

동종면역에 의한 소 혈액형 표준혈청의 생산

신형두 · 한호재 · 이국경 · 강동복 · 양일석 · 권종국
서울대학교 수의과대학 생리학교실

Production of Standard Antisera for the Blood Typing in Cattle

H. D. Shin, H. J. Han, K. K. Lee, D. M. Kang, I. S. Yang and J. K. Kwun
College of Veterinary Medicine, Seoul National University, Suwon

Summary

This study was carried out to produce the antisera for the blood typing in cattle. Blood types of eighty cattle were previously determined by 56 kinds of internationally standardized antisera from Japan. The donor-recipient animal arrangements were determined according to the previously determined blood types of animals by the computer program SS-1 for efficient production of antisera. Six kinds of standard antisera, H, B', I2, C2, Z, U2, were produced by isoimmunization and absorption methods.

서 론

소의 혈액형에 관한 연구는 사람에서의 ABO system 혈액형 발견(Landsteiner, 1901) 이후 동종 정상항체에 대한 응집소의 분류를 통하여 시도되었다(Ottenberg and Friedmann, 1911; Fishbein, 1913). 그러나 동종정상항체에 의한 소 혈액형분류는 소의 적혈구가 응집하기 어려운 성질을 가지고 있고, 일반적으로 자연항체의 활성이 낮기 때문에 재현성있는 성적을 얻기가 어려워 현재에는 사용되지 않고있다.

소의 혈액형분류에 관한 최근 연구의 기초는 1900년 Ehrlich와 Morgenroth가 goat에 있어서 동종면역용혈소에 의해서 같은 종내의 개체간에 혈액형 항원성의 차이를 발견한 것과 1910년 Todd와 White가 소에 있어서 동종면역용혈소를 발견함에 의해서 이루어졌으며 Wisconsin 대학의 Irwin 등에 의해서 확립되었다. 즉 Ferguson(1941), Ferguson et al.(1942), Stormont와 Cumley(1943)는 주로 소의 동종면역과 이종면역을 통하여 여러개의 면역혈청을 생산하고 흡착조작에 의해 단일한 항체를 함유하는 항혈청(reagent) 30종류를 생산하였다. 그들은 같은 계보의 여러마리 소의 혈액형을 조사하여 적혈구항원의 출현이 유전적 형질에 의한 것임

을 밝혔다. 또한 그들은 추가로 다수의 새로운 적혈구항원 인자를 발견하였으며(Stormont et al, 1945; Stormont, 1950) 적혈구항원간의 여러개의 아형관계를 차차로 밝혀내었다. 또한 그들은 유전자 분석을 실시하여 몇개의 항원은 단독으로 유전하지 않고 여러개의 항원인자가 유전적단위를 이루어 유전된다는 것을 밝혀내고(Stormont et al., 1945) 이것을 phenogroup이라고 명명하였다(Stormont, 1955).

Stormont(1951)가 B 및 C system을 발견한 것을 계기로 하여, 소의 혈액형 유전 system의 해석이 진척되어 그 후 F system(Stormont, 1952; Stormont and Braend, 1962), J system(Stone and Irwin, 1954), A, L 및 SU system(Irwin, 1956; Stormont, 1961; Grosclaude and Millot, 1963), T' (Grosclaude, 1965), N' (Bouw 등, 1965)과 N, R' S' (Miller, 1966) 등의 혈액형 system들이 차차로 밝혀지게 되어 현재 A, B, C, F, J, L, M, S, Z, R' 및 T'의 11가지 system에 속하는 81여가지(ISABR, 1983, 1984)가 국제적으로 공인되어 있으며 계속해서 더욱 많은 항원이 발견되고 있다. 동물의 혈액형에 관한 국제 협력기구(ISABR: International Society for Animal Blood Group Research)에는 세계 여러 나라가 가입하여 자국내에서 사용하는 항혈청을 국제적으로 표준화시키고 있다. 이외에 혈

액성분다형 (serum biological polymorphism)을 이용한 혈액형분류가 병행되어 소 혈액형 분류에 있어서 적혈구 용혈반응과 상호보완적인 역할을 하여 혈액형분류를 보다 정확하게 하여주고 있다.

