

발 간 등 록 번 호

11-1543000-003293-01

**『우제류 밀집사육단지 선정기준, 밀집단지 선정
및 방역관리 방안 마련』
정책 연구용역 보고서**

2020. 06

요 약

- 최근 국내 우제류 동물에서는 구제역과 아프리카돼지열병 같은 국가 재난형 가축질병이 발생하여 축산 뿐 아니라 경제·사회적 문제를 야기하고 있으며 질병 발생과 확산을 막기 위한 밀집 사육단지 관리의 중요성이 커지고 있음.
- 구제역 발생을 방지하고 발생 시 피해 최소화를 위해 방역 취약요인을 집중 관리하고 밀집단지 방역관리 실태 일제 검사·점검(연 2회, 4·9월)을 지속적으로 실시하고 있으나 향후 보다 체계적인 관리를 위해서는 과학적인 근거를 기반으로 하는 방역관리 방안의 도출이 필요함.
- 우제류 밀집 사육 단지는 사육밀도, 주변 소 사육농장 밀도, 농장과 도로 간 거리를 고려하여 산정하였는데 국내 총 129,471농가 15,944,594두[소(105,261농가, 3,667,489두), 돼지(5,726농가, 11,632,797두), 사슴(1,826농가, 28,333두), 염소(16,309농가, 607,321두), 산양(238농가, 6,034두), 면양(111농가, 2,620두)]의 우제류 사육 농가를 대상으로 사육 밀도를 분석한 결과 4.72(농가수)/km² 이상을 밀집 사육단지 선정의 기준으로 삼았고 사육 밀도 2.41(농가수)/km² 이상 4.72(농가수)/km² 미만인 경우 구제역 발생과 관련한 요인인 농장 주변의 50두 이상 소 사육농장 수(0.45 이상), 농장 주변 육우농장 밀도 기준(0.25 이상), 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와의 거리(500 m 이하)등의 항목에 한 개 이상 해당되는 경우 밀집단지로 선정함.
- 한편 차단방역이 상대적으로 열악한 정착촌의 경우 상기 기준에 의해 밀집단지로 선정되어 총 52곳의 우제류 밀집 단지가 선정되었는데 이는 기준에 관리하고 있던 우제류 밀집 사육단지(52개소)와 비교할 때 일치하였으며 제시된 기준은 추후 밀집사육 단지를 추가로 선정하는 방법으로 활용될 것으로 기대함.
- 선정된 우제류 밀집 사육 단지들은 최근 구제역 발생 상황 등의 역학적 분석에서 확인된 바와 같이 방역 여건이 열악하거나 구제역이 발생시 대규모 확산이 우려되기 때문에 집중관리가 필요하므로 이에 대한 관리 방안이 수립되어야 함.

- 우제류 밀집 사육 단지를 밀집도와 도로의 형태 등으로 방역 관리 측면에서 3개의 유형으로 분류 하였는데 1유형은 통제가 용이한 밀집사육 단지로 대부분 반경 300미터 이내에 농장이 밀집되어 있고 한 개 또는 두 개의 진출입로 되어 있어 집중적인 방역 조치를 취하기 적합한 단지로 화순 양돈단지(정착촌 밀집단지), 사천 영복원(양돈밀집단지), 익산 상지원(양돈밀집단지), 서수단지(양돈밀집단지), 양양 축산양돈조합(양돈 및 한우밀집단지), 안동 서현 양돈단지(양돈밀집단지), 고령 우곡양돈단지(양돈밀집단지), 포천 일동양돈단지(양돈밀집단지)가 해당됨. 또한 2유형은 다수의 도로로 구획되어 있어 복합 통제 방안이 필요한 밀집사육 단지로서 대부분 반경 1km내에 농장이 분포되어있는 형태가 많았고 농장 사이에 일반 농가가 분포되어 있을 뿐 아니라 국도에 의해 구분되어 형태인 단지로 안성 장암단지(양돈밀집단지), 용인 포곡 양돈단지(양돈밀집단지), 화성 장안 양돈단지(양돈밀집단지), 화성 양감면 양돈단지(양돈밀집단지), 평택 청북면 양돈단지(양돈밀집단지), 제주 동방골 양돈단지(양돈밀집단지), 충남 성광원 양돈단지(정착촌 밀집단지), 경기 양평 양동단지(양돈밀집단지), 천안 관성단지(양돈, 한우, 사슴 밀집단지)가 해당됨. 한편 3유형은 다수의 농가가 반경 2km이상의 지역에 넓게 분포되어있고 고속도로와 같은 큰 도로로 구분되어 있어 방역 조치가 다수의 지역으로 분산되어 적용되어야 하는 단지(예, 익산 왕궁단지)가 해당됨.
- 밀집 사육 단지 방역 관리에 있어 공통 요소와 밀집단지의 유형에 따른 특화된 요소로 구분할 수 있는데 공통 요소로는 본장-위탁농가 모니터링 체계 구축(양돈 종합컨트롤타워 시스템 연계), 구제역 NSP 검출 농가 조치 강화 등의 방안이 적용 가능하며 밀집단지의 유형별로는 1, 2 유형의 경우 단지 내 차량 통행 방식 단일화, 단지 내 통행권 발급을 통한 차량 통제, 단지 경계 구역의 완충 공간 조성, 단지 내 주민(일반인/외국인 포함)공동 방역교육(정기)및 공동 컨설팅(방역 책임자 의무화), 단지별 공동 약품업체-사료구입 업체-도축장 지정, 단지 입구 공동 소독 시설 설치 운영, 단지 내 구서대책 수립, 멧돼지 등 야생동물 공동 관리 시설 구비(울타리 등) 등의 방안이 적용될 수 있을 것으로 판단하였음. 한편 익산 왕궁단지와 같이 광범위하게 분포되어 있는 밀집 단지의 경우 세부 방역 관리 구역으로 구획하여 별도의 개별적인 방역 관리 방안의 적용되어 관리되어야 함.

- 북한 인접 지역과 같이 밀집단지(밀집단지)는 아니지만 지역적 특성을 고려하여 취약점을 분석, 별도 관리방안을 마련할 필요가 있으며 접경 지역에 대한 방역 대책 수립이 필요함.
- 양돈 농가의 경우 포천, 파주, 연천 지역(연천지역은 ASF 방역 조치로 사육 돼지 없음)은 과거 구제역 발생이 빈번했던 지역으로 이 지역은 구제역 항체가 조사를 타지역 대비 2~3배 확대하여 실시할 것은 제안함. 최근 입법 예고된 가축전염병 예방법 시행규칙 개정(아프리카돼지열병 중점 방역 관리지구 지정 기준 및 지구 내 양돈농가 강화된 방역 시설 기준 마련)으로 접경 지역 양돈장의 방역관리 수준은 향상될 것으로 판단됨.
- 현재 돼지의 경우 년 4회 검사하고 있는 구제역 항체 검사는 접경 지역의 경우 항체 양성률이 낮은 농가를 특별히 관리하여 점검을 강화하여야 함.
- 접경지역 도축장 검사 물량 확대, 차단 방역을 위한 소독 강화조치(소독의 절차, 방법 등의 현실적인 교육 및 점검 프로그램 필요) 및 정기적인 소독의 날 강화 또는 점검 강화 조치 등이 필요함.
- 전국적으로 소는 6개월마다 보강접종(전국 소, 염소에 대해 연 2회 일제접종 실시) 하도록 되어있어서 접경 지역 소, 염소 농가에 대해서도 접종과 검사 빈도를 강화할 필요 있음.
- 우제류 밀집사육 단지 선정과 관리 강화 방안을 통해 구제역 및 아프리카돼지열병 등의 국가 재난형 가축 전염병의 발생 및 전파 위험도를 낮추는데 기여함과 동시에 안정적인 축산이 가능해져서 축산 경쟁력 향상에 기여함.

목 차

I. 연구 목적 및 필요성	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구 목적	8
II. 연구 내용 방법 및 결과	9
1. 우제류 축종별 사육 특성 등에 따른 발생빈도 및 위험도 연구	9
2. 우제류 밀집사육 단지 방역 관리 방안	41
3. 접경지역 방역 관리 방안	45
III. 기대효과 및 활용방안	49
IV. 결론	50
V. 참고문헌	53

I. 연구 목적 및 필요성

1. 연구의 필요성

○ 국가재난형 전염병 대응 강화 방안 필요

- 최근 국내 우제류 동물에서 구제역과 아프리카돼지열병 같은 국가 재난형 가축 전염병이 발생하여 축산 뿐 아니라 경제·사회적 문제를 야기하고 있으며 이와 같은 국가재난형 전염병에 대응하기 위한 다각도의 방안이 수립되어야 하는 중요한 시점임.
- 구제역 발생에 있어서는 우제류 농장이 밀집해서 분포하고 있는 지역에 대한 별도의 강화된 관리지침이 필요할 뿐 아니라 밀집 사육 단지는 아니지만 구제역 및 아프리카돼지열병이 빈번하게 발생하는 접경 지역에 대해서도 특화된 방역 강화 조치 방안의 마련이 되어야 하는 시기임.

