

부분예산분석을 이용한 오제스키병 발생 농가의 경제적 손실 추정

박선일¹ · 박최규^{2,*} · 문운경² · 윤하정² · 이병용² · 이상진²

¹강원대학교 수의학부대학 및 동물의학종합연구소

²국립수의과학검역원

(게재승인: 2009년 10월 23일)

Partial Budget Modeling of Economic Losses of Aujeszky's Disease

Son-Il Pak¹, Choi-Kyu Park^{2,*}, Oun-Kyong Moon², Hachung Yoon², Byeong-Yong Lee², Sang-Jin Lee²

¹School of Veterinary Medicine and Institute of Veterinary Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

²National Veterinary Research and Quarantine Service, Anyang 430-757, Korea

(Accepted: October 23, 2009)

Abstract : Aujeszky's disease (AD) is a respiratory, infectious viral illness associated with high mortality, especially in neonatal piglets and has frequently been considered an economically important disease in many endemic countries. Although AD is still occurring in a geographically defined region in Korea, little attention has been paid to the economics of AD. In this study, partial budget technique was used to develop a simulation model to measure financial losses following the disease epidemic in a swine operation utilizing stochastic or deterministic parameters from the literatures and the index case herd of AD occurred in 2005, where available and applicable. For the infected case herd with a 12500-pig, the total economic loss for this operation was estimated to be about 199 million Korean won (95% confidence interval [CI] 148,645,000-250,741,000). Given net loss due to death of a pig at sow level was 119,000 won, total loss for the case herd with 1200 sows accounted for 143 million won (95% CI 92,599,000-193,729,000). The net loss of the death of one pig at growing and fattening level resulted in loss of 46,000 won (95% CI 40,000-53,000) and 126,000 won (95% CI 122,000-131,000), respectively. Taking into account for the number of pigs raised in the case herd, total loss amounted to 8 million won (95% CI 7,167,000-9,347,000) and 12 million won (95% CI 11,959,000-12,891,000), for growers and fatteners, respectively, assuming 63% of saved feed intake when a pig dies halfway through the respective period. Under the model's assumptions, suckling pig mortality was the major factors of loss in estimating the economic consequences (approximately 71.8% of the total loss). The high economic losses of a herd infected with AD suggest that the effective and region-specific control measures should be implemented in disease endemic foci.

Keywords : Aujeszky's disease, economics, partial-budget model

서 론

농림수산식품부의 2008년 농림업 생산액에 대한 조사 결과, 축산업 생산액은 13.6조원으로 전체 농업생산액 39.6조원의 34.3%를 차지하고, 전체 품목별로는 돼지, 한우, 우유, 닭 등 주요 축산품목이 상위 5위를 점유하고

있다. 그러나 구제역, 돼지열병, 조류인플루엔자 등 주요 가축전염병 발생으로 인한 경제적 피해는 축산물 생산농가에 대한 직접적인 손실 이외에도 사료, 동물약품, 축산시설환경, 육가공 및 유가공업계 등 주요 연관산업을 포함하여 국내 육류수급과 소비자의 육류소비성향에도 직, 간접적으로 영향을 미친다. 과거의 주요 가축전

*Corresponding author: Choi-Kyu Park
National Veterinary Research and Quarantine Service, Anyang 430-757, Korea
[Tel: +82-31-467-1748, Fax: +82-31-467-1868, E-mail: parkck@nvrqs.go.kr]

Table 1. Distributions, input parameters and calculations for the partial budget model for Aujeszky's disease (AD)