소의 혈액형분류는 각 소 품종을 확립하는데 필요한 뿐 아니라 수의 임상적으로 수혈, freemartin의 조기 검정 등에 진요하게 사용될 수 있고 소의 품종개발, 경제형질의 개발, 우수가축에 대한 공인 등록사업에 필수적인 사업이다. 그리고 근래에 이르러 수정란 이식, 인공수정, 수정란 분할, 핵치환 등의 생명공학이 발전함에 따라 생산된 사슴의 친자감별 사업이 더욱 더 절실히 필요하게 되었다. 이러한 필요성과 효율성 때문에 세계 각국에서 소 혈액형에 관한 연구가 활발히 진행되고 그 연구결과를 축산 각 분야에 적용하여 큰 효과를 얻고 있으나 국내에서는 여기에 대한 연구와 활용은 부진한 상태이다.

소 혈액형에 대한 국내의 연구는 1970년 "Z" 항원의 출현빈도에 관한 연구(이재홍, 1970), 1973년 김의 전기영동법에 의한 hemoglobin에 관한 연구가 있었으며 그 이후 권 등은 1986년 최초로 동종면역을 통해 T와 L 표준 항혈청을 제작함과 동시에 한우에 있어서 동종정상항체의 출현여부와 그 빈도를 보고하였고, 이어 1987년에는 Cl, J, Z, U" 표준항혈청을 제작하여 L, J, Z 혈액형인자의 출현 빈도를 조사(권 등, 1987)하고 한편 1988년에는 한우 213마리의 혈액형을 검사하여 한우 혈통분석의 기초를 확립하였으며 전기 영동법을 사용한 생화학적 방법을 이용하여 한우에서 혈액성분다형 중 albumin, amylase, carbonic anhydrase, ceruloplasmin형을 조사 하였으며 동종면역을 통해 R2, W, U', S, Z, B, D'의 7가지 표준 항혈청을 생산하였다.

이에 본 실험은 계속적으로 표준 항혈청의 생산을 시도하여 축산 발전에는 물론 수정란 이식 등의 생명과학 발전에 필수적인 소의 혈액형검사 체계를 확립하고 더 나아가 한우의 혈통학적 특질을 밝히 고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물

죽림 중앙회 산하 한우개발사업소(서산)에서 사

육되고 있는 한우 80두를 사용하였다. 적혈구 용혈 반응을 일으키는데 필요한 신선한 보체를 얻기 위하여 10여마리의 토끼에서 혈액을 채취하여 혈청을 분리하였다.

2. 혈액의 채취

혈액형 검사에 사용될 혈액은 채혈량의 약 1/5에 해당하는 sodium citrate saline을 함유한 screw cap tube 또는 EDTA를 함유한 진공 채혈관(녹십자의 공)을 사용하여 경정맥으로부터 약 5 ml씩을 채취하였다. 채취한 혈액은 냉장고(4°C)에 냉장보관하였다.

3. 혈액의 조작

혈액형 검사에 사용될 적혈구는 원심분리에 의하여 분리한 후 생리적 식염수로 1200g, 15분씩 3~4회 원심세정한 후 생리적 식염수를 사용하여 1.5%의 적혈구 부유액을 만들어 사용시까지 4°C에 냉장보관하였다.

4. 보 체

용혈반응에 사용될 보체는 신선한 토끼의 정상혈청을 사용하였다. 이들 혈청은 사용전에 소 적혈구와 반응시켜보아 소의 적혈구에 대한 비특이적 용혈소(non-specific hemolysin)가 나타나지 않은 것을 확인하고 사용하였다.

5. 용혈반응

용혈반응은 96공의 microplate(녹십자의공)를 사용하여 관찰하였다. 각 표준혈청을 조사할 적혈구수에 맞추어 각 검사공에 100 μ l씩을 분주하였고 대조로서는 혈청 대신에 생리적 식염수를 분주하였다. 여기에 각종의 1.5% 적혈구 부유액 50 μ l씩을 분주하고 titer mixer(Japan, Torika Co.)로 혼합한 후 37°C에서 15분간 정지시켜 비특이적 용혈반응의 유무를 관찰하였다. 비특이적 용혈반응이 관찰되지 않은 부분에 한하여 보체로서 신선한 토끼의 혈청 50 μ l를 분주하여 적혈구의 용혈여부를 관찰하였다. 용혈반응의 관독은 보체 투입후 1시간, 2시간, 4시간의 3회에 걸쳐 실시하였으며, 용혈의 정도는 다음 기준과 같이 산출현구의 비율에 따라 7가지로 구분하여 육안으로 판정하였다(Ferguson, 1941).

