

## 분류 트리 기법을 이용한 국내 일괄사육 양돈장의 차단방역 수준에 영향을 미치는 기여 요인 평가

김규욱 · 박선일<sup>1</sup>

강원대학교 수의과대학 및 동물의학종합연구소

### Classification Tree Analysis to Assess Contributing Factors Influencing Biosecurity Level on Farrow-to-Finish Pig Farms in Korea

Kyu-Wook Kim and Son-Il Pak<sup>1</sup>

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

(Received: February 15, 2016 / Accepted: April 14, 2016)

**Abstract :** The objective of this study was to determine potential contributing factors associated with biosecurity level of farrow-to-finish pig farms and to develop a classification tree model to explore how these factors related to each other based on prediction model. To this end, the author analyzed data (n = 193) extracted from a cross-sectional study of 344 farrow-to-finish farms which was conducted between March and September 2014 aimed to explore swine disease status at farm level. Standardized questionnaires with information about basic demographical data and management practices were collected in each farm by on-site visit of trained veterinarians. For the classification of the data sets regarding biosecurity level as a dependent variable and predictor variables, Chi-squared Automatic Interaction Detection (CHAID) algorithm was applied for modeling classification tree. The statistics of misclassification risk was used to evaluate the fitness of the model in terms of prediction results. Categorical multivariate input data (40 variables) was used to construct a classification tree, and the target variable was biosecurity level dichotomized into low versus high. In general, the level of biosecurity was lower in the majority of farms studied, mainly due to the limited implementation of on-farm basic biosecurity measures aimed at controlling the potential introduction and transmission of swine diseases. The CHAID model illustrated the relative importance of significant predictors in explaining the level of biosecurity; maintenance of medical records of treatment and vaccination, use of dedicated clothing to enter the farm, installing fence surrounding the farm perimeter, and periodic monitoring of the herd using written biosecurity plan in place. The misclassification risk estimate of the prediction model was 0.145 with the standard error of 0.025, indicating that 85.5% of the cases could be classified correctly by using the decision rule based on the current tree. Although CHAID approach could provide detailed information and insight about interactions among factors associated with biosecurity level, further evaluation of potential bias intervened in the course of data collection should be included in future studies. In addition, there is still need to validate findings through the external dataset with larger sample size to improve the external validity of the current model.

**Key words :** biosecurity, classification tree, pig, prediction.

## 서 론

통계청의 농림수산물주요통계에 의하면 2013년 기준으로 우리나라의 농림업 총생산액은 약 46조원이며, 이 중 축산업은 16조원으로 총 생산액의 34.8%를 차지하고 있다. 축산업의 세부 업종별로 볼 때 돼지 5조원(30.9%), 한육우 3조 6천억원(22.7%), 닭계란 3조 8천억원(23.5%), 우유 2조 7백억원(12.8%), 기타 1조 6천억원(10.2%)으로 양돈 산업의 비중이 가장 높다. 가축질병으로 인한 경제적 피해 규모는 생산시스템, 사육규모, 질병 발생상황 등에 따라 차이가 있

지만 세계동물보건기구(OIE)에서는 전 세계적으로 축산물 생산액의 약 20%(미화 3천억 달러)로 추정하고 있어(14) 이를 국내 상황에 적용해보면 가축질병으로 인한 경제적 피해 금액은 연간 약 1조원이 될 것으로 추산된다.

차단방역(biosecurity)은 농장내부로 병원체가 유입되어 지속적으로 발생함으로써 농장외부로 이차적으로 확산되는 고리를 통제하는 수단으로 축산업에서 그 중요성이 범세계적으로 매우 높아지는 추세에 있다(1,27). 전술하였듯이 축산업계에서 질병발생으로 인한 경제적 손실이 막대하다는 점에서 농장의 차단방역 수준을 높이는 경우 농장의 생산성이 개선되는 것으로 보고되어(6,10,13,16,30,24,25) 전염성이 높은 주요 가축질병의 발생률이 낮은 수준을 보이는 축산 선진국에서는 가축질병 발생을 억제하고 차단방역 수준을 향상시

<sup>1</sup>Corresponding author.  
E-mail : paksi@kangwon.ac.kr

키기 위하여 위험위주(risk-based) 혹은 목적위주(targeted)의 모니터링과 감시활동을 지속적으로 강화하고 있다(28,29,32, 33). 또한 국제식량농업기구(12)에서는 환돈의 이동제한, 돈사 세척 및 소독, 잔반사료 급여 금지, 사체 및 폐기물의 적절한 처리 등과 같은 기본적인 차단방역 프로그램을 교육하는 것이 중요하다고 권고한바 있다.

