

돼지 생식기호흡기증후군 바이러스의 항체분포 및 역학조사

박최규 · 장정호 · 강영배 · 이창희* · 류영수** · 김현수***

국립수의과학검역원 · 제주대학교 수의학과*
건국대학교 수의학부** · 충남대학교 수의과대학***

(1998년 10월 20일 접수)

Seroprevalence and epidemiological analysis of porcine reproductive and respiratory syndrome virus in Korea

Choi-kyu Park, Chung-ho Chang, Yung-bae Kang, Chang-hee Lee* ,
Young-soo Lyoo** , Hyun-soo Kim***

National Veterinary Research and Quarantine Service, Anyang, Korea
*Department of Veterinary Medicine, Cheju National University, Chejudo, Korea**
*School of Veterinary Medicine, Kon-Kuk University, Seoul, Korea***
*College of Veterinary Medicine, Chungnam National University, Taejeon, Korea****

(Received Oct 20, 1998)

Abstract : A nation wide sero-epidemiological survey of porcine reproductive and respiratory syndrome(PRRS) was carried out to analyze the current status of the PRRS virus infections in the field using the indirect immunofluorescent antibody assay(IFA) with the field isolate PL96-1. Since the first report of the antibody detection to PRRSV in 1993, the prevalence of seropositive pigs has increased dramatically and the data indicate that over 21% of the pigs and around 60% of the farms showed seropositives to the PRRS virus. A slightly higher positive rate was recognized in breeders than fattenings and it might be due to the higher age at the time of testings. No significant regional differences were detected in the sero-epidemiological survey. Higher sero-positive rate in growers indicates that PRRSV infection in the field was common after weaning(around 40 days). However, the number of seropositive pigs were declined in fattening pigs. Sows showed around 26% of sero-positive rate that there is a higher chance of continuous virus circulation in the infected farms. Low rate of sero-positivity in boars(9.8%) implies that there is high demand in proper control measures to prevent virus spreading through breeding procedures such as natural or artificial insemination. Therefore it was concluded that PRRSV infection in domestic swine herds is endemic and the positive rate and economic losses will be increased by spontaneous infections in naive farms.

Key words : porcine reproductive and respiratory syndrome(PRRS), seroprevalence, Indirect immunofluorescent assay(IFA).

Address reprint requests to Dr. Choi-kyu Park, National Veterinary Research and Quarantine Services, Anyang 430-016, Republic of Korea.

서 론

돼지 생식기호흡기중후군(porcine reproductive and respiratory syndrome, PRRS) 바이러스는 임신모돈에서 유산, 사산, 미이라태아 분만 등 번식장애와 육성 비육돈에서 호흡기 질병을 유발하며 최근에는 모돈의 폐사를 일으키는 sow abortion and motility(SAM)의 원인체로도 주목받고 있다^{1,2}. 1991년 미국 및 유럽에서 최초 발생이 보고된 이후³⁻⁶ 세계 각국에서 분리보고가 되고 있으며 우리나라에서는 1993년 처음 바이러스가 분리되었으나⁷ 혈청학적인 검사결과에 따르면 1980년대 중반에 이미 국내에 유입되었을 것으로 판단된다⁸. 이 질병은 미국 등지에서 수입된 PRRS 감염종돈에 의해 국내에 유입된 것으로 판단되며, 이 질병에 대한 이해가 부족하던 당시에 아무런 방역조치 없이 감염종돈이 보급됨에 따라 쉽게 질병이 확산된 것으로 추정되고 있다.

PRRS 바이러스는 감염시 생식기와 호흡기 증상을 유발하지만 전파는 주로 호흡기를 통하여 이루지기 때문에 일단 감염시 전파속도가 매우 빠르다⁹⁻¹¹. 미국 아이오와주의 예¹²를 들어보더라도 1985년 3.8%에 불과하던 PRRS 감염종돈이 3년 뒤인 1988년에는 63%에 달하는 급격한 증가를 나타낼 정도로 PRRS 바이러스는 특정지역이나 양돈장에 일단 바이러스가 유입되게 되면 급속히 전파되는 경향을 나타내었다. 우리나라에서는 1993년 바이러스가 분리될 당시의 혈청학적 검사결과, 검사한 돼지 혈청의 12.7%가 항체 양성을 나타내었음을 보고한 바 있으며⁸ 4년후인 현재의 감염상황은 미국의 예를 보아 추정할 때 상당한 감염율의 증가가 예상된다.