비용혈 : 0
 혼적 정도의 용혈 : tr(trace)
 25% 용혈 : 1
 50% 용혈 : 2
 75% 용혈 : 3
 혼적 정도의 혈구사춘 : 3+
 우선 용혈 : 4

6. 동종면역

일본으로부터 도입한 국제표준혈청을 이용하여 판명된 혈액형을 기초로 하여 공혈우와 수혈우를 결정할 후 면역 혈청을 생산하기 위하여 공혈우의 경정맥으로부터 약 15ml의 혈액을 채취하여 생리적 식염수를 사용해 3~4회 원심세정(1200g, 15분)한 후 50% 적혈구 부유액 10ml를 수 1회 6주간 수혈우의 등부에 근육 주사하였다. 최종 집중 후 7~10일 경과 후 수혈우의 경정맥으로부터 가능한 많은 양의 혈액을 채취하여 면역혈청 생산에 사용하였다. 생산된 면역혈청은 항온수조내에서 56°C, 30분간 비활성화시켜 보체와 효소를 파괴한 후 사용시까지 -20°C에서 냉동보관하였다(印牧, 1986).

7. 항체의 검색과 역가 측정

공혈우와 수혈우의 혈액형을 기초로 생성 기대되는 항체의 생성여부를 해당 혈액형인자를 지닌 소의 적혈구와 반응시킴에 의해 확인하고 흡착용 적혈구와 그에 대한 면역혈청의 흡착희석배수를 2진 희석법(two fold dilution method)에 의하여 결정하였다.

8. 흡착용 적혈구의 준비

흡착용 적혈구는 생리적 식염수를 사용하여 3~4회 원심세정(1200g, 15분)하여 사용시까지 50% 적혈구 부유액으로 냉장보관하였으며 흡착에 사용

하기 직전 원심분리하여 packed cell만 사용하였다.

9. 흡착에 의한 단일항체의 생산

희석배수가 결정되어 희석된 면역혈청을 각종의 packed cell이 5ml씩 분주된 screw cap tube에 동량으로 분주하여 잘 혼합한 후 37°C에서 약 2시간 동안 흡착시켰다. 흡착시킨 다음 1200g, 15분간 원심분리하여 상층의 혈청을 회수하였다. 단일한 항체를 함유한 항혈청을 생산하기 위하여 2차, 3차 흡착이 필요한 경우에는 위의 과정을 반복하였다.

10. 항체의 단일성 검정

위의 과정에서 생산된 항혈청이 단일한 종류의 항체를 지니는지의 여부를 검정하기 위해 일본에서 도입한 표준항혈청과 생산된 항혈청의 용혈반응을 비교하였다.

결 과

1. 동종면역우의 결정

본 실험실에서 보유하고 있는 computer program SS-1을 사용하여 한우 80두의 혈액형을 기초로 얻고자하는 항체를 생산할 수 있는 수혈우(recipient)와 공혈우(donor)를 선발, 결정하였으며 생성되는 항체의 종류를 예측하고 동종면역을 실시하였다(Table 1).

2. 생산된 면역혈청의 분석

생산된 면역혈청에서 얻고자 하던 항체의 생성여부와 그의 예측하지 못한 항체가 포함되어 있는지의 여부를 알아보기 위하여 Table 2와 같이 여러종류의 혈구를 사용하여 검색을 실시하였다. 즉 예측한 대로 donor의 혈구에서 가장 높은 항체역가를 나타

Table 1. Immunization for the production of anti-H

	Blood group of donor and recipient									
	A	B	C	F	J	L	S	Z	R'	
Donor	563	A1H	E'3	C2R2WX1L'	F	—	—	U'	Z	—
Recipient	506	A1	G2Y2I2K2 E'3G''	C2R2X1	FN'	—	—	SH'U1	Z	—
Expected antibodies	H, W, L', U'									

