

# 가금 농장의 특성에 따른 HPAI 위험요인 분석\*

안미란\*\* 지인배\*\*\* 배선학\*\*\*\* 박선일\*\*\*\*\* 김상태\*\*\*\*\*

## Keywords

고병원성조류인플루엔자(HPAI), 위험요인(Risk factor), 가금 농장 특성(Characteristics of poultry farm), 방역지역(Epidemic prevention zone)

## Abstract

The purpose of this study is to identify the risk areas of HPAI in Korea and to analyze the feasibility of establishing an epidemic prevention zone. The geographical influences of HPAI are compared and analyzed by species, and the risk factors are analyzed based on classification of farm size, farm density, the characteristics of farms in the area of protection, geographical features, road networks and geographical characteristics by using the binomial logit model.

For farms laying hens, commercial ducks, and parent duck stock, the higher the number of marrows, the higher the likelihood of the outbreak, while the lower the ratio of broiler chicks, the higher the probability of onset. Among the geographical features, migratory birds are shown to increase the probability of developing HPAI in all species. However, other variables show different results depending on poultry species.

## 차례

- 1. 서론
- 2. 분석 모형
- 3. 분석 자료
- 4. 분석 결과
- 5. 요약 및 결론

\* 본 연구는 2018년 농림식품기술기획평가원(IPET)의 「방역지역 설정의 타당성과 합리적 근거마련을 위한 수의·경제·통계학적 연구」의 지원으로 수행됨.

\*\* 동국대학교 식품산업관리학과 박사과정

\*\*\* 동국대학교 식품산업관리학과 교수, 교신저자. e-mail: jiinbae@dongguk.edu

\*\*\*\* 강원대학교 지리교육학과 교수

\*\*\*\*\* 강원대학교 수의학과 교수

\*\*\*\*\* 서울대학교 농업생명과학연구원 책임연구원

## 1. 서론

우리나라 고병원성조류인플루엔자(이하 HPAI)는 2003년 12월 충북 음성에서 최초로 발생한 이후, 2018년 3월까지 총 8차례 발생하였다. 2000년대에는 2년 주기로 발병이 반복되었으나 최근 들어 거의 해마다 발생하여 이로 인한 살처분농가 보상금, 살처분과 방역비용 등 경제적 피해액은 천문학적이다. 특히 2016년 11월에 발생하여 2017년 5월까지 지속된 7차 HPAI의 경우, 기존에 발생하였던 HPAI보다 피해규모가 크므로 재정지출액도 대폭 늘어났다. 농림축산식품부 AI 상황실 보도에 따르면, 7차 HPAI 발생은 총 1,129농가에서 가금류 3,806만 마리를 매몰 처분하여 3,007억 원의 재정이 지출되었다.

HPAI의 발생은 이와 같은 재정적 피해뿐만 아니라, 축산 농가와 계열사, 유통업체와 도소매업체 등 관련 산업에 직간접적인 피해를 끼치고 있다. 또한 HPAI가 인수공통전염병이라는 점에서 축산물 식품안전에 대한 소비자들의 불안감도 점차 커지고 있다. 따라서 HPAI의 발생과 확산을 억제하는 것은 가금농가와 계열사를 비롯한 축산업계의 생존과 국민의 건강을 지킨다는 측면에서 매우 중요하다.

우리나라 HPAI 발생은 철새를 통해 유입되는 것으로 알려져 있다(엄지호 외 2017). 그러므로 바이러스의 원천적인 유입을 막는 것은 거의 불가능에 가깝다. 하지만 HPAI 발생 위험성이 높은 지역을 중심으로 사전예찰을 강화하고 초기단계부터 차단방역수준을 강화한다면 HPAI의 확산을 막는데 매우 효과적일 것이다. 이에 정부에서는 가축질병 발생의 사전예방과 확산방지를 위해 국가동물방역시스템(Korea Animal Health Information System: KAHIS)을 운영하여 가축방역 정보를 통합관리하고 있다. 또한 농림축산식품부의 『AI 긴급행동지침(SOP)』에 따라 항원 검출 지역을 중심으로 관리지역(발생농장의 500m 이내), 보호지역(500m~3km), 예찰지역(3km~10km)을 설정하여 확산방지를 위한 방역활동을 추진하고 있다. 2019년 현재 방역당국에서는 HPAI 발생 시, 방역지역의 설정(zoning)에 따라 발생농장 반경 3km까지 원칙적으로 예방적 살처분을 진행하고 있다.

그러나 방역지역 범위 설정에 대한 합리적이고 객관적인 기준이 마련되지 않아 발생농장으로부터 임의의 거리로 일괄 설정되고 있는 실정이다. 이는 필요 이상의 가금류를 살처분함으로써 환경오염, 농가 및 국가의 손실, 인적·물적인 사회적 비용의 낭비 등 국가적으로 다양한 문제를 초래할 우려가

크다. 이러한 측면에서 500m, 3km에 대한 살처분 범위가 보다 명확해야 한다는 주장도 지속적으로 제기되고 있다(한국농어민신문 2018. 7. 13.). 또한 지방자치단체에서 지형적·역학적 요인으로 살처분 범위를 축소할 것을 농림축산식품부에 요청하면 이에 대한 검토를 진행하기로 하였다(농민신문 2018. 10. 10.). 이렇듯, HPAI 발생농장의 지형, 지세, 사육규모 등 다양한 요인을 충분히 고려하여 발생 위험성이 높은 지역을 선별하여 사전예방·예찰을 강화하는 것은 차단방역의 효과를 극대화하는 중요한 수단이다. 더불어 HPAI의 확산차단과 조기종식을 통한 효율적인 방역활동을 위해 방역지역 범위의 설정에 합리적이고 객관적인 기준을 제공하는 것은 시급한 당면과제이다.

HPAI의 위험요인에 관한 선행연구는 유럽이나 동남아시아 국가를 대상으로 일부 수행되었다. Thomas, M. E. et al.(2005)은 2003년 네덜란드에서 발생한 HPAI의 위험요인을 분석하였고, Ward, M. et al.(2008)은 2005~2006년 루마니아에서 발생한 HPAI와 환경요인과의 상관관계를 분석하였다. Yupiana, Y. et al.(2010)은 포아송회귀분석을 통해 인도네시아 서부 자바주의 가금류 밀도와 도로 밀집도, 인구밀도 등 요인과 HPAI 사이의 상관관계를 파악하였으며, Desvaux, S. et al.(2011)은 2007년 베트남에서 발생한 HPAI의 위험요인을 분석하였다. 그리고 Paul et al.(2011)은 태국을 중심으로, Osmani, M. et al.(2014)도 방글라데시를 중심으로 HPAI 위험요인을 분석하였다.