가. 우제류 밀집 사육 단지 선정 및 관리의 중요성

- (1) 구제역의 감수성 동물인 우제류는 2020년 5월 현재 전국적으로 국내 총 129,471농가 15,944,594두[소(105,261농가, 3,667,489두), 돼지(5,726농가, 11,632,797두), 사슴(1,826농가, 28,333두), 염소(16,309농가, 607,321두), 산양(238농가, 6,034두), 면양(111농가, 2,620두)]가 사육되고 있음(표 1).
- (2) 우제류 사육 농장 관리에 있어 방역 당국은 2016년부터 밀집 지역 및 정착촌 등 구제역 취약지역 방역 관리 방안을 마련하여 농장별, 단지별 방역관리실태 현지 점검표를 통해 점검을 하는 등 밀집 사육단지를 선정, 관리하고 있음. 그러나 우제류 밀집 단지 선정에 있어 선정 기준에 대한 과학적 근거(사육 밀도 및 구제역 발생위험 요인 반영 등) 마련이 필요하며 추후 이 기준을 통해 밀집 단지를 추가 선정하거나 해제하는 등의 조치 취하는 근거로서 활용될 것임.
- (3) 우제류 밀집 사육단지의 선정을 위한 기초 분석으로 전국단위의 우제류 사육 농장의 위치 정보를 기반으로 밀집도를 분석하는 것이 필요하며 이 밀집도를 근거로 밀집 사육단지를 선정할 수 있어야 함.

표 1. 전국 시도별 우제류 사육 농가 현황(2020년 5월말 기준)*

지역	축종													
	소		돼지		사슴		염소		산양		면양		계	
	호수	두수	호수	두수	호수	두수	호수	두수	호수	두수	호수	두수	호수	두수
합계	105,261	3,667,489	5,726	11,632,797	1,826	28,333	16,309	607,321	238	6,034	111	2,620	129,471	15,944,594
서울	2	101	0	0	2	34	3	26	0	0	0	0	7	161
부산	108	1,888	11	5,255	9	96	65	1,290	0	0	0	0	193	8,529
대구	526	13,823	9	8,120	8	89	112	2,360	1	2	1	18	657	24,412
인천	656	23,381	3	3,376	27	307	176	4,860	3	13	3	11	868	31,948
광주	176	4,757	7	8,364	5	180	42	1,499	0	0	0	0	230	14,800
대전	194	4,803	2	986	6	91	45	1,764	1	42	0	0	248	7,686
울산	1,729	36,990	25	30,688	32	476	212	6,537	2	124	4	67	2,004	74,882
세종	807	31,460	55	95,030	13	267	40	1,451	1	5	2	4	918	128,217
경기	8,966	455,208	1,019	1,868,442	303	4,402	1,015	37,729	40	737	21	401	11,364	2,366,919
강원	7,938	256,655	226	521,815	154	2,438	1,019	30,299	26	1,060	25	1,201	9,388	813,468
충북	6,432	251,328	314	628,669	188	2,310	2,082	87,706	12	699	7	39	9,035	970,751
충남	13,390	474,689	1,200	2,438,793	346	5,650	2,082	58,867	46	995	8	44	17,072	2,979,038
전북	10,735	433,721	720	1,404,285	133	2,070	1,686	99,882	35	1,084	3	14	13,312	1,941,056
전남	18,784	569,749	553	1,316,510	189	3,393	2,452	127,044	11	110	6	233	21,995	2,017,039
경북	21,608	740,036	707	1,507,249	206	2,711	2,321	82,684	25	824	8	132	24,875	2,333,636
경남	12,364	329,611	608	1,253,007	181	3,233	2,905	55,427	25	230	16	381	16,099	1,641,889
제주	846	39,289	267	542,208	24	586	52	7,896	10	109	7	75	1,206	590,163

* 출처 : 국가가축방역통합정보시스템(KAHIS)

(4) 한편 국내에서는 AI 발생에 대응하기 위한 AI 발생 중점방역관리지구 설정 및 관리 방안이 활용되고 있는데 AI의 발생 위험이 높은 지역, 중복 발생지역 및 가금 농가 밀집지역을 조사하여 이를 근거로 중점 방역관리지구를 선정하고 정부, 농가, 지자체, 계열업체 등 주체별 역할 분담을 포함하는 매뉴얼을 작성하고 이를 적용하고 있음.

(5) 구제역 발생을 방지하고 발생 시 피해 최소화를 위해 방역 취약요인을 집중 관리하고 밀집단지 방역관리 실태 일제 검사·점검(연 2회, 4·9월)을 지속적으로 실시하고 있으나 최근 발생한 아프리카돼지열병의 특성을 반영하고 과학적인 근거를 기반으로 하는 방역관리 방안의 도출이 필요한 시점임.

(6) 구제역 위험 요인 분석 및 반영의 필요성

(가) 우제류 밀집 단지 선정에 있어 단순한 농장 밀집도만을 근거로 산출하기보다는 농장 밀집도와 구제역 발생과의 높은 상관성이 증명되어야 함. 따라서 최근 구제역 발생 농장과 농장 밀집도 및 그 외 상관성 높은 지표의 발굴이 중요함.

(나) 최근 국내 구제역 발생 현황은 표 2와 같음. 2014년 이후 국내 구제역이 발생한 농가 223호(소 17호, 돼지 206호)를 분석한 결과 1) 백신 접종 미흡, 2) 소독시설 미흡(차단방역 미흡), 3) 소 전업 또는 돼지 위탁농장에서 주로 발생이라는 특징이 나타남.

(다) 우제류 밀집 사육 단지 관리의 중요성은 국내 양돈 밀집 단지에서의 구제역 발생·전파 사례 분석 결과에서 확인할 수 있음. 최근 우제류 밀집 사육 단지의 구제역 발생 상황은 아래와 같음.

- 1) 2014.12.31. - 2015.1.21(22일간), 청주 내수단지(10호) 돼지농가 5호 발생
- 2) 2015.02.06. - 03.13(36일간), 충남 홍성 '덕실단지' 내 발생·확산(23호 중 15호) 후 홍성지역(추가 10호) 및 인접한 보령지역(4호)으로 추가 전파

3) 2016.03.07. - 03.24(17일간), 논산 ‘성광단지’(13호) 내 돼지농가 전파 (10호 발생)에 따른 추가 확산이 우려되어 단지 내 모든 돼지(13호 12천두) 살처분 함.

4) 이상의 사례와 같이 방역 여건이 열악하거나 농장이 밀집되어 있는 사육 환경에서는 구제역이 발생했을 경우 대규모 확산이 우려되며 이 지역에 대해서는 집중관리가 필요함을 확인할 수 있었음.

표 2. 국내 구제역 발생 현황(2010년-2019년)*

구 분	2010년			'14년	'14년~'15년	'16년	'17년	'18년	'19년
	'10.1월 (포천)	'10.4월 (강화)	'10/'11년 (안동)						
	1.2~1.29(29일간) 6건 (소6)	4.8~5.6 11건 (소7, 돼지4)	'10.11.28 ~ '11.4.21 (145일간) 153건 (소97, 돼지55, 염소 1)	7.23~8.6 (15일간) 3건 (돼지3)	'14.12.3~ '15. 04. 28 (147일간) 185건 (돼지180, 소5)	'16.1.11-1 3 02.17-03. 29 (45일간) 21건 (돼지21)	'17.2.5. ~ 2.13 (9일간) 9건 (소 9)	'18.3.26. ~ 4.1 (7일간) 2건 (돼지2)	'19.1.28. ~ 1.31 (4일간) 3건 (소 3)
발 생	※1개도 2개 시·군	※4개 시·도 4개 시·군	※11개 시·도 75개 시·군	※2개도 3개 시·군	※7개 시·도, 33개 시·군	※3개 시·도, 6개 시·군	※3개 도, 3개 시·군	※1개 도, 1개 시·군	※2개 도, 2개 시·군
	-경기 포천·연천	-인천 강화, 경기김포, 충북 충주, 충남 청양	-부산 1, 대구1, 인천 3, 울산1, 대전 1, 경기19, 강원 13, 충북8, 충남 10, 경북 16, 경남 2	-경북 의성, 고령, 경남 합천	-인천2, 세종2, 경기56, 강원11, 충북36, 충남70, 경북8	-김제1, 고창1, 공주2, 천안 1, 논산14, 홍성2	-보은, 연천, 정읍	-김포	-안성, 충주
혈청형	A형	O형	O형	O형	O형	O형	O, A형	A형	O형

*출처 : 농림축산식품부

(라) 2017년, 구제역이 발생한 농가들의 특징은, 사육규모상 한우 전업농가(50두 이상, 농장주 백신접종)에서 소규모 농가보다 약 4.6배 많이

발생하였고, 쯤소는 모두 전업농가에서 발생하였음. 또한 구제역 발생 218건을 분석한 결과, 농장간 전파는 축산 차량이 주요 요인으로 확인되었는데, 축산차량과 도로의 공유로 농장간 직접전파가 119건(54.5%)이었고, 축산시설로부터 축산차량으로 전파된 것이 98건(45.0%)이었고, 가축수송차량으로 인한 전파가 1건(0.5%)으로 나타남.