Table 2. Analysis of the antibodies produced in the unabsorbed serum No. 506

Red cell No.	Antigens against 506 antiserum	Antibody						Titer			
		2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024
563*	H, W, L', U'	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
506**	" - "	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
199	" - "	4	4	4	4	2	0	0	0	0	0
142	" - "	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
536	" - "	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
280	H	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0
543	W	4	4	2	1	0	0	0	0	0	0
155	L'	4	4	4	4	4	4	2	2	0	0
440	U'	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2
065	W, L', U'	4	4	4	4	4	4	4	4	2	0

* Donor

**Recipient

3. 흡착조작에 의한 표준혈청의 생산

Table 3. Production of anti-H by absorption on the No. 506 serum and comparison test

Red cell No.	Absorbed antibodies	Antibodies expected after absorption	Test cell(No.)			
			H+ (20)		H- (20)	
065	W, L', U'	H	20(+)	0(-)	17(-)	3(+)
199	Unknown factor	H	20(+)	0(-)	20(-)	0(+)

내었고 recipient의 혈구와는 용혈반응을 일으키지 않았다. 그리고 예측한 항체에 대한 항원(antigenic factor)을 하나도 지니지 아니한 혈구와 반응시킨 결과 3종류의 혈구중 2종류의 혈구와는 예상대로 용혈반응을 일으키지 않았지만 용혈반응이 일어나지 않으리라 예측된 199번 혈구와는 용혈반응을 일으켜 506번 면역혈청이 예측한 항체 이외의 항체를 포함하고 있음을 알 수 있었다. 또한 생성예측된 항체중 H, W, L', U' 중 각각 하나씩에 대한 혈액형인자를 지닌 4종류의 혈구와 반응시킨 결과 모두 용혈반응을 일으켜 생성예측한 항체는 모두 생성되었음을 알 수 있었다. 1차 흡착에 사용된 065번 혈구와는 256배의 항체역가를 나타내어 흡착시 면역혈청의 희석배수를 결정할 수 있었다.

분석한 결과를 토대로 Table 3에 나타난 바와 같이 065번 혈구와 흡착을 시켜 얻은 면역혈청을 표준혈청과 비교반응 실시하였다. 그 결과 H-positive인 20종류의 혈구에서는 예측한대로 모두 양성반응이 나왔고 H-negative인 20종류의 혈구 중 17종

류의 혈구에서는 반응이 나타나지 않았다. 그러나 H-negative인 혈구 중 3종류가 양성반응을 보여 미지의 항체(unknown factor)도 지니고 있다고 추측되었다. 그리하여 양성반응을 보이는 혈구중 199번 혈구와 흡착시킨 다음 40종류의 혈구에 대하여 표준혈청과 비교반응을 실시한 결과 그 반응성이 동일하여 H 표준혈청이라고 판단하였다.

위와 동일한 방법으로 B', C2, 12, Z, U2 표준혈청을 생산하였다.

고 찰

혈액형 검사를 위한 표준혈청의 생산은 먼저 국제적으로 표준화된 많은 수의 표준혈청을 도입하여 사용하고자하는 실험군에 대하여 혈액형을 검사하는 것이 필수적이다. 그러나 본 실험실에서 도입한 표준혈청은 모두 56종으로서 현재 국제적으로 표준화되어 있는 81종에 미치지 못하여 만들 수 있는 항혈청의 종류는 한정되었고 소 혈구에 존재하는

항원을 전부 검출하는 것이 불가능하였다. 또한 동종면역시 예측하지 못한 항체가 생산되거나 흡착 조작 후 원하는 항체 이외의 항체가 남아 있을 가능성이 있다. 그리하여 생산한 표준항체가 완전히 분리가 되어 한 종류의 항체만을 지니는지 또 그것이 국제적으로 표준화된 표준형청과 동일한 반응성을 지니는지의 여부는 국제적인 비교시험이 이루어져야 한다고 할 수 있다. 그러나 본 실험에서 생산된 6가지의 표준형청은 일본에서 도입한 표준형청과 그 반응성이 동일하여 국제표준형청과 동일하다고 할 수 있다. 추가로 한 가지의 항체만 지닌다고 생각되는 일종의 형질을 생산하였지만 국제비교시험이 불가능하여 그것의 종류를 알 수 없었다.

