

2014-2016 국내 발생 고병원성조류인플루엔자(HPAI)의 사회연결망(Social Network) 유형 분석

배선학¹ · 정해용¹ · 엄치호^{1*}

Social Network Type Analysis of Highly Pathogenic Avian Influenza(HPAI) Outbreaks in South Korea, 2014-2016

Sun-Hak BAE¹ · Hae-Yong JEONG¹ · Chi-Ho EOM^{1*}

요 약

국내의 HPAI 전파 요인으로는 철새, 농가의 축주, 축산 차량 등이 있으며, 특히 HPAI 발생 후 급속한 전파의 원인이 되는 원거리 전파는 축산차량에 의한 것으로 확인되었다. 본 연구에서는 2014년 발생한 HPAI(H5N8)의 원거리 전파요인인 축산차량 이동정보를 지리정보시스템(GIS)과 연계하여 연구 대상지를 선정 후 차량의 농가 방문빈도 및 목적분석, 사회연결망 유형 분석을 수행하였으며, 도출된 유형을 통해 전국의 HPAI 발생농가의 분포 특성을 알아보았다. 또한 분석에서 도출된 결과를 통해 기존의 방역 및 살처분 범위 설정을 선행연구와의 차별화된 상황에 따라 유동적이며 탄력적인 차량 정보를 이용한 살처분 범위 설정을 제시하려 한다. 분석 결과 사회연결망 유형은 '지역 집중형', '지역 확산형', '광역 집중형', '광역 확산형', '전국 확산형'의 5가지 유형이 도출 되었다. 도출된 유형은 다소 제한적인 유형 분석으로 볼 수 있으나, 전국의 타 발생 농가에 비추어 크게 벗어나지 않는 유형으로 설명될 수 있다. 또한, 위의 유형 분석은 추후 HPAI 방역 범위설정에서 있어서 차량정보를 이용한 유동적 방역범위 설정 시, 담당자의 의사결정에 도움을 줄 것으로 기대된다.

주요어 : 고병원성조류인플루엔자, 사회연결망 유형 분석, 지리정보시스템, 축산차량

ABSTRACT

Domestic risk factors that are thought to be correlated with highly pathogenic avian influenza (HPAI) outbreak are migratory birds and moving objects such as poultry farm vehicles. In particular, the commercial vehicles that routinely circulate the local and/or remote poultry farms produce are thought to be major HPAI risk

2016년 8월 31일 접수 Received on August 31, 2016 / 2016년 9월 19일 수정 Revised on September 19, 2016 /
2016년 9월 22일 심사완료 Accepted on September 22, 2016

¹ 강원대학교 지리교육 Department of Geography Education, Kangwon National University

* Corresponding Author E-mail : bluefox100@nate.com

factors in South Korea. In this study, the driving histories of the vehicles belonging to poultry farms and/or commercial companies registered in the Korea Animal Integrated System (KAHIS) were analyzed using statistical and social networking tools in a Geographic Information System (GIS) in order to understand the pattern of the HPAI (H5N8) outbreak that occurred in 2014 in South Korea. Based on the 2014 HPAI outbreak patterns, HPAI-infected poultry farms were categorized according to geological features. The HPAI-infected poultry farms were categorized as 'regional-accumulation', 'regional-distribution', 'metropolitan-accumulation', 'metropolitan-distribution' and 'national-distribution' in endemic or non-endemic regions. We were able to categorize most HPAI-infected poultry farms into the five proposed categories, but further studies are required to categorize all such farms. Based on this categorization system, we propose efficient but economical prevention boundaries in South Korea. We strongly believe that our research could hugely impact government decisions to estimate the prevention area.

KEYWORDS : *Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI), Social Network Analysis, Geographic Information System (GIS), Poultry Farms Vehicles.*

서론

고병원성조류인플루엔자(Highly Pathogenic Asian influenza 이하 HPAI)는 국내에서는 최초로 2003년 충북 음성에서 인플루엔자 A의 아형(亞型)인 H5N1이 최초발병 이후 2016년 현재까지 가금농가 및 국가의 막대한 손실을 입히고 있다. 특히 H5N1은 2014년 이후 H5N8형으로 변형되어 매년 발병함에 따라 가금산업 및 국가의 동물방역 기금에 막대한 피해를 주고 있다. 국제적으로 HPAI는 국제수역사무국(Office International des Epizooties, OIE)에 의하여 전염사례 및 대처방법이 보고되고 있다. OIE는 HPAI 발생지역 정보를 전 세계 행정정부와 공유하면서 전염병 근절 및 확산 방지를 실시한다(MAFRA, 2011). OIE의 보고에 의하면 HPAI는 2005년을 기점으로 중국, 몽골, 한국, 일본을 포함한 지역 전염병에서 인도를 포함하여 유럽전역과 아프리카에서 유행하는 세계적인 형태의 전염병으로 발전하였다(Subbarao and Katz, 2000; WHO, 2013). 특히 2005년 중국 칭하이성에 위치한 칭하이

호수(Qinghai Lake)에서 HPAI의 아형 H5N1 감염으로 3000마리 이상 폐사한 기러기목 오리과 줄기러기의 주기적인 이주로 인하여 HPAI의 감염이 중국 주변국으로 확산된 이후 세계적인 감염형태로 발전한 것으로 추측하고 있다(Chen *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2005).

HPAI의 확산 및 전파 중 철새도래지의 경우 철새 배설물을 통하여 지역의 농가로 감염된 HPAI는 국가하천 주변 야생동물 등을 통하여 1차 확산 및 전파가 이루어지는 것으로 추론되었다(Si, 2011). 그리고 2차 확산 및 전파는 감염확정 이전에 감염 농가를 방문한 외부차량 및 농가관계자의 이동을 통하여 감염균에 의한 주변 지역으로 2차 확산 및 전파가 이루어지는 것으로 의심된다(MAFRA, 2011).