한편 우리나라에서는 Kim, W. H. et al.(2018)이 경기도, 충청북도와 충청남도의 가금류 농장 중 43개 오리농장을 표본조사하여 HPAI 위험인자를 분석하였다. 하지만 HPAI 바이러스는 특정 지역이 아닌 전국적으로 전파되는 경향이 있고 오리농장 외에도 육계나 종계농장에서도 발생하는 사례가 많다. 따라서 한국의 HPAI의 위험요소를 보다 정밀하게 분석하기 위해 오리를 포함한 전체 가금류에 대한 분석이 필요할 것으로 판단된다.

농장의 지리적 특성을 반영하여 HPAI의 위험요인을 분석한 선행연구는 Fang, L. et al.(2008), Biswas, P. K. et al.(2009) 등이 있다. Fang, L. et al.(2008)은 중국의 HPAI 확산에 영향을 미치는 요소를 분석하기 위해 농장의 가금류 밀도와 야생조류 이동, 습지, 해발고도, 그리고 농장과 가까운 철도, 고속도로, 국도와의 거리 등 도로망 정보를 이용하여 로지스틱회귀분석을 진행하였다. 분석 결과, 지리적 특성 중에서 국도, 호수와 습지와는 HPAI 발생의 영향요인으로 확인되었다. Biswas, P. K. et al.(2009)은 거주지 내 가금 사육(Backyard chickens)의 HPAI의 발생 위험인자를 평가하기 위해 방글라데시 가금 농장의 지리적 위치정보에 기초하여 동물병원, 하천이나 강, 철

새도래지, 조류시장과의 거리 등 지리적 특성과 비둘기나 야생오리와와의 접촉유무, 농장의 청소 빈도 등을 변수로 설정하여 로지스틱회귀분석을 진행하였다. 분석 결과, 지리적 특성 중에서 하천이나 강과의 거리가 HPAI의 위험요인으로 나타났다. 하지만 우리나라에서는 농장이 가지고 있는 지리적 특성을 고려한 HPAI 발생에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 한국의 HPAI 발생의 영향요인을 살펴보고자 선행연구에서 제시된 변수에 기초하여 7차 HPAI 발생자료와 가금 농장의 강·하천, 철새도래지, 도로망 정보 등 지리적 특성과 농장의 밀도 및 가금의 사육밀도 등 농장특성 자료를 활용하여 로지스틱회귀분석을 진행한다. 또한 가금류를 육계, 산란계, 육용오리, 종오리 등 4가지로 세분화하여 축종별 위험요인을 비교분석한다. 또한 방역지역 지정 범위(관리지역, 보호지역, 예찰지역) 내의 사육특성과 농장특성이 HPAI에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 이와 같은 연구 결과는 향후 효율적인 방역활동에 유용한 정보를 제공하고 정부의 방역지역 설정에 객관적인 기준을 제시할 것으로 판단된다.

본 연구의 구성은 제1장에서 연구의 배경과 목적을 제시하고, 선행연구를 검토하였다. 제2장에서는 HPAI 발생농장 특성 분석을 위한 이론적 배경을 제시하고, 실증모형을 설정한다. 제3장에서는 분석 자료에 대해 설명하고, 제4장에서는 분석 결과를 해석한다. 마지막 제5장에서는 본 연구에 대한 결론과 요약을 제시한다.

## 2. 분석 모형

로지스틱회귀모형은 종속변수가 명목척도일 때 흔히 사용되는 분석 모형이다. 본 연구의 종속변수는 HPAI 발생유무에 따라 “예(발생)”, “아니오(비발생)”의 두 그룹으로 구분되며 범주형 변수이다. 범주형 변수는 오차항의 정규분포와 등분산성을 가정하기 어려우므로 선형회귀분석을 적용할 수 없는 한계가 있다. 만일 종속변수가 이항변수(Binary variable)임에도 선형회귀모형을 적용할 경우, 설명변수의 크기 효과가 왜곡될 가능성이 높다. 따라서 종속변수가 이항변수일 경우, 일반적으로 이항 로짓모형(Binary Logit Model)과 이항 프로빗모형(Binary Probit model)을 이용하며 최우추정법에 의해 분석한다.

본 연구에서는 보다 적합한 모형을 구축하기 위해 Log Likelihood와 AIC, BIC 값을 이용하여 두 모형의 적합도 검증을 진행하였다. 모형의 적합도 검증 결과 이항 로짓모형이 보다 적합한 것으로 나타나, 이항 로짓모형을 이용하여 우리나라 가금 농장 특성에 따른 HPAI 발생 위험성을 분석하였다.

이항 로짓모형은 오차항의 확률분포가 로지스틱 확률분포를 따른다고 가정하며, 이를 수식으로 나타내면 다음 <식 1>과 같다.

$$(1) \quad \Pr(y = 1) = \frac{e^{\theta}}{1 + e^{\theta}} = F(\theta) = F\left(\sum_{k=1}^K \beta_k x_k\right)$$

여기서  $\Pr(y = 1)$ 는 농장이 HPAI에 걸릴 확률이며,  $\theta = \sum_{k=1}^K \beta_k x_k$ 이며,  $x_k$ 는 각 가금 농장의 특성을 나타내는 설명변수이며,  $\beta_k$ 는 추정계수이며,  $F(\theta)$ 는 로지스틱분포를 의미한다.

이와 같은 이항 로짓모형에서 설명변수의 영향력은 회귀계수를 지수로 하는 지수함수의 값, 즉 승산비(Odds ratio)를 통해 표현된다. 본 연구에서의 승산비는 HPAI 발생하지 않을 확률  $1 - \Pr(y = 1)$ 에 대한 발생확률  $\Pr(y = 1)$ 의 비율을 의미한다.

$$(2) \quad \frac{\Pr(y = 1)}{1 - \Pr(y = 1)} = e^{\sum_{k=1}^K \beta_k x_k} = \prod_{k=1}^K e^{\beta_k x_k}$$

이를 로짓 변형을 통한 선형식으로 표현하면 식 (3)과 같다.

$$(3) \quad \log\left(\frac{\Pr(y = 1)}{1 - \Pr(y = 1)}\right) = \sum_{k=1}^K \beta_k x_k$$

식 (3)에서 알 수 있듯이,  $\beta_k$ 는 추정계수로서, 다른 설명변수( $x_k$ )가 일정할 때, 해당 설명변수( $x_k$ )가 한 단위 증가하면 승산비는  $\exp(\beta_k)$ 만큼 변화한다는 것을 의미한다.  $\exp(\beta_k)$ 값이 1보다 클 경우 설명변수가 증가함에 따라 HPAI의 발생확률이 증가한다는 것을 의미하는 반면, 1보다 작을 경우 오히려 감소한다는 것을 의미한다. 또한  $\exp(\beta_k)$ 값이 1과 같을 경우 HPAI의 발생확률과 비발생확률이 서로 같다는 것을 의미한다.