No.	Variable name	Distribution	Parameters	Data source
1	Suckling pig mortality	RiskPert	min = 1, ml = 2, max = 3	case herd
2	Price of post-weaning pig (won)	Fixed	59,732	market price in 2005
3	Slaughter weight (kg)	Grower	20	from 5 to 20 kg
		Fattener	113	market weight
4	Slaughter value per kg (won)	Grower	2,986	market price in 2005
		Fattener	1,745	market price in 2005
5	Feed conversion rate	Grower	$\mu = 3.65, \sigma = 1.3, \min = 4.5$	subj, [9,14,15]
		Fattener	$\mu = 3.5, \sigma = 0.5, \min = 2.9$	subj, [9,14,15]
6	Weight gain (kg)	Grower	15	
		Fattener	93	
7	Daily feed intake (kg)	Grower	min = 0.45, ml = 0.5, max = 0.55	subj, [9,14,15]
		Fattener	min = 2.0, ml = 2.2, max = 2.4	subj, [9,14,15]
8	Average length (day)	Growing period	min = 35, ml = 38, max = 42	subj, TS Co.
		Fattening period	130	subj, TS Co.
9	Price of feed per kg (won)	Grower	448	market price in 2005
		Fattener	410	market price in 2005
10	Saved feed intake when a pig dies	Fixed	63%	[15]
11	Mortality	Grower	5%	[15]
		Fattener	2%	[15]
12	Average daily gain before AD (kg)	Grower	$\mu = 0.417, \sigma = 0.147, \min = 0.214$ max = 0.6	emp, TS Co.
		Fattener	$\mu = 0.752, \sigma = 0.083, \min = 0.529$ max = 0.843	emp, TS Co.
13	Daily weight gain after AD (kg)	Grower	min = 0.19, ml = 0.37, max = 0.54	case herd
		Fattener	min = 0.63, ml = 0.67, max = 0.72	case herd
14	Extra feed intake due to AD	Fixed	17%	emp & case herd

min = minimum, ml = most likely, max = maximum value, emp = empirical distribution, TS Co. = average growth chart (obtained from TS corporation).

염병 발생사례에서 추정된 경제적 손실은 대부분 살처분 보상금과 방역조치 관련 비용 등 국가 차원에서 지출한 방역관련 피해액만을 고려하였으며, 축산농가의 질병 발생에 따른 경제적 손실은 고려가 되지 않았기 때문에 이를 포함시켜 보다 세밀한 분석을 수행한다면 손실액은 현저히 증가할 것으로 예상된다. 국내에서 가축 질병 발생과 관련한 경제적 영향에 대한 연구로는 구제역 [7], 오제스키병(Aujeszky's disease, AD) [2], 조류인

플루엔자 [5], 육류소비에 미치는 요인분석 [3, 4], 양돈 및 양계산업의 경제적 손실 [6] 등이 있다.

AD는 모돈과 웅돈에서 호흡기증상과 더불어 유산과 사산이 나타나며 신생자돈에서 높은 폐사율을 동반하는 급성 바이러스성 호흡기 질병이다. 우리나라에서는 정부의 의무적인 예방접종과 살처분 및 도태정책으로 발생률이 지난 10년간 꾸준히 감소하여 2008년 혈청학적 조사에서 유병률은 돈군수준에서 0.04%와 개체 수준에

Table 2. Summary of losses following Aujeszky's disease epidemic in a 12500-pig operation in Korea

Loss of category	Loss (Korean won)	% of total
Sow stage		
Suckling pig mortality	143,356,800	71.8
Grower stage		
Net loss due to death of a pig	8,090,327	4.1
Extra feed intake	3,998,400	2.0
Fattener stage		
Net loss due to death of a pig	12,456,518	6.2
Extra feed intake	31,762,290	15.9
Total	199,634,335	100.0

Economic losses due to the reduced number of litters per sow per year were not included because no reliable information was obtained from the 2005 Aujeszky's disease outbreak.

서 0.22%로 경상남도의 일부 지역에 국한하여 발생하는 것으로 파악된다 [1]. 그러나 발생농장에서 재발하는 사례가 흔하여 인근의 비발생 지역으로 확산될 가능성이 상존하고 있어 근절을 위해서는 양성축 신속도태와 혈청검사 확대, 백신접종 등 방역조치를 강화하고 이와 동시에 농가단위에서의 자율적인 방역이 절실히 요구되고 있다.