본 연구의 1차년도 선행 과제에서는 지리적 공간 정보 및 기상정보 데이터베이스를 이용하여 HPAI의 발생, 확산 및 전파의 위험요인에 대하여 시·공간 군집분석을 실시하였고 분석 결과 충청북도, 전라북도, 그리고 전라남도에 위치한 가금농가의 HPAI 피해를 확인하였으며, 시·공간 군집이 형성되는 지역과 그렇지 않은 지역으로 분류되었다. 전라북도 부안·고창·장

수 지역은 시·공간군집이 형성되었으며, 이는 지역 간의 방역 및 살처분이 효과적으로 수행되고 있음을 볼 수 있다. 반면 경기도 안성·이천, 전라남도 영암, 충청남도 천안, 충청북도 음성·진천은 농가의 공간적 밀도는 높으나 시간적인 시·공간군집이 형성되지 않음을 확인 할 수 있었다. 이는 방역 및 살처분을 수행하지만 지속적인 차량의 인근 농가의 접촉으로 장기간에 걸쳐 HPAI 바이러스의 유입이 되고 있음을 볼 수 있다(Moon *et al.*, 2015).

따라서 본 연구에서는 HPAI의 축산차량에 의한 2차 확산 및 전파를 차단하기 위한 방역 체계를 구축하기 위하여, 국가 동물방역 통합시스템

(Korean Animal Health Integrated System, KAHIS)의 차량정보를 이용해 농가에 접촉한 차량 분석을 시행 후 사회연결망(social network) 분석을 통해 다양한 유형 도출 및 분석 결과를 확인하여, 효율적이고 유동적인 방역 범위 설정에 대한 방역시스템상의 보완대책을 제시하려 한다.

연구의 내용 및 방법

1. 대상지 개요

연구지역은 HPAI는 2014부터 2015년까지 전국 총 370곳의 HPAI 발생농가 중 광역시도

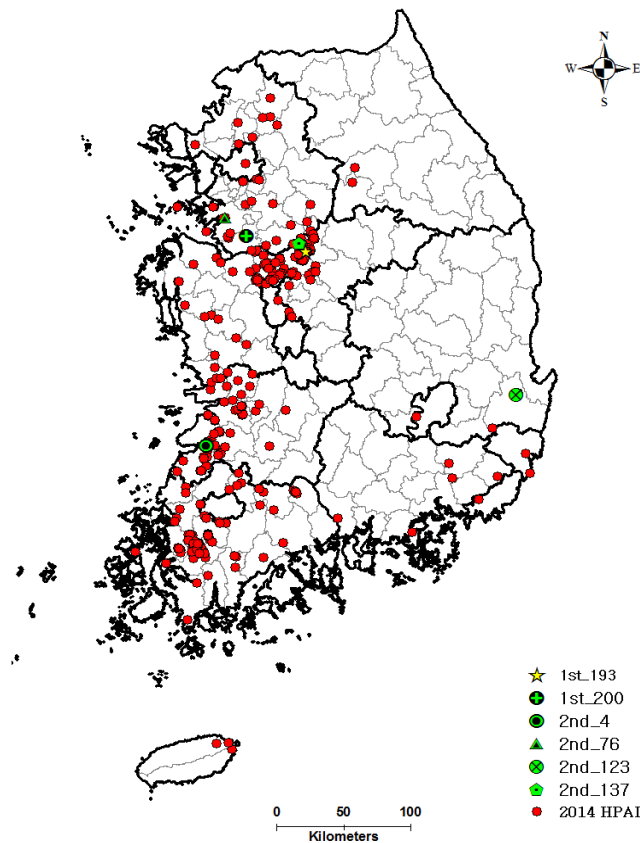


FIGURE 1. HPAI infected poultry farms and study areas in South Korea

별 행정구역당 가장 높은 밀집을 보이는 지역의 HPAI 감염농가 각 1 곳을 선정하였다. 분석 대상으로 선정된 농가는 1차 발생(1st Wave), 2차 발생(2nd Wave)의 전체 HPAI 발생농가 중 HPAI 발생농가의 분포, 가금농가의 밀집 등 여러 요소를 통해 확인된 유형이 뚜렷하게 나타나는 농가 6곳을 기준농가로 선정하였다. 국내의 HPAI가 처음 발생 후 발생 빈도가 최대치에 이른 후 감소하는 포물선 형태를 기준으로 1차 발생, 2차 발생으로 구분하였다. 1차 발생은 2014년 1월부터 2014년 7월까지 발생한 HPAI 발생 현황이며, 2014년 8월부터 2015년 5월까지를 발생한 HPAI 현황을 2차 발생이라고 한다. 선정된 6곳의 농가에는 고유관리 번호를 부여하였으며, 1차 발생 193번, 200번(이하 1st_193, 1st_200)과 2차 발생 4번, 76번, 123번, 137번(이하 2nd_4, 2nd_76, 2nd_123, 2nd_137)이다(그림 1). 이렇게 선정된 연구 대상지의 기준농가들은 KAHIS의 차량 정보를 이

용 차종을 분류하고 세부적으로 농가를 방문한 차량의 목적을 확인하였으며 이를 바탕으로 사회 연결망 분석을 수행하였다.

2. HPAI 발생농가의 현황

2014~2015년 2년 동안 국내에서의 HPAI 발생은 1차 발생, 2차 발생으로 구분하여 총 370건이 있었다(그림 2). 피해 축종 현황은 1차 발생 시, 오리농가 161곳, 닭 농가 44곳, 메추리, 칠면조 등의 기타 가금농가 5곳으로 총 210곳의 피해 농가가 있었으며, 2차 발생의 피해 농가는 오리농가 11곳, 닭 농가 43곳 등 농가 160곳의 피해가 있었다(표 1).