표준형청 생산방법에는 흡착에 의한 표준형청 생산 방법 이외에 열 해리에 의한 표준형청 생산 방법이 있다(印牧, 1986). 그것은 흡착과 동일한 방법으로 항원형청의 항체와 적혈구를 반응시킨 다음 원심분리하여 항원항체 결합물을 얻어서 이것을 phosphate buffered saline(PBS)에 3~4회 원심세정한 후 56°C로 가열하여 적혈구에서 항체를 해리하는 방법이다. 이 방법은 흡착법에 의한 방법보다 조작이 복잡하고 대량의 항원형청을 생산하기에는 부적절하다. 그러나 흡착법에 의해 분리가 불가능한 항체를 분리할 경우나 그 항원의 존재를 확인하는 것이 흡착법에 의해서는 곤란한 경우에 사용된다.

동종면역시 항체가 생산되는 시기와 역가는 같은 개체에서도 항원의 종류에 따라 다르다고 동일한 항원에 대해서도 recipient에 따라 다르다고 보고되어 있다(印牧, 1986). 본 실험에서도 생성되는 항체의 역가가 항체의 종류에 따라 다른 것은 확인하였지만 생성되는 항체별로 그 항체 역가를 확인하지는 아니하였다.

본 실험에서 생산된 H 적혈구 항원이 속하는 A system 내에는 A1, A2, Z'의 항원이 존재하며 이들 항원의 출현관계를 보면 Z'-A1-A2의 직선적 아형관계(linear subtype relationship)가 존재한다고 보고되어 있다(印牧, 1986).

본 실험에서 생산된 B', 12가 포함된 B system은 Stormont(1951)에 의해 명확히 밝혀진 system으로 가장 많은 혈액형 인자를 지닌 system이다. 현재 국제적으로 40종류의 항원이 보고되어 있고, 이들간에 phenogroup과 아형관계가 밝혀져 있다. B system의 phenogroup은 개체와 품종간의 유전적 특

질을 잘 나타내어 각종의 유전자 분석에 중요한 역할을 하며 현재 세계 각 우종에서 나타나는 B system phenogroup이 보고되어 있지만 우리나라의 재래우인 한우에서는 보고되지 않고 있다. B system 내에는 B-K, I1-I2, T1-T2, Y1-Y2, E'2-E'3, J'1-J'2 등의 9종류의 직선적 아형관계(linear subtype relationship)와 G1-G2-D'과 A1-A2-Ax의 2가지 비직선적 아형관계(non-linear subtype relationship)가 밝혀져 있다.

본 실험에서 생산한 C2가 속하는 C system은 14종류의 항원이 보고되어 있어 B system 다음으로 복잡한 system이다. 이 system 역시 C1-C2, R1-R2의 2개의 직선적 아형관계와 X1-X2-X'의 비직선적 관계가 일반적으로 인정되고 있고, 각 품종별로 나타나는 phenogroup이 서로 다르므로 유전자 분석에 도움을 주고 있다.

본 실험에서 생산한 U2가 포함되는 S system에는 10가지의 항원이 보고되어 있으며 S-H', U1-H'의 직선적 아형관계, S1-S2-U', U1-U2-U'의 비직선적 아형관계의 복잡한 관계가 존재하여 많은 연구가 이루어진 system이다(Stormont, et al., 1961; Buschmann, 1962; Grosclaude, 1965; Lazar et al.; 1972, Hines et al.; 1977, Kidd et al.; 1980, Hargrove et al.; 1980, Haenlein et al., 1980).

본 실험에서는 최초로 23두의 한우에 동종면역을 실시하여 30여종의 표준형청을 제작코자 계획되었지만 표준형청 생산 및 분석에 사용되는 혈액의 양과 종류가 방대하고 거기에 따르는 시간의 제약으로 충분한 분석과 생산이 어려웠다. 앞으로 이와같은 제반 어려움 즉 충분한 수의 소와 충분한 양의 혈액을 사용한다면 더 많은 종류의 표준형청을 효과적으로 생산할 수 있으리라 기대된다. 혈액형 검사사업은 축산 발전 및 수정란 이식등의 생명과학 발전에 필수적인 사업이며 하루속히 국내에서도 소 혈액형 검사 체제가 이루어져야 한다. 그러기 위해서는 우선 많은 수의 표준형청의 생산이 필요하며 동시에 전기영동법을 이용한 혈액성분다형(serum biological polymorphism)의 분류도 이루어져야 한다.