(마) 구제역 백신을 농장주가 직접 접종하는 돼지농가(1,000두 이상 사육)의 경우, 사육규모에 따른 상관성은 낮은 반면, 비육돼지 위탁사육농장에서 많이 발생하는 경향을 보임. 구제역이 발생한 비육농장 94호 중 53호(56.4%)가 위탁농장이었음.

(바) 해외의 경우 2001년 영국에서 구제역이 발생한 1,677건을 전파요인별로 분석한 결과, 한 가지 이상의 전파 가능요인이 3km 이내 지역에 존재한 경우가 1,454건(86.7%)에 달했으며, 사람·차량에 의한 전파가 95건(5.7%) 및 감염된 동물이 이동하여 전파한 경우가 87건(5.2%)으로 확인되었음.

(사) 역학사항을 분석한 결과 공통적인 부분은 1)백신접종 미흡, 2)축산차량·소독관리의 미흡, 3)시설 개선이 필요, 4)소 전업농(백신접종 미흡), 5)돼지 위탁농장 집중관리가 필요한 경우 등이었음. 따라서, 우제류 밀집 사육 단지 또는 지역을 선별하는 것은 우제류 사육 농장의 분포 밀도에 더해 구제역 발생 요인이 되었던 다양한 역학적 인자들이 접목되는 통합적인 판단을 통해서 이루어져야 함.

나. 접경 지역 우제류 농가 관리의 중요성

(1) 북한과 행정구역을 접하고 있는 경기도와 강원도의 시·군별 우제류 사육 현황은 표 3과 같음.

(2) 북한 접경 지역은 일부 기존의 밀집 사육단지로 분류한 지역(그림 1)이 있으며 밀집 사육 단지는 아니지만 지속적으로 구제역과 아프리카돼지열병이 발생하는 위험 지역이므로 지역적 특성을 분석하여 별도의 강화된 관리방안을 마련할 필요가 있음.

표 3. 북한 접경 지역(경기도 및 강원도)의 시군별 우제류 사육농가 현황(20년 6월말 기준)*

지역	축종											
	소		돼지		사슴		염소		산양		면양	
	호수	두수	호수	두수	호수	두수	호수	두수	호수	두수	호수	두수
경기도/ 강원도 합계	96,876	4,820,046	10,496	19,394,349	446	45,952	1,948	62,842	68	1,656	45	1,517
경기도 합계	8,9118	455,4798	1,0278	1,887,3888	294	4,3488	956	34,088	41	699	20	366
가평군	357	12,225	10	15,339	16	193	30	1,155	0	0	0	0
고양시	211	7,916	10	6,426	12	220	37	910	3	18	1	6
과천시	5	59	1	4	2	65	3	61	0	0	1	40
광명시	39	932	1	210	5	78	16	455	1	6	0	0
광주시	153	5,518	1	545	15	106	27	663	2	6	0	0
구리시	6	197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
군포시	11	266	0	0	4	36	3	46	0	0	0	0
김포시	222	13,137	0	0	19	309	44	1,745	2	8	1	1
남양주시	305	10,169	4	1,421	15	164	42	787	3	19	1	4
동두천시	28	1,013	13	20,286	3	73	4	43	0	0	0	0
부천시	4	12	0	0	4	58	0	0	0	0	1	1
성남시	1	4	0	0	0	0	4	55	0	0	0	0
수원시	22	400	0	0	2	30	9	178	1	3	0	0
시흥시	223	2,076	3	851	12	183	41	1,057	2	9	0	0
안산시	78	2,769	0	0	5	132	30	1,105	1	4	0	0
안성시	1,445	103,455	165	363,656	20	227	91	3,721	2	31	2	102
안양시	2	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
양주시	386	19,525	54	83,889	9	95	30	1,554	1	20	0	0
양평군	589	21,435	32	54,749	26	505	35	734	1	10	2	91
여주시	645	32,640	96	178,682	10	77	60	2,511	0	0	1	5
연천군	355	18,693	0	0	10	150	40	1,478	2	135	0	0

오산시	12	251	2	4	1	38	3	51	1	34	1	10
용인시	288	14,508	151	204,608	9	299	49	3,952	2	12	3	75
의왕시	6	139	0	0	7	111	6	45	0	0	0	0
의정부시	7	102	0	0	2	20	6	171	0	0	0	0
이천시	669	47,786	184	389,087	17	389	73	2,918	3	210	1	3
파주시	502	27,629	0	0	20	204	50	1,667	4	60	1	14
평택시	493	26,719	53	104,677	7	125	62	2,175	0	0	0	0
포천시	522	31,545	157	304,055	13	167	43	1,059	2	18	0	0
하남시	6	122	0	0	2	13	1	4	0	0	1	4
화성시	1,319	54,186	90	158,899	27	281	117	3,788	8	96	3	10
강원도 합계	7,758	265,248	218	520,461	152	2,464	992	28,754	27	957	25	1,151
강릉시	344	8,736	25	68,624	15	259	80	2,160	4	86	4	12
고성군	390	10,028	7	6,502	7	54	34	906	0	0	0	0
동해시	60	999	0	0	1	15	23	391	1	6	1	3
삼척시	462	11,496	5	2,235	4	100	63	1,253	2	182	0	0
속초시	14	280	0	0	5	42	6	127	1	2	0	0
양구군	264	8,609	1	8,000	6	71	45	690	2	70	0	0
양양군	245	6,929	9	19,870	2	100	36	2,122	1	8	0	0
영월군	355	12,736	6	3,837	8	218	146	2,208	1	2	0	0
원주시	458	15,505	35	69,578	10	80	81	4,531	0	0	0	0
인제군	255	6,753	4	3,700	8	90	26	948	0	0	1	4
정선군	482	10,207	1	36	4	32	109	2,063	2	11	2	152
철원군	445	28,638	54	152,061	14	94	34	1,362	3	359	1	5
춘천시	586	21,278	10	26,278	9	78	62	2,317	0	0	1	35
태백시	57	1,704	3	1,710	6	318	12	355	1	100	0	0
평창군	440	16,127	7	24,373	8	257	99	2,198	4	100	12	894
홍천군	1,164	33,731	20	45,895	9	64	65	1,210	2	5	3	46
화천군	244	8,668	13	22,721	27	364	36	2,263	1	1	0	0
횡성군	1,493	62,824	18	65,041	9	228	35	1,650	2	25	0	0

* 출처 : 국가가축방역통합정보시스템(KAHIS)



그림 1. 북한 접경 지역의 기존 우제류 밀집 사육 단지로 분류된 농장 현황.

2. 연구목적

본 연구의 목적은 국내 구제역과 같은 재난형 가축 전염병 발생시 대규모 확산이 우려되는 상황에서 우제류 밀집 사육단지를 선정하고 관리하는데 있어 과학적인 근거를 마련함과 동시에 밀집 사육 단지 및 북한과의 접경 지역의 우제류 농장에 대한 강화된 방역 관리 방안을 마련하는데 있음.

II. 연구 내용, 방법 및 결과

1. 우제류 축종별 사육 특성 등에 따른 밀집도 및 구제역 위험도 연구

(1) 연구내용

(가) 우제류 사육 농가의 공간정보 구축

- 국내 우제류 사육 농가로 국내 총 129,471농가 15,944,594두[소(105,261농가, 3,667,489두), 돼지(5,726농가, 11,632,797두), 사슴(1,826농가, 28,333두), 염소(16,309농가, 607,321두), 산양(238농가, 6,034두), 면양(111농가, 2,620두)]를 대상으로 분석함(표 1).

- 농가정보를 활용한 공간정보 분석

- 내부환경 : 축종, 사육두수 및 규모, 사육형태 등

- 외부환경 : 사육농가 밀도, 인접농가의 거리, 도로 접근성 등

(나) 질병 발생/전파 위험도 평가

- 사육 농가의 환경에 따른 구제역을 대표 질병으로 발생 빈도와 공간적 위험요인(사육밀도, 도로와 거리 등)을 평가함.

(다) 공간군집 특성 분석

- 사육 유형과 환경에 따른 특성을 분석하여 지도에 구현

(2) 연구방법

(가) KAHIS 자료[축산농가정보, 가축질병(구제역 발생 이력 정보에 대해서만 한정함)] 분석에 필요한 정보 수집, 공간정보 구축

(나) 밀도 분석(kernel density estimation, KDE)방법

- 구제역 및 ASF 등 재난형 전염병 SOP 상의 방역대를 근거로 한 3km 반경 내 소, 돼지 농장 수 및 사육두수를 기반으로 지리적 밀도를 분석하여 1km²당 농장수로 환산하여 결과를 분석함.