3. 연구방법

2014년~2015 전체 HPAI 발생농가 370곳의 농가에 대한 차량정보 분석을 위해서 국가 동물 방역 통합시스템을 통해 TXT 형식의 파일로 추

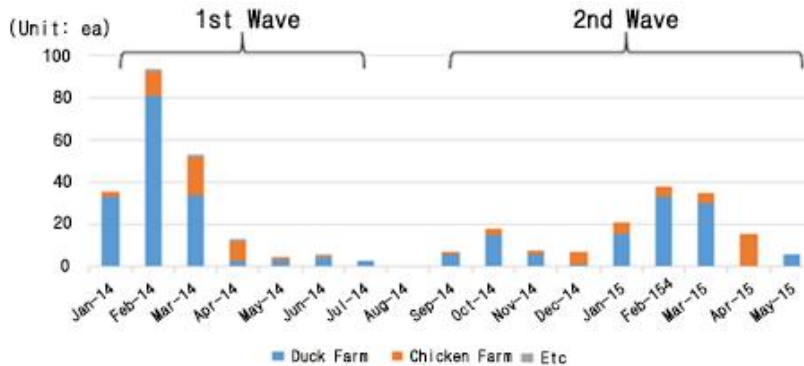


FIGURE 2. 2014~2015 HPAI outbreaks in South Korea
(Source: Animal and Plant Quarantine Agency)

TABLE 1. 2014~2015 HPAI outbreaks in South Korea

	Unit: ea	
	1st Wave	2nd Wave
Duck farms	161	11
Chicken farms	44	43
Etc.	5	0
Total	210	160

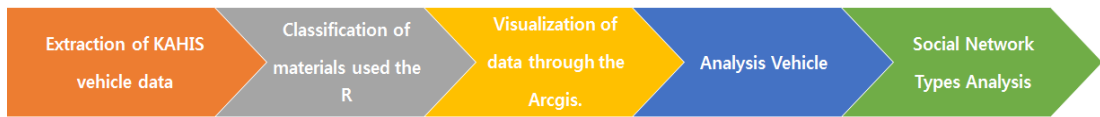


FIGURE 3. Data analysis

출된 약 430,000개의 차량정보는 R 스튜디오 3.3.1 (Rstudio, Boston, MA, USA)을 이용하여 자료를 분류하였다. 이와 같은 과정에서는 대량의 빅 데이터를 본 연구에 필요한 가금농가만 방문한 차량의 정보 분류 작업을 수행 하였으며, 이후 R을 통해 가공된 자료는 Arcgis 10.2.2(Esri, Redland, CA, USA)를 이용하여 우리나라 지도 상에 농가 분포도를 시각화 하였다. Arcgis에서 시각화된 내용을 바탕으로 농가를 방문한 차량정보의 세부 데이터를 분류하였다.

차량의 종류는 크게 일반차량(승용차)과 화물차량(트럭 및 상업차량)으로 분류하였다. 일반차량과 화물차량은 HPAI 감염농가를 방문한 목적이 존재하며 이를 위해 차량의 목적을 분류하여 HPAI 감염확산 및 전파와의 관련성을 확인하였다. 차량별 방문목적은 가축운반, 사료운반, 시료채취 및 방역, 컨설팅, 기타의 분류로 하였으며, 이 중 상대적으로 방문빈도가 적은 퇴비운반, 인공수정, 진료 등의 목적 차량은 기타로 구분하였다. 이를 통해 연구지역 기준농가 차량정보를 Arcgis의 buffer tool 등을 이용하여 차량과 농가간의 그룹을 생성하고, 접촉 유형을 분류하였다. 그리고 분류된 유형을 통해 농가간의 연결성을 찾아 HPAI 발생농가의 사회연결망 발생유형을 분석하였다(그림 3).

결과 및 고찰

1. 연구 대상지 가금농가의 차량분석

2014년 HPAI 발생 및 전파는 인접 전파와 원거리 전파에 의한 것으로 추론되며 특히, 인접 전파의 경우 HPAI 발생 후 5일 이내에 방역 및 살처분을 통하여 인접한 농가간의 전파

는 차단되고 있음을 확인하였다. 그러나 농가에 방문하는 축산 차량 등에 의한 원거리 전파는 조기 발견이 어려우며, 제대로 차단되지 못하고 다른 지역 또는 인근 농가로의 또 다른 전파의 악순환을 반복하고 있다(MAFRA, 2016b).

차량의 농가 방문 현황 파악에 앞서 농가의 방문 목적 중 시료채취 및 방역 차량은 HPAI 발생농가의 시료채취, 진단, 살처분 그리고 소독 등 긴급방역조치와 주변 농가 등의 HPAI 발생 여부를 확인하기 위한 능동적 예찰 및 긴급 방역 등의 목적으로 농가에 방문한 차량으로 조류 인플루엔자 긴급행동지침(Standard Operating Procedure, SOP)¹⁾에 따라 이동된 차량들이다. 대부분의 시료채취 및 방역 차량의 경우 HPAI 발생과는 무관한 차량으로 확인되고 있으며, 현재까지 방역차량과 방역인력에 의해 발생한 사례는 없는 것으로 파악된다(MAFRA, 2016a). 따라서 본 연구에서는 이후 사용 되는 차량 정보 중 시료채취 및 방역 차량의 농장과의 접촉 정보는 단순히 수치자료 산출 및 차량의 빈도 수 비교를 위한 목적으로 사용하였다.

앞서 선정된 6개의 연구 대상지의 기준 농가를 중심으로 거리별 차량의 농가 방문 목적을 확인한 결과, 2nd_123 농가를 제외한 나머지 농가에서는 시료채취 및 방역 차량이 농가의 방문빈도가 가장 높은 값을 나타내고 있었다. 그러나 2nd_123 농가의 경우 차량의 전체 방문농가 3,601개의 농가 중 가축운반 76.3%, 사료운반 1%, 시료채취 및 방역 9.8%, 컨설팅 6.2%, 기타 6.4% 의 목적별 농가 방문 비율을 나타내고 있었으며, 2nd_123 전체 발생농가 중 HPAI 발생농가는 총 6곳으로 나타나고 있었다. 그 중에서 가축운반 차량이 접촉한 농가 중 HPAI 발생농가는 총 3곳이었으며, 시료채취 및 방역 2

곳, 사료운반 1곳의 순으로 HPAI 발생농가를 방문한 것을 확인하였다. 또한, 기준농가 6곳 중 3개의 농가(1st_193, 2nd_123, 2nd_137)

는 10km 이내 지역에 평균 62%의 HPAI 발생 농가의 분포 하고 있음을 확인할 수 있다.