PRRS의 효과적인 방제대책을 수립하기 위해서는 전국적, 지역적인 발생상황이나 농장별 발생양상 등 정확한 역학정보를 수집하는 작업이 선행되어야 하며 이를 위해서는 돼지 혈청시료를 대상으로 PRRS 바이러스의 특이항체의 분포를 파악하는 것이 매우 유용할 것으로 판단된다. PRRS의 항체진단법으로는 혈청중화시험, 면역효소단층법(Immuno peroxidase monolayer assay, IPMA), 간접형광항체법(Indirect immunofluorescent antibody assay, IFA), 효소면역법(Enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA) 등이 보고되어 있으며^{6,13-17} 우리나라에서는 간접형광항체법을 주로 사용하고 있다^{8,18}.

이 연구에서는 전국에서 수집된 돼지 혈청을 대상으로

간접형광항체법을 이용하여 PRRS 바이러스의 항체분포를 조사하여 현재의 발생 및 역학상황을 파악함으로써 효과적인 PRRS 방역의 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

검사재료 : 1997년에 전국의 308개 양돈장으로부터 6,000 여점의 돼지 혈청을 채취하였으며, 대상 양돈장들은 PRRS 예방접종 실시경력이 없는 농장이었다. 채취혈청은 56℃에서 30분간 비동화시킨 다음, 항체검사시험에 공시하였다.

바이러스 및 배양세포 : PRRS 바이러스 국내분리주 PL96-1 strain을 원숭이 신장세포 유래인 MA-104 cell에 배양하여 사용하였고 바이러스의 역가는 10^6 TCID₅₀/ml이었다.

간접형광항체 plate 제작 : 간접형광항체 검사를 위한 혈청검사용 plate는 류 등¹⁸의 방법에 따라 제작하였다. 우태아 혈청이 5% 첨가된 α -MEM(Gibco, USA) 배지에 MA-104 cell을 2×10^5 /ml씩 산정하여 96 well strip plate(Costar, USA)에 첨가한 다음, CO₂ incubator(37℃)에서 하룻밤 배양하였다. 단층이 형성된 세포를 PBS(pH 7.2)로 2회 세척한 다음, α -MEM으로 10^3 TCID₅₀/ml 되게 희석한 PRRS 바이러스 PL96-1 strain을 well당 100 μ l씩 접종하고 48시간동안 배양하였다. 배양이 끝난 plate는 well 내의 배양액을 제거한 후 PBS(pH 7.2)로 2회 세척하였고, 실온에서 공기건조한 다음, 100% cold methanol을 well당 100 μ l씩 첨가하여 실온에 10분간 고정하였다. 고정이 끝난 plate는 -20℃ 냉동고에 보관하면서 필요시 꺼내어 사용하였다.

간접형광항체법 : 비동화시킨 돼지혈청을 멸균 PBS(pH 7.2)로 10배 희석한 다음, IFA 혈청검사용 plate의 각 well에 100 μ l씩 첨가하고, 37℃에서 1시간 반응시켰다. 반응이 끝난 plate는 PBS(pH 7.2)로 3회 세척한 다음, 적당히 희석된 FITC-conjugated Anti-swine IgG(Cappel, USA)를 well당 50 μ l씩 첨가하고 37℃에서 1시간 반응시켰다. 반응이 끝난 plate를 PBS로 세척한 다음, 형광현미경으로 경검하여 특이형광을 나타내는 세포의 유무를 관찰하여 판독하였다.

검사결과 분석 : 검사혈청을 지역(도)별, 양돈장(비육농장 및 종돈장)별, 돼지의 종류(자돈, 육성·비육돈, 모돈 및 웅돈)별로 구분하여 검사결과를 분석하였다. 또한 검사농장 단위별로 PRRS 항체양성율을 조사하여 농장

별 PRRS 항체양성돈 보유현황을 분석하였다.

결 과

전국적 항체분포 : 전국적으로 308개 농장에서 수집한 6,221점의 돼지 혈청을 대상으로 간접형광항체검사를 실시한 결과, 농장별로는 182개 농장에서 항체양성돈이 검출되어 59.0%(182/308)의 농장이 PRRS 바이러스에 노출

되었음을 알 수 있었다(Table 1). 지역별로는 제주도 지역이 40.0%(8/20)로 가장 낮았고, 전북지역이 81.2%(13/16)로 가장 높은 양성율을 나타내었다. 돼지 개체별로는 전국적으로 21.0%(1,309/6,221)의 양성율을 나타내었고, 지역별로는 충남지역이 양성율 7.5%(23/304)로 가장 낮은 항체분포를 나타내었고, 전북지역이 양성율 39.8%(86/216)로 가장 높은 항체분포를 나타내었다(Table 2).