돼지질병에 의한 농가단위에서의 경제적 손실 중 유사산, 자돈의 폐사, 증체율 저하 등은 비교적 측정이 용이하지만 모든 회전율, 사료요구율, 비육일수 증가 등 감염에 따른 간접적인 피해규모는 정확히 계측하기 어렵다. 또한 피해평가를 위해 사용한 분석기법과 평가항목, 농장의 규모와 환경조건, 농장관리의 전산화 여부 등에 따라 손실액은 다양하게 추정된다 [10, 12, 15]. 본 연구에서는 2005년 경상남도 김해의 AD 발생농가의 생산성적을 이용하여 질병발생에 따른 양돈농가의 경제적 피해를 추정함으로써 가축질병 관리의 중요성을 재조명하고자 한다.

재료 및 방법

분석모형과 발생농장의 특성

AD 발생에 의한 경제적 손실을 계산하기 위하여 부분예산 분석법(partial budget analysis)을 사용하였으며, 이 방법은 질병과 직접적인 연관성이 있는 손실 항목에 대해서만 평가하는 기법이다 [15]. 따라서 가축이나 축산물의 판매지연, 소비자의 유품소비성향 변화 및 기타 연관산업에 대한 간접 혹은 2차적 손실은 본 모형에서 고려하지 않았다. 분석을 위하여 돼지 사육단계를 번식(분만-포유자돈), 육성(5-20kg) 및 비육(20-115kg) 단계로 구분하여 각 단계별 피해액을 합산하여 총 손실액을 계산하였다. 분석항목은 AD 발생 후 포유자돈 폐사두

수, 자돈가격, 도체체중 및 가격, 사료요구율, 일일 증체량, 일일 사료섭취량, AD 발생 이전의 육성 및 비육기간 일수와 AD 발생 후 증가일수, 폐사율 등이다(Table 1). 총 손실액은 사육단계별 폐사1두에 대한 피해액을 폐사두수로 곱하여 계산하였다. 또한 AD 발생 후 일일 증체량 감소에 따른 손실액과 육성(비육)기간 증가에 따른 손실액은 결국 사료소비량 증가에 따른 피해액을 추정하는 것으로 동일한 의미를 갖기 때문에 [15] 본 연구에서는 후자의 방법으로 계산하였다. 본 연구에서 적용한 농장(case herd)은 2005년 경상남도 김해지역에서 모돈 1,200두, 자돈 2,900두, 육성돈 3,500두, 비육돈 4,900두 등 총 12,500두를 사육하는 대규모 일관사육농장으로 오제스키병 발생 후 모돈 복당 이유자돈 2.5두 감소, 출하일령 평균 15일 지연, 이유자돈 폐사율 10%, 육성돈 폐사율 5%, 비육돈 폐사율 1-2%의 성적을 보였다. 번식단계의 모돈 분만회전율, 육성단계 사료효율 감소 등의 자료는 확보되지 않아 계산과정에서 제외하였다.

확률분포

포유자돈 폐사두수(suckling pig mortality)는 AD 발생 농장에서 모돈 복당 2.5두에 근거하여 [2] 최소 1두, 평균 2두, 최대 3두로 가정하였다. 육성과 비육돈의 도체체중은 각각 20kg과 113kg으로 고정하였으며, 사육단계별 사료비와 kg 당 도체가격은 2005년 당시의 시가를 적용하였다. 사료요구율(feed conversion rate), 일일 사료섭취량(daily feed intake, kg), 사육단계별 평균 사육일수(average length of growing or fattening period in day), 일일 증체량(average daily gain, kg)에 대한 국내정보기 부족하여 참고문헌 [9, 14, 15]과 대한제당 무지개 양돈 발육 표준 성적(average growth chart)에 근거하여 연구자간 논의과정을 거쳐 경험적 확률분포(empirical distribution)를 적용하였다. 사료요구율은 육성돈의 경우