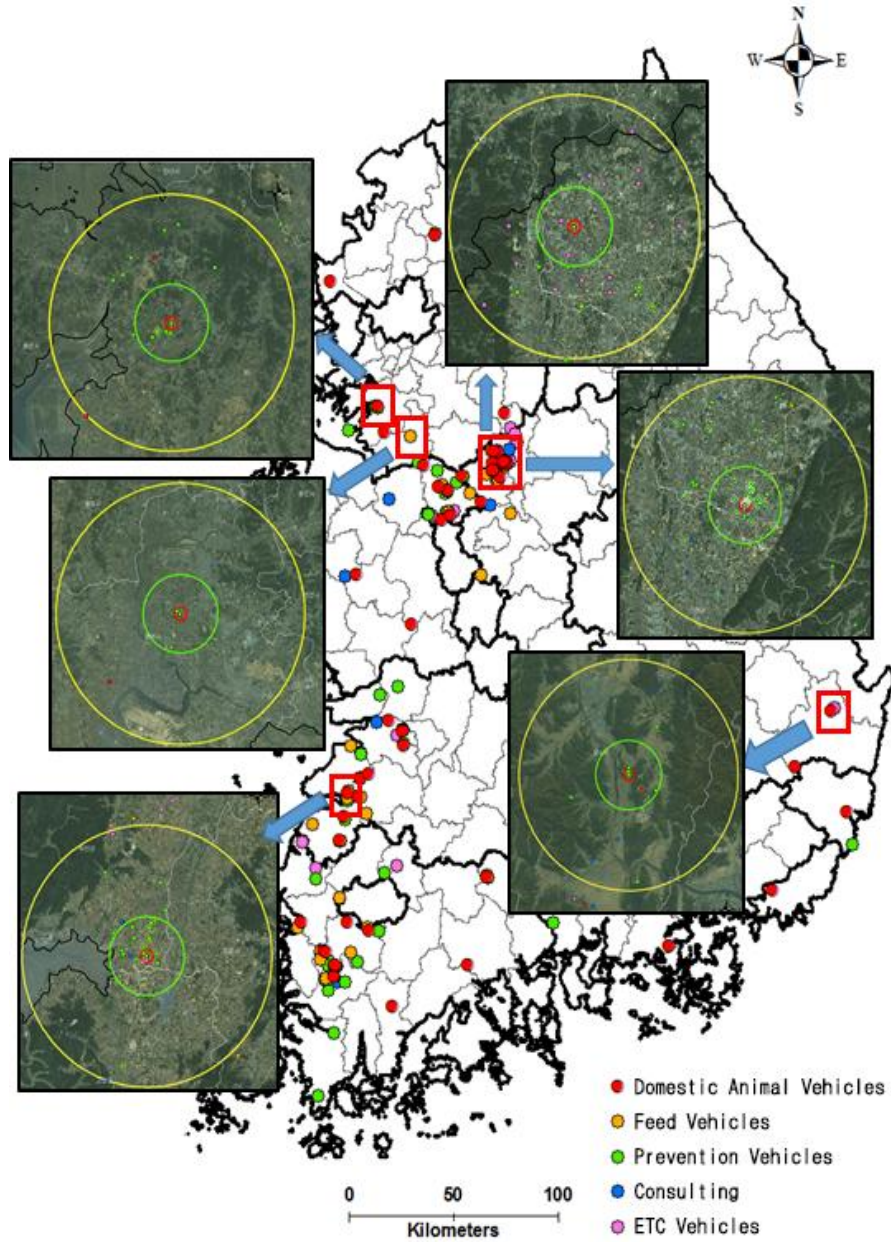


FIGURE 4. Visiting purpose and distribution status of vehicles to respective distance in study areas

2. HPAI 발생농가 기준별 차량 방문 범위에 따른 네트워크 유형분석

실제 공간상에서 HPAI 발생농가에서 타 농가로 방문한 차량을 중심으로 이동 범위를 지도로 표현함으로써, 발생 농가를 중심으로 한 차량 방문 범위를 살펴보았다. 차량 방문범위는 발생농가에서 타 농가로 이동한 차량을 대상으로 차량에 의한 전파 및 감염에 대한 전파원을 확인할 수 있는 범위이기도 하다. 따라서 예찰 및 방역의 관점에서 이러한 차량에 의한 타 방문과의 접촉 범위는 반드시 분석이 필요하다고 판단된다.

2014년 한 해 동안 HPAI 발생농가 중 선정된 6개 농가가 타 농가와 차량으로 접촉한 빈도를 조사하였다. 이를 분석한 결과, 차량이 방문한 농가는 가금류만 분류한 농가 중 949개였으며, 차량방문 빈도수는 6,066회에 달하였고, 방문한 농가 별로 평균 6.4회 방문하였다. 차량이 방문한 농가 중 HPAI 발생농가는 100개였으며, 방문 전체 농가의 약 10.5%를 차지하고 있었다. 선정된 HPAI 농가를 중심으로 타

농가에 이르는 차량 방문 범위에 대한 네트워크 유형을 분류한 결과, 크게 '지역 집중형', '지역 확산형', '광역 집중형', '광역 확산형', '전국 확산형' 등 5가지 유형으로 나눌 수 있었다.

1) 지역 집중형

지역 집중형은 단일 지차제 또는 인접 1개 지자체에 집중된 유형으로서, 지리 및 지형적인 조건에 의해 타 지역까지 확산이 되지 못한 지역이 해당되며, 193번 기준 농가를 중심으로 차량 접촉 빈도 분석 결과가 이에 속한다. 반경 10km 이내에 집중되어 있는 것이 특징으로 분지 지형 등 다소 타 도시와의 이동이 어려운 지형조건을 가지고 있으며, 평지 내에 주로 분포하는 인근 농가에 많은 접촉이 있는 유형이다(그림 5).

지역 집중형은 기준농가로부터 500m~3km에 위치한 농가의 수가 많으며, 특히, 거리가 가까운 농가일수록 HPAI 농가비율이 다소 높은 특징을 가지고 있다. 이러한 유형은 발생농가에 가까운 10km이내 위치한 농가에 대한 예찰과 방역이 우선될 필요가 있다고 본다.