본 연구는 전국 가금(육계, 산란계, 종계, 육용오리, 종오리) 사육농장의 자료와 7차 HPAI 발생농장들의 사육규모, 방역범위 지정범위 내의 농장과 사육밀집 정도, 지리적 특성 자료를 이용하였다. 이러한 변수들이 산란계, 육계, 육용오리, 종오리 등의 HPAI 발생에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보기 위해 아래와 같은 실증모형을 설정하여 추정하였다.<sup>1</sup>

$$(4) \quad Y_i = \beta_0 + \beta_1 head_i + \beta_2 gunhead_i + \beta_3 tgunhead_i + \beta_4 density_i + \beta_5 farm500_i + \beta_6 farm3k_i \\ + \beta_7 farm10k_i + \beta_8 head500_i + \beta_9 head3k_i + \beta_{10} head10k_i + \beta_{11} elevation_i + \beta_{12} road_i \\ + \beta_{13} feed_i + \beta_{14} slaughter_i + \beta_{15} river_i + \beta_{16} migrant_i + \epsilon_i$$

여기서  $Y$ 는 종속변수로 농장의 HPAI 발생 유무를 나타내고,  $k$ 는 각 농장을 의미하며,  $\beta_k$ 는 추정해야 할 계수이다.  $head$ 는 그 농장의 해당 가금(산란계, 육계, 육용오리, 종오리) 사육마릿수이며,  $gunhead$ 는 농장이 소속된 해당 시군의 해당 가금(산란계, 육계, 육용오리, 종오리) 사육마릿수이며,  $tgunhead$ 는 해당 시군의 총 가금류 사육마릿수이다.  $density$ 는 해당 농장이 농림축산식품부에서 지정한 가금 사육 밀집사육지역에 포함되는지 여부이며,  $farm500$ ,  $farm3k$ ,  $farm10k$ 는 각각 500m, 3km, 10km 인근 지역의 해당 가금사육농장수이며,  $head500$ ,  $head3k$ ,  $head10k$ 는 각각 500m, 3km, 10km 인근 지역의 해당 가금 사육마릿수이다.  $elevation$ 은 농장의 해발고도,  $road$ 는 농장과 2차선 도로와의 거리,  $feed$ 는 농장과 사료공장과의 거리,  $slaughter$ 는 농장과 도계(압)장과의 거리,  $river$ 는 농장과 하천이나 호수와의 거리,  $migrant$ 는 농장과 철새도래지와의 거리이며,  $\epsilon_k$ 는 오차항으로  $E(\epsilon) = 0$ 인 대칭 분포이며,  $CDF \equiv F(\epsilon)$ 인 로지스틱분포를 따른다.

### 3. 분석 자료

본 연구에서는 KAHIS에서 구축하여 제공한 2017년 1월 기준 가금 농장 자료를 활용하였다. 가금 농장은 총 7,034개였으나 제주도와 울릉도, 백령도, 영종도, 남해, 신안 등 도서지역과 메추리, 기러기 등 기타 가금류는 분석에서 제외하여 실증분석에 활용한 가금 농장수는 총 6,891개 농장이다. 그중에서 산란계 농장은 1,237개, 육계 농장은 2,012개, 종계 농장은 348개, 육용오리 농장은 3,154개, 종오리 농장은 140개로 취합되었다. 가금류 평균 사육마릿수는 산란계가 55,074마리, 육계 31,403마리, 종계 30,620마리, 육용오리 1,918마리, 종오리 6,069마리로 전체 평균은 21,800마리였다. 육용오리는 상대적으로 소규모 농장이 많은 것으로 나타나고 있다. 최대 사육마릿수는 산

1 적절한 설명변수 선정을 위해 본 연구에서는 일부 변수를 제거한 제약모형의 우도값과(restricted likelihood) 제거하지 않은 비제약 모형의 우도값(unrestricted likelihood)을 추정하였다. 추정 결과, 해당 변수들을 투입한 모형에서 우도값이 가장 높게 나타나, 이와 같이 실증모형을 설정하였다.

란계가 90만 마리, 육계가 50만 마리, 종계 30만 마리, 육용오리 76,000마리, 종오리 29,386마리였으며, 최소는 0마리로 휴업 중이거나 폐업한 농장이 일부 포함되었기 때문이다.

표 1. HPAI 특성분석을 위한 가금 농장 자료의 기초통계

단위: 농장수, 마리

	산란계	육계	종계	육용오리	종오리	총계
농장수	1,237	2,012	348	3,154	140	6,891
평균 사육마릿수	55,074	31,403	30,620	1,918	6,069	21,800
표준편차	89,247	42,243	32,273	5,690	6,806	52,049
최대	900,000	500,000	300,000	76,000	29,386	1,400,000
최소	0	0	0	0	0	0

자료: 농림축산검역본부 KAHIS.

2016년 11월~2017년 5월 사이 종계를 제외한 가금류에서 HPAI가 발생하였다. 도서지역을 제외한 축종별 발생건수는 산란계가 164건, 육계 77건, 육용오리 126건, 종오리 35건으로 총 401건이었다. 발생농가의 평균 사육마릿수는 산란계가 121,678마리, 육계가 27,126마리, 육용오리 13,239마리, 종오리 11,189마리로 순으로 나타났다. 그중에서 HPAI에 걸린 산란계의 사육마릿수는 전체 평균 사육마릿수인 60,076마리보다 2배 이상 더 많은 것으로 나타났다.

표 2. 2016~17년 HPAI 발생농장 기초통계

단위: 농장수, 마리

	산란계	육계	육용오리	종오리	총계
농장수	164	77	125	35	401
평균 사육마릿수	121,678	27,126	13,239	11,189	60,076
표준편차	138,543	42,719	7,692	6,434	52,052
최대	900,000	232,000	49,000	29,386	900,000
최소	2,000	0	100	1,702	0

자료: 농림축산검역본부 KAHIS.

HPAI 발생은 인근지역으로 확산되는 경우가 많으므로 해당 농장 외에도 인근 농장 특성에 의한 영향도 받는다. 그러므로 HPAI 발생의 영향요인을 보다 구체적으로 분석하기 위해 해당 농장이 소속되어 있는 시군의 가금사육농장수나 가금사육마릿수 등 요인을 고려할 필요가 있다. 따라서 시군의 해당 가금류의 사육마릿수와 전체 가금류 사육마릿수를 파악하여 변수로 활용하였다. 시군별 가

금류 사육마릿수를 살펴보면, 산란계의 평균 마릿수는 1,175,518마리, 육계는 714,718마리, 종계는 352,724마리, 육용오리는 68,637마리, 종오리는 26,745마리로 나타났다. 또한 시군의 전체 가금류 평균 마릿수는 1,376,003마리이며 사육규모가 최대로 큰 시군에서는 5,497,104마리 사육하는 것으로 취합되었다.

