

# <구제역 백신주 선정 및 접종횟수에 따른 경제성 분석 검토 보고서>

2015. 9. 10.

강원대학교 수의과대학 박선일

(주)한별팜텍 이승윤

대한한돈협회

**(사)대한한돈협회**

2015년 한돈자조금 연구사업의 일환으로 진행되었습니다.

## 목 차

<요 약> .....	3
1. 연구배경 .....	4
2. 연구목적 .....	7
3. 분석자료 .....	8
4. 선행연구 문헌고찰 결과 .....	8
5. 결과 .....	20
5.1 자료원별 출하건수 및 출하두수 .....	20
5.2 구제역 백신접종에 따른 이상육 발생 피해 금액 분석 .....	20
5.3 구제역 백신 항원 선택 .....	30
5.4 구제역 백신접종 횟수 .....	38
5.5 도축장 소독시설 현대화 사업 이행 .....	40
6. 종합 결론 .....	40
7. 향후 연구제언 .....	43

## 〈 요약 〉

### 1. 배경

- 1) 2011년 1월 13일 전국적인 구제역 백신 접종 정책이후, 도축돈에서 이상육이 평상시에 대해 높게 증가하였음.
- 2) 선행 조사 자료 등에 의하면 구제역 백신접종 전에는 평균 4~5%의 이상육 발생, 2011년 1회 접종 이후 46.5% 내외의 이상육 발생건수, 2015년 2회 접종지역의 도축돈에서는 73.7% 내외의 발생건수가 조사되었음.
- 3) 이상육으로 인한 돼지의 손실금액은 미접종 기간이었던 2010년에는 두당 1,302원, 1회 접종 기간에서는 두당 8,286원, 2회 접종 기간에서는 17,378원으로 조사되었음.
- 4) 구제역 백신접종 횟수에 따른 경제성 분석과 백신의 접종횟수, 접종백신의 항원종류 등을 고려할 수 있도록 본 보고서를 작성하였음.

### 2. 결론

- 1) 백신의 접종횟수를 1회에서 2회 접종은 항체가 형성율과 깊은 관계가 있으나, 다회 접종시에도 완벽한 방어효과는 나타나지 않고, 경미한 증세를 보이는 실험결과(검역본부)가 있음. 백신의 항원 종류 및 접종횟수에 따른 항체가, 중화항체, 현장에서 방어능력 등에 기초적인 연구수행 결과가 부족한 상황에서 두당 17,378원의 이상육 손실(연간 2,780억 손실 추정)를 감수하면서 2회 접종을 추진해야 하는 것인지에 대해서는 산업적 피해와 방역 측면에서 균형점을 고려해야 할 것으로 보임.
- 2) 이러한 측면에서 발생지역에는 2회 접종, 비발생 지역에서는 1회 접종이 권고됨.
- 3) 백신주 선정에 있어서는, 구제역 백신이 동일한 혈청형에 대해서만 방어효과가 있고 다른 혈청형 바이러스에 대해서는 효과가 없기 때문에 국내 발생 위험이 높은 바이러스 혈청형을 혼합한 다가백신이 대안이 될 수 있으나 국내에 보급되고 있는 백신종류별 방어효과(매칭 문제), 접종시기, 접종방법, 접종횟수, 접종용량 등에 대한 정밀한 연구결과가 필요하며, O형 3039 백신의 효능평가를 제외한 기타 백신을 대상으로 수행한 연구결과는 보고된바 없음.
- 4) 다가백신을 접종하는 정책이 설득력을 갖기 위해서는 ① 국내 유입 가능성에 대한 정확한 위험평가 ② 주변국의(미보고) 발생 혈청형에 대한 자료 입수 및 분석 ③ 단가 백신과 비교할 때 다가백신 접종에 따른 농가 추가비용 발생 ④ 단가백신과 다가백신의 면역형성 능력 차이 비교·분석 등의 증거가 추가로 요구되어야 할 것임.
- 5) 따라서 백신주 선정은 우선적으로 국내 발생 혈청형을 위주로 하는 단가백신을 공급하는 것을 적극 검토하여야 할 것임.

## 1. 연구배경

### 1-1. 구제역 백신접종에 따른 이상육 발생 증가

- 구제역을 방어하기 위해서는 체액성 면역이 매우 중요한 요인이므로 효과적인 면역 항체를 유도할 수 있는 백신접종은 예방효과와 더불어 확산 대응 수단으로 매우 효과적임. 백신을 접종하는 경우 임상증상을 완화하고 전파속도를 경감하는 효과는 있으나, 백신을 접종했거나 접종한 이후 항체가 형성되었다고 해서 구제역 감염을 완벽하게 막을 수 있는 것은 아님
- 구제역 생독백신을 접종하는 경우 강독 바이러스로 병원성을 회복할 가능성이 있기 때문에 불활화백신을 세계적으로 널리 사용하고 있음. 구제역 사독백신은 불화화된 바이러스 항원에 오일(oil) 부형제(adjuvant, Seppic사 제품 Montanide ISA206)를 50:50으로 혼합하여 이중오일형태(W/O/W)로 제조함
- 소와 돼지에 대한 구제역 백신접종으로 기대되는 효과는 있으나 2011년 전국적인 백신접종 이후 국내 양돈현장에서는 백신접종에 기인한 이상육 발생과 생산성 저하로 농가 손실이 증가하고 있으며, 백신을 접종했음에도 불구하고 항체형성률이 미약한 농장에 대하여 과태료를 부과함으로써 경제적 손실을 가중시킨다는 문제점이 지속적으로 제기되었음(별첨 보도자료 참고). 그러나 정부에서는 이에 대한 정확한 실태 파악을 위한 계획도 수립하지 않고 있어 농가의 불신을 초래하여 백신접종에 따른 이상육 발생에 대한 정확한 실태 파악이 요구됨

### 1-2. 우리나라의 구제역 백신정책의 불확실성

- 2000년 국내에서 발생한 구제역에 대한 방역조치로 정부에서는 긴급백신접종(ring vaccination)을 실시하였음(표 1).
- 2010.11.29일 경북 안동에서 발생한 구제역이 12.14일 경기 파주·연천 등 전국적으로 확산됨에 따라 12.25일부터 소에 대해 제한적인 예방접종을 시작한 후 구제역 확산의 선제적 차단과 비발생 지역을 보호하기 위해 2011.1.13일 부터 전국의 모든 소와 돼지에 대해 예방접종을 실시함

표 1. 국내 구제역 발생 현황

구분	2000년	2002년	2010년		2010-2011년	2014.7	2014-2015(잠정)
			2010.1(포천)	2010.4(강화)	2010.11(안동)		
발생 시기	봄 (23일) (3.24~4.15)	봄-여름 (53일) (5.2~6.23)	겨울 (28일) (1.2~1.29)	봄 (29일) (4.8~5.6)	가을 (145일) (11.28~4.21)	여름 (15일) (7.23~8.6)	겨울-봄 (147일) (12.3-4.28)
발생 지역	3개도 6개 시·군 15건(소 15)	2개도 4개 시·군 16건(소 1, 돼지 15)	1개도 2개 시·군 6건(소 6)	4개도 4개 시·군 11건(소 7, 돼지 4)	11개도 75개 시·군 153건(소 97, 돼지 55, 염소 1)	2개도 3개 시·군 3건(돼지 3)	7개도 34개 시·군 185건(소 5, 돼지 180)
	파주, 화성, 용인, 홍성, 보령, 충주	안성, 용인, 평택, 진천	포천, 연천	강화, 김포, 충주, 청양	부산, 대구, 인천, 울산, 대전, 경기, 강원, 충북, 충남, 경북, 경남	의성, 고령, 합천	
혈청형	O형	O형	A형	O형	O형	O형	O형
원인	수입진초/해외여행객(휴대축산물)	외국인 근로자 관리 소홀	외국인 근로자 관리 소홀	농장주 구제역 발생지역 여행	농장주 구제역 발생지역 여행	백신 미실시	
방역조치	182농가 2,216두	162농가 160,155두	55농가 5,956두	395농가 49,874두	6,241농가 3,479,962두	3농가 2,009두	170,000두
	소 2,021두, 돼지 63, 염소·사슴 132	소 1,372두, 돼지 158,708, 염소·사슴 75	소 2,905두, 돼지 2,953, 염소·사슴 98	소 10,858두, 돼지 38,274, 염소·사슴 742	소 150,864두, 돼지 3,318,298, 염소·사슴 10,800	돼지 2009두	
	예방접종(Ring)	예방접종 배제	예방접종 배제	예방접종 배제	<b>전국 예방접종</b>	전국 예방접종	전국 예방접종
피해액	2,725억원	1,058억원	272억원	1,040억원	27,383억원	17억원	400억원
청정국 회복일	예방접종 중단 후 1년	이동제한 해제(8.14) 후	이동제한 해제(3.23) 후	이동제한 해제(6.19일) 후	최종발생: 11.4.21 (영천)	이동제한 해제(9.4) 후	
	2001.8.31	2002.11.29		2010.9.27	백신접종 청정국 2014.5.29	백신접종 중, 종식선언 안함	

- 현재 농가에 공급되고 있는 백신의 종류는 다음과 같음

표 2. 백신유형에 따른 단가비교 (원/도스)

바이러스 혈청형	백신주	O	O	O+A	O+A	O+A+ Asia 1	O+A+ Asia 1
O	O1 Manisa		✓		✓		✓
	O 3039		✓		✓		✓
	O SKR	✓		✓		✓	
A	A/TUR			✓		✓	
	A/Iran22				✓		✓
Asia 1	Shamir					✓	✓
공급단가		800	1,650	1,600	1,980	2,400	2,100

(자료: 농장공급된 가격(추정가격포함) 대입)

- 2010.10.12. ~ 2011.8월: 단가백신(O1 manisa) 공급
- 2011. 9월 이후: 3가 혼합백신(O1 manisa + A22 Iraq + Asia Shamir) 공급
- 2012. 1월 이후: 3가 혼합백신(O Manisa, A Malaysia 97, Asia 1 Shamir) 공급
- 2015. 3월 이후: 돼지에 대하여 O형 단가백신(O Manisa + O3039) 공급

○ 양돈현장에서는 기존의 3가 백신의 효능에 대하여 잠재적 문제가 있음을 지속적으로 제기해 왔음. 상시 백신접종을 위한 백신주 선택은 방역과 백신비용, 이상육 발생에 따른 농가의 경제적 손실, 구제역 (단가 및 다가) 백신의 방어효과 등을 종합적으로 고려하여 판단할 필요가 있으나 현재 이와 관련한 자료가 매우 부족한 상황임

○ 또한 구제역 바이러스의 항원 변이 가능성이 상대적으로 높다는 점을 고려하여 백신접종 이후 모니터링과 주변 국가의 백신주 선택에 대한 지속적인 사례조사, 주변국에서 발생하고 있는 바이러스의 유전자 정보 분석과 구제역 세계표준연구소(Pirbright, 영국)의 백신매칭률(r1값) 보고서 분석 등을 통해 국내 상황에 적합한 백신을 신속하게 공급할 수 있는 체계를 구축할 필요가 있음

### 1-3. 정보 공유의 비대칭성

○ 백신정책의 성공여부는 국내에 적합한 신속한 백신공급과 농가의 철저한 백신접종이 필수적이므로 이를 위해서는 관련 정보를 생산자 단체를 포함한 이해당사자에게 수시로 제공하고 협의하는 것이 중요함에도 불구하고 이와 관련한 정보를 제공하지 않거나 제한적으로 공개함으로써 정보 공유의 비대칭성이 심화되어 농

가의 불신을 초래하였음

- 사례 1: 백신매칭률이 낮은 단가백신(O1-Manisa백신주의  $r1=0.14$ ) 선택에 대하여 방역 당국에서는 고역가백신(6PD50이상)이고 OIE 추천주로 구제역 방어에 유효한 것으로 보도(농식품부 감사결과)
- 사례 2: 구제역 백신 미접종 농가에 대하여 단순히 항체형성률(PI값 50 이상일 경우 양성으로 판단)만으로 과태료 부과기준을 시행함으로써 과학적 근거가 없는 상태에서 수시로 정책을 변경하여 농가의 불신을 초래(농식품부 감사결과)
- 사례 3: 국내에서 발생한 O형 바이러스로 만든 백신주가 국·내외(국외: 2012년, 국내: 2013년)에 있었음에도 이에 대한 적정성 및 사용가능성 등에 대한 검토 미흡 및 충북 진천바이러스의 경우 인터벳사가 국내(안동) 발생 바이러스로 만든 백신주와 백신매칭률이 0.92~1.0으로 매우 높게 나옴(농식품부 감사결과)