결 론

본 실험은 혈통등록사업 및 수정란 이식 또는 수정란 조작 등에 의하여 생산된 자손의 친자확인 등

에 필수적으로 이용되고 있는 소혈액형 검사체제를 확립하고 더 나아가 한우의 혈통학적 특질을 밝혀 고자 혈액형 검사에 필수적인 표준혈청생산을 시도하였다. 일본에서 도입한 56종의 국제표준혈청을 이용하여 실험대상우의 혈액형을 검사하고, 검사된 혈액형을 기초로 computer program SS-1을 이용하여 원하는 항체를 생산할 수 있는 donor와 recipient를 선발하여 동종면역을 실시하였으며 동종면역을 실시하여 얻은 면역혈청에 흡착조작을 가하여 흡착된 혈청은 국제표준혈청과의 비교실험에서 항체의 종류와 단일성을 검증하여 그 반응성이 국제표준혈청과 동일한 표준혈청 H, B', I2, C2, Z, U₂의 6가지 표준혈청을 생산하였다.

참 고 문 헌

- Ashton, G.C. (1964). Serum albumin polymorphism in cattle. *Genetics*, 50: 1421-1426.
- Ashton, G.C. (1965). Serum amylase (Thread protein) polymorphism in cattle. *Genetics*, 51: 431-437.
- Bouw, J., M. de Groot and Buys, C. (1965). A new blood group locus in cattle. *Genetica*, 36: 1-10.
- Braend, M. (1971). Hemoglobin variants in cattle. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genet.*, 2: 15-21.
- Fishbein (1913). Isoagglutination in man and lower animals. *J. Inf. Dis.*, 12: 133-139.
- Ferguson, L.C. (1941). Heritable antigens in the erythrocytes of cattle. *J. Immunol.*, 40: 213-242.
- Ferguson, L.C., Stormont, C. and Irwin, M.R. (1942). On additional antigens in the erythrocytes of cattle. *J. Immunol.*, 41: 147-164.
- Gahne, B. (1963). Inherited variations in the post-albumins of cattle serum. *Hereditas*, 50: 126-135.
- Gahne, B. (1963). Genetic variation of phosphatase in cattle serum. *Nature*, 199: 305-306.
- Gahne, B., Juneja, R.K. and Grolmus, J. (1977). Horizontal polyacrylamides gradient gel electrophoresis for the simultaneous phenotyping of transferrin, post-transferrin, albumin and post-albumin in the blood plasma of cattle. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genet.*, 8: 117-137.
- Grosclaude, F. and Millot, P. (1964). Alleles supplementaires an locus S de groupes sanguines des bovines. *Ann. Bio. Anim. Biochem., Biophys.*, 3: 119-124.
- Grosclaude, F. (1965). Note preliminaire sur un locus supplementaire de groupes sanguines des bovines, le locus T. *Ann. Biol. Anim. Biochem., Biophys.*, 5: 403-406.
- Irwin, M.R. (1956). Blood grouping and its utilization in animal breeding. *Proc. 7th International Congr. Anim. Husb.*, 7-14.
- Jamieson, A. (1966). The distribution of transferin genes in cattle. *Heredity*, 21: 191-218.
- Kristjansson, F.K. and Hickman, C.G. (1965). Subdivision of the allele Tfd for transferrins in holstein and Ayrshire cattle. *Genetics*, 52: 627-630.
- Krotlinger, F., Gill, K.D. and Thiele, O.W. (1980). Bovine J blood group activity in the lipids of erythrocytes of different age. *Blut.*, 40: 417-420.
- Landsteiner, K. (1901). *Über Agglutinationser-scheinungen normaler menschlicher. Blute.* *Wien Klin. Wschr.*, 14: 1132.
- Miller, W.J. (1966). Evidence for two new systems of blood groups in cattle. *Genetics*, 54: 151-158.
- Neiman-Sorensen, A. (1958). Blood groups of cattle. Immunogenetic studies on Danish cattle breeds. A/S Carl Fr. Mortenson, Kobenhavum, pp. 57-59.
- Osterhoff, D.R. and Politzer, N. (1970). A new allele in the bovine FV blood group system. *Proc. XI Europ. Conf. Anim. Blood Grps. Biochem. Gent.*, Warsaw, 1968; 135-142.
- Rendel, J. (1958). Studies of cattle blood groups. IV. The frequency of blood group genes in Swedish cattle breeds, with special reference to breed structure. *Acta Agric. Scand.*, 8: 191-215.
- Sartore, G., Stormont, C. Morris, B.G. and Grunder, A.A. (1969). Multiple electrophoretic forms of carbonic anhydrase in red cells of domestic cattle (*Bos taurus*) and American buffalo (*Bison bison*). *Genetics*, 61: 823-831.
- Schoroffel, J. (1970). Serum ceruloplasmin polymorphism in cattle. *Proc. XIth Europ. Conf. Anim. Blood Grps. Biochem. Polymorpho.* Warsaw,