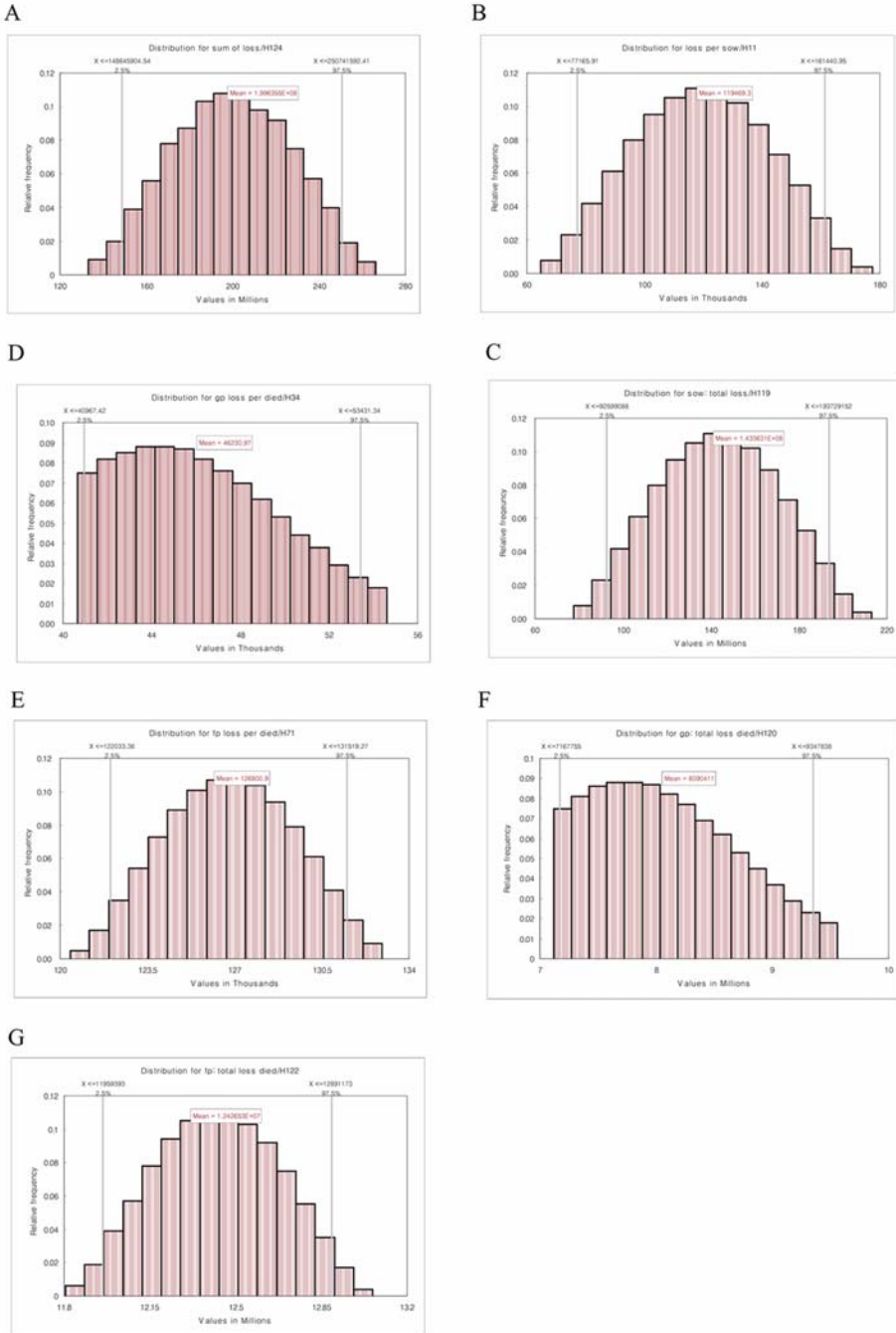


Fig. 1. Simulated distribution of economic losses (in Korean won) following the Aujeszky’s disease epidemic in a 12500-swine operation: (A) total loss (B) loss due to death of a pig at sow stage (C) total loss at sow stage for the case herd with 1200 sows (D) loss of the death of one pig at growing and (E) fattening level (F) total loss in the case herd for grower and (G) fatterner.