이에 반하여 국내 양돈장의 차단방역 수준에 대한 연구는 매우 제한되어 없으며, 국내 일부 양돈장에 대한 표본조사에

의하면 차단방역의 중요성에 대한 농장주의 인식 수준이 매우 낮아 질병 발생 위험이 매우 높은 것으로 보고된바 있다(15,26). 본 연구는 개별 농장 단위에서 차단방역의 위험수준을 평가할 수 있는 모델 개발을 위한 기초 자료로 활용하고자 분류나무(classification tree, decision tree) 기법을 사용하여 국내 일괄사육 양돈장(farrow-to-finish farm)의 차단방역 수준에 영향을 미치는 기여요인을 확인하고, 차단방역 수준을 향상시키기 위한 관리방안의 우선순위를 도출하고자 수

**Table 1.** Frequency distribution of biosecurity measures on 193 farrow-to-finish pig farms according to biosecurity level

No	Biosecurity measures investigated	Biosecurity level	
		Low (%)	High (%)
1	Keeping farm management (production) records by computer	0.0	100.0
2	Absence of foreign workers on the farm	52.1	47.9
3	Endorse HACCP accreditation by government authority	19.0	81.0
4	Endorse non-antibiotic accreditation on the farm	23.3	76.7
5	Purchasing semen from one source of operation	38.2	61.8
6	Sick pigs are completely separated from the rest of the herd	17.6	82.4
7	Self disposal of dead stocks in a timely manner	36.8	63.2
8	Absence of livestock facilities within a 1km radius of the farm	32.9	67.1
9	Off-site removal of dead stocks	50.0	50.0
10	Fence surrounding the farm perimeter	19.8	80.2
11	Presence of a sign forbidding the entrance	33.3	66.7
12	Parking lot outside the farm	37.0	63.0
13	Providing clothing and boots for visitors before entering the farm	25.5	74.5
14	Disinfection of vehicles before entering the farm	32.7	67.3
15	Compulsory registering for visitors	31.9	68.1
16	Restricting access of visitors with foreign travel in the previous 7 days	28.6	71.4
17	Off-site pick-up location for finishers	6.4	93.6
18	Off-site location of storage facility for incoming feeds	16.7	83.3
19	Do not allow feed supplier truck to enter the farm	15.2	84.8
20	Do not allow feed supplier truck driver to enter the farm	37.4	62.6
21	Do not allow finisher truck to enter the farm	8.6	91.4
22	Do not allow finisher truck driver to enter the pig unit	34.2	65.8
23	Restriction on manure (slurry) disposal trucks entering the farm	8.9	91.1
24	Using a footbath for the entrance of each barn	33.1	66.9
25	Use of dedicated clothing to enter the farm	18.4	81.6
26	Maintenance of log book (record) for insect control	25.7	74.3
27	Avoiding introduction of replacement from outside sources	37.9	62.1
28	Do not allow bulk feed supplier truck to enter the farm	11.1	88.9
29	Reviewing for health status record of the source herd prior to purchasing pigs	27.7	72.3
30	Routine checking for temperature at each pig unit	30.8	69.2
31	Supply of chlorinated drinking water	15.5	84.5
32	Periodic on-site clinical monitoring of pigs by veterinarian	23.5	76.5
33	Consultation with veterinarians for choosing vaccine	36.4	63.6
34	Vaccine storage at desirable temperature	39.4	60.6
35	Use of a syringe to treat each sow	32.1	67.9
36	Keeping medical records of treatment and vaccination	15.8	84.2
37	Health monitoring of sows by periodic blood testing	28.9	71.1
38	Periodic monitoring of the herd using written biosecurity plan in place	11.8	88.2
39	Providing employee on educational program for biosecurity measures	5.9	94.1
40	Direct transport finisher (marketable age) to the auction markets	36.4	63.6

행되었다.

