W porównaniu do wcześniejszych badań stwierdzono znacznie mniejszą ilość B-fenogrup, co może wskazywać na obniżenie się zmienności w badanej populacji bydła.

Podobne badania struktury genetycznej przeprowadzono u bydła białogrzbiatego (Rychlik i Kościelny, 2010). Materiał do badań stanowiły 92 próbki krwi pobrane od bydła białogrzbiatego w latach 2005–2009 z północno-wschodnich terenów Polski.

W porównaniu do wcześniejszych badań

struktury genetycznej innych ras, objętych obecnie programem ochrony zasobów genetycznych (Trela i in., 1984; Rychlik i in., 1999, 2008), u bydła białogrzbiatego stwierdzono wyższy stopień homozygotyczności i znacznie mniejszą liczbę fenogrup w układach grupowych krwi B i C, co wskazuje na mniejszą zmienność genetyczną w badanej populacji bydła białogrzbiatego. W układzie B zidentyfikowano tylko 29 fenogrup, a w układzie C – 27. Charakterystycznymi B-fenogrupami były: I2Q'' (0,1849), G2Y2E'1Q'D'' (0,1631), E'3G''1Q'' (0,0978) i Q'' (0,0978). Wartość stopnia homozygotyczności w tym układzie wynosiła 9,14%, a efektywna liczba alleli 10,9. (tab. 5). Przeprowadzona w układach F i R' analiza rozkładu genotypów wykazała istotne różnice między oczekiwaną i obserwowaną ilością genotypów, wskazując na zachwianie równowagi genetycznej.

Tabela 5. Częstość fenogrup w układach fenogrupowych krwi A, B, C i S w badanej populacji bydła białogrzbiatego (powyżej 5%)

Table 5. Frequency of phenogroups in the A, B, C and S blood group systems in the population of Polish Whitebacked cattle (over 5%)

Układ System	Fenogrupy Phenogroups	Częstość Frequency	Układ System	Fenogrupy Phenogroups	Częstość Frequency
EAA	A1	0,1522	EAC	C1E	0,1359
	A1H	0,0761		C1WX2	0,0544
	A2DPLB-4	0,0652		EC''	0,2283
	DPLB-8	0,4783		R2X2C''	0,0652
	-	0,1576		X2C''	0,0761
		C''		0,1304	
Stopień homozygotyczności (%)		28,81	Stopień homozygotyczności (%)		10,72
<i>Degree of homozygosity (%)</i>			<i>Degree of homozygosity (%)</i>		
Efektywna liczba alleli		3,47	Efektywna liczba alleli		9,33
<i>Effective number of alleles</i>			<i>Effective number of alleles</i>		
EAB	G2Y2E'1Q'D''	0,1631	EAS	SH'	0,3261
	I2Q''	0,1849		U1H'H''	0,0869
	E'3G''1Q''	0,0978		H'	0,3587
	Q''	0,0978		-	0,1522
Stopień homozygotyczności (%)		9,14	Stopień homozygotyczności (%)		26,78
<i>Degree of homozygosity (%)</i>			<i>Degree of homozygosity (%)</i>		
Efektywna liczba alleli		10,9	Efektywna liczba alleli		3,73
<i>Effective number of alleles</i>			<i>Effective number of alleles</i>		

W wykonanych badaniach struktury genetycznej u bydła rasy PHF RW i białogrzbiatego zwrócono szczególną uwagę na dziedziczenie cechy antygenowej Q'', której zidentyfikowanie

było możliwe dzięki otrzymaniu w IZ PIB w 1996 r. surowicy odpornościowej anty-PLB22 (Duniec i in., 1996). Surowica ta zawierała przeciwciała identyfikujące nieznaną do tej pory an-

tygen z układu grupowego B u bydła, dla którego przyjęto początkowo oznaczenie PLB22, a następnie po Międzynarodowym Teście Porównawczym 1999/2000 – Q”. Obecne badania potwierdziły wcześniejsze doniesienia, że gen warunkujący antygen Q” jest alleliczny w stosunku do genu warunkującego antygen Q’ z układu grupowego krwi B. W całym testowanym materiale nie spotkano przypadku wystąpienia w jednej fenogrupie antygenów Q’ i Q”. Nie spotkano również osobnika, u którego nie stwierdzono by przynajmniej jednego z dwóch antygenów Q’ lub Q”. Wykrycie nowego antygeny, nazwanego Q” oraz wykazanie alleliczności genu, który go determinuje z genem warunkującym znany antygen Q’, pozwoliło na zaliczenie układu grupowego krwi B u bydła do układów zamkniętych. Alleliczność genów warunkujących te dwie cechy stwarza możliwość określenia ge-

notypu osobnika w układzie B w odniesieniu do tych cech bezpośrednio z jego fenotypu.