## 2. 연구목적

- 상기와 같은 배경에서 본 연구에서는 다음과 같은 결과를 도출하고자 함

첫째, 구제역 백신접종 횟수에 따른 이상육 발생 피해 금액(경제성) 분석

둘째, 구제역 백신 항원의 단가 및 다가 선택에 따른 비용 추계

## 3. 분석자료

- 출하돈의 이상육 발생 현황은 가공장 2개소에서 관련 자료를 제공받아 분석하였으며(표 3), 이상육 발생 현황을 비교하기 위하여 백신 미접종 기간(2010년), 1회 접종기간(2014년), 2회 접종기간(2015년)으로 구분함

표 3. 자료추출 기간

자료원	2010년	2014년	2015년
선진	2010.6.30 ~ 11.25	2014.6.29 ~ 11.26	2015.3.1 ~ 7.29
도드람	2010.7.1 ~ 11.30	2014.7.1 ~ 11.28	2015.3.2 ~ 7.31

- 본 보고서에서 이상육은 구제역 백신접종에 기인하여 도축시 비화농성 육아종 (granuloma)과 같은 조직반응(tissue reaction)을 보이는 근육조직을 의미하는 용어로 사용하였으며, 정상육은 이상육이 검출되지 않은 경우를 의미함
- 이상육 발생건수와 관련하여 도드람양돈농협에서는 삼겹살에서 발생한 이상육 발생건수는 제외한 후 자료를 제공하였음

#### 4. 선행연구 문헌고찰 결과

- 구제역 백신접종과 이상육 발생 간의 관련성에 대하여 국내에서 수행된 연구 사례는 백신접종 부위 이상육 과다발생 원인분석 및 감소방안(도드람양돈농협, 2012), 구제역 백신 접종에 따른 항체가 수준과 접종 부위 및 주사침 종류에 따른 병리조직학적 병변(고은영, 2013), 구제역 백신접종이 육아종(이상육) 형성에 미치는 영향(한돈협회, 2014) 등 매우 제한적임. 이들 연구의 결과를 요약하면 다음과 같음.

##### [연구 1: 도드람양돈농협(2012)]

- 연구배경
  - 구제역 백신접종으로 주사부위(이근부) 화농 발생 증가
  - 화농 발생 증가율이 전국적으로 전년대비 평균 20~30% 증가
  - 화농 발생률은 접종 이전 수준으로 회복하지 못하고 있음
  - 지속적인 백신접종이 이루어지는 상화에서 원인과약 및 대책 마련 시급
  - 이상육 발생에 따른 경제적 손실: D가공장 목심에 발생된 이상육(화농) 공제 금액을 백신접종 이전인 2010년과 접종 이후에 출하된 2010~2012년의 이상육 공제 금액을 비교한 결과 2010년 총 공제 금액은 3억6백만원이었으나 2011년의 경우 20억6백만원으로 전년도에 비하여 약 6.3배의 경제적 손실이 발생하였음(표 4)

표 4. 목심 부위 화농발생 정산 금액(단위: 백만원)

		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
2010	농장	10	14	22	18	14	9	12	8	9	13	11	13	153
	업체	10	14	22	18	14	9	12	8	9	13	11	13	153
	합계	10	28	44	36	28	18	24	16	18	26	22	26	306
2011	농장	9	8	97	65	53	37	48	40	42	38	44	71	552
	업체	9	8	124	196	159	111	143	118	126	115	131	214	1,454
	합계	18	16	221	261	212	148	191	158	168	153	175	285	2,006
2012	농가	71	66	50	54	64	53	-	-	-	-	-	-	358
	업체	213	198	150	162	192	159	-	-	-	-	-	-	1,074
	합계	284	264	200	216	256	212	-	-	-	-	-	-	

※ 화농발생에 의한 공제액 비율(2011.3.28.~2012.6.30.): 농장 25%, 업체 75%

○ 연구목적

- 구제역 백신접종 전·후 화농 발생 현황 비교 분석
- 주사방법에 대한 농가환경(사양관리) 등 사례조사
- 화농 발생 개체별 항체형성률 비교 분석
- 백신접종 방법 제안

○ 실험방법(구제역 백신접종 부위에 따른 화농발생 비교)

- 접종부위: 둔부접종, 이근부 접종. 부위별 각각 4개 농장 160두 대상
- 접종일령: 8주령, 13주령, 6주령
- 접종방법: 실험군 1침1두(19G 단침), 대조군 돈방당 1침(대조군은 실험에 참여 농가에서 출하되지 않은 나머지 돈군)
- 최종 가공장에서 화농발생 여부 확인

○ 연구결과

- 접종부위별 화농 발생률은 건수 기준으로 둔부 접종군에서 10%로 가장 낮았음(표 5)

표 5. 접종 부위별 화농 발생률

접종부위	건수 기준 발생률				중량 기준 발생률	
	실험군		대조군		실험군(%)	대조군(%)
	출하두수	발생률(%)	비출하두수	발생률(%)		
둔부	70	10	1,457	26.9	0.02	0.74
이근부	71	26	2,235	35.4	0.17	0.97
무침	135	25.9	574	42.8	0.72	1.11

- 주사침 사용 횟수와 화농 발생률 간의 관련성에 대한 실험 결과 대조군(1침 10-25두)과 1침1두 사용시 화농 발생률은 각각 32.0%와 18.4%로 발생률의 차이는 발생건수 기준으로 약 13.6%로 나타나 1침1두를 사용할 경우 화농 발생률이 감소하였음(표 6)

표 6. 접종방법별 화농 발생률

	건수 기준 발생률(% , 20두)		중량 기준 발생률	
	실험군	대조군	실험군	대조군
검사두수	141	3,682	17,464	333,708
발생건수	26	1,180	14.2	2,970
발생률(%)	18.4	32.0	0.08	0.88

※ 실험군: 1침1두, 대조군: 1침 10두~25두

- 백신제조사별 화농발생 건수를 비교하고자 안성 소재 모든 1,000두 규모에 2012년 2월 중순 13주령 돼지에 대하여 시판용 2종의 백신을 구분하여 접종 후 출하 시점의 가공장에서 화농발생 건수를 2개월간 분석한 결과 36.6-38.4%의 발생률을 보였음(표 7)

표 7. 구제역 백신제조사별 화농 발생 건수 비교(2012년)

	구분	5월	6월	계
A사	검사건수(가공두수)	1,445	1,312	2,757
	발생건수	552	507	1,059
	(%)	38.2	38.6	38.4%
B사	검사건수(가공두수)	472	401	873
	발생건수	152	168	320
	(%)	32.2	41.9	36.6%

<병리조직 육안검사(표 8)>

① 심한 화농(Severe abscess)

- 근육부위에 광범위하게 화농이 발생하였으며, 총 276건의 검사 조직 중 23건 (8.4%)에서 화농 관찰
- 둔부 접종(A군) 1건(1.4%), 이근부 접종(B군) 7건(9.9%), 이근부 무침 접종(C군) 15건(11.1%)으로 둔부에 주사침을 이용한 백신 접종군에서 백신접종 부작용이 가장 낮았음. 백신 성분이 이근부의 지방으로 접종된 경우 흡수 불량으로 조직에 장기간 잔류하여 염증을 악화시킬 가능성이 있음

② 육질 변색 및 육아종성 병변(discoloration of meat and granulomatous lesion)

- 근육의 병변부위는 육안적으로 염증으로 인해 연한 갈색으로 변색
- 피하지방의 병변은 염증으로 인해 연한 갈색으로 변색
- 병변 내 작은 크기의 육아종이 집중 혹은 산발적으로 관찰
- 총 276건의 검사 조직 중 38건(13.8%)의 염증과 육아종성 병변 관찰

표 8. 병변 조직의 육안 검사

접종부위 및 방법	병변	심한 화농 (%)	육질의 변색 및 육아종성 병변(%)	발생건수 계 (%)
	농장			
둔부/주사침 (A)	가	0	3	7
	나	0	2	
	다	1	1	
	라	0	0	
소계(%)		1/70 (1.4)	6/70 (8.6)	7/70 (10)
이근부/주사침 (B)	마	3	1	19
	바	2	3	
	사	0	4	
	아	2	4	
소계(%)		7/71 (9.9)	12/71 (16.9)	19/71 (26.8)
이근부/무침 (C)	차	15	20	35
소계(%)		15/135 (11.1)	20/135 (14.8)	35/135 (25.9)
합계(%)		23/276 (8.4)	38/276 (13.8)	61/276 (22.1)

<병리조직학적 검사(표 9)>

- 부형제 잔류 발생률: 17.8%(49/276)
- 화농 발생률: 8.3%(23/276)
- 육아종 발생률: 20.7%(57/276)
- 섬유화 발생률: 21.0%(58/276)

표 9. 병변 종류별 검사

접종부위 및 방법	검사항목 농장	부형제 잔류	화농	육아종	섬유화
		(%)	(%)	(%)	(%)
둔부/주사침 (A)	가	2	0	3	3
	나	0	0	0	2
	다	1	1	2	2
	라	0	0	0	0
소계(%)		3/70 (4.3)	1/70 (1.4)	5/70 (7.1)	7/70 (10.0)
이근부/ 주사침 (B)	마	3	3	3	3
	바	4	2	5	5
	사	3	0	3	4
	아	5	2	6	6
소계(%)		15/71 (21.1)	7/71 (9.9)	17/71 (23.9)	18/71 (25.3)
이근부/무침 (C)	차	31	15	35	33
소계(%)		31/135 (22.9)	15/135 (11.1)	35/135 (25.9)	33/135 (24.4)
합계(%)		49/276 (17.8)	23/276 (8.3)	57/276 (20.7)	58/276 (21.0)

## [연구 2: 고은영(2013)]

- 백신접종에 따른 이상육 발생률 분석(출하돈 조사)
  - 백신접종 이전(2010.1-12월)과 접종(2011.1-2012.12월) 기간 동안 경기도 안성 소재 도축장으로 출하된 총 704,410두 조사(2010년 243,234두, 2011년 177,783두, 2012년 283,393두)
  - 주사 접종 부위인 이근부를 육안으로 확인하여 이상육 발생 건수를 모두 확인하였으며, 이상육 발생 비율은 이상육 발생 건수(A)와 총 검사건수(T)의 비(A/T)로 계산
  - 손실액: 제거된 이상육 중량을 모두 측정하여 주간 판매 가격을 곱하여 이상육 발생에 따른 경제적 손실을 측정함. 주간 판매가격(범위)은 2010년 6,450원~7,950원/kg, 2011년 3,175원~10,800원/kg, 2012년 3,300원~8,750원/kg
  
- 백신접종 효과 및 부작용 평가(항체형성률)
  - 분만 4~5주 전 구제역 백신을 접종한 모돈에서 태어난 생후 56일령의 이유자돈(Landrace× Yorkshire)
  - 실험군: 이근부 유침 주사 접종군(A군 71두), 둔부 유침 주사 접종군(B군, 70두), 이근부 무침 주사 접종군(C군, 135두)
  - 백신: 3가 혼합백신 [O(Manisa)+A(Iraq)+Asia1(Shamir), Decivac®, Intervet]
  - 부형제: montanide ISA 206(Sepic Co)인 waterin oil in water(W/O/W) 제품
  - 접종: 2ml씩 각각 생후 56일령(8주령)에 접종. 유침 접종의 경우 1두 1침
  - 채혈: 각 실험군에 대하여 8, 12, 16, 22주령에 채혈
  
- 백신접종 부위 이상육 평가 및 경제적 손실액 추정
  - 이상육 판정: 백신접종 시험군에 대하여 생후 25주령 돼지가 출하될 때 백신접종 부위를 관찰하였으며, 병변은 심한 화농 및 육아종성 결절로 구분
  - 이상육 발생 부위를 중심으로 도려내어 총 중량을 측정한 후 출하시점의 주간 판매가격 3,775원/kg을 곱하여 이상육 발생에 따른 경제적 손실 추정
  
- 연구결과
  - 구제역 백신 정책 실시에 따른 이상육 발생률은 백신 접종 전 4.2%에서 접종 후 2011년 33.7%, 2012년 41.8%로 현저히 증가하였음(그림 1)