평균 3.65, 표준편차 1.3, 최소 4.5를 사용하였고 비육돈의 경우 평균 3.5, 표준편차 0.5, 최소 2.9에 대하여 정

규분포를 적용하였다. 일일 사료섭취량은 육성돈의 경우 최소 0.45, 최빈 0.5, 최대 0.55, 비육돈은 최소 2.0,

최빈 2.2, 최대 2.4에 대하여 Pert 분포를 적용하였다. 육성돈의 평균 사육일수는 Pert 분포를 사용하여 최소 35, 최빈 38, 최대 42, 비육돈에 대해서는 130일의 고정값을 사용하였다. 일일 증체량은 육성돈은 평균 0.417, 표준편차 0.147, 최소 0.214, 비육돈은 평균 0.752, 표준편차 0.083, 최소 0.529에 대한 정규분포를 사용하였다. 육성돈과 비육돈의 폐사율은 각각 5%와 2%로 고정하였다 [15]. AD 발생 후 육성돈과 비육돈의 일일 증체량은 발생농장의 성적변화에 근거하여 정상 증체량의 10% 정도 감소할 것으로 가정하여 육성돈과 비육돈에 대하여 각각 Pert 분포를 적용하였다. 육성 및 비육단계에서 돼지가 폐사할 경우 해당 기간의 중간시점에서 폐사한다고 가정할 때 사료섭취량 감소분은 문헌고찰을 통하여 63%를 적용하였다 [15]. 기타 입력 모수에 대해서는 Table 1에 제시된 값을 사용하였다. 모의시험은 @Risk 소프트웨어(Palisade, USA)를 이용하여 Latin Hypercube 표본추출법으로 3,000회 반복하여 수행하였으며, 추정손실액에 대한 확률분포로부터 평균과 95% 신뢰구간(confidence interval, CI)을 유도하였다.

결 과

모든 1,200두를 포함하여 총 12,500두를 사육하는 농장에서 AD가 발생한 경우 연간 모든 당 분만복수 감소에 의한 피해금액을 제외할 때 총 손실액은 약 2억원(95% 신뢰구간 1.5-2.5억원; Fig. 1A)으로 추정되었다. 모돈단계에서 이우자돈 1두 폐사에 의한 손실은 119,000원(95% 신뢰구간 77-161천원)으로 계산되었고(Fig. 1B) 이 금액을 발생농가의 총 사육규모에 적용하면 1.4억원(95% 신뢰구간 0.9-1.9억원; Fig. 1C)의 손실이 발생하여 총 손실액의 71.8%를 점유하는 것으로 계산되었다(Table 2). 한편 육성돈과 비육돈 1두 폐사에 의한 손실은 각각 46천원(95% 신뢰구간 40-53천원; Fig. 1D)과 126천원(95% 신뢰구간 122-131천원; Fig. 1E)으로 총 사육규모에 적용하면 육성돈 약 8백만원(95% 신뢰구간 7.1-9.3백만원; Fig. 1F), 비육돈 약 12백만원(95% 신뢰구간 11.9-12.8백만원; Fig. 1G)으로 추정되었다.

고 찰

부분예산분석법은 관심을 두고 있는 어떤 조치(질병 발생)가 특정 농장에 적용될 경우 완전예산(enterprise budget) 중 변화가 초래될 것으로 기대되는 항목만을 대상으로 기대 수입과 손실에 대한 변화량의 차이를 계산함으로써 해당 조치의 순 효과(net impact)를 평가하는 기법이다. 이 기법은 젓소에서 인공수정과 자연교배의