■ 커널 밀도 추정법(Kernel density estimation, KDE)

- 정의 : 지리적(공간적) 데이터의 분포를 파악하기 위한 하나의 방법으로 데이터의 밀도를 이용하는 것
 - * 커널 밀도 추정법은 공간 데이터의 분포를 살펴보는 곳에만 한정해서 사용하는 것은 아니며, 일반적인 통계 데이터의 분포를 설명하는데에도 사용함
- (일반밀도분석) 공간상 건물, 농장과 같은 하나의 점(포인트)으로 표현할 수 있는 데이터를 해당 농장이 속한 지역의 면적으로 나누는 즉, 사육농장수/면적 혹은 사육두수/면적 방법
 - 예를 들어, 강원도 내 양돈농장의 수가 252개이고, 강원도 면적이 16,875km² 이면 강원도 지역의 양돈농장 밀도는 252/16,875km² = 0.015 농장/km²
 - 이러한 방식으로 매우 좁은 지역의 면적과 농장수를 파악하여 밀도를 계산할 수 있다. 하지만 이 경우에는 바로 옆에 붙어 있는 농장이라도 특정 범위(반경) 밖에 있으면 해당 농장수는 0으로 취급하게 되어 연속적인 지리 공간의 밀도를 충분히 설명하는데 한계가 있음
- (KDE밀도분석) 공간상 건물, 농장과 같은 하나의 점(포인트)으로 표현할 수 있는 데이터를 지도상 인접한 곳에 위치한 농장 (다른 점) 수를 고려하여 밀도를 계산하는 방법
 - KDE 방법은 각 농장의 개수나 사육두수를 자신의 원래 위치한 지점에서 1 혹은 원래 값(사육두수의 경우, 1000두 등)으로 하고, 자신의 위치에서 떨어질 수로 그 값이 함수 식(아래 그림 참조)에 따라 줄어들게 함으로써, 특정 범위 밖에 있는 농장 수도 거리에 따라 고려할 수 있게 하는 방식(그림 2).

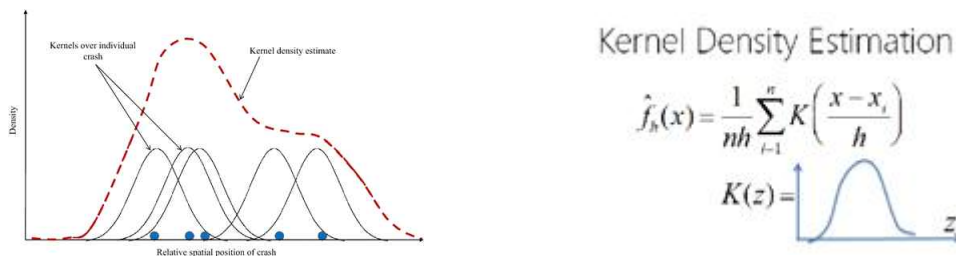


그림 2. KDE 분석 방법 및 함수, 출처 : (Thakali 외 2015).

- KDE 밀도 분석 중 핵심은 원래 농장 위치에서 거리에 따라 원값이 줄어드는 것을 설정하는 Kernel density function($f_h(x)$)과 search radius 인 Bandwidth (수식에서 h)이며, Bandwidth는 연구자의 연구 목적에 따라 선정하는 것이 중요함(그림 3).

* Kernel density function은 함수 모양에 따라 7가지 종류가 있으며 이중 가우스를 가장 많이 사용함

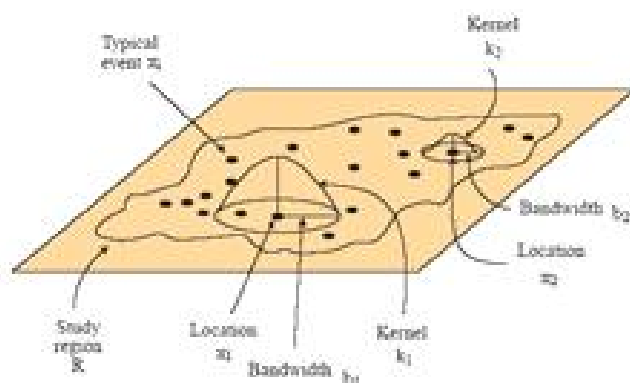


그림 3. Bandwidth에 설정에 따른 KDE 분석 결과 비교, 출처 : (Anderson 외 2009).

- 본연구의 Bandwidth는 3km (주요 재난형 질병 방역대 설정 기준)으로 선정함
- KDE 분석 소프트웨어 ArcGIS 10.6.1 및 R Software 3.6.2 version : kdensity package

(다) 공간적 다기준평가[(Spatial Multi-Criteria Evaluation, SMCE)] 방법

- 우제류 밀집단지 기준 선정과 관련된 지리적인 다양한 요인(밀도, 거리 등)을 구제역 발생 공간적 위험요인을 종합적으로 고려하여 해당 기준에 맞는 지역을 파악함(그림 4).
- SMCE의 분석 소프트웨어 ArcGIS 10.6.1을 이용하였음.

■ 공간적 다기준평가 (Spatial Multi-Criteria Evaluation, SMCE)

- 공간적으로 위험지역이나 관심지역을 선정할 때 문제와 관련된 변수들에 대해서 전문가들의 의견을 조사하여 해당 범위안에 있는 지역을 선정하는 방법

- 공간적인 특정 조건에 부합하는 지역을 파악하고, 문제를 해결하고, 필요한 자원을 배분하는 방법으로, 단순히 관심대상 지역을 찾는 것 뿐 만 아니라, 축산농장 및 야생동물의 밀도를 추정할 때도 사용됨(그림 4).

예) 범죄 발생 위험이 많은 지역, 인구 밀도와 유흥가 밀집비율 등을 고려해서 지정함.

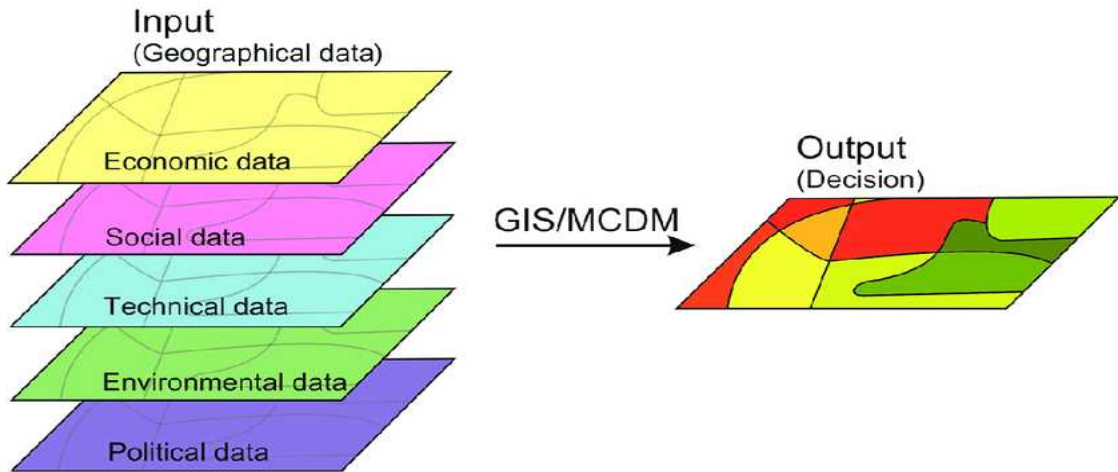


그림 4. 공간적 다기준평가(Spatial Multi-Criteria Evaluation, SMCE)방법 모식도, 출처 : Rikalovic A.M., and Cocić, I. (2014). Journal of Applied Engineering Science.

(3) 연구결과

(가) 우제류 농장 사육 밀도 분석 결과

1) 우제류 사육 농가의 위치 정보를 기반으로 한 사육밀도 분석

가) 국내 우제류 사육 농장(총 127,806농가 18,889,732두) 밀도 분포를 분석한 결과는 그림 5와 같음.

나) 농장 밀도의 평균 값이 일부 고밀도 지역의 영향으로 오른쪽으로 치우쳐 있는 패턴(positive skewed)으로 나타났는데 이는 중위수 보다 평균이 오른쪽에 있다는 의미임. 대부분의 지역은 밀도가 낮았고 밀도가 높은 지역이 적게 분포하는 패턴이었음.

다) 밀도 분포는 5개의 그룹으로 분류할 수 있었으며 평균 1.25농장/km²

(표준편차 1.66, 최소:0 ~ 최대 25.63), 중위수는 4.72(농장수)/km² 이었음(그림 5).