- 이상육 발생에 따른 경제적 손실액(출하돈 조사): 접종 전 약 3억 원에서 접종 후 2011년 20억원, 2012년 28억원으로 2010년과 비교할 때 2011년 약 6.6배, 2012년 약 9.3배 증가하였음(표 10)

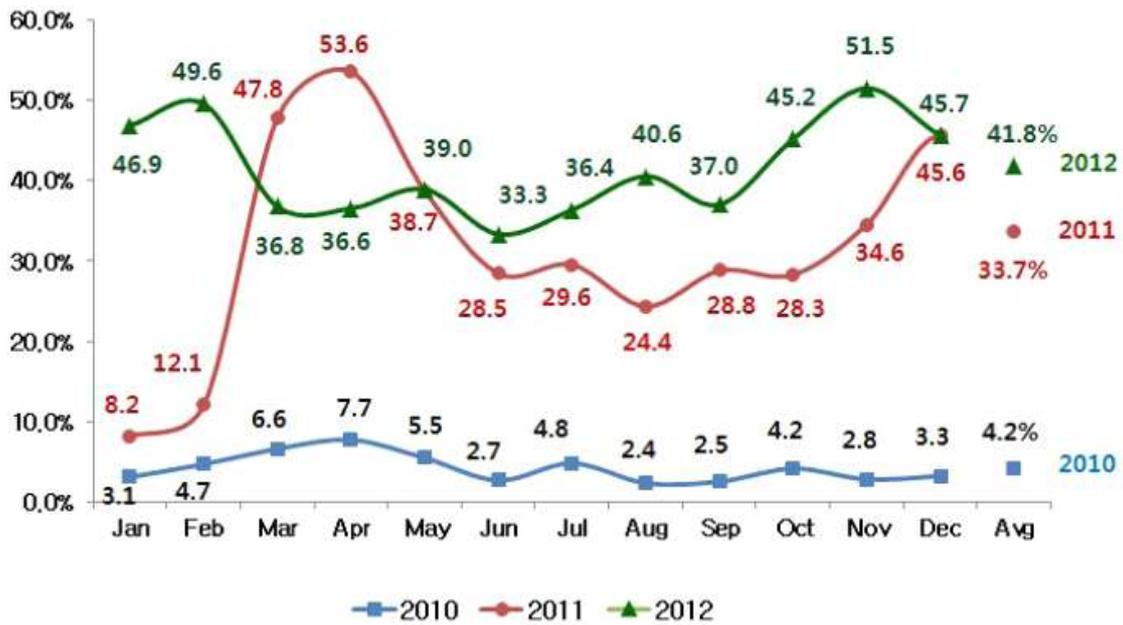


그림 1. 구제역 백신접종 전·후 이상육 발생률

표 10. 구제역 백신접종에 따른 이상육 발생에 기인한 경제적 손실액(단위: 백만원)

연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
'10	20	28	44	36	28	18	24	16	18	26	22	26	306
'11	18	16	221	261	212	148	191	158	168	153	175	285	2,006
'12	284	264	200	216	256	212	248	260	240	212	241	212	2,845

- 화농: 백신접종 부위 및 주사침 방법 구분에 따른 백신접종 부위의 화농발생률은 A군(이근부 유침주사) 7건(9.9%), B군(둔부 유침주사) 1건(1.4%), C군(이근부 무침 접종) 15건(11.1%) 등 총 23건(8.3%)의 화농이 관찰되었음(표 11)

- 이상육: A군(이근부 유침주사) 12건(16.9%), B군(둔부 유침주사) 6건(8.6%), C군(이근부 무침 접종) 20건(14.8%) 등 총 38건(13.8%)의 육아종성 병변이 관찰되었음(표 11)

표 11. 구제역 백신접종 부위의 육안 평가

실험군	검사두수	화농 (%)	육아종 병변 (%)	합계 (%)
A군	71	7 (9.9)	12 (16.9)	19 (26.8)
B군	70	1 (1.4)	6 (8.6)	7 (10.0)
C군	135	15 (11.1)	20 (14.8)	35 (25.9)
계	276	23 (8.3)	38 (13.8)	61 (22.1)

※실험군: 이근부 유침 주사 접종군(A군), 둔부 유침 주사 접종군(B군), 이근부 무침 주사 접종군(C군)

- 백신접종 시험군에서 이상육 발생에 따른 경제적 손실액 추정: 시험군의 두당 경제적 손실액은 A군(이근부 유침주사) 583원, B군(둔부 유침주사) 178원, C군(이근부 무침 접종) 2,545원으로, A군과 C군은 kg당 2,367원의 가격 차이를 보였음(표 12)

표 12. 이상육 발생에 따른 경제적 손실액 추정

실험군(두)	이상육(kg)	두당 이상육(kg)	경제적 손실(원)	두당 경제적 손실(원)
A군(71)	10.9	0.15	41,418	583
B군(70)	3.3	0.05	12,458	178
C군(135)	91.0	0.67	343,525	2,545

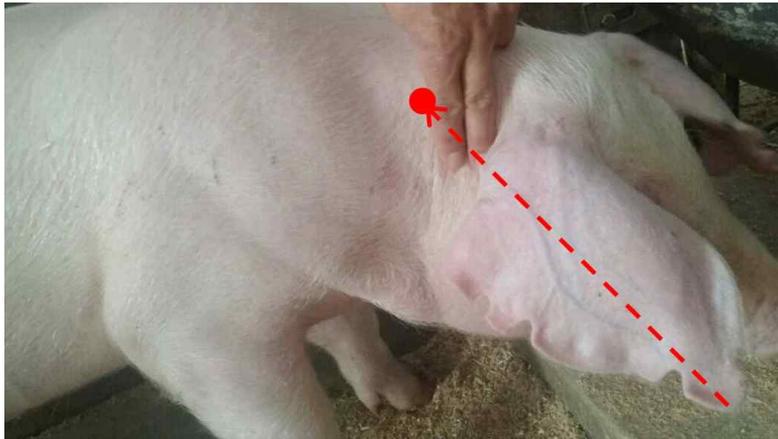
※실험군: 이근부 유침 주사 접종군(A군), 둔부 유침 주사 접종군(B군), 이근부 무침 주사 접종군(C군)

- 구제역 백신접종 시험군에서 이상육 발생에 따른 경제적 손실은 둔부 접종군이 이근부 접종군보다 두당 손실이 가장 적었고, 무침 접종군의 두당 손실이 가장 높은 것으로 나타나 둔부의 유침 접종은 구제역 백신접종에 의한 부작용을 줄일 수 있는 방법으로 판단됨.

### [연구 3: 한돈협회(2014)]

- 추진배경
  - 양돈 현장에서 백신접종 후 이상육(육아종 및 화농) 발생 문제 제기
  - 일부 양돈농가에서 이상육 발생으로 백신접종 기피 현상 초래
  - 백신접종 후 면역반응에 대한 야외실험 제안 및 추진
- 실험기간: 2014.5 - 10월
  - 접종일: 2014. 5. 27(60일령 도달일)
  - 접종일령 및 횟수: 60일령에 2ml 1회 접종(양돈 전문 수의사)
  - 일정 구간별 도축, 항체가, 이상육 형성유무 조사
- 실험 방법
  - 1개 농장에서 1두1침(대조군), 5두1침(정부권장), 10두1침(현장사례) 접종
  - 접종 후 구간별 도축, 항체 형성과 이상육 발생 및 회복상태 변화 추적
  - 최종 도축단계에서 이상육 발생 비율 조사
- 실험 농장 및 도축장
  - 농장: 경기도 이천 보람영농법인(모든 농장), 위탁장: 경기 안성 명성 농장
  - 도축장: 도드람 LPC
  - 가공장: 도드람 푸드/선진 푸드
- 실험 내용
  - 농장 당 3그룹(1침1두, 1침5두, 1침10두)으로 나누어 총 164두 접종(그림 2)
  - 주사 부위: 우측 이근부 바로 뒤에서 두 손가락 마디 정도 떨어진 곳에 접종(이근부 4~5cm 부위). 기타 접종(철분, 단독, 콜레라, PCV2 등)은 좌측에만 접종
  - 접종 후 1개월 간격으로 10두씩 도축하여 접종 후 경과시점별 이상육 발생 유무 조사
  - 주사방법별 구분을 위해 동일돈방에 사육, 도축시 섞임 방지위해 이표 부착(노란색: 1두 1침, 초록색: 5두 1침, 파란색: 10두 1침)
  - 백신: (주)대성미생물, 제조일(2013.9.2, 제조번호 23FMOK12P)
  - 접종 후 월령에 따라 도축 후 이상육 및 항체가 검사 진행

- 주사 부위 -



귀 정중앙을 따라 귀 뒤로 손가락 2개(약 2~3cm) 끝나는 부분



그림 2. 양돈 수의사에 의한 백신접종

○ 실험 결과

① 접종방법에 따른 이상육 발생률(표 13, 그림 3)

- 염증성 병변은 검출되지 않아 부형제와 화농 발생 간의 관련성은 없을 것으로 추정되나 염증성 반응으로 진행되고 있는 일부 개체가 확인됨
- 접종 1개월 경과: 90%(27/30)
- 접종 후 2개월 경과: 80%(24/30)
- 접종 후 3개월 경과: 90%(24/30)
- 접종 후 4.5개월 경과: 40%(16/40)

표 13. 이상육 발생률

접종방법	접종 두수 (5.27)	접종 후 경과 일수			
		1개월 (6.25)	2개월 (7.22)	3개월 (8.27)	4.5개월 (10.14)
1침1두	55	10/10	7/10	8/10	1/14
1침5두	54	10/10	8/10	8/10	3/10
1침10두	55	7/10	9/10	8/10	12/16
계	164	90% (27/30)	80% (24/30)	80% (24/30)	40% (16/40)

[참고: 메이라알사 아시아 지역 마케팅 본부장(Sacha Seneque) 회의 결과]

- 백신접종에 따른 면역과정에서 이상육(육아종)이 발생하지만 시간이 경과하면서 크기가 감소(회복)함
- 2011년 일본의 실험에서도 15-20%의 이상육이 발생한 사례가 있음
- 태국, 말레이시아 등 동남아시아의 돼지고기 수출 가공장에서 이상육 발생 사례로 클레임이 제기된적이 있었음.

② 이상육 회복상태

- 접종 기간이 경과할수록 이상육 발생이 감소하는 경향을 보임

③ 접종방법에 따른 이상육 회복률

- 접종 후 1개월 시점에서는 접종방법별로 70-100%의 이상육이 발생되었으나 최종 출하단계인 접종 4.5개월이 경과한 시점에서는 1침1두 7.1%(1/14), 1침5두 30%(3/10), 1침10두 75%(12/16)를 보여 1침 다두를 사용할 경우 이상육 회복률이 낮게 나타남