비용 비교 [13], 돼지에서 대장균에 대한 예방접종 효과 분석 [16], 젓소의 유방염에 대한 다양한 방제전략 비교 [8], 소 바이러스성 설사병에 대한 검사전략 비교 [11] 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다. 본 연구의 목적은 부분예산분석법을 이용하여 12,500두 사육규모의 농장에서 AD 발생 이후 경제적 손실을 추정하는 것으로서 모형의 투입된 평가항목에 대하여 고정값이나 확률분포를 적용하여 모의시험으로 분석하였다. 입력 모수 중 특히 AD 발생과 관련된 사육성적의 변화에 대한 국내 자료는 2005년 발생 당시 확보한 일부 자료가 유일하여 기타 모수에 대해서는 국외 연구결과를 사용하였다. AD 발생에 따른 농장의 경제적 피해규모에 대한 문헌고찰 결과 연간 모돈당 분만회전을 0.18회 감소, 모돈 복당 산자수 0.52두 감소, 사료 효율 저하에 따른 사료요구율 0.17% 증가 [12], 폐사율의 경우 포유자돈은 8% [10], 육성 비육돈은 2-5% 증가하는 것으로 보고되었다 [12]. 국외 연구에서도 이용 가능한 정보가 매우 제한된 관계로 사육조건이나 상황이 다른 연구의 결과를 사용함으로써 본 연구에서 추정된 경제적 손실이 AD 발생을 대표한다고 보기는 어렵다. 이러한 제한점이 있지만 부분예산분석법을 이용하여 발생농가에 대한 피해계측 결과 약 2억원으로 추정되었으며 이 중 모돈단계(분만-이우)에서 자돈의 폐사에 따른 피해규모가 71.8%로 가장 크게 나타났다. 2004-2005년도 발생에 대한 역학조사와 위치정보를 이용하여 확산요인을 분석한 결과 감염돈이나 보균돈의 이동과 인근전파를 통해 사육밀도가 높은 지역으로 확산된 것으로 분석되어 [2] 본 연구에서 추정된 피해액을 전체 발생농가에 적용하고 살처분 보상금과 방역조치 비용을 포함하면 국가단위의 총 손실액을 파악할 수 있으며, 본 연구결과에 근거할 때 AD 발생 후 전국적으로 확산된다고 가정하면 그 피해규모는 막대할 것으로 예상된다.

본 연구의 결과를 해석할 때 AD 발생에 따른 경제적 손실이 과대 혹은 과소평가될 가능성이 있다는 점을 주의할 필요가 있다. 이를테면 총 비용의 변화량을 계산할 때 AD 발생 이전에 기대되는 비용에서 AD 발생 이후 더 이상 발생하지 않는 감소된 비용(reduced cost) 이를테면 사료효율 증가로 인한 절감된 사료비, 질병 비발생으로 인한 노동비, 수의사 진료비, 약품비 감소 등을 차감하지 않아 비용이 과대 계상되면 결과적으로 경제적 손실이 과대평가된다. 반면에 총 수익금액의 변화량을 계산할 때 AD 발생 이전의 수입액에서 AD 발생 이후 생산성 저하와 도태로 인한 출하두수 감소 등 감소된 수익(reduced return)을 차감하지 않아 수익이 과대 계상되면 경제적 손실이 과소평가되는 결과를 초래한다. 본 연구에서 AD 발생 이후 사육성적 변화인 폐사율, 사료요

구울, 증체량, 일일 사료섭취량 등에 대한 정보가 매우 제한되어 감소된 비용과 수익 중 어느 항목이 더 큰지 정확히 파악할 수는 없었다. 본 연구에서는 육성단계와 비육단계를 구분하여 분석하였지만 이용 가능한 자료가 불충분하여 피해규모에 불확실성을 증가시키는 요인으로 작용하기 때문에 향후 두 단계를 통합하여 분석하는 방안이 필요할 것으로 보인다. 한편 농가손실과 관련하여 농가판매가격(산지가격)에 대한 공식적인 통계가 없고 지역, 농장 및 시기에 따라 차이가 많기 때문에 본 연구에서는 산지가격 대신 평균 도체가격을 적용하였고 이는 결과적으로 피해금액의 불확실성을 증가시키는 요인이 될 수 있다. 따라서 분석에 사용한 변수의 불확실성을 고려하기 위해서는 발생농장의 사육성적에 대한 보다 정밀한 자료가 필요하며 민감도 분석을 통하여 개별 분석항목이 총 손실액에 기여하는 정도를 파악하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