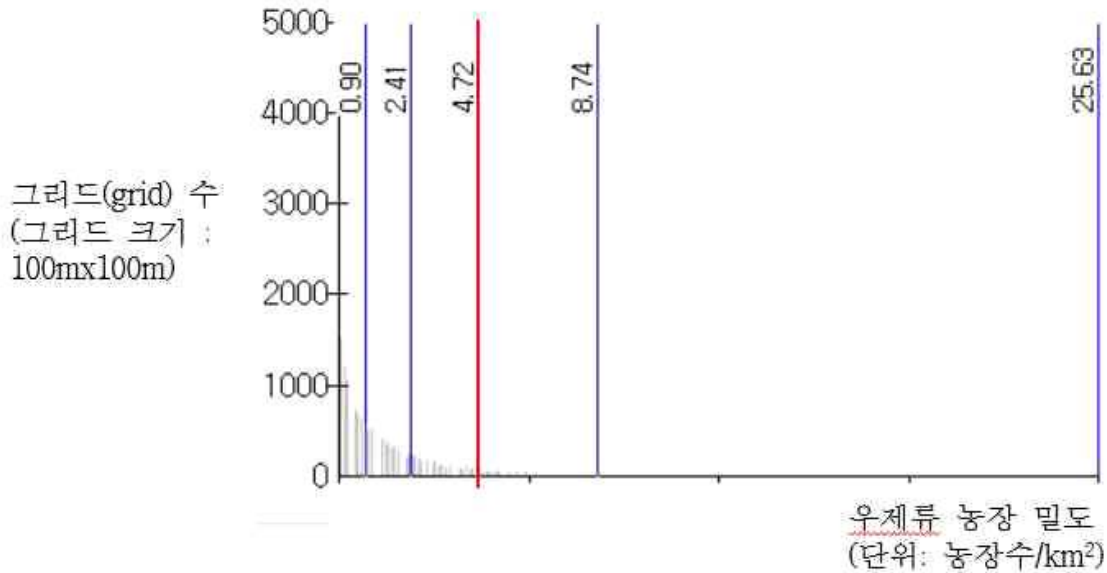


그림 5. Natural break 클러스터 방법을 이용한 사육밀도 구분

- 라) 우제류 농장밀도 중위수인 4.72(농가수)/km² 이상의 밀집 사육 지역은 그림 6의 적색사각형(1)으로 표시된 952개 지역(그리드)이었고 우제류 농장밀도 4.72(농가수)/km² 미만 사육지역은 백색사각형(0)으로 표시된 19,993개 지역(그리드)이었음.
- 마) 그림 6에서와 같이 우제류 밀집 사육 지역[4.72(농가수)/km²]은 전국적으로 분포되어 있으며 일반적으로 알려진 농장 밀집 지역과 일부 겹쳐있음이 확인되었으나 일부 농장 밀집 지역은 4.72(농가수)/km² 미만인 것으로 확인되었음.
- 바) 한편 4.72(농가수)/km² 이상인 952개의 지역(그리드)를 분석한 결과 대부분이 거리상 방역대에 묶어 있으나 서로 행정구역이 다르거나 산이나 도로 등으로 구분되어 있어서 밀집단지로 지정하거나 관리하기 위한 방안을 마련하는데 적합하지 못한 지역이었음.
- 사) 따라서 밀도 4.72(농가수)/km² 이상인 지역(그리드) 가운데 우제류 밀집사육 단지로 정하여 관리 방안 도출이 가능한 지역을 선정하였으며 18개 단지가 해당되었음(표 4).

아) 또한 밀도 $4.72(\text{농가수})/\text{km}^2$ 이하이지만 밀도 $2.41(\text{농가수})/\text{km}^2$ 이상인 지역의 경우 구제역 발생과 관련한 다양한 요인과의 관련성에 따라 밀집단지에 추가 선정하는 것이 타당하다고 판단하였으며 일부 정착촌의 경우 방역 여건의 열악함을 고려하여 밀도 기준에 미달하더라도 구제역 발생 요인과의 상관성을 평가하기로 함(표 5). 선정이 고려된 농장 52곳에 대한 정보는 표 6과 같음. 기존의 우제류 밀집단지와의 비교 결과로는 서귀포 대포동 양돈단지의 경우 기존 9개 농장이 사육규모는 그대로 유지되면서 2명의 소유주에 의해 2개의 양돈장 나누어 졌으며 총 13,000두가 사육이어서 방역관리 측면에서 정착촌에 준하는 단지로 분류하였음.

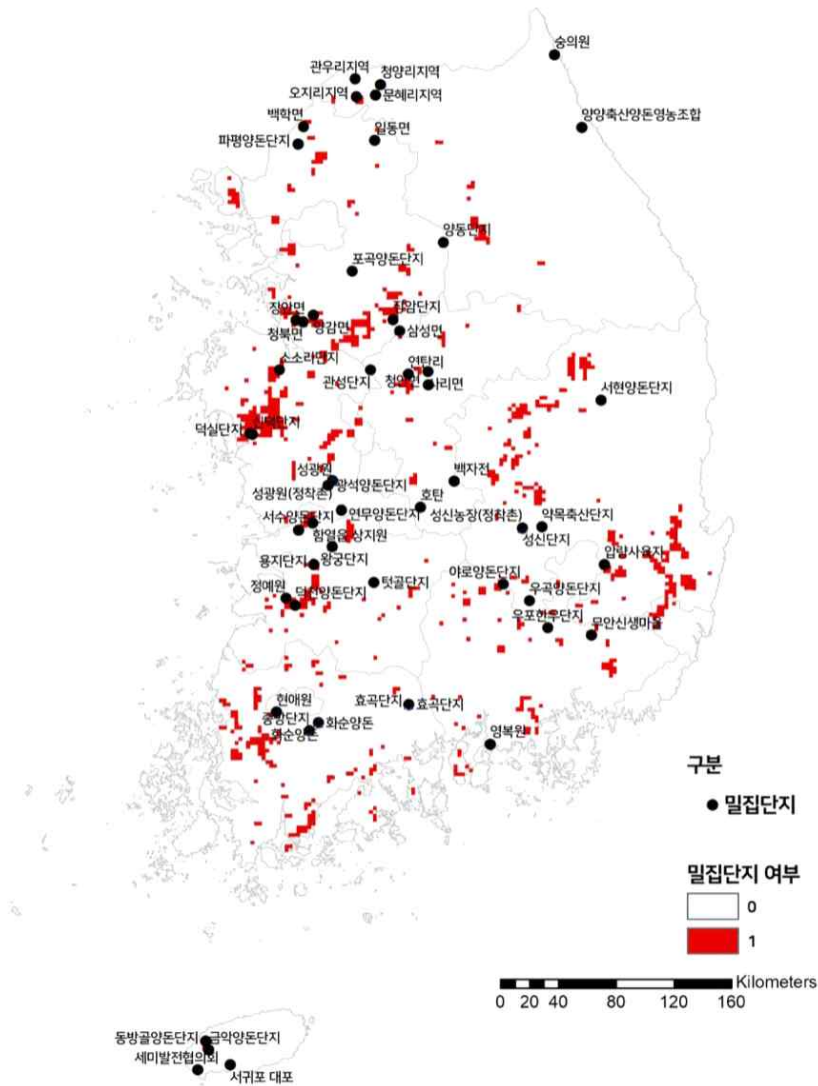


그림 6. 우제류 농장밀도 $4.72(\text{농가수})/\text{km}^2$ 이상 밀집 사육 지역[적색사각형(1), 952개소] 및 우제류 농장밀도 $4.72(\text{농가수})/\text{km}^2$ 미만 사육단지[백색사각형(0), 19,993개소 분포도.

표 4. 우제류 농장 밀집도 기준[4.72(농가수)/km² 이상] 해당 지역 19개소 정보

순서	시/도	단지명	농장 통합 밀도 (단위 : 농장수/km ²)	밀도기준(4.72(농가수)/km ²)이상
1	안성시	장암단지	5.63	밀집단지
2	경기 (4)	용인시 포곡양돈단지	5.51	밀집단지
3		포천시 일동 화대리 양돈단지	4.80	밀집단지
4		파주시 파평양돈단지	4.93	밀집단지
5	강원 (2)	철원군 청양리지역	5.09	밀집단지
6		철원군 오지리지역	5.52	밀집단지
7	충북 (2)	괴산군 사리면	5.09	밀집단지
8		음성군 삼성면	4.90	밀집단지
9	보령시	신덕단지	7.45	밀집단지
10	홍성군	덕실단지	8.77	밀집단지
11	충남 (5)	논산시 광석양돈단지	5.57	밀집단지
12		논산시 성광원(정착촌)	5.32	밀집단지
13	당진시	소소리단지	4.98	밀집단지
14	전북 (2)	익산시 왕궁단지	12.00	밀집단지
15		김제시 용지단지	6.82	밀집단지
16	경북 (2)	경산시 압량사육지	5.37	밀집단지
17		칠곡군 약목축산단지	8.40	밀집단지
18	경남 (1)	밀양시 무안신생마을	7.32	밀집단지
19	제주 (1)	제주 금악양돈단지	8.05	밀집단지

* 계산방법, 3km 반경 내 농장수를 kernel density로 조사함.