## 재료 및 방법

### 자료

본 연구에서는 농림축산식품부의 소모성징환지도사업에 의거 2014년 3월부터 10월까지 전국적으로 표본 선별된 344개 양돈장의 차단방역 수준을 조사한 자료를 사용하였다. 자료 수집방법에 대한 내용은 이미 발표한바 있으며(16) 간단히 요약하면 양돈장에 대한 설문 조사는 양돈 전문 수의사가 농장을 직접 방문하여 면접조사로 진행되었으며, 차단방역 수준을 평가하기 위한 조사표는 농장의 기본 정보를 비롯하여 농장 환경 및 차단방역 시설, 농장 방문객 및 출입차량 관리, 외부 도입돈 및 사료관리, 농장 및 돈사관리, 농장 질병관리 및 예방 등으로 구성되었다. 조사표의 설문 항목 중 차단방역과 관련이 있는 40개 변수(Table 1)를 독립변수로 선별하여 해당 항목을 이행하는 경우(yes) 1점을 부여하는 방식으로 개별 양돈장 단위의 총점을 계산한 후 1-20점을 낮은 수준(low, n=78), 21점 이상을 높은 수준(high, n=115)로 분류한 결과를 종속변수로 사용하였다. 본 연구에서는 총 344개 농장 중 종돈장과 AI센터를 제외한 일괄사육농장 중 결측치(missing data)가 없어 차단방역 점수를 계산할 수 있었던 193건을 모형 구축에 사용하였다.

### 통계분석

분류나무 분석 기법은 범주형 종속변수와 범주형 혹은 연속형 독립변수 간의 관련성(relationship)을 나무구조(tree structure)를 사용하여 분석하는 비모수 분석법으로, 자료에 내재된 통계적 정규성(normality)과 등분산성(equal variance) 가정을 필요로 하지 않고 특히 분석결과와 해석이 용이한 장점이 있다(22). 이 기법의 분석과정을 요약하면 종속변수의 결과를 설명할 수 있는 최적의 독립변수 조합을 찾기 위해 관찰된 자료를 'if-then' 논리구조에 따라 2개 이상의 상호 배타적인 군(group)으로 분할(split)하며, 1차로 분할되고 남은 나머지 자료에 대해서는 그 다음으로 가장 중요한 변수를 사용하여 분할하며 이러한 과정은 유의한 변수가 없을 때까지 반복된다. 분석의 최종 목표는 Bonferroni 보정 카이제곱통계량(Bonferroni-adjusted Chi-squared statistic)에 근거하여 유의성을 평가함으로써 지속적인 분할과정을 통하여 관찰 자료를 종속변수에 대하여 상호 구분되는 동질적인 집단이 되도록 만드는 것이다(23). 이 기법은 대용량의 자료를 축소하는 데이터마이닝 기법(2,15), 독립변수와 종속변수 간의 연관성에 관한 위험요인 평가(18,19,33), 분류와 예측 등의 목적으로 의학 분야에서도 널리 사용되고 있다(9,21,35). 본 연구에서는 원시 자료(n=193)에 대하여 CHAID (chi-squared automatic interaction detection) 예측 알고리즘(15, 20)을 적용하여 분류 모형을 구축하였다. 최종모형의 적합성(goodness-of-fit)은 오분류율(misclassification)로 평가하였으며, CHAID 모형으로 예측된 차단방역 수준의 정확도는 ROC 곡선(receiver-operating characteristic curve)의 면적(area under the ROC curve, AUC)으로 평가하였다. 차단방역 수준과 관련이 높은 노드(node)를 확인하기 위하여 gain chart

와 index chart를 작성하였다(34). 자료 분석은 SPSS 소프트웨어 version 21 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 사용하였으며,  $p < 0.05$ 에서 유의성을 판단하였다.

## 결 과

본 연구에 사용된 193개 농장 중 차단방역 수준이 높은 115개 농장과 낮은 78개 농장의 조사 항목별 이행률은 각각 47.9-100%와 0-52.1%로 차단방역 수준이 높은 농장에서도 이행률은 전반적으로 낮았다(Table 1). CHAID 알고리즘을 이용한 예측 모형에서 차단방역 수준에 기여하는 유의한 독립변수는 치료와 백신접종을 위한 진료기록부를 보관, 돈사 출입 전용 작업복 착용, 농장 경계용 울타리 설치, 농장의 차단방역 프로그램 운용으로 나타났다(Fig 1). 진료기록부를 보관하지 않을 때(노드 2)와 비교하여 보관할수록 차단방역 수준이 높았다(노드 1, 84.3%). 진료기록부를 보관하는 경우 돈사출입을 위한 전용 작업복을 착용하지 않을 때(노드 4, 54.3%)와 비교하여 착용할수록(노드 3, 95.7%) 차단방역 수준이 높았고, 이 경우 농장의 차단방역 프로그램을 운용하지 않을 때에 비하여(노드 8, 83.3%) 충실하게 운용할수록(노드