표 3. 시·군별 가금류 농장 및 사육마릿수 기초통계

단위: 농장수, 마리

	산란계	육계	종계	육용오리	종오리	전체 가금류
전체 농장수	1,237	2,012	348	3,154	140	6,891
평균 사육마릿수	1,175,518	714,718	352,724	68,637	26,745	1,376,003
표준편차	1,206,758	711,967	33,226	135,090	29,340	1,137,302
최대	5,140,104	2,854,210	774,500	642,592	99,289	5,497,104
최소	0	0	0	0	0	0

자료: 농림축산검역본부 KAHIS.

지리정보 자료를 분석할 수 있는 지리정보시스템(Geographic Information System: GIS)인 ArcGIS 프로그램을 이용하여 개별농장으로부터 방역지역 지정범위인 500m 이내, 3km 이내, 10km 이내의 농가수와 가금류 사육마릿수를 취합하였다. 관리지역인 500m 이내 평균 농장수는 1.61개였으며, 평균 사육마릿수는 36,732마리였다. 예찰지역인 3km 이내 평균 농장수는 5.76개, 평균 사육마릿수는 138,412마리였으며, 보호지역인 10km 이내 평균 농장수는 34.17개, 평균 사육마릿수는 815,996마리였다. 농장수가 1이고 가금류 사육마릿수가 0인 것은 농장이 현재 휴업이나 폐업 중이기 때문이다.

표 4. 개별 가금 농장 중심 방역지역별 가금류 농장 및 사육마릿수 기초통계

단위: 농장수, 마리

	500m 이내		3km 이내		10km 이내	
	농장수	가금류	농장수	가금류	농장수	가금류
평균	1.61	36,732	5.76	138,412	34.17	815,996
표준편차	1.77	87,291	4.48	219,585	18.21	841,393
최대	28.00	1,326,000	30.00	2,040,202	112.00	5,173,323
최소	1.00	0	1.00	0	1.00	0

자료: 농림축산검역본부 KAHIS.



개별 가금 농장의 지리적 특성을 살펴보기 위해 가금 농장의 위치정보를 이용하여 농장의 해발고도, 2차선 도로와의 거리, 하천이나 호수와의 거리, 사료공장과의 거리, 도계(압)장과의 거리, 철새도래지와의 거리 정보를 수집하였다. 농장의 평균 해발고도는 119m이며, 2차선 도로와의 평균거리는 602m, 하천이나 호수와의 평균거리는 789m, 사료공장과의 평균거리는 4,570m, 도계장 또는 도압(압)장과의 평균거리는 24,213m, 철새도래지와의 평균거리는 29,891m이다.

표 5. 개별 가금 농장의 지리적 특성 기초통계

단위: m

	농장의 해발고도	2차선 도로와의 거리	하천이나 호수와의 거리	사료공장과의 거리	도계(압)장과의 거리	철새도래지와의 거리
평균	119	602	789	4,570	24,213	29,891
표준편차	122	684	875	3,703	20,285	18,897
최대	1,341	5,639	9,933	33,637	128,455	118,733
최소	1	0	0	5	111	393

자료: 농림축산검역본부 KAHIS.

마지막으로 정부는 HPAI 발생 위험성이 높은 15개 지역을 가금 사육 밀집지역으로 지정하여 집중 관리하고 있다. 이 지역은 더미변수로 포함시켰다. 가금 사육 밀집지역 자료는 농림축산식품부가 AI에 대한 방역관리를 강화하기 위해 만든 AI 중점방역관리지구 지정 기준 중 축산농장 수가 반경 500m 이내 10호 이상 또는 1km 이내 20호 이상인 지역 15개소로 그 대상은 아래 <표 6>과 같다.

표 6. 가금 사육 밀집지역(15개소)

시·도	시·군·구	읍·면·동
세종특별자치시	세종시	부강면
강원도	횡성군	횡성읍
충청북도	음성군	맹동면
청청남도	천안시	풍세면
전라북도	김제시	용지면
	익산시	낭산면
전라남도	나주시	반남면
경상남도	양산시	상북면
경상북도	경주시	천북면 신당리
	영주시	장수면 갈산리

(계속)

시·도	시·군·구	읍·면·동
경상북도	영주시	안정면 대평리
	봉화군	봉화읍 도촌리
	칠곡군	지천면 연호리
	포항시	흥해읍 성곡리
제주도	제주시	한림읍

주: AI 중점방역관리지구 지정 기준 중, 축산농장 수가 반경 500m 이내 10호 이상 또는 1km 이내 20호 이상인 지역 (15개소)

자료: 농림축산식품부(2016. 11.). 『AI 방역관리지구 지정 및 운영 계획(안)』.

## 4. 분석 결과

### 4.1. 전체 가금 농장 분석 결과

최우추정법을 이용한 전체 가금 농장에 대한 로지스틱 회귀분석 결과는 <표 7>과 같다. 모형의 적합도를 나타내는 Log Likelihood와 AIC, BIC 값은 각각 -1,085.873, 2,321.991, 2,205.700로 나타났다.<sup>2</sup> 또한 변수들 간의 상관관계를 파악하고자 분산팽창계수(VIF)를 추정한 결과, 5 이하로 나타나 실증모형에 투입된 변수들은 다중공선성문제가 존재하지 않는 것으로 판단할 수 있다.

전체 가금 농장의 특성요인 중에서 총 가금 사육마릿수, 방역지역 500m 내의 농장수와 사육마릿수, 해발고도, 하천·호수와와의 거리는 통계적 유의하지 않아 HPAI의 발생에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 각 특성요인 중에서 통계적으로 유의한 것으로 나타난 변수의 exp(B) 값을 살펴보면 다음과 같다.

가금 농장의 사육마릿수와 시·군의 해당 가금 사육마릿수의 exp(B) 값이 1.0042, 1.0002로 나타나, 가금이 1천 마리 많을수록 HPAI 발생확률이 각각 1.0042, 1.0002배 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 해당 농장의 사육규모가 HPAI 발생에 더 큰 영향을 미친다는 것을 보여준다.

2 이항 프로빗모형의 Log Likelihood와 AIC, BIC 값은 각각 -1,107.424, 2,365.093, 2,248.800 으로 이항 로짓모형이 보다 적합한 것으로 나타났다. 축종별 분석모형도 이항 로짓모형이 더 적합한 것으로 나타났다.

또한 AI 중점방역관리지구에 포함된 가금농자의 HPAI 발생가능성은 타 지역 대비 5.7334배 더 높은 것으로 나타났다. 이는 정부의 AI 중점방역관리지구의 지정은 HPAI 방역활동에 중요한 역할을 한다는 것을 의미한다.

방역지역 지정범위 중에서 관리지역(500m 이내) 내의 농장 특성은 통계적으로 유의하지 않는 것으로 나타난 반면, 보호지역(3km 이내)과 예찰지역(10km 이내)내의 농장 특성은 통계적으로 유의하며, HPAI 발생에 영향을 미친다는 것을 의미한다. 보호지역 내의 농장수가 1개, 사육마릿수가 1천 마리 많을수록 HPAI 발생확률은 1.0595배, 1.0007배 증가하는 것으로 나타났다. 한편, 예찰지역 내 농장수가 1개 많을수록 HPAI 발생가능성은 1.73%( $1-0.9827=0.0173$ ) 낮아지며, 사육마릿수가 1천 마리 많을수록 HPAI 발생가능성이 1.0007배 높아지는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 동일한 방역지대일지라도 농장수와 사육규모에 따라 HPAI의 발생에 미치는 영향은 서로 다르다는 것을 의미한다.