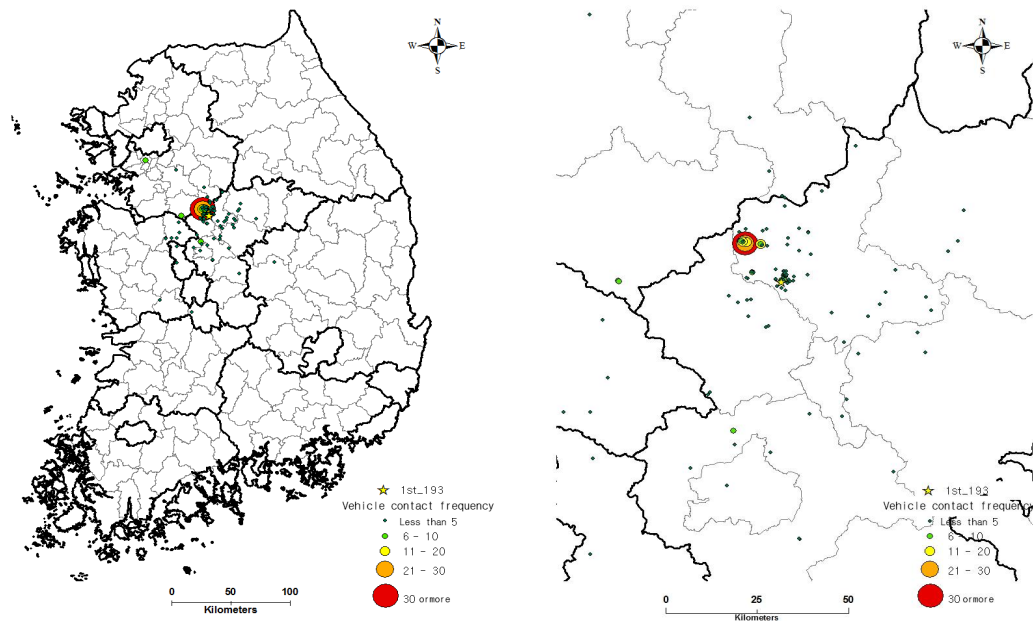


FIGURE 5. Range of vehicles movement around no. 193 : region-accumulation

2) 지역 확산형

지역 확산형은 인접 2~3개 지자체에 집중된 유형으로서, 지역 집중형에 비해 타 지역으로 보다 확산된 유형이다. 교통 조건이 양호한 지역으로 확산된 지역이 해당되며, 200번, 137번 기준 농가가 이에 해당된다. 200번과 137번 기준농가는 모두 지역 집중형이나, 반경 10km 내 농가와 접촉빈도의 차이가 난다. 즉 200번 기준농가는 반경 10km 이내보다 이외 인근 지자체에 위치한 농가에 많은 차량 접촉빈도를 가진 특징이 있으며(그림 6), 137번 기준 농가는 반경 10km이내에 보다 많은 농가와의 접촉 빈도를 가지고 있다(그림 7).

이러한 거리별 특성에 의해 HPAI 농가비율 또한 10km 이외에 많이 위치하느냐 또는 이내에 위치하느냐의 차이를 나타내는 특징을 보인다. 2개 기준농가는 모두 음성군과 평택시의 중간에 위치한 안성시와 천안시에 많이 확산된 유형으로서 교통이 주요 요인으로 확인된다.

지역 확산형은 교통결절지에 위치하여 확산이 쉬울 수 있는 지역에 대해 보다 심도 있는 예찰 및 방역이 필요하다고 본다.

3) 광역 집중형

광역 집중형은 하나의 광역지자체 내에 집중된 유형으로서, 지역 집중형에 비해 3개 이상의 지자체에 집중되어 있는 유형이다. 교통 조건이 양호한 지역으로 인접 배후 도시까지 확산된 지역이 해당되며, 76번 기준 농가가 이에 해당된다. 이 유형의 주요한 특징으로 발생 농가 중심으로 10km 이외에 위치한 농가와의 차량 접촉 빈도가 높으며, 지자체 접경지역에 높은 빈도를 보이는 것이 특징이다. HPAI 발생농가는 10km 이내보다 10km 이외에 위치한 농가에서 많은 접촉이 있었다(그림 8).

이러한 광역 집중형에 해당되는 농가에 대해서는 확산방지를 위한 광역차원의 예찰과 방역이 필요하다고 본다.