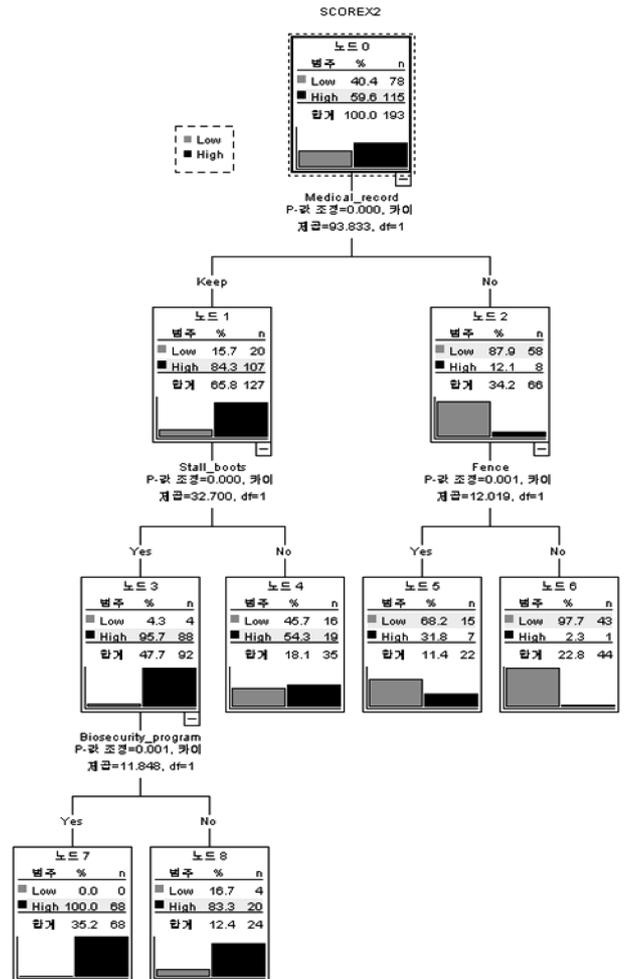


Fig 1. A chi-squared automatic interaction detection (CHAID) classification tree analysis to identify risk factors associated with the biosecurity level of farrow-to-finish pig farms (n = 193).

**Table 2.** The results of the final classification tree model

Biosecurity level	Predicted biosecurity level		
	Low	High	Accuracy
Low	58	20	74.4%
High	8	107	93.0%
Total percent	34.2%	65.8%	85.5%

**Table 3.** Gain and index charts for nodes in the CHAID classification tree model for low biosecurity standard (node by node)

Node number	Node		Gain		Response (%)	Index (%)
	N	%	N	%		
6	44	22.8	43	55.1	97.7	241.8
5	22	11.4	15	19.2	68.2	168.7
4	35	18.1	16	20.5	45.7	113.1
8	24	12.4	4	5.1	16.7	41.2
7	68	35.2	0	0.0	0.0	0.0

Growing method: CHAID; dependent variable: low level of biosecurity

**Table 4.** Gain and index charts for nodes in the CHAID classification tree model for high biosecurity standard (node by node)

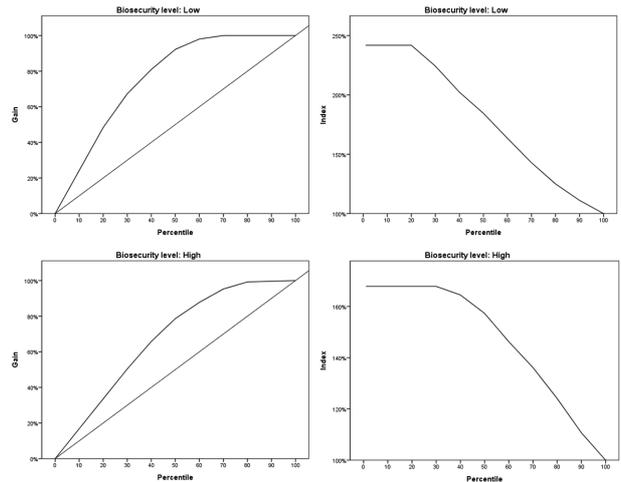
Node number	Node		Gain		Response (%)	Index (%)
	N	%	N	%		
7	68	35.2	68	59.1	100.0	167.8
8	24	12.4	20	17.4	83.3	139.9
4	35	18.1	19	16.5	54.3	91.1
5	22	11.4	7	6.1	31.8	53.4
6	44	22.8	1	0.9	2.3	3.8