지리적 특성에 의한 영향력을 분석한 결과, 해발고도는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타난 반면, 도로, 사료공장, 도계(압)장, 철새도래지와는 HPAI 발생과 모두 유의하게 음(-)의 상관관계를 가진다. 즉 도로, 사료공장, 도계(압)장, 철새도래지와는 거리가 멀수록 HPAI의 발생 위험성은 낮아진다는 것을 의미한다. 1km 멀어질 때 HPAI가 발생할 가능성은 각각 28.16%, 7.78%, 3.89%, 5.53% 낮아지는 것으로 추정되었다. 이는 도로와의 거리가 HPAI 발생에 미치는 영향이 기타 변수에 비해 더 큰 것을 알 수 있다. 즉, 차량에 의한 HPAI 전파를 간접적으로 설명해 주고 있다.

## 4.2. 축종별 가금 농장 분석 결과

축종별 가금 농장에 대해 분석한 결과는 <표 8>와 <표 9>와 같다.<sup>3</sup> 우선, 산란계의 경우, 농장의 산란계와 시·군 총 가금의 사육규모와 상관관계가 없지만, 시군의 산란계 사육규모와는 양의 상관관계를 가진다. 송산비에 비추어 볼 때 시·군의 산란계 사육마릿수가 1천 마리 많을수록 HPAI 발생가능성은 1.0004배 높아지는 것으로 나타났다.

정부에서 지정한 AI 중점방역관리지구 여부는 통계적 유의성이 없으므로 정부의 AI 중점방역관

3 축종별 각 변수들 간의 상관관계를 진단한 결과, 다중공선성이 존재하지 않는 것으로 나타났다.

리지구 지정은 산란계에 대해서는 영향이 없는 것으로 나타났다. 방역지역 범위 내에서 500m 이내의 농장수, 3km와 10km이내의 사육마릿수가 통계적으로 유의하게 나타나 산란계의 HPAI 발생에

표 7. 전체 가금 농장에 대한 HPAI 발병확률 추정 결과

특성요인	변수(단위)	B	exp(B)	S.E	VIF
	Intercept	-1.5410***	0.2201	0.2823	-
사육규모	head 농장사육마릿수(천 마리)	0.0042**	1.0042	0.0015	3.8334
	gunhead 시군 해당가금사육마릿수 (천 마리)	0.0002***	1.0002	0.0006	1.9463
	tgunhead 시군 총가금사육마릿수 (천 마리)	0.00004	1.0000	0.0006	2.2531
밀집사육 정도	density(dummy 변수) AI 중점방역관리지구 여부	1.7460***	5.7334	0.2802	1.4197
방역지역 범위 내의 농장 특성	farm500 500m 이내 농장수 (개)	-0.0894	0.9145	0.06309	2.2307
	farm3k 3km 이내 농장수 (개)	0.0578***	1.0595	0.0193	2.822
	farm10k 10km 이내 농장수 (개)	-0.0175***	0.9827	0.0055	2.5712
	head500 500m 이내 사육마릿수 (천 마리)	-0.0005	0.9994	0.0012	4.9523
	head3k 3km 이내 사육마릿수 (천 마리)	0.0007**	1.0007	0.0003	2.3883
	head10k 10km 이내 사육마릿수 (천 마리)	0.0007***	1.0007	0.00009	2.7051
	elevation 해발고도 (m)	0.0002	1.0002	0.0010	1.2548
지리적 특성	road 도로와의 거리 (km)	-0.3307**	0.7184	0.1322	1.0580
	feed 사료공장과의 거리 (km)	-0.0809***	0.9222	0.0286	1.1611
	slaughter 도계(압)장과의 거리 (km)	-0.0398***	0.9611	0.0070	1.3805
	river 하천·호수와의 거리 (km)	0.0087	1.0087	0.0794	1.0277
	migrant 철새도래지와의 거리 (km)	-0.0569***	0.9447	0.0058	1.2004
	Log Likelihood			-1,085.873	
AIC			2,321.991		
BIC			2,205.700		
관측치(n)			6,891		

주: \*\*\*, \*\*, \*는 각각 유의수준 1%, 5%, 10%에서 통계적으로 유의함.

영향을 미친다는 것을 보여준다. 그 영향력은 각 방역지역대의 농장과 사육의 밀집 정도에 따라 서로 반대인 결과를 보이고 있다. 500m 이내 농장수는 HPAI 발생과 음의 상관관계를 가지며 농장수가 1개 많을수록 산란계의 발병확률은 34.62% 낮아지는 반면, 3km와 10km 이내 사육마릿수는 양의 상관관계를 가지므로 사육마릿수가 1천 마리 많을수록 발병률은 1.0023배, 1.0006배 증가하는 것으로 나타났다.

지리적 특성 중에서 해발고도와 하천·호수와의 거리는 산란계의 HPAI 발생과 상관관계가 없는 것으로 나타났으나, 도로, 사료공장, 도계(압)장, 철새도래지와의 거리는 모두 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 산란계 농장과 도로, 사료공장, 도계(압)장, 철새도래지와의 거리가 멀어질수록 HPAI 발병률은 낮아진다. 즉 해당 변수와 가까운 농장일수록 HPAI 발생에 취약하다는 것을 의미한다. 그중에서 도로와의 거리(46.89%)에 의한 영향력이 가장 크며, 다음으로 사료공장과의 거리(19.95%), 철새도래지와의 거리(7.37%), 도계(압)장과의 거리(2.21%) 순으로 나타났다.

육계의 HPAI 위험요인은 농장과 시·군의 사육마릿수가 통계적으로 매우 유의한 것으로 나타났으며, 타 축종과 달리 음의 상관관계를 가진다. 두 변수의 사육마릿수가 1천 마리씩 많을수록 HPAI 발병확률은 오히려 1.69%, 0.1% 낮아지는 것으로 나타났다. AI 중점방역관리지구와 HPAI 발생은 양의 상관관계를 가지며, AI 중점방역관리지구에서의 발병확률은 타 지역보다 5.7499배 더 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 추정 결과로부터 정부에서 지정한 AI 중점방역관리지구에 대한 차단 방역을 강화하는 것이 아주 중요하다는 것을 알 수 있다.