Table 1. The prevalence of the PRRS virus seropositive swine herds in 1997

Province	No. of herds examined	No. of Seropositive herds	Positive ratio(%)
Kyunggi	108	61	56.4
Kangwon	18	13	72.2
Chungbuk	18	9	50.0
Chungnam	12	6	50.0
Junbuk	16	13	81.2
Junnam	24	15	62.5
Kyungbuk	48	30	62.5
Kyungnam	44	27	61.3
Cheju	20	8	40.0
Total	308	182	59.0

Table 2. Detection of antibody to the PRRS virus in 6,221 swine sera collected from various province during 1997

Province	No. of pig examined	No. of Seropositive pigs	Positive ratio(%)
Kyunggi	2,461	511	20.7
Kangwon	383	112	29.2
Chungbuk	206	60	29.1
Chungnam	304	23	7.5
Junbuk	216	86	39.8
Junnam	254	74	29.1
Kyungbuk	1,155	201	17.4
Kyungnam	956	194	20.2
Cheju	286	48	16.7
Total	6,221	1,309	21.0

Table 3. Distribution of swine herds in the categorized seropositive ratio to the PRRS virus

Province	No. of herd examined	No. of herds by seropositive ratio(%)							
		Neg*	≤5	6-10	11-20	21-30	31-40	41-50	>50
Kyunggi	108	46	5	8	11	11	9	12	6
Kangwon	18	5		3	1		1	2	6
Chungbuk	18	9	1				1	3	4
Chungnam	12	6	1	1	1	3			
Junbuk	16	3		1	3		1	1	7
Junnam	24	9	1		2	2	3	1	6
Kyungbuk	48	18	5	3	6	1	7	4	4
Kyungnam	44	17	3	4	5	5	4	3	3
Cheju	20	13		3	3			1	
Total(%)	308(100.0)	126(40.9)	16(5.2)	23(7.5)	32(10.4)	22(7.1)	26(8.4)	27(8.8)	36(11.7)

* Neg : Negative to PRRS virus antibody.

양돈장별 항체 분포조사 : 308개 양돈장에 대하여 양돈장별로 PRRS 바이러스 항체 양성돈 보유율을 조사한 결과, 126개 농장(40.9%)이 PRRS 바이러스 항체 음성으로 나타나 여전히 PRRS 바이러스 감염이 없는 양돈장이 상당수 존재하고 있음이 확인되었다. 5% 이하에서 50% 이상까지 항체 양성돈 보유율별 양돈장의 분포를 분석한 결과, 항체 양성돈 보유율 50% 이상의 심한 감염을 보이는 양돈장이 36개 농장(11.7%)인 반면 5% 이하의 낮은 양성율을 보이는 양돈장도 16개 농장(5.2%)으로 나타나 농장간 항체 양성돈 보유상태가 다양함을 알 수 있었다(Table 4).

Production stage 별 항체분포 : 자돈, 육성돈, 비육돈, 모돈 및 웅돈의 PRRS 바이러스 항체 양성율을 조사한 결과, 모돈의 항체 양성율이 26.3%(798/3,029)였으며, 30일령 이하의 어린 자돈의 항체 양성율은 8.8%(36/406)로 평균 양성율에 비해 현저히 낮은 양상을 나타내었다. 그러나 31~70일령의 육성기 자돈들의 항체 양성율은 27.6%(160/579)로 평균치 이상으로 상승하였고, 71일령 이후 150일령 사이의 비육돈의 항체 양성율은 다시 평균치 이하인 15.4%(222/1,441)로 하강하는 경향을 보였다. 웅돈의 항체 양성율은 조사두수 132두중 13두에서 양성율 나타내어 개체별 양성율은 9.8%를 나타내었다(Table 4).

농장형태별 항체분포 : 종돈장(144개 양돈장)과 일반

비육농장(164개 양돈장) 총 308개 농장을 대상으로 PRRS 바이러스 항체 양성율을 조사하였다. 일반 비육농장의 항체 양성율이 51.2%인 반면 종돈장의 양성율은 68.0%로 오히려 높게 나타났으며, 돼지 개체별 양성율도 일반돈 14.6%에 비하여 종돈이 25.6%로 더 높게 나타났다(Table 5).