Growing method: CHAID; dependent variable: high level of biosecurity

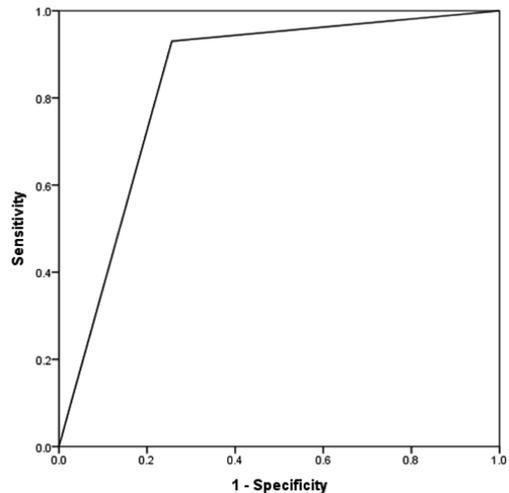
7, 100%) 차단방역 수준이 높은 것으로 나타났다. 한편 진료 기록부를 보관하지 않을 경우 농장의 출입을 차단하는 울타리가 없을 때(노드 6, 2.3%)와 비교하여 울타리가 설치되어 있을수록 차단방역 수준이 높았으며(노드 5, 31.8%), 이 노드와 유의한 관련이 있는 추가 변수는 없었다. 최종 모형의 분류 정확도는 85.5%로 오분류율은 14.5%(표준오차 0.025)로 분석되었다(Table 2). Gain chart 분석에서 차단방역 수준이 높은 농장일 경우 노드 7(1.67배)과 노드 8(1.39배), 차단방역 수준이 낮은 농장은 노드 6(2.41배), 노드 5(1.68배), 노드 4(1.13배)의 순으로 나타나 양돈장의 차단방역 수준별 관리방법의 우선순위가 다른 것으로 나타났다(Table 3, Table 4, Fig 2). CHAID 모형으로 예측된 ROC 곡선의 면적(AUC)은 0.84(95% CI, 0.773-0.901)로 AUC = 0.5와 비교할 때 통계적으로 유의하였다(Fig 3).

**고 찰**

본 연구에서는 분류 예측 알고리즘으로 CHAID 모형을 사



**Fig 2.** The gain and index charts of the CHAID classification tree algorithm for predicting biosecurity level. (A) target category: low level of biosecurity (B) target category: high level of biosecurity.



**Fig 3.** The receiver-operating characteristic curve for predicting high biosecurity level using CHAID tree model (area under the ROC curve = 0.84 with standard error of 0.033).

용하여 양돈장의 차단방역 수준에 영향을 미치는 잠재적 기여요인을 도출하고자 수행되었으며 최종 CHAID 나무구조 모형은 3개 수준으로 구성된다. 제1수준의 분할 단계에서는 (first-level split) 진료기록부 보관이 가장 중요한 변수로 확인되었는데(Fig 1) 이는 치료와 백신접종 내역을 확인하고 돈군의 건강상태를 체계적으로 관리하기 위한 노력이 매우 중요하다는 것으로 해석할 수 있다. 제2단계에서는(second-level split) 돈사출입 전용 작업복 착용과 농장 경계용 울타리 설치가 중요한 변수로 분석되었다. 양돈장에서 질병이 전파되는 경로는 정액, 사람 및 차량, 사체, 사료, 음용수, 분변, 동물(개, 고양이, 조류, 설치류 등), 농장의 장비 및 도구, 농장 근무자의 작업복 및 장화, 축산물, 절지동물 등에 의한 기계적 전파와 공기 매개 전파 등 매우 다양하기 때문에 농장이나 돈사 내부로 질병이 전파되는 경로를 차단하는 수단으로 전용 작업복을 착용하는 것은 매우 중요한 요인이라고 할 수 있다. 한편 울타리 설치의 외부인의 접근을 차단하기