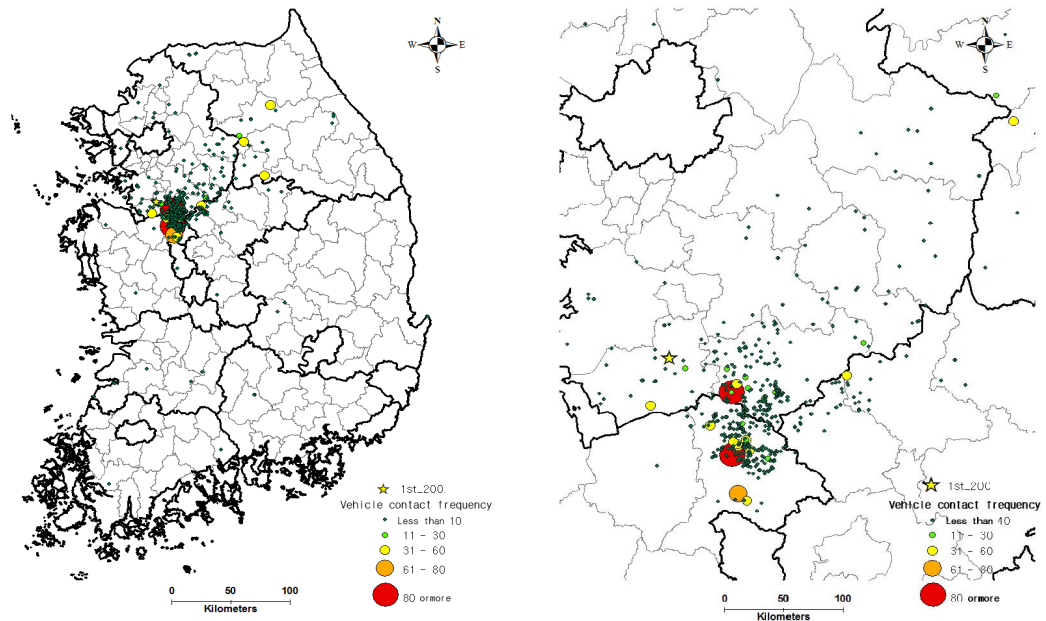


FIGURE 6. Range of vehicles movement around no. 200 : region-distribution

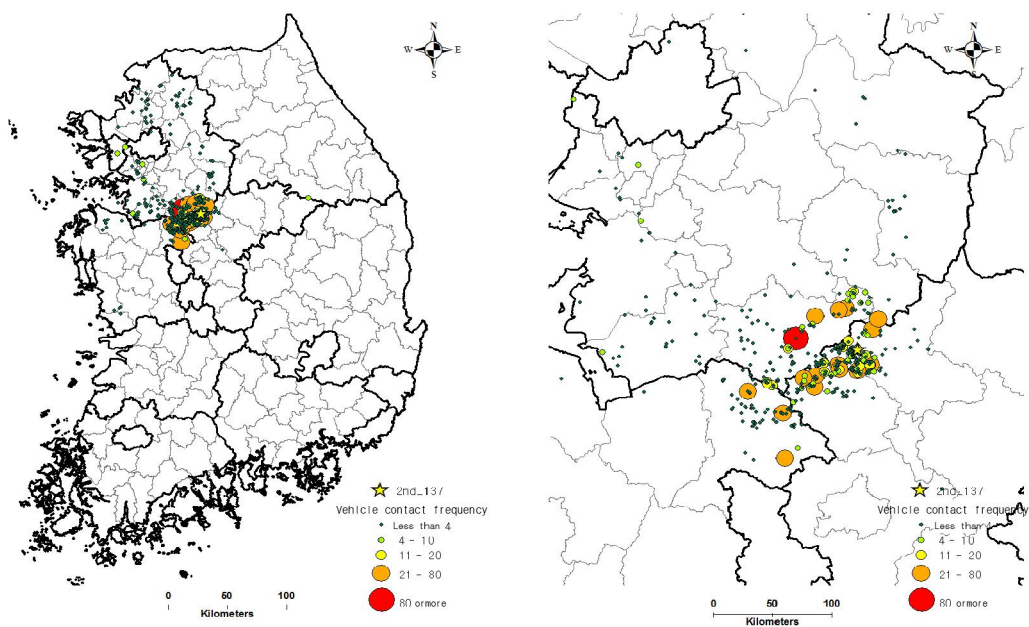


FIGURE 7. Range of vehicles movement around no .137 : region-distribution

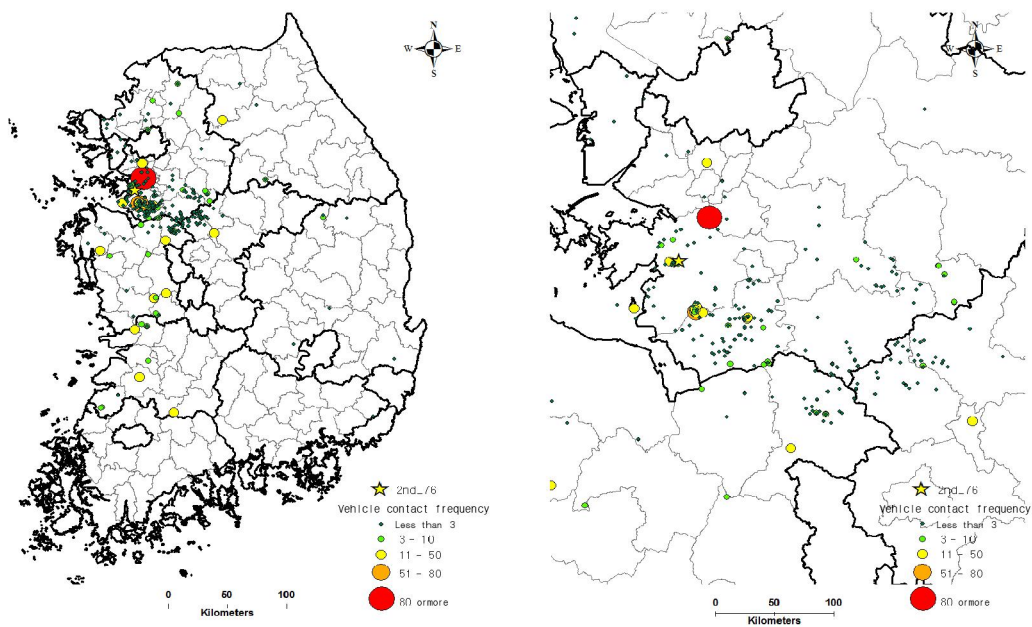


FIGURE 8. Range of vehicles movement around no .76: metropolitan accumulation

4) 광역 확산형

광역 확산형은 두 개 이상의 광역지자체 내에 각각 집중된 유형으로, 지역 집중형이 각 광역시도에 1개 이상 확산된 유형이다. 지역집중형의 복수 형태로서 하나의 발생농가에서 인접하여 10km 이내에 집중적으로 차량 접촉 빈도가 높으며, 10km 이외의 타 광역지자체의 일정 지역에서 집중적으로 차량 접촉 빈도가 높은 특징을 가지고 있다. 4번 기준 농가가 이에 해당된다. HPAI 발생농가 비율은 10km를 기준으로 볼 때 거의 비슷한 비율을 보이고 있다. 발생 농가는 비교적 평탄한 지형 위에 위치한 지역에 대부분 위치하고 있었으며, 도로 및 하천과의 거리가 인접한 지역의 농가에 많은 차량 접촉 빈도를 보이고 있다(그림 9).

광역 확산형은 발생농가와 긴밀한 관계가 있는 인접 광역지자체 농가와 연계하여 HPAI가 발생할 수 있다는 점으로 비추어볼 때, 차량 빈도가 높은 인접 광역지자체에 위치한 농가를 최우선적으로 분석 및 예찰하는 것이 광역 확산을

막는 하나의 방안이 될 수 있다고 판단된다.

5) 전국 확산형

전국 확산형은 하나의 발생기준 농가에서 전국적인 차원에서 차량 접촉 빈도가 높으며, 각 광역지자체에 널리 확산된 유형이다. 123번 기준 농가가 이에 해당되며, 경상북도 경주시에 위치한 발생 기준농가는 유통과 수요의 중심이 되는 수도권에 위치한 농가간 차량접촉 빈도가 높았다. 10km 이내 차량 빈도가 581회이나, 10km 이외 수도권 등 전국적으로 확산되어 분포하는 접촉 빈도는 3,020회에 달하며, 농가 수 역시 10km 이내는 17개, 10km 이외 지역은 268개로 분명한 차이를 가지고 있다(그림 10).