Reasumując wyniki badań przeprowadzonych nad dziedziczeniem cech antygenowych w złożonych układach grupowych krwi A, B, C, S można stwierdzić, że poszerzyły one wiedzę o występującym w tych układach polimorfizmie oraz pozwoliły lepiej poznać genetyczne i serologiczne zależności między antygenami tych układów. Określenie fenogrup w tych układach u różnych ras bydła zwiększa możliwość wykorzystania ich w kontroli rodowodów. Ma to istotne znaczenie, gdyż mimo że do weryfikacji rodowodów bydła w coraz większym stopniu wykorzystywany jest polimorfizm mikrosatelitarny DNA (Radko i in., 2002; Cervini i in., 2006; Rehout i in., 2006), w omawianym okresie większa część rodowodów potwierdzana była w oparciu o badania grup krwi.

Literatura

- Cervini M., Henrique-Silva F., Mortari N., Matheucci E. (2006). Genetic variability of 10 microsatellite markers in the characterization of Brazilian Nellore cattle (*Bos indicus*). *Genet. Mol. Biol.*, 29: 486–490.
- Duniec M., Stawarz K., Buys C., Bouw J. (1973). A closed system within blood group locus C of cattle. *Anim. Blood Grps. Bioch. Genet.*, 4: p. 185.
- Duniec M., Duniec M.J., Kościelny M. (1989 a). Fenogrupy układu grupowego krwi C u bydła czarnobiałego w Polsce. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 16, 2: 9–15.
- Duniec M., Kościelny M., Krzywda J., Duniec M.J. (1989 b). Układ grupowy krwi C u bydła: dziedziczenie nowo wykrytego antygeny PLB-9. *Mat. X Jubileuszowego Zjazdu PTG Wrocław*, s. 165.
- Duniec M., Duniec M.J., Kościelny M., Pilch E. (1996). A closed system within blood group locus B of cattle. *Proc. XXV Int. Conf. Anim. Genet.*, Tours; p. 29.
- Duniec M. J., Duniec M., Kościelny M. (1998). Additional polymorphism in A blood group system of cattle. *Anim. Genet.*, 29, Suppl.1: 10–23.
- Duniec M., Rychlik T., Duniec M.J., Kościelny M. (2000). PLB-8 – A newly detected antigen of the A blood group system in cattle. *Ann. Anim. Sci.*, 27, 4: 21–28.
- Duniec M., Rychlik T., Duniec M. J., Kościelny M. (2001). Genetic and serologic relations between antigens of the A blood group system in cattle. *Ann. Anim. Sci.*, 1, 1: 7–12.
- Duniec M., Rychlik T., Duniec M.J., Kościelny M. (2002 a). Blood group polymorphism in Simmental cattle raised in Poland. *Ann. Anim. Sci.*, 2 (1): 41–51.
- Duniec M.J., Duniec M., Rychlik T., Kościelny M. (2002 b). The bovine B blood group system is a closed system. *Ann. Anim. Sci.*, 2, 1: 53–62.
- Georges M., Lathrop M., Bouquet Y., Hilbert P., Marcotte A., Schwers A., Rupain J., Vassat G., Hanset R. (1990). Linkage relationships among 20 genetic markers in cattle. Evidence for linkage between two pairs of blood group systems: B-Z and S-F/V respectively. *Anim. Genet.*, 21: 95–105.
- Guerin G., Grosclaude F., Houlier G. (1981). The C system of cattle blood groups. 2. Partial genetic map of the system. *Anim. Blood Grps. Bioch. Genet.*, 12: p. 15.
- Kanemaki M., Morita M. (1984). New subtype and phenogroup relationships in cattle S blood group system. *Anim. Blood Grps. Bioch. Genet.*, 16, Suppl. 1: p. 18.
- Radko A., Duniec M., Ząbek T., Janik A., Natonek