위한 가장 기본적인 차단방역 조치임에도 불구하고 차단방역 수준이 높은 농장에서도 80.2%만 울타리가 설치되어 있다는 것은 질병의 유입 가능성을 매우 높이는 위험요소로 작용할 수 있다는 점에서 개선이 시급히 요구된다. 모형의 마지막 3단계에서는(third-level split) 차단방역 프로그램 운용으로 나타났는데 이는, 질병이 단일 요인에 의하여 발생하기 보다는 병원체, 숙주, 환경 등 다양한 복합적 요인들이 상호 연관되어 발생하기 때문에 이러한 고리를 차단하는 수단으로 농장 상황에 부합되는 차단방역 프로그램을 수립하고 이행하는 것이 매우 중요하다는 것을 시사한다(1,3,4,5,7,8,11, 13,16,18,28). 차단방역의 주요 내용과 관련하여 농장 입구 차량 소독기 설치, 농장으로 출입하는 사람 및 차량 소독, 외부, 방문자 기록관리, 농장 울타리 설치, 환돈(위축돈) 관리 등(Table 1)은 농장 관리자의 노력에 따라 개별 양돈장 단위에서 개선이 가능함에도 불구하고 기본적인 차단방역 원칙을 이행하는 비율이 매우 낮은 것은 많은 양돈장들이 질병 발생위험에 그대로 노출되어 있다는 것을 의미한다. 수의사가 평가한 결과와 비교하여 농장 관리자가 차단방역 수칙을 잘 준수하고 있다고 믿고 있는 것은 개별 농장단위에서 실천이 가능한 차단방역 프로그램을 계획하는 능력과 인식 수준이 충분하지 못하다는 것을 의미한다(17). 이러한 결과는 2013년 스페인의 양돈장을 대상으로 농장주의 차단방역에 대한 인식수준을 조사한 결과와 매우 유사한데 저자들은 수의사가 평가한 점수에 비하여 농장주가 자신의 농장을 평가한 점수가 더 높게 나타나 질병 유입위험을 최소화하는데 필요한 기본적인 차단방역 원칙을 이행하지 않는 농장이 많은 것으로 보고하였다(31). 차단방역 프로그램은 양돈장으로 질병 유입되고 이차적으로 확산되는 경로를 차단하기 위한 방어수단으로 매우 중요한 요소라는 점에서(4) 주요 축산 선진국에서는 차단방역의 중요성을 인식하여 국가적으로 매뉴얼로 작성하여 농가에게 보급하고 있다(12,27).

CHIAD 모형에서 확인된 4개의 기여요인은 변화시킬 수 없는 고정 요인(non-modifiable contributing factor)이 아니라 변화될 수 있는 중점관리요소(critical control point)라는 점에서 차단방역 수준을 개선하기 위한 농장주와 관리자의 관심과 노력이 촉구된다. 또한 gain chart 분석에서 보듯이 (Table 3) 특히 차단방역 수준이 낮은 농장에서는 193건 중 40.4%(노드 0)와 비교하여 농장 경계용 울타리 설치(노드 6)가 97.7%로 약 2.4배로 계산되어 가장 우선적으로 관리해야 할 요소로 나타났다. 축산시설을 개선하기 위한 농장주의 의지가 있음에도 불구하고 법적인 규제 문제로 이행하기 어려운 측면도 있기 때문에 이에 대해서는 정부의 정책적인 재검토가 필요할 것으로 사료된다.

## 결론

본 연구는 국내 일괄사육 양돈장의 차단방역 수준에 기여하는 주요 요인을 확인하고 관리방법의 우선순위를 도출하고자 2014년에 수행된 전국 표본 양돈장(344개소)에 대한 질병실태조사 자료 중 모형 구축이 가능한 193건의 자료를 추출하여 분석하였다. 국내 양돈장의 차단방역 이행 수준은 전반적으로 낮았으며 항목별 이행률은 차단방역 수준이 높