방역지역대 중에서 500m 이내의 농장 특성과 3km 이내의 농장수는 통계적 유의성이 없는 것으로 나타난 반면, 보호지역 내에서는 사육 밀집 정도가 HPAI 발생에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 한편, 예찰지역 내에서는 사육 밀집 정도뿐만 아니라, 농장 밀집 정도도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 분석 결과로부터 육계농장에 대한 방역범위를 확대할 필요가 있을 것으로 판단된다. 예찰지역 내의 농장수 1개, 보호지역과 예찰지역 내 사육마릿수가 1천 마리 많을수록 발병확률은 각각 1.0225배, 1.0017배, 1.0005배 높아지는 것으로 추정되었다. 이는 육계의 발병은 예찰지역 내의 농장 밀집 정도에 보다 민감하게 반응한다는 것을 보여준다. 사료공장, 철새도래지와의 거리는 육계의 HPAI 발생과 음의 상관관계를 가지며, 1km 멀어질수록 발병확률은 11.45%, 5.99% 낮아지는 것으로 나타났다. 이는 육계의 HPAI 발생은 사료공장과의 거리에 의한 영향력을 더 많이 받는다는 것을 보여준다.

육용오리는 통계적 유의성이 있는 변수들이 상대적으로 많은 것으로 나타났다. 이는 육용오리의 HPAI 발생은 타 축종에 비해 외부환경 조건에 보다 민감하다고 해석할 수 있다. 사육규모에 따른 위험요인은 산란계와 달리, 농장과 시·군 총 가금 사육마릿수인 것으로 나타났다. 그중에서 농장의 사육마릿수와 양의 상관관계를 가지며 1천 마리 많을수록 발병확률은 1.1597배 증가하는 반면, 시·군 총 가금 사육마릿수와는 음의 상관관계를 가지므로 1천 마리 많을수록 육용오리의 HPAI 발생 위험성은 0.05% 높아지는 것으로 나타났다.

AI 중점방역관리지구 여부는 통계적으로 유의하게 나타나 육용오리 발병확률은 타 지역 대비 AI 중점방역관리지구에서 무려 9.6314배 높은 것으로 확인되었다. 이는 정부의 AI 중점방역관리 지구의 지정이 육용오리의 방역강화에 긍정적인 역할을 한다는 것을 보여준다.

표 8. 산란계 및 육계농장 특성이 HPAI 발생에 영향을 미치는 요인 분석 결과

특성요인	변수(단위)	산란계			육계		
		B	exp(B)	S.E	B	exp(B)	S.E
	Intercept	-0.5760	0.5621	0.5584	-0.9916*	0.3711	0.5756
사육규모	head: 농장사육마릿수(천 마리)	0.0026	1.0026	0.0023	-0.0170***	0.9831	0.0060
	gunhead: 시군의 해당가금사육마릿수(천 마리)	0.0004***	1.0004	0.0001	-0.0010***	0.9990	0.0003
	tgunhead: 시군의 총가금사육마릿수(천 마리)	-0.00001	1.0000	0.0001	0.0001	1.0001	0.0002
밀집사육 정도	density: AI 중점방역관리지구 여부(dummy)	0.8131	2.2549	0.5676	1.7490**	5.7499	0.8660
방역지역 범위 내의 농장 특성	farm500: 500m 이내 농장수(개)	-0.4250***	0.6538	0.1633	-0.3896	0.6773	0.2470
	farm3k: 3km 이내 농장수(개)	-0.0182	0.9820	0.0440	-0.0268	0.9736	0.0502
	farm10k: 10km 이내 농장수(개)	-0.0173	0.9829	0.0131	0.0222**	1.0225	0.0105
	head500: 500m 이내 사육마릿수(천 마리)	0.0013	1.0013	0.0020	0.0024	1.0024	0.0033
	head3k: 3km 이내 사육마릿수(천 마리)	0.0023***	1.0023	0.0006	0.0016**	1.0017	0.0007
	head10k: 10km 이내 사육마릿수(천 마리)	0.0006***	1.0006	0.0002	0.0005*	1.0005	0.0002
	elevation: 해발고도(m)	0.0008	1.0008	0.0023	-0.0015	0.9985	0.0025
지리적 특성	road: 도로와의 거리(km)	-0.6327*	0.5311	0.3343	-0.3412	0.7109	0.2783
	feed: 사료공장과의 거리(km)	-0.2225***	0.8005	0.0721	-0.1216**	0.8855	0.0612
	slaughter: 도계(압)장과의 거리(km)	-0.0223*	0.9779	0.0131	-0.0047	0.9954	0.0104
	river: 하천·호수와의 거리(km)	0.1990	1.2202	0.1579	0.0428	1.0437	0.1719
	migrant: 철새도래지와의 거리(km)	-0.0765***	0.9263	0.0117	-0.0618***	0.9401	0.0117
	Log Likelihood		-270.430			-249.001	
	AIC		574.86			532.000	
BIC		661.907			627.312		
관측치(n)		1,237			2,012		

주: \*\*\*, \*\*, \*는 각각 유의수준 1%, 5%, 10%에서 통계적으로 유의함.

표 9. 육용오리 및 종오리농장 특성이 HPAI 발생에 영향을 미치는 요인 분석 결과

특성요인	변수(단위)	육용오리			종오리		
		B	exp(B)	S.E	B	exp(B)	S.E
	Intercept	-1.6790**	0.1866	0.6073	-2.920	0.0539	1.8690
사육규모	head: 농장사육마릿수(천 마리)	0.1483***	1.1597	0.0172	0.1285**	1.1372	0.0607
	gunhead: 시군의 해당가금사육마릿수(천 마리)	0.00008	1.0001	0.0008	0.0351***	1.0357	0.0122
	tgunhead: 시군의 총가금사육마릿수(천 마리)	-0.0005***	0.9995	0.0001	0.0002	1.0002	0.0003
밀집사육 정도	density: AI 중점방역관리지구 여부(dummy)	2.2650***	9.6314	0.6516	2.857	17.4091	1.7658
방역지역 범위 내의 농장 특성	farm500: 500m 이내 농장수(개)	0.3383*	1.4025	0.1824	-0.3494	0.7051	0.6346
	farm3k: 3km 이내 농장수(개)	0.0912**	1.0955	0.0399	-0.0321	0.9684	0.1115
	farm10k: 10km 이내 농장수(개)	-0.0329	0.9677	0.0119	0.0233	1.0235	0.0334
	head500: 500m 이내 사육마릿수(천 마리)	-0.0091	0.9909	0.0068	0.0247	1.0251	0.0171
	head3k: 3km 이내 사육마릿수(천 마리)	0.0002	1.0002	0.0007	0.0028	1.0028	0.0020
	head10k: 10km 이내 사육마릿수(천 마리)	0.0013***	1.0013	0.0002	-0.0007	0.9993	0.0008
지리적 특성	elevation: 해발고도(m)	-0.00145	0.9986	0.0024	0.0085	1.0085	0.0052
	road: 도로와의 거리(km)	-0.6165**	0.5399	0.0275	-0.3951	0.6736	0.6110
	feed: 사료공장과의 거리(km)	0.0326	1.0332	0.0523	-0.4734***	0.6229	0.1599
	slaughter: 도계(압)장과의 거리(km)	-0.1060***	0.8995	0.0202	0.0552	1.0568	0.0392
	river: 하천·호수와의 거리(km)	0.1076	1.1136	0.1623	0.7664**	2.1520	0.3494
	migrant: 철새도래지와의 거리(km)	-0.0561***	0.9455	0.0134	-0.0671**	0.9351	0.0289
	Log Likelihood	-275.98			-43.09		
	AIC	585.96			120.18		
	BIC	688.92			170.19		
	관측치(n)	3,154			140		

주: \*\*\*, \*\*, \*는 각각 유의수준 1%, 5%, 10%에서 통계적으로 유의함.