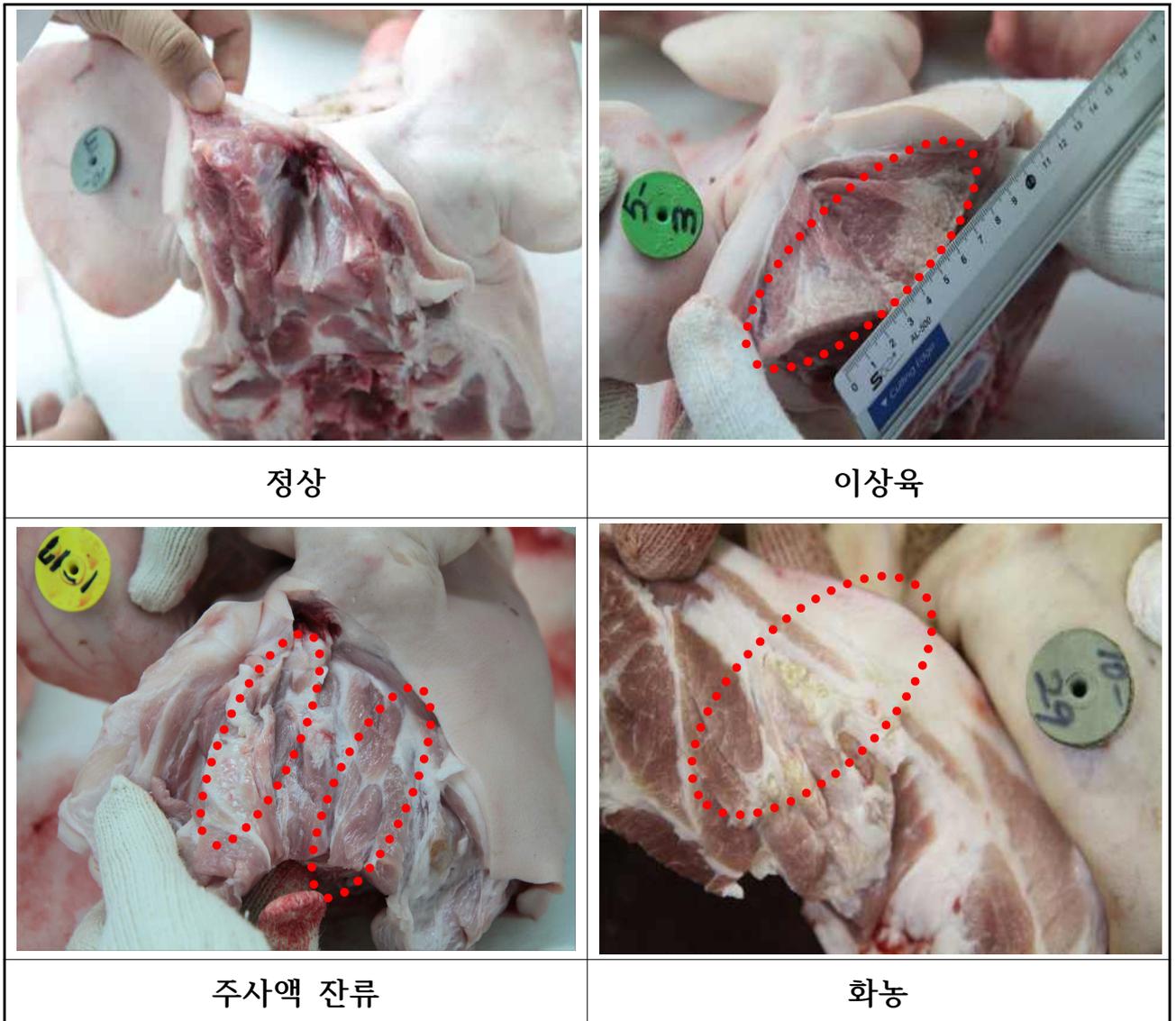


그림 3. 이상육의 형태

**[연구 4: 농림축산검역본부와 한돈협회(2015)]**

- 농림축산검역본부와 한돈협회가 2014년 공동으로 수행한 연구에서 O3039가 포함된 3가 백신 2회 접종군에서 이상육이 89% 발생한 것으로 조사됨

## 5. 결과

### 5.1 자료원별 출하건수 및 출하두수

- 분석에 사용된 자료는 선진 897건, 도드람 5,629건 등 총 6,526건의 도축자료를 사용하였음(표 14)
- 구제역 백신 접종횟수별로 미접종 기간 1,761건, 1회 접종 2,408건, 2회 접종 2,357건임(표 15, 표 16).

표 14. 자료원별 기초통계량

자료	출하건수(%)	출하두수(%)
선진	897 (13.7)	49,919 (11.9)
도드람	5,629 (86.3)	371,057 (88.1)
계	6,526 (100.0)	420,976 (100.0)

※ 도드람의 경우 백신접종 횟수 등이 분명하지 않은 전라남도과 전라북도 자료는 분석에서 제외함

표 15. 연도별 기초통계량

자료	연도	출하건수(%)	출하두수(%)
선진	2010(7~11월)	224 (25.0)	12,671 (25.4)
	2014(7~11월)	335 (37.3)	18,467 (37.0)
	2015(3~7월)	338 (37.7)	18,781 (37.6)
	소계	897 (100.0)	49,919 (100.0)
도드람	2010(7~11월)	1,537 (27.3)	84,288 (22.7)
	2014(7~11월)	2,073 (36.8)	143,622 (38.7)
	2015(3~7월)	2,019 (35.9)	143,147 (38.6)
	소계	5,629 (100.0)	371,057 (100.0)
계		6,526	420,976

표 16. 구제역 백신접종 횟수별 기초통계량

자료	출하건수(%)	출하두수(%)
미접종 (2010년) (7~11월)	1,761 (27.0)	96,959 (23.0)
1회 접종 (2014년)(7~11월)	2,408 (36.9)	162,089 (38.5)
2회 접종 (2015년)(3~7월)	2,357 (36.1)	161,928 (38.5)
계	6,526 (100.0)	420,976 (100.0)

### 5.2 구제역 백신접종에 따른 이상육 발생 피해 금액 분석

#### 5.2.1 백신접종 횟수별 이상육 발생건수

- 출하돈 중 이상육이 전혀 검출되지 않은 정상육을 출하한 농가의 비율은 백신 미접종군에서 95.1%, 1회 접종군 3.1%, 2회 접종군 1.8%로 접종횟수가 증가함에 따라 정상육을 출하하는 농가의 비율이 감소함(표 17, 그림 4)
- 이상육 발생률(이상육 발생건수/출하두수)은 백신 미접종군에서 18.6%, 1회 접종군 46.5%, 2회 접종군 73.7%로 분석되어 이상육 발생률은 미접종군과 비교할 때 1회 접종군에서는 약 2.5배, 2회 접종군에서는 약 4배 증가함(표 17)
- 총 6,526건의 도축자료를 분석한 결과 2분도체 기준으로 195,565건의 이상육이 검출되었으며 백신접종 횟수별로 볼 때 미접종군 2,345건(도드람양돈농협의 2010년 자료는 분석에서 제외함), 1회 접종군 74,706건, 2회 접종군 118,514건으로 나타남. 미접종군과 비교할 때 1회 접종군에서 약 32배, 2회 접종군에서는 약 51배 증가하여 접종횟수가 증가할수록 이상육 발생건수는 현저히 증가함(표 17, 그림 5, 그림 6)
- 백신접종 횟수별 이상육 평균 발생건수는 미접종군 10.5건(도드람양돈농협의 2010년 자료는 분석에서 제외함), 1회 접종군 31.0건, 2회 접종군 50.3건으로 나타남. 미접종군과 비교할 때 1회 접종군의 경우 약 6.5배, 2회 접종군에서는 약 10.7배 증가하여 접종횟수가 증가할수록 이상육 평균 발생건수는 현저히 증가함(표 17)

#### 5.2.2 구제역 백신접종 횟수별 이상육 발생에 따른 공제금액

- 이상육 발생에 따른 공제금액은 백신 미접종군에서 1백6십만원(도드람양돈농협의 2010년 자료는 분석에서 제외함), 1회 접종군 1억3천6백만원, 2회 접종군 28억 8천만원으로 분석되어 미접종군과 비교할 때 1회 접종군의 경우 약 8.3배, 2회 접종군에서는 약 176배 증가하여 접종횟수가 증가할수록 이상육 발생에 따른 공제금액은 현저히 증가함(표 18, 그림 7)
- 백신접종 횟수별 이상육 발생에 따른 출하건당 평균 공제금액은 미접종군에서 73,281원(도드람양돈농협의 2010년 자료는 분석에서 제외함), 1회 접종군 568,052원, 2회 접종군 1,222,294원으로 분석되어 미접종군과 비교할 때 1회 접종군의 경우

약 7.8배, 2회 접종군에서는 약 16.7배 증가하여 접종횟수가 증가할수록 이상육 발생에 따른 평균 공제금액이 현저히 증가함(표 18)

- 백신접종 횟수별 이상육 발생에 따른 출하 두당 평균 공제금액은 미접종군에서 1,302원(도드람양돈농협의 2010년 자료는 분석에서 제외함), 1회 접종군 8,286원, 2회 접종군 17,378원으로 미접종군과 비교할 때 1회 접종군에서 약 6.4배, 2회 접종군에서 약 13.3배 증가하여 접종횟수가 증가할수록 출하 두당 평균 공제금액이 현저히 증가함(표 18, 그림 8).

표 17. 자료원별 백신접종 횟수별 이상육 발생건수 및 공제금액(합계)

자료	백신접종 횟수	출하두수 (%)	평균 출하두수 (범위, 두)	정상육 출하농가수 (%)	이상육 발생건수 합계(%)	이상육 발생률 (%, 범위)	이상육 평균 발생건수 (범위)
선진	미접종 (2010년)	12,671 (25.4)	56.6 (19-70)	49 (76.6)	2,345 (6.3)	18.6 (0-134.4)	10.5 (0-82)
	1회 접종 (2014년)	18,467 (37.0)	55.1 (2-67)	10 (15.6)	13,008 (35.1)	69.7 (0-192.5)	38.8 (0-102)
	2회 접종 (2015년)	18,781 (37.6)	55.6 (1-69)	5 (7.8)	21,775 (58.6)	114.1 (0-189.5)	64.4 (0-109)
도드람	미접종 (2010년)	84,288 (22.7)	54.8 (1-92)	NA <sup>1)</sup>	NA <sup>1)</sup>	NA <sup>1)</sup>	NA <sup>1)</sup>
	1회 접종 (2014년)	143,622 (38.7)	69.3 (12-95)	41 (2.6)	61,698 (38.6)	42.7 (0-198.5)	29.8 (0-135)
	2회 접종 (2015년)	143,147 (38.6)	70.9 (1-108)	25 (1.5)	96,739 (61.4)	67.0 (0-385.7)	47.9 (0-164)
통합	미접종 (2010년)	12,671 (25.4)	55.1 (1-92)	49 (76.6) <sup>2)</sup>	2,345 (6.3) <sup>2)</sup>	18.6 (0-134.4) <sup>2)</sup>	10.5 (0-82) <sup>2)</sup>
	1회 접종 (2014년)	162,089 (38.5)	67.3 (2-95)	51 (3.1)	74,706 (38.2)	46.5 (0-198.5)	31.0 (0-135)
	2회 접종 (2015년)	162,012 (38.5)	68.7 (1-108)	30 (1.8)	118,514 (60.6)	73.7 (0-385.7)	50.3 (0-164)

<sup>1)</sup>NA: 자료 파기로 관련 자료를 제공받지 못함

<sup>2)</sup>도드람양돈농협의 경우 미접종(2010년) 기간의 이상육 발생자료가 없어 선진 자료만 사용함

※ 정상육 출하농가수: 출하돈에서 이상육이 전혀 검출되지 않은 농가수

※ 이상육 발생건수: 2분도체 기준으로 이상육이 검출된 총 건수(도드람양돈농협의 경우 삼겹살에서 발생한 이상육은 제외함)

※ 이상육 발생률: 이상육 발생건수/출하두수

표 18. 자료원별 백신접종 횟수별 이상육 발생에 따른 공제금액

자료	백신접종 횟수	공제금액 합계 (원)	출하건당 평균 공제금액 (범위, 원)	두당 평균 공제금액 (범위, 원)
선진	미접종 (2010년)	1,6415,000	73,281 (0-574,000)	1,302 (0-9,409)
	1회 접종 (2014년)	91,056,000	271,808 (0-714,000)	4,880 (0-13,475)
	2회 접종 (2015년)	152,425,000	450,961 (0-763,000)	7,985 (0-13,263)
도드람	미접종 (2010년)	NA <sup>1)</sup>	NA <sup>1)</sup>	NA <sup>1)</sup>
	1회 접종 (2014년)	1,276,815,250	615,926 (0-3,096,220)	8,836 (0-43,608)
	2회 접종 (2015년)	2,728,523,084	1,351,423 (0-13,331,816)	18,950 (0-198,982)
통합	미접종 (2010년)	1,6415,000 <sup>2)</sup>	73,281 (0-574,000) <sup>2)</sup>	1,302 (0-9,409) <sup>2)</sup>
	1회 접종 (2014년)	136,787,125	568,052 (0-3,096,220)	8,286 (0-43,608)
	2회 접종 (2015년)	2,880,948,084	1,222,294 (0-13,331,816)	17,378 (0-198,982)