은 농장에서는 47.9-100%, 낮은 수준의 농장에서는 0-52.1%로 나타났다. CHIAD 예측 알고리즘을 적용한 최종 모형의 분류 정확도는 85.5%(ROC 곡선의 면적 84%)를 보였다. 차단방역 수준과 관련이 있는 유의한 독립변수로는 치료와 백신접종을 위한 진료기록부를 보관, 돈사출입 전용 작업복 착용, 농장 경계용 울타리 설치, 농장의 차단방역 프로그램 운용 등 4개의 요인이 확인되었으며, 양돈장의 차단방역 수준을 향상시키기 위해서는 먼저 해당 양돈장의 차단방역 수준을 정확하게 평가하고 그 결과에 따라 우선적으로 관리해야 할 요소를 달리 적용할 필요가 있는 것으로 분석되었다. 질병 유입위험을 최소화하는데 필요한 기본적인 차단방역 수칙을 이행하지 않는 농장이 많은 것으로 나타나 양돈장 단위에서 실천이 가능한 차단방역 프로그램을 수립하는 능력과 인식수준을 높이기 위한 교육과 홍보가 시급히 요구된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 가축질병대응기술개발사업 (Animal Disease Management Technology Development, 과제번호: C1012360-01-01)과 2015년도 강원대학교 대학회계 학술연구조성비(관리번호-120140287)로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. Amass SF, Clark LK. Biosecurity considerations for pork production units. *Swine Health Prod* 1999; 7: 217-228.
2. Biggs D, De Ville B, Suen E. A method of choosing multiway partitions for classification and decision trees. *J Appl Stat* 1991; 18: 49-62.
3. Boklund A, Mortensen S, Houe H. Biosecurity in 121 Danish sow herds. *Acta Vet Scand* 2003-2004; 100: 5-14.
4. Boklund A, Alban L, Mortensen S, Houe H. Biosecurity in 116 Danish fattening swine herds: descriptive results and factor analysis. *Prev Vet Med* 2004; 66: 49-62.
5. Bottoms K, Poljak Z, Friendship R, Deardon R, Alsop J, Dewey C. An assessment of external biosecurity on Southern Ontario swine farms and its application to surveillance on a geographic level. *Can J Vet Res* 2013; 77: 241-253.
6. Can MF, Altuğ N. Socioeconomic implications of biosecurity practices in small-scale dairy farms. *Vet Q.* 2014; 34: 67-73.
7. Casal J, De Manuel A, Mateu E, Martn M. Biosecurity measures on swine farms in Spain: perceptions by farmers and their relationship to current on-farm measures. *Prev Vet Med* 2007; 82: 138-150.
8. Costard S, Porphyre V, Messad S, Rakotondrahanta S, Vidonc H, Roger F, Pfeiffer DU. Multivariate analysis of management and biosecurity practices in smallholder pig farms in Madagascar. *Prev Vet Med* 2009; 92: 199-209.
9. Courcier EA, Mellor DJ, Thomson RM, Yam PS. A cross sectional study of the prevalence and risk factors for owner misperception of canine body shape in first opinion practice in Glasgow. *Prev Vet Med* 2011; 102: 66-74.
10. Dors A, Czyżewska E, Pomorska-Mól M, Kolacz R, Pejsak Z. Effect of various husbandry conditions on the production parameters of swine herds in Poland. *Pol J Vet Sci* 2013; 16: 707-713.
11. Fahrion AS, Beilage Eg, Nathues H, Drr S, Doherr MG. Evaluating perspectives for PRRS virus elimination from pig