표 5. 농장 밀도 기준에 근거한 우제류 밀집 사육단지 52개소 정보

순서	시/도	단지명	농장 통합 밀도 (단위: 농장수/km ²)	밀도기준 [4.72(농가수) /km ²] 이상	밀도기준 [2.41(농가수) /km ²] 이상	비고	
1	경기 (9)	안성시 장암단지	5.63	0			
2		용인시 포곡양돈단지	5.51	0			
3		화성시	장안면	3.98		0	
4			장감면	4.57		0	
5		평택시 청북면	3.89		0		
6		포천시 일동면	4.80	0			
7		양평군 양동단지	2.43		0		
8		파주시 파평양돈단지	4.93	0			
9		연천군 백학면	3.73		0		
10	강원 (5)	청양리지역	5.09	0			
11		철원군	문혜리지역	2.42		0	
12			관우리지역	2.45		0	
13			오지리지역	5.52	0		
14		양양군 양양축산양돈조합	2.42		0		
15	충북 (6)	영동군 호탄	2.41		0		
16		백자전		2.49		0	
17			연탄리	4.10		0	
18		괴산군	사리면	5.09	0		
19			청안면	2.93		0	
20		음성군 삼성면	4.90	0			
21	충남 (7)	보령시 신덕단지	7.45	0			
22		천안시 관성단지	2.45		0		
23		홍성군 덕실단지	8.77	0			
24		연무양돈단지		2.46		0	
25			광석양돈단지	5.57	0		
26		논산시 성광원(정착촌)	5.32	0			
27		당진시 소소리단지	4.98	0			
28	군산시 서수양돈단지	4.13		0			
29	전북 (7)	익산시 왕궁단지	12.00	0			
30		함열읍 상지원		3.57		0	
31			덕천양돈단지	3.76		0	
32		정예원	3.89		0		
33		김제시 용지단지	6.82	0			
34	진안군 텃골단지	2.41		0			
35	나주시 현애원	4.29		0			
36	전남 (4)	화순양돈(정착촌)	1.08			정착촌	
37		중방단지(정착촌)	2.00			정착촌	
38		구례군 효곡단지(정착촌)	1.85			정착촌	
39	안동시 서현양돈단지	2.41		0			
40	경북 (5)	경산시 압량사육지	5.37	0			
41		고령군 우곡양돈단지	2.44		0		
42		칠곡군 약목축산단지	8.40	0			
43		성주군 성신단지(정착촌)	1.94			정착촌	
44		밀양시 무안신생마을	7.32	0			
45	경남 (5)	고성군 송의원	3.33		0		
46		합천군 야로양돈단지	3.93		0		
47		창녕군 우포한우단지	3.46		0		
48		사천시 영복원	2.41		0		
49	제주 (4)	제주 금악양돈단지	8.05	0			
50		동방골양돈단지		2.42		0	
51			세미발전협의회	3.94		0	
52		서귀포 서귀포 대포	1.37				

* 계산방법, 3km 반경 내 농장수를 kernel density로 조사함. 우제류 농장 밀집도 기준[4.72(농가수)/km² 이상]과 [2.41(농가수)/km² 이상 [4.72(농가수)/km²] 미만 지역으로 구분하여 분류함.

표 6. 우제류 밀집 사육단지 52개소 농장의 사육 정보

순서	시/도	단지명	소재지	축종	농가수	사육회황
1		안성시 장암단지	안성시 일죽면 장암리	돼지	14	31,100
2		용인시 포곡양돈단지	용인시 포곡읍 신원리, 유운리	돼지	36	40,000
3		화성시 장안면	화성시 장안면 독정리, 수촌리	돼지	8	21,650
4	경기 (9)	화성시 양감면	화성시 양감면 사창리	돼지	9	15,560
5		평택시 청북면	평택시 청북면 고잔리 11	돼지	14	7,162
6		포천시 일동면	포천시 일동면 화대리	돼지	9	4,000
7		양평군 양동단지	양평군 양동면 계정리	돼지	14	29,550
8		파주시 파평양돈단지	파주시 파평면 덕천리 207	돼지	15	9,500
9	연천군 백학면	연천군 백학면 노곡2리	돼지	15	(11,751)	
10	강원 (5)	철원군 청양리지역	철원군 김화읍 청양리 일대	소, 돼지	소59, 돼지5	10,183
11		철원군 문혜리지역	철원군 갈말읍 문혜리 일대	돼지	9	17,400
12		철원군 관우리지역	철원군 동송읍 관우리 일대	한우	16	1,092
13		철원군 오지리지역	철원군 동송읍 오지리 일대	소, 돼지	소74, 돼지 20	4,583
14	양양군	양양축산양돈영농조합	양양군 손양면 동막골길 92	돼지	8	22,000
15	충북 (6)	영동군 호탄	영동군 양산면 호탄리	한우	7	1,076
16		영동군 백자전	영동군 용산면 백자전리	한우	13	523
17		증평군 연탄리	증평군 증평읍 연탄리	돼지	6	5,943
18		괴산군 사리면	괴산군 사리면 일원	돼지	13	16,000
19		괴산군 청안면	괴산군 청안면 일원	돼지	19	16,000
20		음성군 삼성면	음성군 삼성면 덕정리	돼지	6	38,000
21	보령시 신덕단지	보령시 천북면 신덕리 148-11번지 외	돼지	7	17,700	
22	충남 (7)	천안시 관성단지	천안시 동남구 병천면 관성리 792 외	소, 돼지, 사슴	소5, 돼지34, 사슴1	21,128
23		홍성군 덕실단지	홍성군 은하면 덕실리 110-7 외	돼지	33	45,000
24		연무양돈단지	논산시 연무읍 양지리 16-104 외	돼지	14	33,000
25		논산시 광석양돈단지	논산시 광석면 중리 166-15 외	돼지	14	22,300
26		성광원(정착촌)	논산시 광석면 울리	돼지	23	11,000
27	당진시 소소리단지	당진시 합덕읍 소소리 3-10 외	돼지	10	16,000	
28	군산시 서수양돈단지	군산시 서수면 관원리	돼지	13	30,000	
29	전북 (7)	익산시 왕궁단지	익산시 왕궁면 구은동길	돼지	61	57,156
30		합열읍 상지원	익산시 합열읍 석매리	돼지	10	6,000
31		정읍시 덕천양돈단지	정읍시 덕천면 달천리	돼지	6	32,000
32		정예원	정읍시 이평면 청량리	돼지	7	9,194
33		김제시 용지단지	김제시 용지면 용암부교신정리	돼지	56	79,000
34		진안군 텃골단지	진안군 마령면 텃골길	돼지	8	15,000
35		나주시 현애원	나주시 노안면 유곡리	돼지	29	27,000
36	전남 (4)	화순군 화순양돈(정착촌)	화순군 화순읍 다지리	돼지	9	9,000
37		종방단지(정착촌)	구례군 간전면 효곡리	돼지	2	3,500
38		구례군 효곡단지(정착촌)	화순군 능주면 남정리	돼지	6	7,000
39	안동시 서현양돈단지	안동시 와북로 659-37	돼지	5	21,000	
40	경북 (5)	경산시 압량사육지	압량면 가일, 신월, 당음	돼지	14	57,895
41		고령군 우곡양돈단지	고령군 우곡면 양돈단지길 69	돼지, 소	돼지11, 소1	15,000
42		칠곡군 약목축산단지	약목면 동안리 37-2 일원	소	5	1,002
43	성주군 성신단지(정착촌)	성주군 초전면 용봉리	소, 돼지	소3, 돼지12	13,989	
44	경남 (5)	밀양시 무안신생마을	밀양시 무안면 마흘리 신생동	소, 돼지	소10, 돼지13	8,827
45		고성군 송의원	고성군 거류면 감서리 1565	돼지	12	13,800
46		합천군 야로양돈단지	합천군 야로덕곡로 26-14 외	돼지	19	31,000
47		창녕군 우포한우단지	창녕군 유어면 우포한우단지길	한우	16	1,500
48		사천시 영복원	사천시 동서동	돼지	9	5,000
49	제주 (4)	제주시 금악양돈단지	제주시 한림읍 금악리	돼지	11	31,000
50		제주시 동방골양돈단지	제주시 한림읍 상대리	돼지	11	1,500
51		서귀포 세미발전협의회	서귀포시 대정읍 동일리	돼지	11	5,000
52		서귀포 대포	서귀포시 대포동	돼지	2	13,000