- M. (2002). Polimorfizm 11 sekwencji mikrosatelitar-nych DNA i ocena ich przydatności do kontroli pochodzenia bydła. *Med. Wet.*, 58, 9: 708–710.
- Rehout V., Hradecka E., Citek J. (2006). Evaluation of parentage testing in the Czech population of Holstein cattle. *Czech. I. Anim. Sci.*, 51, 12: 503–509.
- Rychlik T. (2005). Kontrola wiarygodności rodowodów bydła w oparciu o markery genetyczne klasy I. *Mat. konf. nauk.: Markery genetyczne klasy pierwszej i drugiej w praktyce hodowlanej*, Balice, 19.10.2005, ss. 10–21.
- Rychlik T., Duniec M. (2005). Fenogrupy układu grupowego krwi S u bydła. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 32, 2: 5–10.
- Rychlik T., Duniec M. (2006). Fenogrupy układu grupowego krwi C u bydła ras czerwono-białej, holsztyńsko-fryzyskiej i Charolaise. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 33, 2: 183–192.
- Rychlik T., Kościelny M. (2009 a). Characteristics of phenogroups of the A blood group system in cattle of beef breeds. *Ann. Anim. Sci.*, 9, 3: 231–236.
- Rychlik T., Kościelny M. (2009 b). Wykorzystanie badań grup krwi w kontroli wiarygodności bydła. *Wiad. Zoot.*, XLVII, 3: 11–16.
- Rychlik T., Kościelny M. (2010). Genetic structure of gene reserve population of Whitebacked cattle based on blood group polymorphism. *Ann. Anim. Sci.*, 10, (3): 2015–212.
- Rychlik T., Duniec M.J., Duniec M., Kościelny M. (1999). Characteristics of the genetic structure of Polish Red cattle based on blood group studies. *Ann. Anim. Sci.*, 26, 4: 11–22.
- Rychlik T., Radko A., Kościelny M. (2008). Characteristics of the genetic structure of Red-and-White cattle based on blood group tests. *Ann. Anim. Sci.*, 8, 3: 215–223.
- Trela J., Kraszewska D., Trela E., Rychlik T., Żur F. (1984). Polimorfizm grup krwi i typów transferyn u bydła rasy polskiej czerwonej w rejonie zachowawczym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 267: 29–34.

RESEARCH ON INHERITANCE OF ERYTHROCYTE ANTIGENS IN CATTLE

Summary

The aim of the study was to obtain test reagents containing antibodies that identify certain erythrocyte antigens in cattle. These reagents were produced from immune sera obtained from animals that had been subjected to antigenic stimulation. Sera so obtained were standardized in International Comparison Tests organized by the International Society for Animal Genetics (ISAG).

The results of the last test, which the ISAG entrusted to the Laboratory of the Department of Animal Immuno- and Cytogenetics (now the Department of Animal Cytogenetics and Molecular Genetics) of the National Research Institute of Animal Production confirmed the high specificity of the test sera obtained in this laboratory. Reagents that identify over 90 blood cell antigens from 12 blood group systems were gradually obtained. The set of test reagents was used for genetic tests in studies on the inheritance of antigens in complex blood group systems of cattle (A, B, C and S) and to characterize the genetic structure of Red-and-White Polish Holstein-Friesian (PHF RW) and Polish Whitebacked cattle. Compared to earlier research, a much smaller number of B phenogroups was found in PHF RW cattle, possibly indicating a decrease in the variation of this cattle population. Compared to earlier research on the genetic structure of other breeds included in the genetic resources conservation system, Polish Whitebacked cattle were characterized by a higher degree of homozygosity and a much lower number of phenogroups in the B and C systems, which shows a decrease in the genetic variation of this cattle population. Identification of the genetic and serological relationships between antigens increased our knowledge of the differentiation and inheritance of blood groups in cattle. This research made it possible to verify parentage on a regular basis in Poland and to eliminate animals not derived from valuable parents specified in the pedigrees.