전국 확산형은 타 유형과 달리 차량 접촉 빈도가 높으나 HPAI 발생 비율은 상대적으로 낮은 비율(1.8%)을 보인다. 전국 확산형은 비록 HPAI에 감염될 확률은 타 유형에 비해 낮다고 보나, 과거 사례를 분석하여 주요 농가를 대상으로 사전 예찰 및 방역이 필요하다고 본다.

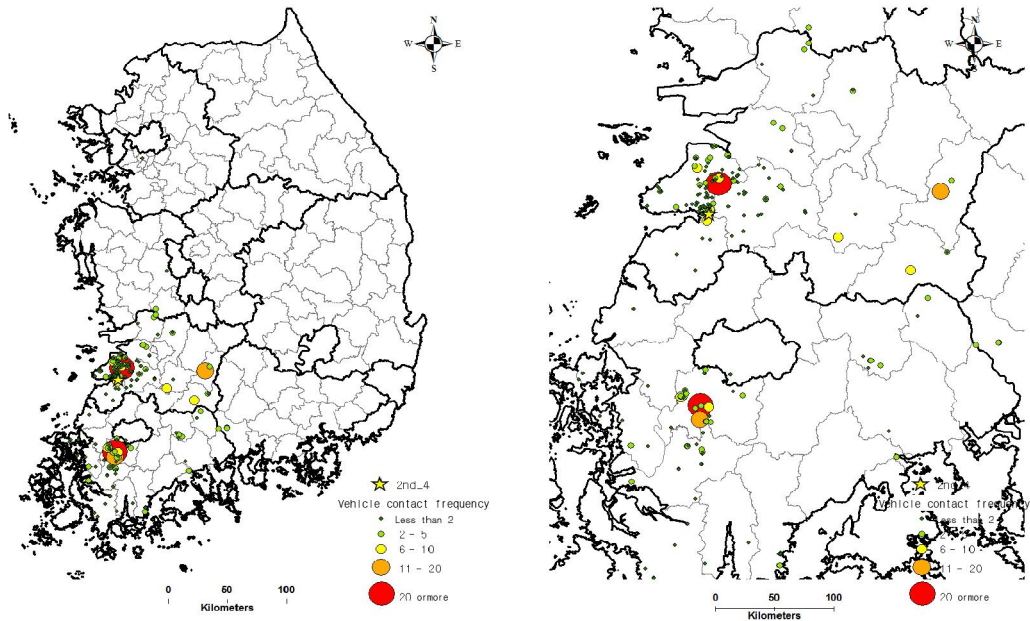


FIGURE 9. Range of vehicles movement around no .4 : metropolitan—distribution

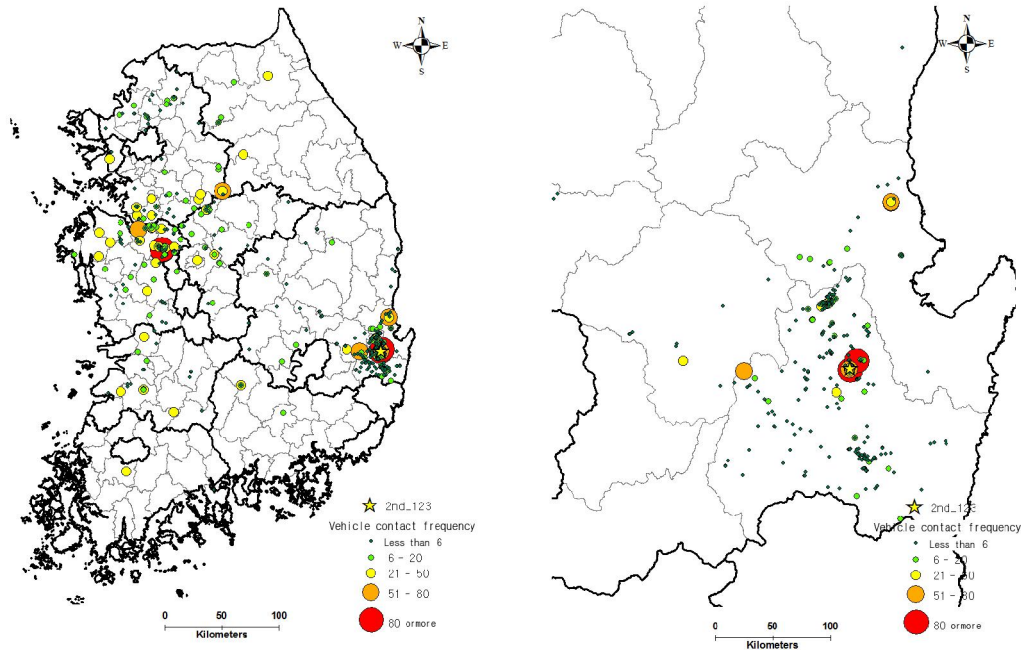


FIGURE 10. Range of vehicles movement around no .123 : nation-distribution

요약 및 결론

본 연구에서는 HPAI 발생농가에서 타 농가의 차량이동 범위를 지도에 표현하여 농가와 차량 간의 접촉빈도 정보를 통해 네트워크 유형을 확인하고 분류하였다. 먼저 유형을 분류하기에 앞서 연구지역을 선정하였으며, 연구지역으로는 지역별로 1곳씩 HPAI 신고농가 6곳을 분류하여 기준농가로 선정하였다. 위 기준 농가를 중심으로 “조류인플루엔자 긴급행동지침(SOP)”의 최대 범위인 10km 이내 지역과 조류인플루엔자 긴급행동지침에 포함되지 않는 10km 이외 지역의 농가 분포 및 차량의 접촉빈도를 확인하였다. 확인 결과, 1st_193 농가를 중심으로 반경 10km 이내에 분포하는 농가는 전체 270개의 농가 중 224개(83%)의 농가가 위치하고 있었으며, 그 중 일반차량 66.7%, 화물차량 14.8%의 차량 방문비율을 확인하였다. 또 한 10km 이내에서 13%(7개)의 비율로 HPAI 발생농가가 분