방역범위에 따른 위험요인은 관리지역과 보호지역 내에서는 농장수만이 위험요인으로 나타났으며, 예찰지역 내에서는 육계와 마찬가지로, 농장수와 사육마릿수 모두 위험요인으로 나타났다. 관리지역과 보호지역 내의 농장수가 1개 증가할수록 발병확률은 1.4025배, 1.0955배 높아지는 것으로 확인되었으나, 예찰지역 내의 농장수는 오히려 3.23% 낮아지는 것으로 분석되었다. 그리고 예찰지역 내의 사육마릿수가 1천 마리 많을수록 발병확률은 1.0013배 높아지는 것으로 추정되었다.

지리적 특성 중에서 육용오리의 발병률은 해발고도, 사료공장과의 거리, 하천·호수와의 거리가 육용오리의 HPAI 발생에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 반면, 도로, 도계(압)장, 철새도래지와 거리는 음의 상관관계를 가진다. 따라서 해당 변수와 가까운 육용오리 농장은 HPAI 발생에 취약하다는 것을 알 수 있다. 그중에서 도로와 멀리 떨어진 농장일수록 발병 가능성은 46.01% 낮아지는 것으로 분석되어 육용오리의 HPAI 발생에 가장 민감하게 반응하는 요소이다. 다음으로 도계(압)장(10.05%), 철새도래지(5.45%) 순으로 나타났다.

종오리 HPAI의 위험요소는 타 축종에 비해 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 농장과 시·군 종오리의 사육마릿수와 HPAI 발생은 양의 상관관계를 가진다. 두 변수의 사육마릿수가 1천 마리 많을수록 발병확률은 1.1372배, 1.0357배 증가한 것으로 나타났다. AI 중점방역 관리지구 여부와 방역지역 지정범위 내의 농장 특성은 모두 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다. 이는 AI 중점방역 관리지구 지정과 방역지역의 설정이 종오리 HPAI 발생에 미치는 영향은 통계적으로 유의하지 않다는 것을 보여준다.

지리적 특성에서 농장의 해발고도, 농장과 도로, 도계(압)장과의 거리는 통계적으로 유의하지 않게 나타나 종오리의 HPAI 발생에 유의한 영향을 미치지 못한다는 것을 의미한다. 반면, 사료공장, 하천·호수, 철새도래지와 거리는 통계적으로 유의하게 나타나 종오리의 HPAI 발생에 영향을 미친다는 것을 보여준다. 그중에서 사료공장과 철새도래지는 음의 상관관계로 나타나, 1km 멀어질수록 발병확률은 0.6229배(37.71%), 0.9351배(6.49%) 낮아지는 것으로 추정되었다. 반면, 하천·호수와의 거리는 양의 상관관계로 나타나, 오히려 2.152배 증가하는 것으로 나타났다.

## 5. 요약 및 결론

HPAI 발생은 우리나라 축산업계뿐만 아니라 국가재정과 국민건강에도 악영향을 미치고 있다. HPAI 발생으로 인한 피해를 최소화하고 효율적인 방역활동을 위해 HPAI 발생 위험지역에 대한 중점적인 관리가 필요하다. 이에 정부는 HPAI 발생과 확산을 억제하기 위해 방역지역 범위를 설정하여 운영하고 있으나, 이에 대한 과학적이고 객관적인 근거가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 HPAI 발생에 영향을 미치는 위험요인을 사육규모, 밀집사육 정도, 방역지역 지정범위 내의 특성요인과 농장의 해발고도, 농장과 하천·호수와의 거리, 도계(압)장 및 사료공장과의 거리, 도로와의 거리, 철새도래지와의 거리 등 지리적 특성으로 세분화하여 전체 가금류와 축종별 가금 농장을 대상으로 로지스틱 회귀분석을 진행하여 그 특성별 HPAI 발병 영향을 분석하였다.

분석 결과, 전체 가금 농장과 축종별 가금 농장의 HPAI 발생확률은 특성요인에 따라 서로 다른 결과를 보이고 있다. 우선 전체 가금 농장의 경우, 농장과 시군 해당가금의 사육규모가 큰 농장일수록 HPAI 발생확률이 높은 것으로 나타났다. 또한, AI 중점방역관리지구는 통계적으로 유의하며, 해당 지구에 위치한 농장은 타 지역의 농장보다 HPAI 발생가능성이 상당히 높은 것으로 추정되었다. 이는 정부의 AI 중점방역관리지구의 설정이 적절하다는 것을 보여주었다.

관리지역(500m)·보호지역(3km)·예찰지역(10km) 내의 농장특성이 HPAI 발병확률에 미치는 영향은 불규칙적인 것으로 나타났다. 즉 동일한 방역 범위일지라도 농장이나 사육 밀집정도에 따라 다른 결과를 보이는 것으로 분석되었다. 따라서 방역범위를 일괄적으로 설정하기보다 더욱 세밀하게 설정하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

도로, 사료공장, 도계(압)장과의 거리, 철새도래지와의 거리가 가까운 농장일수록 HPAI 발생 위험이 높은 것으로 분석되었다. 따라서 HPAI의 확산을 막기 위해 해당 요인과 가까운 농장에 대한 사전예찰을 강화할 필요가 있다. 특히 도로와 가까운 농장일수록 발병확률이 가장 높은 것으로 나타남으로써 축산차량에 대한 소독시설을 강화하고 차량출입이 빈번한 농장의 방역시설을 보다 철저히 점검할 필요가 있다.

축종별 가금 농장의 경우, 산란계, 육용오리, 종오리의 발병확률은 대체로 사육규모가 높은 농장에서 높은 것으로 나타났다. 다만, 육계는 오히려 낮은 것으로 나타났다. 이는 규모가 큰 육계농가일

수록 농장방역이 잘 되고 있기 때문인 것으로 보인다.

정부에서 지정한 AI 중점방역관리지구의 설정은 산란계와 육용오리의 HPAI 발생에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 반면, 육계와 육용오리의 HPAI 발생과 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 해당지역의 농장은 타 지역 대비 HPAI 발생 가능성이 현저히 높은 것으로 분석되었다. 따라서 정부의 AI 중점방역관리지구의 지정은 육계와 육용오리의 방역관리에 중요한 기능을 할 것으로 기대된다.