<sup>1)</sup>NA: 자료 파기로 관련 자료를 제공받지 못함

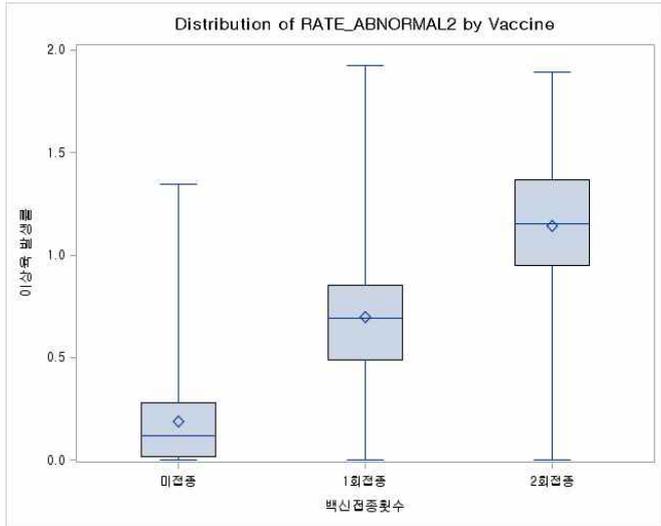
<sup>2)</sup>도드람양돈농협의 경우 미접종(2010년) 기간의 이상육 발생자료가 없어 선진 자료만 사용함

※ 이상육 발생건수: 2분도체 기준. 범위: 최소-최대

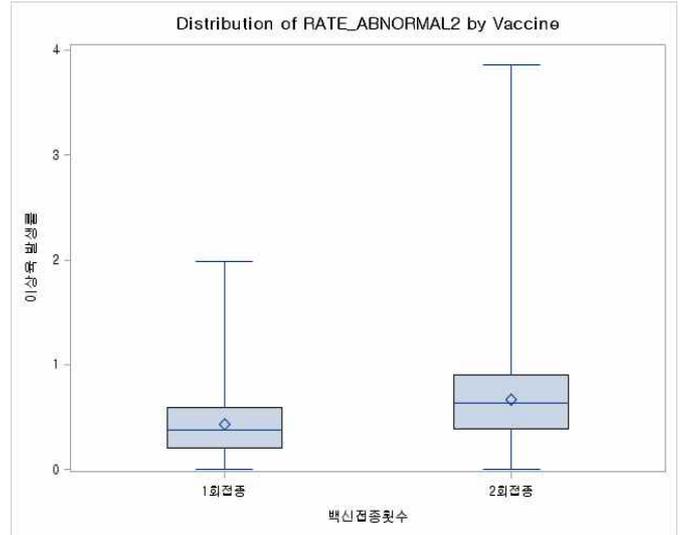
※ 공제금액 합계: 당해 연도의 목심가격과 주사 목심 판매가격을 적용하여 계산

그림 4. 이상육 발생률. (A) 선진 (B) 도드람 (C) 전체

(A) 선진



(B) 도드람



(C) 전체

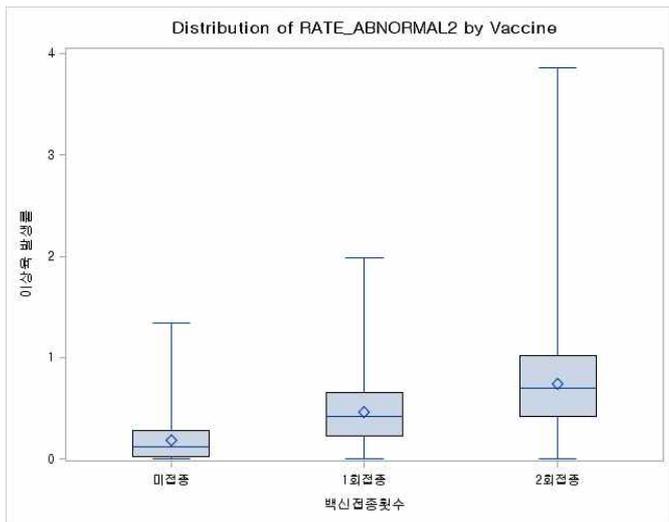
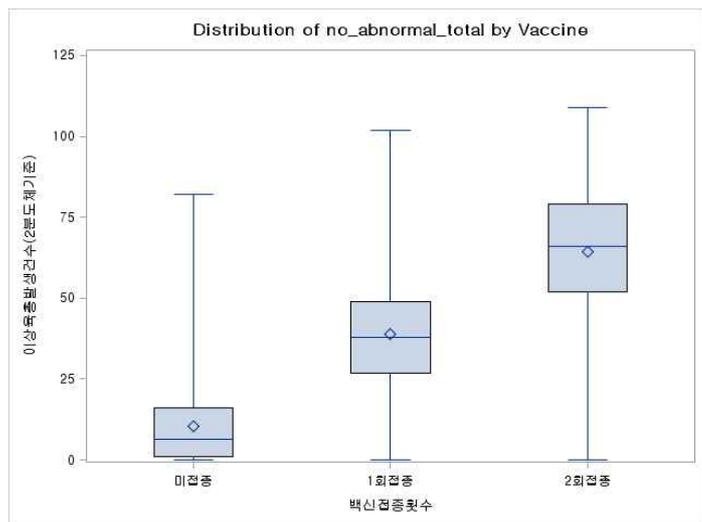
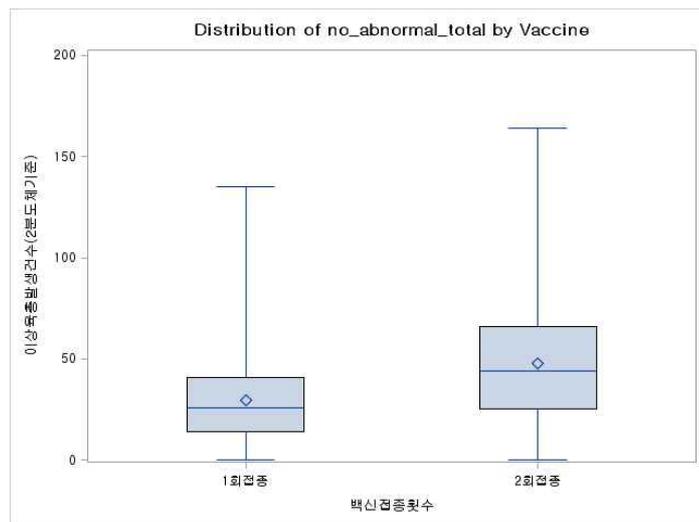


그림 5. 이상육 발생건수 합계.

(A) 선진



(B) 도드람



(C) 전체

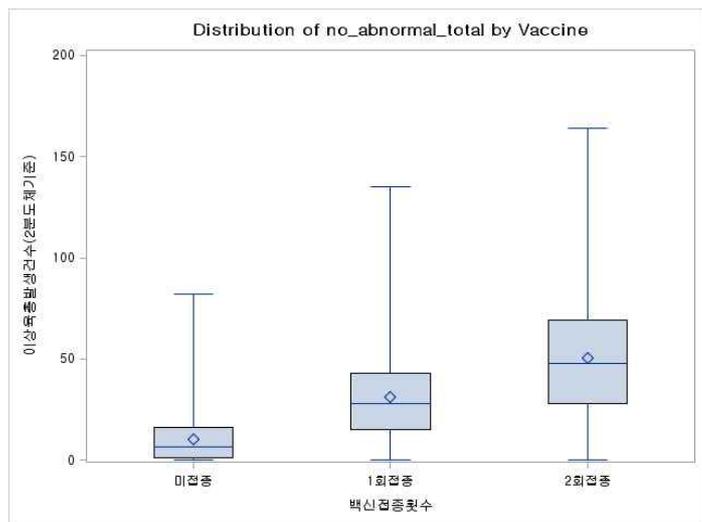
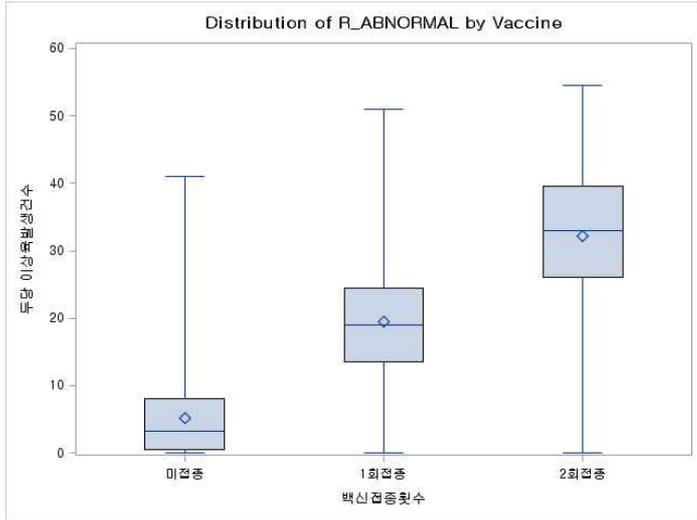
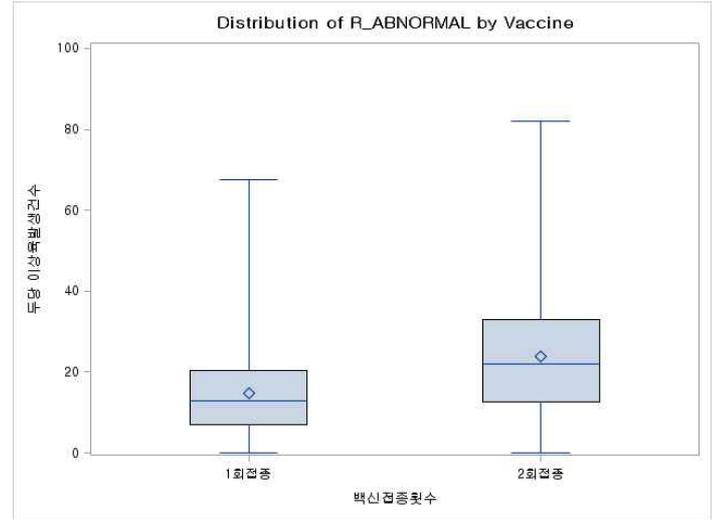


그림 6. 두당 이상육 발생건수.

(A) 선진



(B) 도드람



(C) 전체

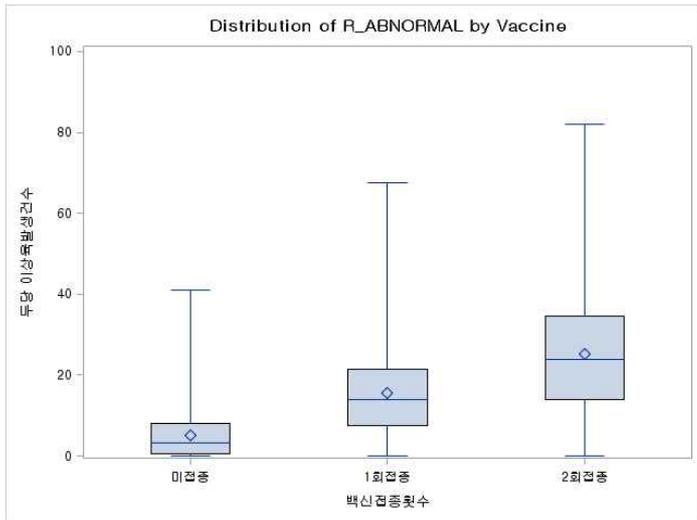
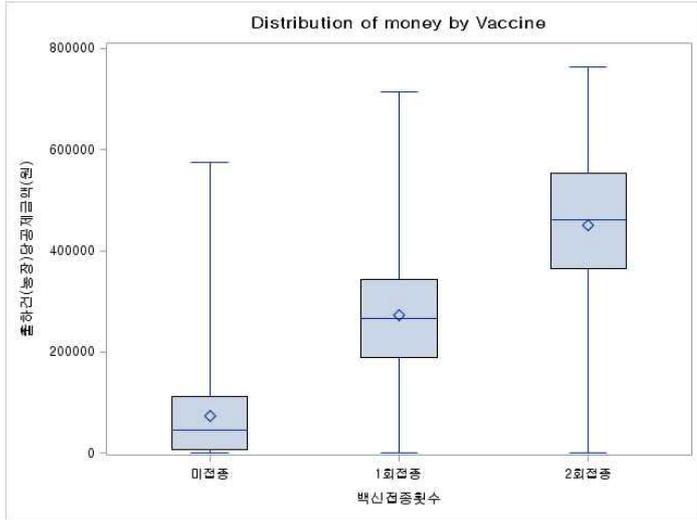
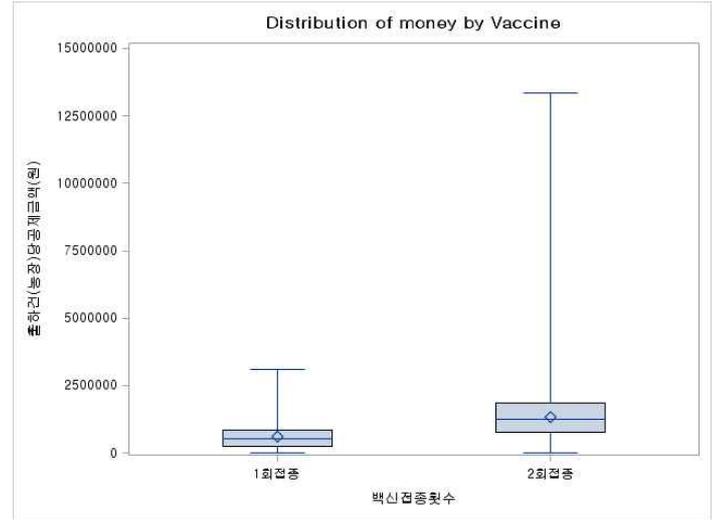


그림 7. 공제금액 합계.