2) 우제류 밀집 사육 단지 특성 분석 결과

- 가) 우제류 사육밀도 기준에 의해 밀집사육단지로 예비 선발된 52곳 (표 6)은 농장 밀집도에 더해 단지 진입 가능한 진입로의 수와 같은 적용 가능한 차단방역 조치 방안을 고려할 때 ① 소수의 진입로 형태로 통제가 용이한 밀집사육 단지(그림 7-17) ② 다수의 도로에 의해 분포되어 복합 통제 방안이 필요한 밀집사육 단지(그림 18-26) ③ 방역대내에서 광범위하게 분포하여 복합 통제 수단이 필요한 밀집 사육 단지(그림 27과 그림 28)로 분류할 수 있었음.
- 나) 소수의 진입로 형태로 통제가 용이한 밀집사육 단지는 대부분 반경 300미터 내에 고도로 밀집분포 되어있는 형태가 많았으며 대부분 3곳 이내의 진입, 진출로 연결되어 있어 강력한 방역 조치를 효율적으로 실시할 수 있는 장점이 있음. 일부 단지에서는 단지내 입구에 공동 차량 소독시설을 설치하여 방역조치를 취하고 있는 경우가 많았음.
- 다) 다수의 도로에 의해 분포되어 복합 통제 방안이 필요한 밀집사육 단지의 경우는 대부분 반경 1km내에 농장이 분포되어있는 형태가 많았으며 농장 사이에 일반 농가가 분포되어 있고 밀집 지역 내 고속도로나 국도에 의해 구분되어 있어 공동 출입구 등의 방역 조치의 시행이 복잡한 상황이었음.
- 라) 방역대내에서 광범위하게 분포하여 복합 통제 수단이 필요한 밀집 사육 단지의 경우 전북 익산의 왕궁 단지가 해당되었음. 이 단지의 경우 최근 현업 축사 토지 매입 및 생태복원 사업(2011-2020) 추진으로 기존 89농가 105,000두 돼지가 사육되었으나 현재 61개 양돈장에서 총 57,156두가 사육중임(그림 27). 그러나 여전히 반경 2km 내에 61개 양돈장이 분포하고 있으며 단지의 호남고속도로와 다양한 지방도에 의해 나뉘어져있을 뿐 아니라 일반 농가들이 포함되어 있어 공통의 차단방역 방안을 적용하는데 어려움이 많은 것으로 파악되었음(그림 28).

마) 우제류 밀집단지의 분포 유형별 분류

(1) 소수의 진입로 형태로 통제가 용이한 밀집사육 단지



그림 7. 정착촌 밀집 단지(화순 양돈단지, 전남 화순군, 돼지 9농가, 반경 300미터)



그림 8. 양돈 밀집 사육 단지(경남 사천시 영복원, 돼지 6농가, 반경 300m).



양돈 단지 전경1



양돈단지 전경2



단지 주 출입구



단지 입구 차량 방역 시설



단지 뒤편 출입구



단지 뒤편 농장 전경

그림 9. 경남 사천 영복원 단지 사진.

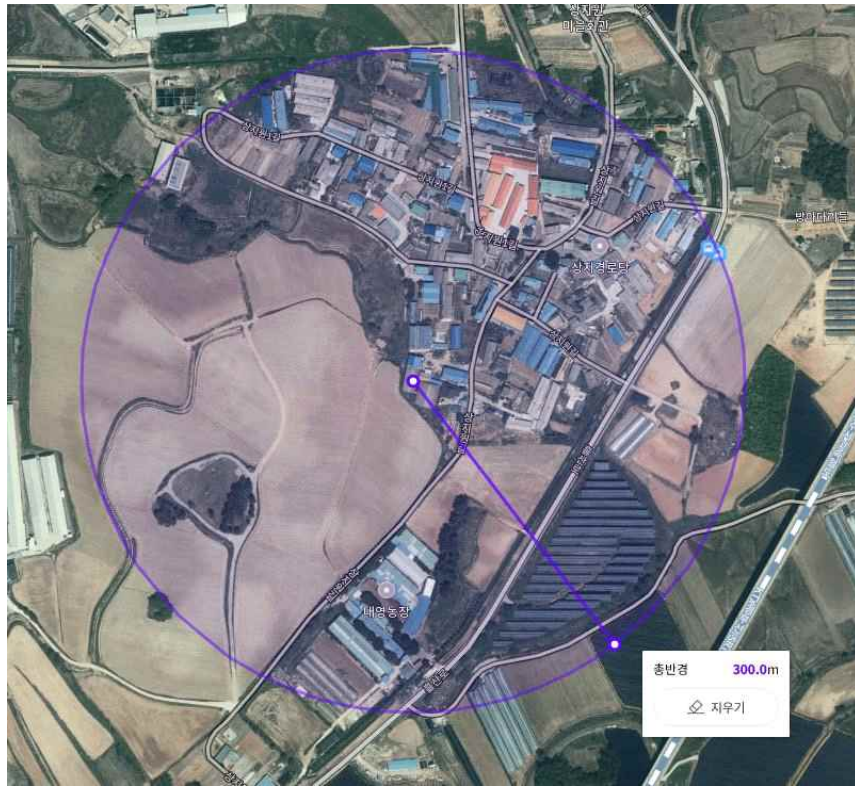


그림 10. 양돈 밀집단지(익산 함열읍 상지원, 돼지 10농가, 반경 300미터)



그림 11. 서수양돈단지(전북 군산시, 돼지 13농가, 반경 300미터)



단지 진입로 1



단지 진입로 2



단지 진입로 3



단지 전경



도로에서 접근이 가능한 양돈장



단지내 도로와 인접해있는 양돈장

그림 12. 전북 익산 상지원 단지 사진.



그림 13. 서수단지 진입로 방역 시설 및 단지 전경 사진.

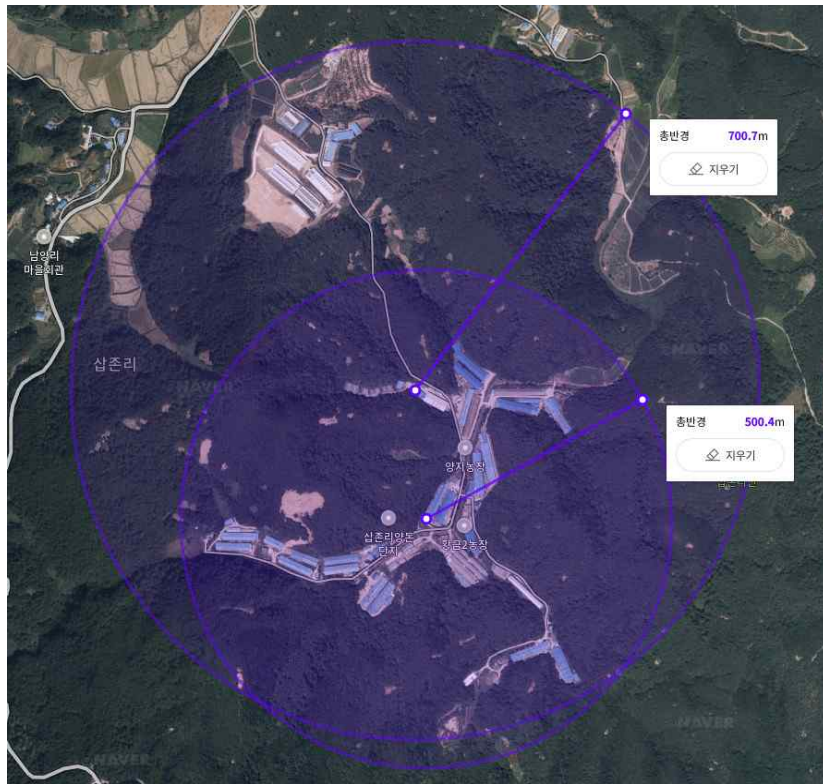


그림 14. 양돈단지 및 한우목장(강원 양양군 손양면 동막골길, 양돈 8농가, 한우 1농가, 반경700미터)



그림 15. 양돈 밀집 사육 단지(경북 안동시 서현리, 양돈 5농가, 반경300미터)



그림 16. 양돈 밀집 사육 단지(경북 고령군 우곡양돈단지, 양돈 11농가, 반경600미터)

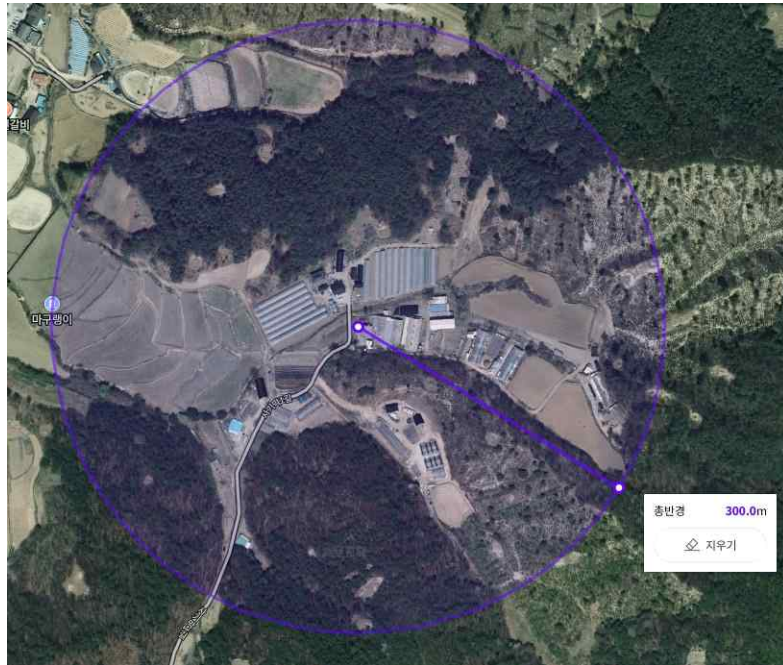


그림 17. 양돈 밀집 사육 단지(경기 포천시 일동면 화대리, 양돈 9농가, 반경 300미터)

(2) 다수의 도로에 의해 분포되어 복합 통제 방안이 필요한 밀집사육 단지



그림 18. 안성시 일죽면 장암리 장암단지(양돈 13농가 밀집, 반경 500m).