- 1969, pp. 207-210.
24. Smithies, O. and Hickman, C. G. (1958). Inherited variations in the serum of cattle. *Genetics*, 43: 374-385.
 25. Stone, W.H. (1965). The J substance of cattle. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 97: 269-280.
 26. Stormont, C., M.R. Irwin and R. O. (1955). A possible allelic series of genes affecting cellular antigens in cattle. *Genetics*, 30: 25-26.
 27. Stormont, C. (1949). The acquisition of the J substance by bovine erythrocytes. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 35: 232-237.
 28. Stormont, C. (1950). Additional gene-controlled antigenic factors in bovine erythrocytes. *Genetics*, 35: 76-94.
 29. Stormont, C. (1951). The B and C system of bovine blood groups. *Genetics*, 36: 134-161.
 30. Stormont, C. (1952). The F-V and Z systems of bovine blood groups. *Genetics*, 37: 37-48.
 31. Stormont, C. (1955). Linked genes, pseudoalleles and blood groups. *Am. Naturalist*, 89: 105-116.
 32. Stormont, C. (1960). The convergence of the A-H and D systems of bovine blood groups. *Genetics*, 45(Abstr.): 1013.
 33. Stormont, C. Miller, W.J. and Sujuki, Y. (1961). The S system of bovine blood group. *Genetics*, 46: 541-551.
 34. 권종국, 이완, 김영훈, 이장현(1986). 한우 육종을 위한 혈액형에 관한 기초연구. *농시논문집*, 281-290.
 35. 권종국, 이완, 이장현, 신형두, 한호재(1987). 한우 육종을 위한 혈액형에 관한 기초연구(II). *농시논문집*, 351-362.
 36. 권종국, 이근상, 김희석, 양보석, 신형두, 이완, 이장현, 한호재(1988). 한우의 혈액형 분류를 위한 표준혈청의 생산 및 혈액형 분류. *한국축산학회지*, 7: 388-402.
 37. 김우권(1973). 여지 및 한천전기영동법에 의한 한우의 Hemoglobin phenotype에 관한 연구. *농어촌개발연구*, 7: 35-42.
 38. 이재홍(1970). 한우의 혈액형에 관한 연구.(제 1보) Z' 항원의 출현빈도에 관하여. *농어촌개발연구*, 5: 151-158.
 39. 並河鷹夫, 阿部恒夫(1970). 日本在來家畜調査團報告, 4: 74-75.
 40. 並河鷹夫(1972). 日本在來家畜調査團報告, 86-88.
 41. 熊岐一, 水原博, 森純一, 森伐五(1959). 和牛の血液形に關する研. 第3報和牛のJ物質について. *中國農試報告*, 4: 39-49.
 42. 阿部恒夫(1969). 日本在來家畜調査團報告, 3: 77-83.
 43. 阿部恒夫(1971). 牛の血液型とその應用. 家畜の血液型とその應用. 養賢堂, 東京, pp. 109-142.
 44. 阿部恒夫, 大石孝雄, 鈴木正三, 天野卓, 近藤恭司, 熊岐一雄(1968). 東亞の在來家畜に關する研究. *日畜會報*, 39: 523-535.
 45. 印牧美佐(1968). ウシ血液型システムノ遺傳學的解析とその應用. 名古屋大學 博士學位論文.