(A) 선진



(B) 도드람



(C) 전체

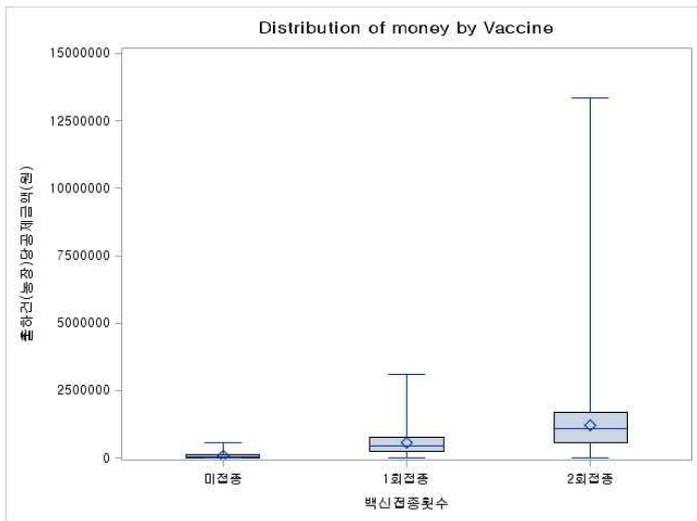
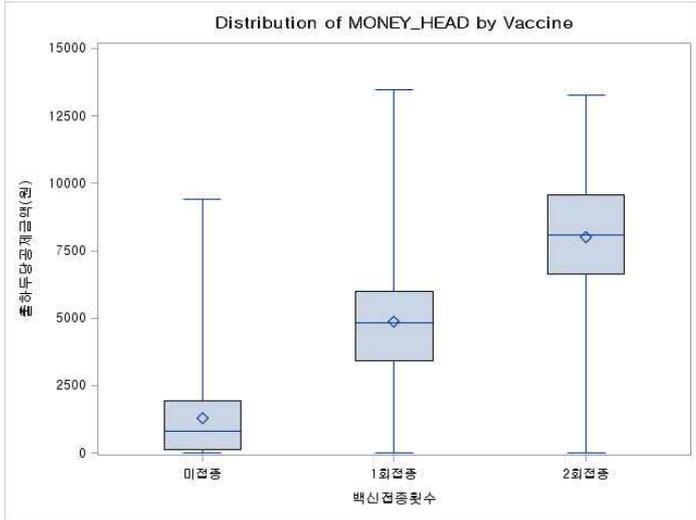
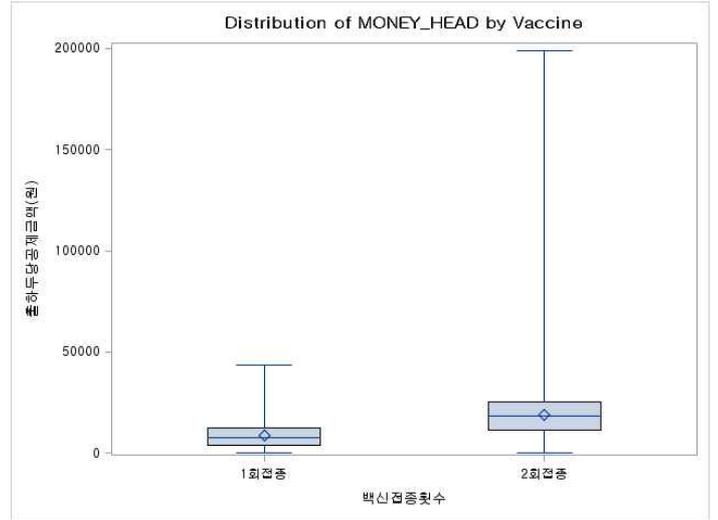


그림 8. 두당 공제금액.

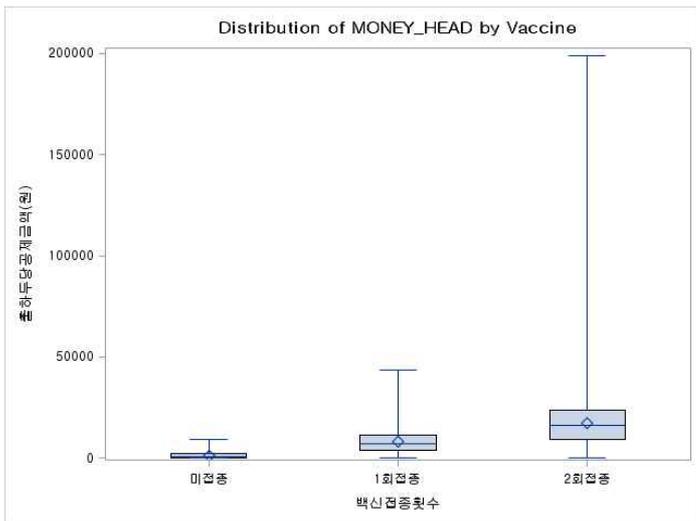
(A) 선진



(B) 도드람



(C) 전체



### 5.2.3 백신접종 횟수별 이상육 발생에 따른 연간 손실액 추계

- 이상육 발생건수와 이상육 발생률(표 17), 접종횟수별 두당 손실액(표 18), 모돈 100만두, 연간 자돈 2,100만두, 연간 도축두수 1,600만두를 적용하여 백신접종 횟수별 이상육 발생에 따른 우리나라의 연간 총 손실액(백신구매비용 제외)은 1회 접종시 1,325억원, 2회 접종시 2,780억원의 손실이 발생할 것으로 추정됨(표 19)

표 19. 돼지에서 접종횟수에 따른 손실금액 추정

접종 횟수	구분	비용 추정치		
		백신구매비용	이상육 손실액	합계
1회 접종	모돈 100만두	40억		
	연간 자돈 2100만두	210억		
	계	250억	1,325억 <sup>1)</sup>	1,575억
2회 접종	모돈 100만두	40억		
	연간 자돈 2100만두	420억		
	계	460억	2,780억 <sup>2)</sup>	3,240억

※ 계산방법:

- ① 백신구매비용: 3가백신(6PD50) 두당 2천원×접종두수×접종횟수(1회 또는 2회)
- ② 이상육 손실액: 1) 1회 접종시 손실금액 8,286원×연간도축두수 1 600만두  
2) 2회 접종시 손실금액 17,378원×연간도축두수 1,600만두

### 5.3 구제역 백신 항원 선택

- 구제역을 방제하기 위한 수단으로 이동통제, 감염동물이나 이들과 접촉한 감수성 동물에 대한 살처분, 백신접종 등 발생상황에 따라 다양한 방법을 사용할 수 있음. 시간적으로 구제역의 확산속도가 빠르거나 공간적으로 광범위한 지역으로 확산되는 경우에는 긴급백신접종(emergency vaccination)을 실시하며, 상재발생국가 혹은 지역에서는 백신접종을 사용할 수 있음. 일반적으로 최적의 백신이라 함은 상시적 방어범위가 넓고, 구제역 바이러스와 백신 간의 면역학적 상관관계 즉 백신매칭이 높고, 백신접종에 의하여 면역반응을 유도하는 능력 즉 면역원성이 높을수록 좋음
- 구제역 백신은 동일한 혈청형에 대해서만 방어효과가 있고 다른 혈청형 바이러스에 대해서는 효과가 없기 때문에 국내 발생 위험이 높은 바이러스 혈청형을 혼

합한 다가백신(multivalent vaccine)은 대안이 될 수 있음. 이 경우 국가 방역정책과 생산자의 경제성을 고려할 때 어느 혈청형을 혼합하는 것이 바람직하며, 현재 국내에서 보급되고 있는 백신종류별(표 2) 방어효과, 접종시기, 접종방법, 접종횟수, 접종용량 등에 대한 연구결과가 필요하나 O형 3039를 포함한 3가 백신의 효능평가를 제외한 기타 백신을 대상으로 수행한 연구결과는 보고된바 없음

○ [O3039를 포함한 3가 백신과 단가백신의 효능평가 결과 요약(검역본부 15년6월)]

- 접종횟수별 항체형성률: 접종 16주 후 1회 접종군 58.8%, 2회 접종군 91.2%(SP O ELISA)

- 중화항체 역가: O1 Manisa의 경우 1회 접종군 및 2회 접종군 모두 백신접종 전과 비교하여 2배 이상 상승한 반면 진천주는 백신접종 전후 항체가 변동 없음

- O 3039 포함 3가 백신으로 구제역을 예방하기 위해서는 2회 이상 백신접종이 필요함

- 백신 미접종군에 비해 접종군에서 임상증상 발현정도와 지속기간이 감소하는 것으로 분석됨

- 감염후, 4-6일째 증상이 가장 뚜렷하게 관찰, 2회 접종군이 1회에 비해 증상이 미약하고, 지속기간이 짧게 관찰됨(1회 접종군 5두 모두 증상발현, 2회 접종군 5두 중 2두 증상 미발현)

- O형 3039 포함 3가 백신을 2회 접종시 방어효과가 있는 것으로 판단되지만 일부 개체의 경우에는 미약하게 임상증상이 나타날 수 있음

○ 2011-2015년 기간 동안 국내외 구제역 발생국의 혈청형 분포(표 20, 표 21, 그림 9)에서 보듯이 O A, Asia 1 혈청형 바이러스가 보고되고 있어 다가 백신을 선택하는 근거의 하나가 될 수 있음. 그러나 2000년 이후 7회에 걸친 국내 구제역 발생 사례에서 2010년 1월 포천에서 발생한 사례(A형)를 제외하고 모두 O형이 발생하였음(표 1). 특히 A형은 구제역 백신을 접종하지 않았던 2010년 1월 포천과 연천의 소 사육농가에서 발생하였으나 백신을 접종하지 않고 철저한 차단방역과 소독으로 확산을 차단한바 있음

○ 우리나라의 주변국에 다양한 구제역 혈청형이 보고되고 있다는 사실만으로 유입 가능성에 대비하기 위하여 3가 백신(O, A, Asia 1)을 접종하는 것 보다는 백신 접종에 의존하지 않고 국내 발생 구제역을 차단했던 사례가 있다는 점을 고려하여 국내에 다발하고 있는 O형 백신접종을 기본으로 하는 정책이 우선되어야 할

것임. 이러한 정책은 산업동물인 돼지의 경제성 측면을 고려한 것으로 2015년 5월 대만의 소에서 발생했던 A형 구제역에서 대만 정부가 O형 백신만을 공급한 배경은 방역정책 선택에서 경제성을 고려한 것으로 판단됨

○ 다가백신을 접종하는 정책이 설득력을 갖기 위해서는 다음과 같은 과학적인 증거가 추가로 요구됨

- ① 다양한 혈청형이 주변국에서 보고되고 있으나 국내 유입 가능성에 대한 정확한 위험평가
- ② 주변국의 (미보고) 발생 혈청형에 대한 자료 입수 및 분석
- ③ 단가백신과 비교할 때 다가백신 접종에 따른 농가 추가비용 발생
- ④ 단가백신과 다가백신의 면역형성 능력 차이 비교·분석

표 20. 국내외 구제역 발생국의 혈청형 분포(2011-2015년)