고 찰

돼지 생식기호흡기중후군은 1987년 미국에서 처음 발생보고된 이후^{3,4} 유럽 각국과^{5,6,19}, 캐나다²⁰, 대만²¹, 일본²² 등 세계 각국에서 발생이 확인되었으며 현재는 양돈산업이 활발한 거의 모든 나라에서 발생하고 있다. PRRS 바이러스의 전파경로는 감염돈과의 접촉감염⁹, 비좁은 오줌을 통한 감염¹¹, 공기감염^{10,11}, 감염웅돈의 정액을 통한 전파²³ 등 다양한 경로가 보고되고 있으며 농장간의 전파는 감염돈의 도입에 의해^{1,24}, 농장내 전파는 감염돈의 비말, 타액, 오줌, 분변 등을 통한 접촉감염에 의해 주로 전파가 이루어진다^{25,16,27}. 이와같이 PRRS 바이러스는 전파경로가 다양하고 전파속도가 매우 빨라서 일단 감염이 이루어진 지역이나 농장은 단시간에 바이러스가 만연하게 되며 바이러스의 배설이 장기간 지속되므로 근절 또한 용이하지 않다^{2,23,25}.

Table 4. PRRS virus antibody status of pigs at different age groups

	Age groups*					Total
	≤30 days	31-70 days	71-150 days	Sow	Boar	
No. of pigs tested	406	579	1,441	3,029	132	5,587
No. of seropositive pigs	36	160	222	798	13	1,229
%	8.8	27.6	15.4	26.3	9.8	22.0

* : The data were analyzed from the serum cases that the age of the tested pigs were confirmed correctly.

Table 5. Comparison of PRRS virus antibody status of pigs between breeding and growing farms

Farms	Seroprevalence of farm			Seroprevalence of pigs		
	No. of tested	No. of seropositive	%	No. of tested	No. of seropositive	%
Breeding farm	144	98	68.0	3,609	927	25.6
Growing farm	164	84	51.2	2,612	382	14.6
Total	308	182	59.1	6,221	1,309	21.0

우리나라에서는 1993년 처음으로 바이러스가 분리되었으며⁷ 동년도에 PRRS 바이러스에 대한 혈청학적 검사를 실시한 결과 전국에서 수집한 돼지혈청 1,126점중 143점이 항체 양성을 나타내어 돼지 개체별 양성율이 12.7%인 것으로 보고되었다⁸. 4년이 지난 1997년 전국적으로 308개 양돈장에서 채취한 돼지 혈청에 대하여 PRRS 바이러스 항체검사를 실시한 결과 양돈장별로는 59.0%(182/308)의 농장이 항체 양성돈을 보유하고 있었으며 돼지 개체별로는 21.0%(1,309/6,221)가 항체 양성을 나타내어 미국의 성적과 비슷한 수준으로 나타났으며¹² 불과 3년 사이에 전국적으로 급속한 전파가 이루어졌음을 알 수 있었다(Table 1, 2).

농장별 PRRS 바이러스 항체율을 분석한 결과 40.9% (126/308)의 양돈장이 PRRS 바이러스 항체 보유돈 음성으로 나타났으며(Table 3), 양성 양돈장은 5% 이하에서 50% 이상까지 다양한 항체 양성돈 보유율을 나타내었다. 또한 돼지 종류(연령)별 항체분포 조사결과, 모돈의 항체양성율이 26.3%, 30일령 이하의 어린 자돈은 8.8%로 현저히 낮은 양성율을 보이다가 31~70일령의 육성기 자돈들은 평균치 이상(21.0%)인 27.6%로 항체 양성율이 상승하는 것으로 보아 3~4주령 전후에서 재감염이 이루어지는 것으로 판단되며 71일령 이후 150일령 사이의 비육돈의 항체 양성율은 다시 평균치 이하인 15.4%로 하강하는 경향을 보였다(Table 4). 이러한 결과는 국내 양돈장에 대한 PRRS 바이러스의 방제대책을 수립할 때는 일률적인 대책을 제시해서는 안되며 양돈장별로 감염상황 및 피해상황을 분석한 다음, 농장사정에 적합한 다양한 방제전략을 수립한 후에 접근하여야 효과를 거둘 수 있음을 시사한다.