방역지역대별 농장특성에 따른 영향은 축종이나 농장특성에 따라 상이한 결과를 보이고 있다. 위에서 제시한 전체 가금 농장에 대한 분석 결과와 마찬가지로, 동일한 방역지역일지라도 농장이나 사육 밀집 정도에 따라 각 축종에 미치는 영향은 서로 다르게 나타났다. 산란계의 경우, 관리지역 내의 농장수와 음의 상관관계를 가지며, 보호지역과 예찰지역 내의 사육마릿수와 상관관계를 가진다. 육계의 경우, 관리지역의 설정은 HPAI 발생에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나, 보호지역 내의 사육마릿수와 예찰지역 내의 농장수 및 사육마릿수는 영향을 미치는 것으로 나타났다. 육용오리의 HPAI 발병확률은 방역지역대별(관리·보호·예찰지역) 농장수와 예찰지역 내의 사육마릿수와 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 반면 방역지역범위 설정이 종오리의 HPAI 발병확률에 미치는 영향은 통계적으로 유의하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 방역효과를 극대화하기 위해 방역지역 설정에 대한 심층적인 적용이 필요할 것으로 판단된다.

지리적 특성이 HPAI에 미치는 영향은 축종별로 다소 차이가 있으나, 철새도래지와와의 거리는 모든 축종에서 HPAI 발생확률을 높이는 위험요소로 분석되었다. 따라서 철새도래지와 가까운 농장에 대한 방역기준을 강화하고 예찰횟수를 확대함으로써 집중적으로 관리할 필요가 있다.

본 연구에서는 예방 중심의 차단방역 효과를 극대화하기 위해 HPAI 발생에 영향을 미치는 위험요인을 파악하고 HPAI 발생 위험성이 높은 축종별 농장 특성을 살펴보았다. HPAI의 위험요소와 발생에 취약한 지역은 농장의 사육규모, 지리적 특성에 따라 축종별로 상이하게 나타났다. 이와 같은 연구 결과는 농장 특성에 따른 방역체계의 수립과 효율적인 방역활동에 유용한 정보를 제공할 것으로 판단된다. 또한 방역 지정범위 내의 농장 밀집 정도와 사육밀집 정도를 통해 방역지역 설정의 타당성을 분석한 결과, 동일한 방역지정범위일지라도 농장 및 사육 밀집 정도와 축종에 따라서 다른 결과를 보이고 있다. 이는 방역지역 일괄 설정에 대한 개선 방안이 필요할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 엄지호, 박선일, 배선학. 2017. “국내 조류인플루엔자 발생 지역의 모델 패턴을 활용한 고병원성조류인플루엔자 (HPAI)의 감염가능 지역 분석.” 『한국지리정보학회지』 제20권 제2호. pp. 60-74. 한국지리정보학회. DOI: 10.11108/kagis.2017.20.2.060
- 농민신문. <<https://www.nongmin.com/news/NEWS/ECO/COW/299126/view>>.
- 한국농어민신문. <<http://www.agrinet.co.kr/news/articleView.html?idxno=162601>>.
- 농림축산검역본부. 국가가축방역통합시스템(KAHIS).
- 농림축산식품부. 『AI 긴급행동지침(SOP)』.
- 농림축산식품부. 2016. 11. 『AI 방역관리지구 지정 및 운영 계획(안)』.
- Biswas, P. K., J. P. Christensen, S. S. Ahmed, A. Das, M. H. Rahman, H. Barua,... and N. C. Debnath. 2009. “Risk for infection with highly pathogenic avian influenza virus (H5N1) in backyard chickens, Bangladesh.” *Emerging Infectious Diseases*. vol. 15, no. 12, pp. 1931-1936. DOI: 10.3201/eid1512.090643
- Desvaux, S., V. Grosbois, T. T. Pham, S. Fenwick, S. Tollis, N. H. Pham,... and F. Roger. 2011. “Risk factors of highly pathogenic avian influenza H5N1 occurrence at the village and farm levels in the Red River Delta Region in Vietnam.” *Transboundary and Emerging Diseases*. vol. 58, no. 6, pp. 492 – 502.
- Fang, L. Q., S. J. de Vlas, S. Liang, C. W. Looman, P. Gong, B. Xu and W. C. Cao. 2008. “Environmental factors contributing to the spread of H5N1 avian influenza in mainland China.” *PloS one*. vol. 3, no. 5, pp. e2268.
- Kim, W. H., J. U. An, J. Kim, O. K. Moon, S. H. Bae, J. B. Bender and S. Cho. 2018. “Risk factors associated with highly pathogenic avian influenza subtype H5N8 outbreaks on broiler duck farms in South Korea.” *Transboundary and emerging diseases*. vol. 65, no. 5, pp. 1329-1338. DOI: 10.1111/tbed.12882
- Osmani, M. G., R. N. Thornton, N. K. Dhand, M. A. Hoque, S. M. Milon, M. A. Kalam,... and M. Yamage. 2014. “Risk factors for highly pathogenic avian influenza in commercial layer chicken farms in Bangladesh during 2011.” *Transboundary and emerging diseases*. vol. 61, no. 6, pp. e44-e51. DOI: 10.1111/tbed.12071
- Paul, M., S. Wongnarkpet, P. Gasqui, C. Poolkhet, S. Thongratsakul, C. Ducrot and F. Roger. 2011. “Risk factors for highly pathogenic avian influenza (HPAI) H5N1 infection in backyard chicken farms, Thailand.” *Acta tropica*. vol. 118, no. 3, pp. 209-216. DOI: 10.1016/j.actatropica.2011.03.009
- Thomas, M. E. A. Bouma, H. M. Ekker, A. J. Fonken, J. A. Stegeman and M. Nielen. 2005. “Risk factors for the introduction of high pathogenicity Avian Influenza virus into poultry farms during the epidemic in the Netherlands in 2003.” *Preventive veterinary medicine*. vol. 69, no. 1-2, pp: 1-11. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2004.12.001
- Yupiana, Y., S. J. de Vlas, N. M. Adnan and J. H. Richardus. 2010. “Risk factors of poultry outbreaks and human cases of H5N1 avian influenza virus infection in West Java Province, Indonesia.” *International Journal of Infectious Diseases*. vol. 14, no. 9, pp. e800-e805. DOI: 10.1016/j.ijid.2010.03.014
- Ward, M. P., D. Maftei, C. Apostu and A. Suru. 2008. “Environmental and anthropogenic risk factors for highly pathogenic avian influenza subtype H5N1 outbreaks in Romania, 2005–2006.” *Veterinary research communications*. vol. 32, no. 8, pp. 627-634. DOI: 10.1007/s11259-008-9064-8

원고 접수일: 2019년 7월 20일
원고 심사일: 2019년 7월 31일
심사 완료일: 2019년 9월 20일