Pool	Region / Countries	Serotypes
1	<b>Southeast Asia / Central Asia / East Asia</b> Cambodia, China(People's Rep. of), China(HongKong, SAR), China(Taiwan Province), Korea(DPR), Korea(Rep. of), Laos PDR, Malaysia, Mongolia, Myanmar, RussianFederation, Thailand, VietNam	O, A, Asia 1
2	<b>South Asia</b> Bangladesh, Bhutan, India, Nepal, Sri Lanka	O, A, Asia 1
3	<b>West Eurasia &amp; Middle East</b> Afghanistan, Algeria, Armenia, Azerbaijan, Bahrain, Bulgaria, Egypt, Georgia, Iran, Iraq, Israel, Jordan, Kazakhstan, Kuwait, Kyrgyzstan, Lebanon, Libya, Oman, Pakistan, Palestine Autonomous Territories, Qatar, Saudi Arabia, Syrian Arab Republic, Tajikistan, Tunisia, Turkey, Turkmenistan, United Arab Emirates, Uzbekistan	O, A, Asia 1
4	<b>Eastern Africa</b> Burundi, Comoros, Congo D.R., Djibouti, Egypt, Eritrea, Ethiopia, Kenya, Libya, Rwanda, Somalia, Sudan, South Sudan, Tanzania, Uganda, Yemen	O, A, SAT 1, SAT 2, SAT 3
5	<b>West / Central Africa</b> Benin, Burkina Faso, Cameroon, Cape Verde, Central Afr. Rep., Chad, Congo D.R., Congo, Côte d'Ivoire, Equatorial Guinea, Gabon, Gambia, Ghana, Guinea Biss., Guinea, Liberia, Mali, Mauritania, Niger, Nigeria, Sao Tome Principe, Senegal, Sierra Leone, Togo	O, A, SAT 1, SAT 2
6	<b>Southern Africa</b> Angola, Botswana, Congo D.R., Malawi, Mozambique, Namibia, South Africa, Zambia, Zimbabwe	{O, A}* , SAT 1, SAT 2, SAT 3
7	<b>South America</b> Ecuador, Paraguay, Venezuela	O, A

출처: EU-FMD monthly report(2014, 2015)

용어: Pool은 구제역 바이러스 유전형이 독립적으로 순환하고 출현하는 경우를 나타냄. pool 내에서는 주기적인 출현과 확산이 발생하여 일반적으로 해당 지역(region) 내 여러 국가에 영향을 미침

\* Pool 4의 파급효과로 잠비아 북부 지역에서만 발생함

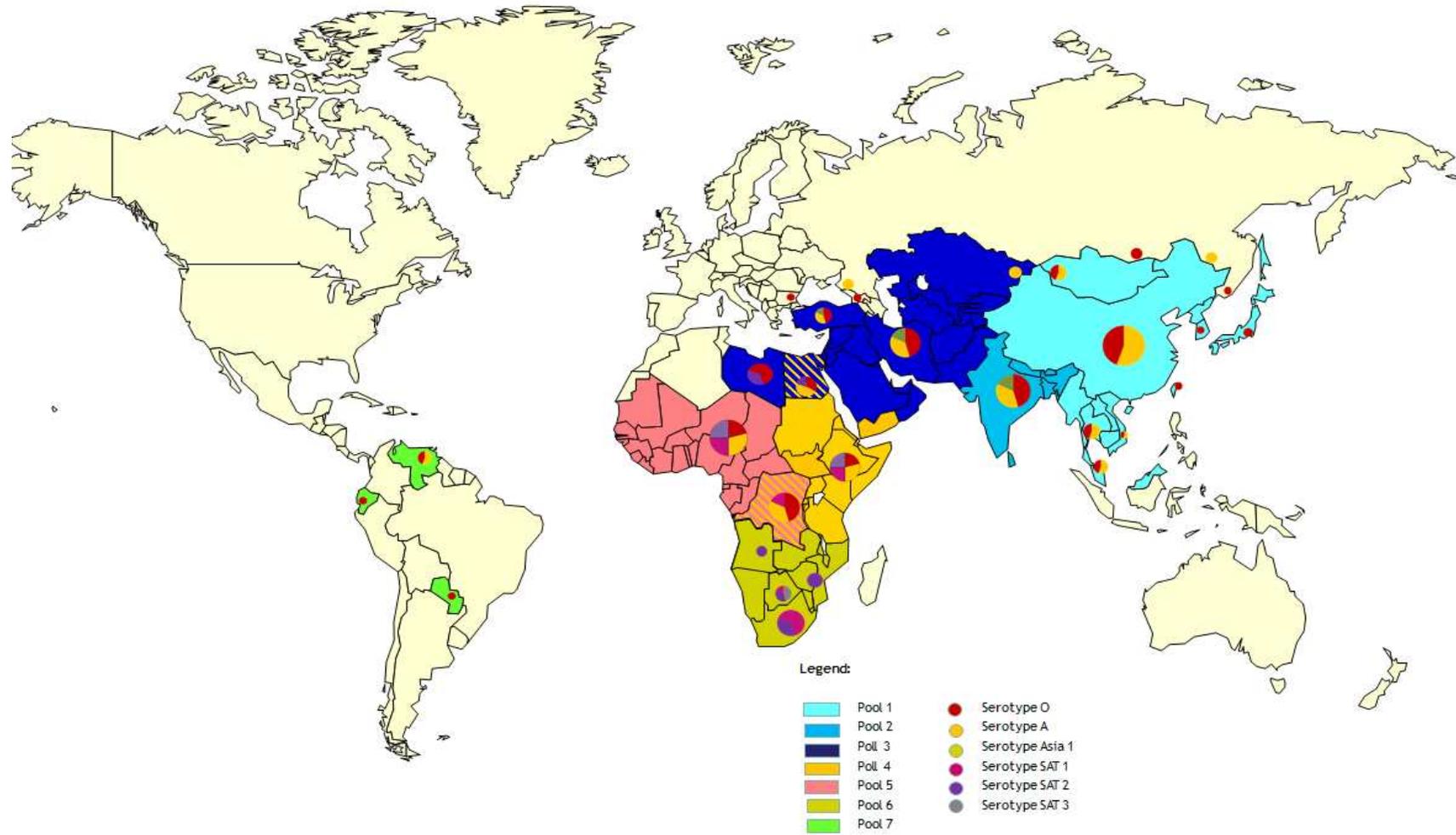
표 21. 국가별 구제역 혈청형(2011-2015)

국가	구제역 혈청형
Afghanistan	O, A, Asia 1
Algeria	O
Angola	SAT 2
Armenia	-
Azerbaijan	-
Bahrain	O, A, Asia 1
Bangladesh	O, A, Asia 1
Benin	O, A, SAT 1, SAT 2
Bhutan	O
Botswana	SAT 1, SAT 2, SAT 3
Bulgaria	O
Burkina Faso	O, A, SAT 2
Burundi	O, A, SAT 1, SAT 2
Cambodia	O
Cameroon	O, A, SAT 1, SAT 2
Cape Verde	no data
Central Afr. Rep.	no data
Chad	A, SAT 1
China(Hong Kong)	O
China (People's Rep. of)	O, A
China (Taiwan Province)	O, A
Comoros	no data
Congo D. R.	O, A, SAT 1
Congo	no data
Cote D'Ivoire	O, A, SAT 1, SAT 2
Djibouti	-
Egypt	O, A, SAT 2
Eritrea	O
Ethiopia	O, A, SAT 1, SAT 2
Gabon	no data
Gambia	O, A, SAT 2
Georgia	-
Ghana	O, A, SAT 1, SAT 2
Guinea	no data
Guinea Biss.	-
India	O, A, Asia 1
Iran	O, A, Asia 1

Iraq	O, A
Israel	O
Jordan	-
Kazakhstan	O, A
Kenya	O, A, SAT 1, SAT 2
Korea(DPR)	O, A
Korea(Rep. of)	O
Kuwait	O
Kyrgyzstan	O, A
Laos PDR	O
Lebanon	-
Liberia	A, SAT 2
Libya	O, SAT 2
Malawi	SAT 2
Malaysia	O, A
Mali	O, A, SAT 1, SAT 2
Mauritania	SAT 2
Mongolia	O, A
Mozambique	SAT 2
Myanmar	O
Namibia	SAT 1, SAT 2
Nepal	O, Asia 1
Niger	O, A, SAT 1, SAT 2
Nigeria	O, A, STA 1, SAT 2
Oman	O
Pakistan	O, A, Asia 1
Palestine	O, A, Asia 1, SAT 2
Qatar	O
Russian Federation	O, A
Rwanda	O, A, SAT 1, SAT 2
Sao Tome Principe	no data
Saudi Arabia	O
Senegal	O, A, SAT 1, SAT 2
Sierra Leone	-
Somalia	no data
South Africa	SAT 1, SAT 2
South Sudan	O, A, SAT 1, SAT 2
Sri Lanka	O
Sudan	O, A, SAT 2

Syrian Arab Rep.	-
Tajikistan	Asia 1
Tanzania	O, A, SAT 1, SAT 2
Thailand	O, A
Togo	O, SAT 1
Tunisia	O
Turkey	O, A, Asia 1
Turkmenistan	no data
Uganda	O, A, SAT 1, SAT 2, SAT 3
United Arab Emirates	O
Uzbekistan	no data
Vietnam	O, A
Yemen	O
Zambia	SAT 1, SAT 2
Zimbabwe	SAT 1, SAT 2, SAT 3

그림 9. 국내외 구제역 발생국의 혈청형 분포(2011-2015년)



#### 5.4 구제역 백신접종 횟수

- 2회 접종시 바이러스의 전염력이 감소하고 임상증상이 경미해지는 효과가 있으나 2014-2015년 발생 사례에서 2회 이상 백신을 접종하였거나 항체형성률이 매우 높은 농가에서도 구제역이 발생하였음. 이러한 결과에 대하여 방역당국에서는 축군의 항체형성률은 높지만 개체 수준에서 항체가 형성되지 못하여 발생한 것으로 설명하고 있지만 100%의 면역형성률을 달성하는 백신은 없다는 점을 감안할 때 이러한 설명이 백신접종 횟수를 증가시켜야 하는 당위성으로는 충분하지 못한 것으로 판단됨
- 구제역 백신접종 횟수와 구제역 방어효과 간의 상관관계에 대한 연구결과는 매우 제한적인 반면에 구제역 백신접종 횟수 증가에 따른 이상육 발생률이 증가하여 농가의 피해금액이 막대하며, 산업적 피해는 물론 소비자 측면에서도 돼지고기를 회피하는 요인이 될 수 있기 때문에 양돈 산업과 구제역 방역을 함께 고려하여 결정되어야 할 것임.
- 따라서 구제역 발생이 없거나 농장에서 순환감염이 없는 등 안정화 지역에서는 1회 접종을 원칙으로 하며, 과거 구제역이 발생한 지역에 대해서는 한시적으로 2회 접종함으로써 이상육 발생에 의한 피해를 최소화할 필요가 있음.

[참고 자료: 메리알사 Seneque, Sacha와의 회의 결과, 2011. 3. 15]

- 구제역 백신접종 돼지는 소에 비해 방어능력이 낮는데 그 이유는 PCV2, PRRS, 돼지열병 등 돼지질병에 따른 영향과 개체별 면역반응의 특이성이 다르기 때문임
- 감염된 돼지는 바이러스 배출량이 많기 때문에 즉시 제거하지 않으면 다른 개체로 바이러스를 확산시키고, 다량의 바이러스에 의해 백신접종 개체의 방어력을 파괴할 수도 있음
- 돼지의 경우 백신접종 후에도 약 15%는 면역력이 충분히 활성화되지 않은 상태로 남아있을 수 있기 때문에 이러한 개체가 야외바이러스에 노출될 경우 질병이 발생할 가능성이 매우 높음

- ELISA 항체역가와 중화항체 역가 간 상관관계에 대하여 MSD의 연구결과에 의하면 돼지의 경우 두 검사 간 상관성( $r=0.311$ ,  $p=0.094$ )이 낮은 것으로 나타남(그림 10). 또한 소와 비교할 때 돼지에서 ELISA 역가는 유의하게 낮아 돼지에서 항체를 검출하는 목적으로 ELISA의 효용성은 낮을 것으로 추정함