- dense areas with a risk factor based herd index. *Prev Vet Med* 2014; 114: 247-258.
12. FAO. Good biosecurity practices for biosecurity in the pig sector: Issues and options in developing and transition countries. FAO Animal Production and Health Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Organization for Animal Health/World Bank, Rome, 2010.
  13. Hueston WD, Taylor JD. Protecting US cattle. The role of national biosecurity programs. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2002; 18: 177-196.
  14. IFC. Good Practice Note: Improving Animal Welfare in Livestock Operations. International Finance Corporation, World Bank Group, 2014.
  15. Kass G. An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. *Appl Stat* 1980; 29: 119-127.
  16. Kim KW, Pak SI. An epidemiological study on biosecurity practices on commercial pig farms in Korea: risk factors for porcine reproductive respiratory syndrome virus infection. *J Vet Clin* 2015; 32: 78-84.
  17. Kristensen E, Jakobsen EB. Danish dairy farmers' perception of biosecurity. *Prev Vet Med* 2011; 99: 122-129.
  18. Laanen M, Maes D, Hendriksen C, Gelaude P, De Vliegheer S, Rosseel Y, Dewulf J. Pig, cattle and poultry farmers with a known interest in research have comparable perspectives on disease prevention and on-farm biosecurity. *Prev Vet Med* 2014; 115: 1-9.
  19. Lahmann NA, Kottner J. Relation between pressure, friction and pressure ulcer categories: a secondary data analysis of hospital patients using CHAID methods. *Int J Nurs Stud* 2011; 48: 1487-1494.
  20. Liu X, Liu YY, Liu SH, Zhang XR, Du L, Huang WX. Classification tree analysis of the factors influencing injury-related disability caused by the Wenchuan earthquake. *J Int Med Res* 2014; 42: 487-493.
  21. López CM, Fernández G, Viña M, Cienfuegos S, Panadero R, Vázquez L, Díaz P, Pato J, Lago N, Dacal V, Díez-Baños P, Morrondo P. Protostrongylid infection in meat sheep from Northwestern Spain: prevalence and risk factors. *Vet Parasitol* 2011; 178: 108-114.
  22. Marvez E, Weiss SJ, Houry DE, Ernst AA. Predicting adverse outcomes in a diagnosis-based protocol system for rapid sequence intubation. *Am J Emerg Med* 2003; 21: 23-29.
  23. Mohammadzadeh F, Noorkojuri H, Pourhoseingholi MA, Saadat S, Baghestani AR. Predicting the probability of mortality of gastric cancer patients using decision tree. *Ir J Med Sci* 2015; 184: 277-284.
  24. Nampanya S, Suon S, Rast L, Windsor PA. Improvement in small-holder farmer knowledge of cattle production, health and biosecurity in southern Cambodia between 2008 and 2010. *Transbound Emerg Dis* 2012; 59: 117-127.
  25. Negro-Calduch E, Elfadaly S, Tibbo M, Ankers P, Bailey E. Assessment of biosecurity practices of small-scale broiler producers in central Egypt. *Prev Vet Med* 2013; 110: 253-262.
  26. Pak SI. Latent class analysis to classify pig farms into biosecurity level. *Korean J Vet Res* 2013; 53: 326.
  27. Permin A, Detmer A. Improvement of management and biosecurity practices in smallholder producers. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations. 2007; 1-55.
  28. Ribbens S, Dewulf J, Koenen F, Mintiens K, De Sadeleer L, de Kruif A, Maes D. A survey on biosecurity and management practices in Belgian pig herds. *Prev Vet Med* 2008; 83: 228-241.
  29. Salman MD. Chapter 1: Surveillance and Monitoring Systems for Animal Health Programs and Disease Surveys. In: Salman MD (Ed), *Animal Disease Surveillance and Survey Systems: Methods and Application*. Iowa State Press, Iowa, USA, 2003; 3-13.
  30. Scott PR, Sargison ND, Wilson DJ. The potential for improving welfare standards and productivity in United Kingdom sheep flocks using veterinary flock health plans. *Vet J* 2007; 173: 522-531.
  31. Simon-Grifé M, Martín-Valls GE, Vilar-Ares MJ, García-Bocanegra I, Martín M, Mateu E, Casal J. Biosecurity practices in Spanish pig herds: perceptions of farmers and veterinarians of the most important biosecurity measures. *Prev Vet Med* 2013; 110: 223-231.
  32. Stärk K, Regula G, Hernandez J, Knopf L, Fuchs K, Morris R, Davies P. Concepts for risk-based surveillance in the field of veterinary medicine and veterinary public health: Review of current approaches. *BMC Health Serv Res* 2006; 6: 20-27.
  33. Thurmond MC. Conceptual foundations for infectious disease surveillance. *J Vet Diagn Invest* 2003; 15: 501-514.
  34. Türe M, Kurt I, Kürüm T. Analysis of intervariable relationships between major risk factors in the development of coronary artery disease: a classification tree approach. *Anadolu Kardiyol Derg* 2007; 7: 140-145.
  35. Zhang J, Goode KM, Rigby A, Balk AH, Cleland JG. Identifying patients at risk of death or hospitalisation due to worsening heart failure using decision tree analysis: evidence from the Trans-European Network-Home-Care Management System (TEN-HMS) study. *Int J Cardiol* 2013; 163: 149-156.