결 론

본 연구에서 개발한 모형을 이용하여 모든 1,200두, 육성돈 3,500두, 비육돈 4,900두 등 총 12,500두 사육규모의 농장에서 AD 발생에 따른 피해 규모를 예측한 결과 연간 모든 당 분만복수 감소에 의한 피해금액을 제외할 때 약 2억원의 경제적 손실이 발생하는 추정되었고, 본 연구에서 사용한 모형의 가정하에서 이유자돈의 폐사가 총 손실액의 약 71.8%를 차지하는 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 국립수의과학검역원 용역연구개발사업 (Project Code No. Z-AD17-2009-09-01)의 지원에 의해 수행되어 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 농립수산식품부. 가축전염병중앙에찰협회 자료집. pp. 34-35, 국립수의과학검역원, 안양, 2009.
2. 박최규, 이은섭, 이병용, 윤하정, 남향미, 김철희, 조영호, 이기중, 김도욱, 위성환, 문운경, 이주호. 돼지 오제스키병의 발생 역학 및 경제적 피해분석 모델개발. 국립수의과학검역원 연구보고서. pp. 322-369, 국립수의과학검역원, 안양, 2005.
3. 송주호, 우병준, 허덕, 박선일. 가축질병의 경제적 영향분석. 한국농촌경제연구원 연구보고서(R519). pp. 1-142, 한국농촌경제연구원, 서울, 2006.
4. 신승열, 송우진, 이형우. 최근 가축질병 발생이 육류

소비에 미치는 영향 분석. 농정연구속보. 한국농촌경제연구원, 서울, 2004.

5. 우병준, 이형우, 황윤재, 이정민, 김진년. 조류인플루엔자발생의 경제적 영향과 대책. 한국농촌경제연구원 연구보고서(P102). pp. 1-79, 한국농촌경제연구원, 서울, 2008.
6. 정찬길, 류영수, 정해동, 강정현, 김진현, 정호경. 가축질병으로 인한 양돈, 양계산업의 경제적 손실분석 연구. 농림부 정책연구과제 최종보고서. pp. 1-235, 농림부, 과천, 2001.
7. 최정섭, 정민국, 전상곤, 성동현, 허덕. 2002 구제역 발생 실태와 파급영향. 한국농촌경제연구원 연구보고서(P56). pp. 1-93, 한국농촌경제연구원, 서울, 2002.
8. Allore HG, Erb HN. Partial budget of the discounted annual benefit of mastitis control strategies. J Dairy Sci 1998, **81**, 2280-2292.
9. de Lange C, Dewey CE. Management of growing-finishing pigs. In: Straw BE, Zimmerman JJ, D'Allaire S, Taylor DJ (eds.). Diseases of Swine. 9th ed. pp. 1055-1064, Blackwell, Iowa, 2006.
10. Hoblet KH, Miller GY, Bartter NG. Economic assessment of a pseudorabies epizootic, breeding herd removal/repopulation, and downtime in a commercial swine herd. J Am Vet Med Assoc 1987, **190**, 405-409.
11. Larson RL, Miller RB, Kleiboeker SB, Miller MA, White BJ. Economic costs associated with two testing strategies for screening feeder calves for persistent infection with bovine viral diarrhea virus. J Am Vet Med Assoc 2005, **226**, 249-254.
12. Miller GY, Forster DL, Tsai J, Bowman G. Productivity and profitability differences between pseudorabies-infected and pseudorabies-noninfected farrow-to-finish swine herds. J Am Vet Med Assoc 1995, **206**, 446-451.
13. Overton MW. Cost comparison of natural service sires and artificial insemination for dairy cattle reproductive management. Theriogenology 2005, **64**, 589-602.
14. Pluske JR, Dividich JL, Hampson DJ. Nursery pig management. In: Straw BE, Zimmerman JJ, D'Allaire S, Taylor DJ (eds.). Diseases of Swine. 9th ed. pp. 1039-1053, Blackwell, Iowa, 2006.
15. Rougoor CW, Dijkhuizen AA, Hurine RBM, Marsh WE. Impact of different approaches to calculate the economics of disease in pig farming. Prev Vet Med 1996, **26**, 315-328.
16. Wittum TE, Dewey CE. Partial budget analysis of sow *Escherichia coli* vaccination. Swine Health Prod 1996, **4**, 9-13.