308개 양돈장을 종돈장과 일반 비육농장으로 구분하여 PRRS 바이러스 항체 양성율을 조사한 결과 일반 비육농장의 항체 양성돈 보유율이 51.2%인 반면 종돈장은 68.0%로 오히려 높게 나타났다. 또한 돼지 개체별 양성율도 일반돈 14.6%에 비하여 종돈이 25.6%로 높게 나타나 종돈장의 PRRS 바이러스 감염이 더 심각함을 알 수 있었으며(Table 5), PRRS 바이러스의 감염이 감염종돈을 통해 많이 이루어지고 있음을 간접적으로 시사하였다. 또한 웅돈의 항체 양성율도 9.8%(13/132)로 나타나 인공수정시 감염웅돈의 정액을 통하여 바이러스가 전파될 가능성을 배제할 수가 없었다(Table 4). 따라서 종돈장 및 인공수정센타 웅돈에 대한 PRRS 바이러스에 대한 위

생강화가 요구되는 실정이다.

이상의 연구결과 PRRS 바이러스의 역학상황을 파악할 수 있었고 이러한 자료는 PRRS에 대한 효율적인 방제 및 피해감소 대책을 수립하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

결론

돼지 생식기호흡기중후군 바이러스의 국내 발생상황 및 역학상황을 파악하기 위하여 전국적으로 308개 양돈장으로부터 채취한 6,221점의 돼지 혈청에 대하여 간접형광항체검사를 실시하였다. 전국적으로 59.0%의 양돈장이 PRRS 바이러스에 노출되었음을 알 수 있었고 이중 항체 양성돈 보유율 50% 이상인 양돈장이 36개 농장(11.7%)인 반면 5% 이하의 낮은 양성율을 보이는 양돈장도 15개 농장(4.5%)으로 나타나 농장간 항체 양성돈 보유분포가 다양함을 알 수 있었다. 돼지 개체별로는 전국적으로 21.0%(1,309/6,221)의 양성율을 나타내었으며 이를 모돈, 자돈 및 육성·비육돈으로 구분하여 분석한 결과 3~4주령의 자돈에서 PRRS 바이러스의 재감염이 이루어지는 것으로 판단되었다.

종돈장과 일반 비육농장을 구분하여 PRRS 바이러스 항체 양성율을 조사한 결과 종돈장의 양성율이 오히려 높게 나타났으며 돼지 개체별 양성율도 일반돈에 비하여 종돈이 높게 나타나 종돈장의 PRRS 바이러스 감염이 더 심각함을 알 수 있었으며 PRRS 바이러스의 감염이 감염종돈을 통해 많이 이루어지고 있음을 간접적으로 시사하였다. 또한 웅돈의 항체 양성율도 9.8%(13/132)로 나타나 인공수정시 감염웅돈의 정액을 통하여 바이러스가 전파될 가능성이 높았다. 따라서 종돈장 및 인공수정센타 웅돈에 대한 PRRS 바이러스에 대한 위생강화가 요구되는 실정이다.

이상의 연구결과 PRRS 바이러스의 국내 감염 및 역학상황을 파악할 수 있었고 이러한 자료는 PRRS에 대한 효율적인 방제 및 피해감소 대책을 수립하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Benfield DA, Collins JE, Jenny AL, et al. Porcine reproductive and respiratory syndrome. in Disease of