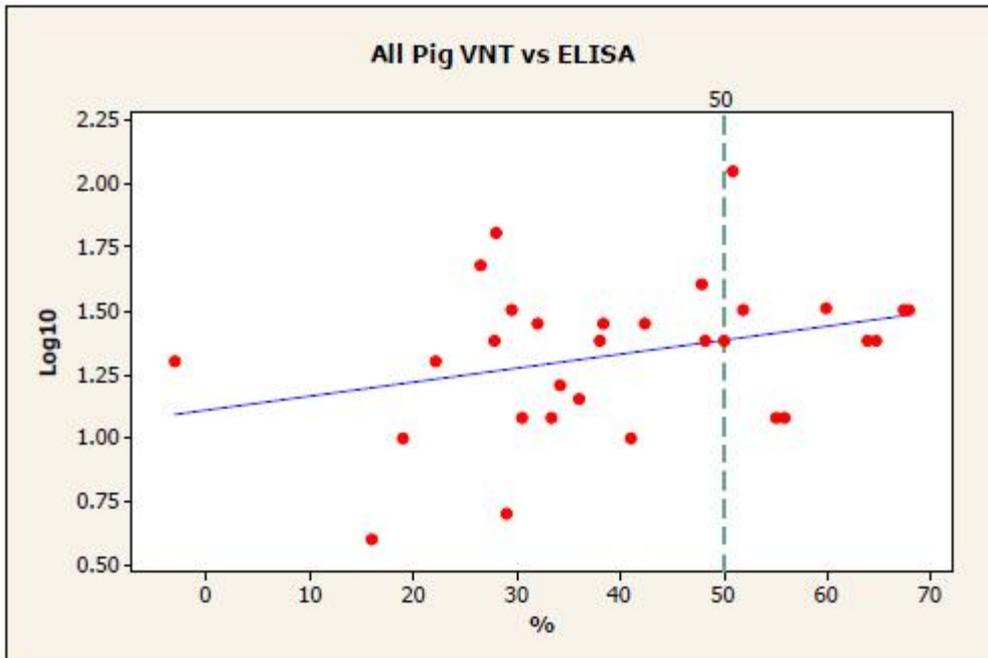


그림 10. ELISA역가와 중화항체 역가의 상관관계( $r=0.311$ ,  $p=0.094$ )

출처: MSD

### 5.5 도축장 소독시설 현대화 사업 이행

- 2014-2015년 국내 발생 구제역에 대한 역학조사 결과 185건의 농장 간 바이러스 전파경로 중 차량 143건(77.3%), 인근전파 16건(8.6%), 사람 23건(12.4%), 동물이동 3건(1.6%)이었으며, 차량으로 인한 유입 143건 중 가축운반차량 91건(63.6%)과 사료운반차량 40건(28.0%)이 91.6%를 차지한 것으로 나타남
- 감염원 구성비를 보면 도축장 75건(40.5%), 기존 발생농장 67건(36.2%), 오염지역 24건(13.0%), 사료공장 17건(9.7%)으로 도축장이 주요 감염원으로 작용하였음. 따라서 정부에서는 도축장의 소독시설 현대화 등 차단방역 여건을 강화하는 정책을 조속히 이행할 필요가 있음.

## 6. 종합 결론

### 6.1 구제역 백신접종에 따른 피해 금액

- 도드람양돈농협에서는 2010년 이상육 발생건수 자료가 없어 제공하지 못하였으며, 삼겹살에서 발생한 이상육은 제외한 자료를 제공하였음

#### 6.1.1 이상육 발생률

- 총 6,526건(선진 897건, 도드람 5,629건)의 자료를 분석한 결과 2분도체 기준으로 195,565건의 이상육이 검출되었으며(미접종군 2,345건, 1회 접종군 74,706건, 2회 접종군 118,514건) 미접종군과 비교할 때 1회 접종군에서 약 32배, 2회 접종군에서는 약 51배 증가하여 접종횟수가 증가할수록 이상육 발생건수는 현저히 증가함
- 2분도체 기준으로 이상육 발생률(이상육 발생건수/출하두수)은 백신 미접종군에서 18.6%, 1회 접종군 46.5%, 2회 접종군 73.7%로 나타나 미접종군과 비교할 때 1회 접종군에서 약 2.5배, 2회 접종군에서 약 4배의 이상육이 발생하였음
- 한편 출하돈 중 이상육이 전혀 검출되지 않은 정상육을 출하한 농가의 비율은 백신 미접종군에서 95.1%, 1회 접종군 3.1%, 2회 접종군 1.8%로 나타나 접종횟수가 증가함에 따라 정상육을 출하하는 농가의 비율이 감소함
- 백신접종 횟수별 이상육 평균 발생건수는 미접종군 10.5건, 1회 접종군 31.0건, 2회 접종군 50.3건으로 미접종군과 비교할 때 1회 접종군의 경우 약 6.5배, 2회 접종군에서는 약 10.7배 증가하여 접종횟수가 증가할수록 이상육 평균 발생건수는 현저히 증가함

#### 6.1.2 이상육 공제금액

- 이상육 발생에 따른 공제금액은 백신 미접종군에서 16백만원, 1회 접종군 136백만원, 2회 접종군 2,880백만원으로 분석되어 미접종군과 비교할 때 1회 접종군의 경우 약 8.3배, 2회 접종군에서는 약 176배 증가하여 접종횟수가 증가할수록 이상

육 발생에 따른 공제금액은 현저히 증가함

- 이상육 발생에 따른 출하건당 평균 공제금액은 미접종군에서 73,281원, 1회 접종군 568,052원, 2회 접종군 1,222,294원으로 분석되어 미접종군과 비교할 때 1회 접종군의 경우 약 7.8배, 2회 접종군에서는 약 16.7배 증가하여 접종횟수가 증가할수록 이상육 발생에 따른 평균 공제금액이 현저히 증가함
- 출하 두당 평균 공제금액은 미접종군에서 1,302원, 1회 접종군 8,286원, 2회 접종군 17,378원으로 미접종군과 비교할 때 1회 접종군에서 약 6.4배, 2회 접종군에서 약 13.3배 증가하여 접종횟수가 증가할수록 출하 두당 평균 공제금액이 현저히 증가함
- 본 연구 결과 1회 접종기간인 2014년에 출하된 돼지의 경우 두당 8,286원, 2회 접종기간인 2015년에는 두당 17,378원의 손실이 발생하였음. 이러한 두당 손실액과 3가 백신의 두당 가격(2,000원), 연간 도축두수(1,600만두)를 가정할 때 1회 접종에 따른 이상육 손실금액은 1천3백25억, 2회 접종시 2천7백80억원의 경제적 손실이 예상됨

### 6.1.3 이상육 손실액에 대한 정부 지원

- 구제역 백신접종 비용 지원과 관련하여 정부에서는 전업농 규모 이상의 경우 50%, 그 이하 규모의 농가에 대해서는 100%를 지원하고 있음
- 백신접종에 기인한 이상육 발생은 정상적인 생체 면역반응의 일부분이지만 백신접종횟수가 증가할수록 이상육 발생에 따른 농가의 경제적 손실이 막대하므로 “백신접종 구제역 청정국” 달성이라는 정책을 달성하기 위해 농가에서는 의무적으로 백신을 접종하기 때문에 백신접종 자체에 기인하여 발생하는 손실액에 대하여 정부가 전액 보전할 필요가 있음

### 6.2 구제역 백신접종 횟수

- 백신접종은 구제역 발생과 확산에 따른 피해규모를 줄이는데 효과가 있는 것은 분명하지만 2회 접종시 두당 17,378원의 손실액은 농가의 입장에서는 심각한 수

준이며, 특히 항체형성률이 매우 높거나 2회의 백신을 접종한 농가에서도 구제역이 발생하였음. 이러한 결과는 구제역 감염을 예방하기 위해서는 백신접종 횟수와 관련성에 대한 후속 연구도 필요하지만 현 시점에서는 야외주와 백신주 간 높은 상관관계가 더 중요한 요소임을 시사함

- 따라서 백신접종 횟수 증가에 따른 방역효과에 대한 연구결과가 확보되지 않은 현 시점에서는 접종횟수와 구제역 감염 방어효과 간의 역학적 상관관계가 분명하지 않고, 접종횟수 증가에 따른 농가 손실액이 급증한다는 점을 고려하여 1회 백신접종을 원칙으로 하되 기존 구제역 발생지역이나 발생시군의 인접지역에 대해서는 안정화되는 시점까지 한시적으로 2회 접종하는 것이 바람직할 것으로 판단하며, 이에 대한 후속 연구가 필수적임

### 6.3 구제역 단가백신 접종

- 2000년 이후 우리나라의 주변국에서는 다양한 구제역 혈청형이 보고되었으나 국내 7회의 발생 사례 중 O형 6회, A형 1회였으며, 특히 A형 발생사례에서는 백신을 접종하지 않고 철저한 차단방역과 소독으로 확산을 차단한바 있음
- 구제역 백신항원 선택에 대한 의사결정시 방역적인 측면과 경제적인 측면을 동시에 고려할 필요가 있음. 구제역 백신에 포함되는 항원의 종류에 따라 농가의 비용이 추가로 발생하기 때문에 다가백신(O형 Manisa+3039+A형 또는 O형 Manisa+3039+A형+Asia 1)의 효과에 대한 과학적인 증거가 확보되기 이전에는 산업동물인 돼지의 경제성 측면을 고려하여 국내에서 다발하고 있는 O형 단가항원(O형 Manisa+국내 분리주, O형 Manisa+3039)을 선택하는 것이 바람직함. 다가백신을 선택하기 위해서는 5.3절에 설명한 과학적인 증거가 확보되어야 할 것임
- 기타 구제역 혈청형의 국내 유입 가능성에 대비하기 위하여 긴급백신이 가능하도록 항원뱅크(antigen bank)를 운용하여 항원을 비축하고, 우리나라의 주변국에서 보고되는 항원에 대한 백신매칭률에 대한 지속적인 모니터링이 필요함

### 6.4 확산차단을 위한 차단방역 여건 조성

- 현재 국내 양돈농가의 구제역 의심 사례에 대한 신고기피 현상이 매우 심각한

수준이고, 특히 전국적으로 NSP 항체 양성사례가 지속적으로 검출되는 등 일부 지역에서는 구제역 바이러스가 잔존하고 있으나 해당 농장주가 신고하지 않은 사례가 다수 있을 것으로 추정됨. 특히 2회의 백신을 접종한 일부 지역(홍성, 보령)에서는 구제역으로 의심되는 경미한 증상을 보이는 농장이 있으나 이들 지역에 안동 분리주(SKR) 백신이 보급되면서 내부 순환감염이 사라지고 있어 당국에 신고하지 않는 경향이 높을 것으로 추정됨

- 살처분 보상금 축소와 매몰 비용의 일부를 농가가 부담하는 경우 농가의 자발적인 임상 예찰활동과 적극적인 신고를 기대하기 어렵다는 현실적인 문제를 고려하여 이에 대한 개선안 마련이 요구됨
- 백신접종만으로 구제역 감염을 충분히 예방하지 못하지만 국내 상황에 적합한 최적의 백신개발이 시급함. 특히 2014-2015년 국내 발생사례에서 구제역 감염의 주요 경로는 대부분 오염된 차량에 기인한 것으로 나타나 백신접종과 더불어 농장 단위에서 철저한 차량관리와 도축장의 소독시설 현대화 등 차단방역 여건을 강화하는 정책적 지원이 시급함

## 7. 향후 연구제언

- 백신접종 효과에 대한 비교·분석
  - 백신접종 횟수와 구제역 방어능력(중화항체 역가) 지속기간과의 관계
  - 시판되고 있는 단가 및 다가 백신종류별 방어효과에 대한 지속적인 검증과 모니터링
  - 단가백신(O형 manisa+3039)과 다가백신(O형 manisa+A형+Asia 1, O1 Manisa+3039+A Iran05+Asia1 Shamir) 접종에 따른 항체형성 시기와 백신접종 효과(면역형성능력)에 대한 비교 분석
  - 백신접종 후 공격시험을 통한 방어 효과
- 이상육 발생 최소화 방안
  - 백신 접종부위, 접종방법, 접종용량, 접종회수 변경 등에 따른 이상육 발생 최소화 연구
  - 가공장의 광범위한 자료 수집에 근거한 단가 및 다가 백신접종에 따른 이상육 발생률 종합적 비교 분석

- 이상윅 발생과 관련한 정부의 적극적인 대책(접종횟수에 대한 학술적 평가, 이상윅 발생에 대한 정부 보상 및 경감 방안, 접종방법 개선 등) 마련
  
- 국내 상황에 적합한 최적 백신 개발
  - 축종별 백신접종 후 면역력 평가(항체형성 시기 및 지속기간)
  - 주변 국가로부터 바이러스 유입 가능성에 대비한 국내 백신주와의 상관성 분석
  - 야외주와 백신매칭율( $r1$ )에 대한 모니터링 및 관련 정보 제공