포하고 있음이 확인되었다. 연구 대상지의 차량의 농가 방문 현황을 거리별(조류인플루엔자 긴급행동지침)로 확인해 본 결과 1st_193농가는 해당 지체차를 벗어나지 않고, 주로 기준농가 10km 이내의 지역에 집중적으로 접촉하는 지역 집중형의 유형의 접촉 형태를 나타내고 있었다. 그리고 1st_200, 2nd_137 농가의 경우 해당 행정지역을 벗어나 10km 이외의 2~3개의 지자체에 집중적으로 접촉하는 지역 확산형의 유형을 나타내고 있었다. 또 한, 2nd_76 농가는 지자체를 벗어난 하나의 광역 지자체에 널리 분포하며 집중되는 광역 집중형, 2n_4 농가는 2개 이상의 광역 지자체에 분포하는 광역 확산형, 마지막으로 2nd_123 농가는 하나의 발생기준 농가에서 전국적으로 차량의 접촉 현황을 보이는 전국 확산형의 유형을 나타내는 분포 특징을 확인하였다. 이러한 현황분석 결과를 바탕으로 네트워크 유형분석을 통해 5가지의 유형을 확인하였으며 확인된 유형으로는 지역 집중형, 지역

확산형, 광역 집중형, 광역 확산형, 전국 확산형 5가지의 유형을 확인할 수 있었다.

분류된 5가지 유형은 6개 기준 농가를 바탕으로 선정하였으나, 다소 제한적인 유형 분석으로 볼 수 있다. 그러나 선정된 유형은 타 발생 농가에 비추어 크게 벗어나지 않는 유형으로 설명될 수 있다. 지역 집중형으로부터 전국 확산형에 이르기까지 HPAI 발생 농가 비율이 낮아지는 특성을 보이고 있고, 이에 반해 차량 접촉 빈도는 유형별 차이는 있지만 전국 확산형으로 갈수록 많은 경향을 보인다고 볼 수 있다. 또한, HPAI 발생 농가를 대상으로 한 네트워크 유형분석을 통해 확인한 결과 5가지의 유형 중 지역 집중형을 제외한 나머지 4개의 유형에서 모두 조류인플루엔자 긴급행동지침(SOP)의 방역 최대 범위 10km 이내 보다는 이외의 지역에 위치하는 축산시설에서 차량에 의한 접촉 빈도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 조류인플루엔자 긴급행동지침(SOP) 상 방역범위 설정에 한계를 보여주는 것으로, 전국 확산형과 같은 광범위한 질병 확산을 차단 위해서는 방역범위 설정 시, 차량이동 데이터 등이 반영된 농가 별 맞춤형 유동적인 범위설정 및 접촉차량 모니터링시스템 구축 등을 통해 기존 방역 시스템을 보완할 필요가 있다.

또한, 현재까지 HPAI 발병에 대한 원천적인 차단대책이 무엇보다 필요하나 차단 자체에 이르기까지는 많은 변수가 있어 어려운 실정으므로, 방역범위의 축소를 우선적으로 설정하여 확산 및 전파를 차단하는 시스템 개선이 필요하다. 따라서 본 연구는 이러한 HPAI 확산 및 전파의 차단 범위를 축소시키는 시스템 개발의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

주

- 1) 500m : 살처분
- 500m~3km : 예방적 살처분
- 3km~10km : 이동통제

감사의 글

본 연구는 2014년 농림축산식품부 가축질병 대응기술 개발사업의 “살처분·이동통제 범위 등에 대한 오리, 닭 등 품목별 현 국가 예찰 및 방역시스템의 평가와 개선방안 연구(과제번호: 314 005-2)”에 의해 수행되었음. **KAGIS**

REFERENCES

- Animal and Plant Quarantine Agency. <http://www.qia.go.kr> (Accessed August 1, 2016) (농림축산검역본부).
- Chen, H.X., H.G. Shen, X.L. Li, J.Y. Zhou, Y.Q. Hou, J.Q. Guo and J.Q. Hu. 2006. Seroprevalance and identification of influenza A virus infection from migratory wild waterfowl in China (2004-2005). *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, 53(4):166-170.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2011. 2010-2011 Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) epidemiology reports. pp.3-4 (농림축산식품부. 2011. 2010-2011 고병원성조류인플루엔자 역학조사보고서. 3-4쪽).
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2016a. 2014-2016 Highly Pathogenic Avian Influenza (HPAI) epidemiology reports. (unpublished data) (농림축산식품부. 2016a. 2014-2016 고병원성조류인플루엔자. 역학조사보고서.(발간예정)).
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2016b. Stamping-out and standstill policies related to Highly Pathogenic Avian Influenza: assessment of national biosecurity system and its improvement. *Research Reports*. (농림축산식품부. 2016b. 살처분·이동통제 범위 등에 대한 오리, 닭 등 품목별 현 국가 예찰 및 방역시스템의 평가와 개선방안 연구.

- 연구보고서).
- Moon O.K., S.B. Cho, S.H. Bae. 2015. Spatio-temporal clustering analysis of HPAI outbreaks in South Korea, 2014. *Journal of the Korea Association of Geographic Information Studies* 18(3): 89-101 (문운경, 조성범, 배선헌. 2015. 2014년 국내 발생 HPAI(고병원성 조류인플루엔자)의 시·공간 군집 분석. *한국지리정보학회지* 18(3):89-101).
- Liu, C.M., S.H. Lin, Y.C. Chen, K.C.M. Lin, T.S.J. Wu and C.C. King. 2007. Temperature drops and the onset of severe avian influenza A H5N1 virus outbreaks. *PLoS one*, 2(2):e191.
- Liu, J., H. Xiao, F. Lei, Q. Zhu, K. Qin, X.W. Zhang, X.I. Zhang, D. Zhao, G. Wang, Y. Feng, J. Ma, W. Liu, J. Wang, G.F. Gao. 2005. Highly pathogenic H5N1 influenza virus infection in migratory birds. *Science* 309(5738):1206-1206.
- Si, Y. 2011. Avian influenza and migratory birds: a spatial-ecological perspective. PhD. Thesis, Univ. of Twente, Hubei, China. pp.2-3.
- Subbarao, K. and J. Katz. 2000. Avian influenza viruses infecting humans. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS* 57(12): 1770-1784.
- WHO(World Health Organization). 2013. H5N1 highly pathogenic avian influenza: timeline of major events. [KAGIS](#)