- swine 7th edition, Iowa state university press, 1992.
2. Zimmerman JJ, Yoon KJ, Wills RW, *et al.* General overview of PRRSV : A perspective from the United States. *Vet Microbiology* , 55:187-196, 1997.
 3. Keffaber KK. Reproductive failure of unknown etiology. *Am Assoc Swine Pract Newsletter* , 1(2):1-10, 1989.
 4. Hill H. Overview and history of mystery swine disease (swine infertility/respiratory syndrome). Proc Mystery Swine Disease Committee Meeting, Livestock Conservation Institute, Denver, CO, pp. 29-31, 1990.
 5. White M. "Blue ear" disease in pigs. *Vet Rec* , 128:574, 1991.
 6. Wensvoort G, Terpstra C, Pol JMA, *et al.* Mystery swine disease in the Netherlands: the isolation of Lelystad virus. *Vet Q* , 13:121-130, 1991.
 7. Kweon CH, Kwon BJ, Lee HJ, *et al.* Isolation of porcine reproductive and respiratory syndrome virus(PRRSV) in Korea. *Korean J Vet Res* , 34(1): 77-83, 1994.
 8. Shin JH, Kang YB, Kim YJ, *et al.* Sero-epidemiological studies on porcine reproductive and respiratory syndrome in Korea: I . Detection of indirect fluorescent antibodies. *RDA J Agri Sci* , 35(2):572-576, 1993.
 9. Rossow KD, Bautista EM, Goyal SM, *et al.* Experimental porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection in one-, four-, and 10-week-old pigs. *J Vet Diagn Invest* , 6: 3-12, 1994.
 10. De Jong MCM, Kimman TG. Experimental quantification of vaccine-induced reduction in virus transmission. *Vaccine*, 12: 761-766, 1994.
 11. Wills RW, Zimmerman JJ, Swenson SL, *et al.* Transmission of PRRS virus by contact vs. airborne exposures. In Proc. 75th Conf. Res. Workers Anim. Dis. Chicago, IL. p. Abstract 243, 1994.
 12. Owen WJ, Uhlenhopp EK, Hill HT, *et al.* Tracking SIRS in the 1980s : Preliminary analysis of the Iowa NAHMS swine serum bank. In : Proc. Livest Conserv. Inst. pp. 243-244, 1992.
 13. Morrison RB, Collins JE, Harris L, *et al.* Serologic evidence incriminating a recently isolated virus(ATCC VR-2332) as the cause of swine infertility and respiratory syndrome(SIRS). *J Vet Diagn Invest* , 4:186-188, 1992.
 14. Yoon IJ, Joo HS, Christianson WT, *et al.* An indirect fluorescent antibody test for the detection of antibody to swine infertility and respiratory syndrome virus in swine sera. *J Vet Diagn Invest* , 4:144-147, 1992
 15. Yoon IJ, Joo HS, Goyal SM, *et al.* A modified serum neutralization test for the detection of antibody to porcine reproductive and respiratory syndrome virus in swine sera. *J Vet Diagn Invest* , 6:289-292, 1994.
 16. Albina E, Leforban Y, Baron T, *et al.* An enzyme linked immunosorbent assay(ELISA) for the detection of antibody to porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Ann Rec Vet* , 23:167-176, 1992.
 17. Houben S, Callebaut P, Pensaert MB. Comparative study of a blocking enzyme linked immunosorbent assay and the immunoperoxidase monolayer assay for the detection of antibody to porcine reproductive and respiratory syndrome virus in pigs. *J Virol Methods* , 51:125-128, 1995.
 18. Lyoo YS, Park CK, Chang CH. Diagnostic manual for animal diseases. I-Kong world press, Seoul, Korea, 1997.
 19. Baron T, Albina E, Leforban Y, *et al.* Report on the first outbreaks of the porcine reproductive and respiratory syndrome virus(PRRSV) in France. Diagnosis and viral isolation. *Ann Rech Vet* , 23:161-166, 1992.
 20. Dea S, Bilodeau R, Sauvageau R, *et al.* Virus isolation from farms in Quebec experiencing severe outbreaks of respiratory and reproductive problems. Proc Mystery Swine Disease Committee Meeting, Livestock Conservation Institute, Denver, CO, pp. 67-72, 1990.
 21. Chang CC, Chung WB, Lin MW, *et al.* Porcine reproductive and respiratory syndrome(PRRS) in Taiwan. I . Viral isolation. *J Chin Soc Vet Sci* , 19:268-276, 1993.
 22. Murakami Y, Kato A, Tsuda T, *et al.* Isolation and serological characterization of porcine reproductive and respiratory syndrome(PRRS) viruses from pigs with reproductive and respiratory disorders in Japan. *J Vet Med Sci* , 56:891-894, 1994.

23. Swenson SL, Hill HT, Zimmerman JJ, *et al.* Excretion of porcine reproductive and respiratory syndrome virus in semen after experimentally induced infection in boars. *J Am Vet Med Assoc* , 204:1943-1948, 1994.
24. Zimmerman JJ, Sanderson T, Ernisse K, *et al.* Transmission of SIRS virus in convalescent animals to commingled penmates under experimental conditions. Proc. of American Association of Swine Practitioners-1st Int. PRRS Symp. 4(4):25, 1992.
25. Yoon IJ, Joo HS, Christianson WT, *et al.* Persistent and contact infection in nursery pigs experimentally infected with porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus. *Swine Hlth. and Prod.* 1(4): 5-8, 1993.
26. Christianson WT, Joo HS. Porcine reproductive and respiratory syndrome : A review SW. *Health Prod.* 2: 10-28, 1994.
27. Wills RW, Zimmerman JJ, Yoon KJ, *et al.* Porcine reproductive and respiratory syndrome virus : a persistent infection. *Vet Microbiol* , 55: 231-240, 1997.