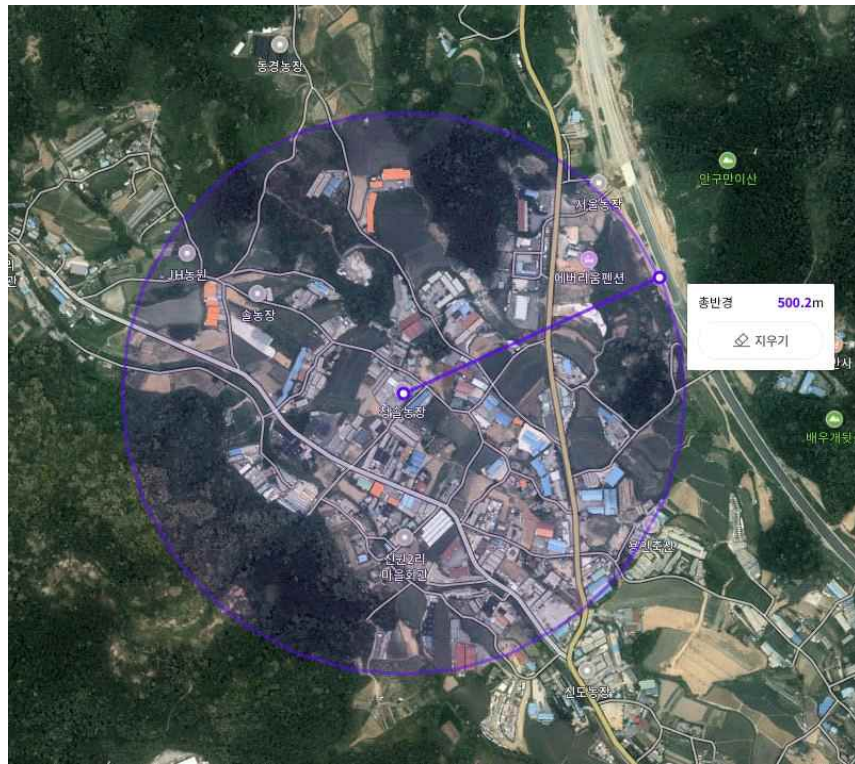


그림 19. 용인시 포곡 양돈 단지(양돈 57농가 밀집, 반경 1km).

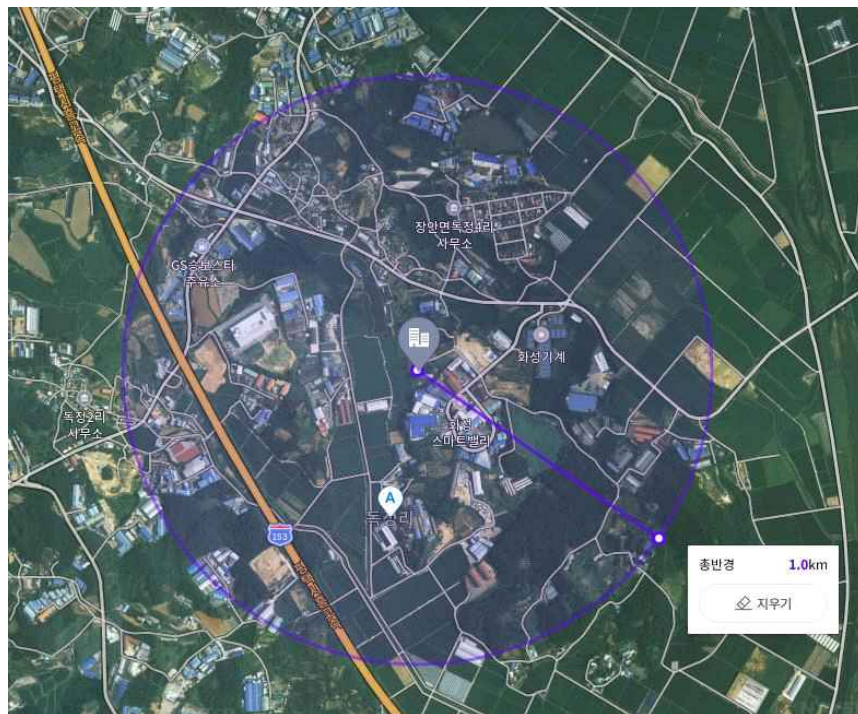


그림 20. 화성시 장안면 양돈 단지(양돈 11농가 밀집, 반경 1km).

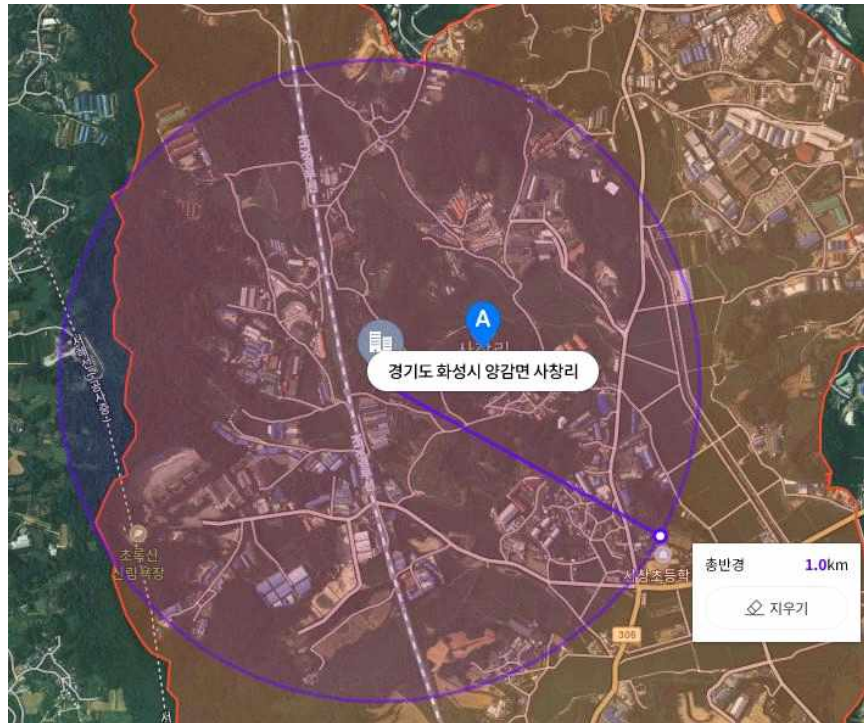


그림 21. 화성시 양감면 사창리(양돈농가 9두밀집, 반경 1km).

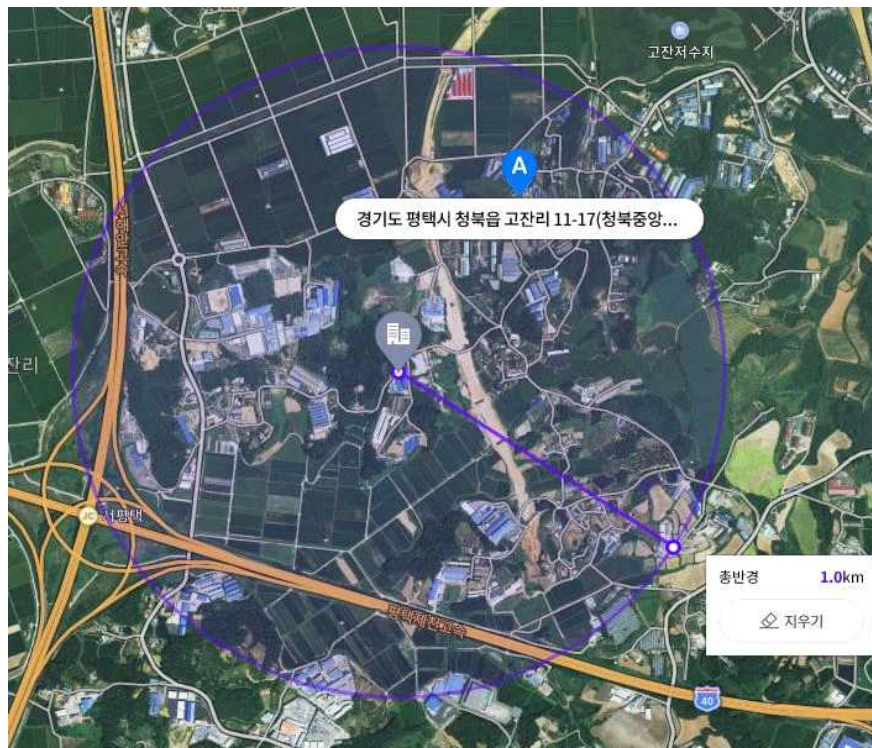


그림 22. 평택시 청북면 고잔리(양돈농가 14농가 밀집, 반경 1km).

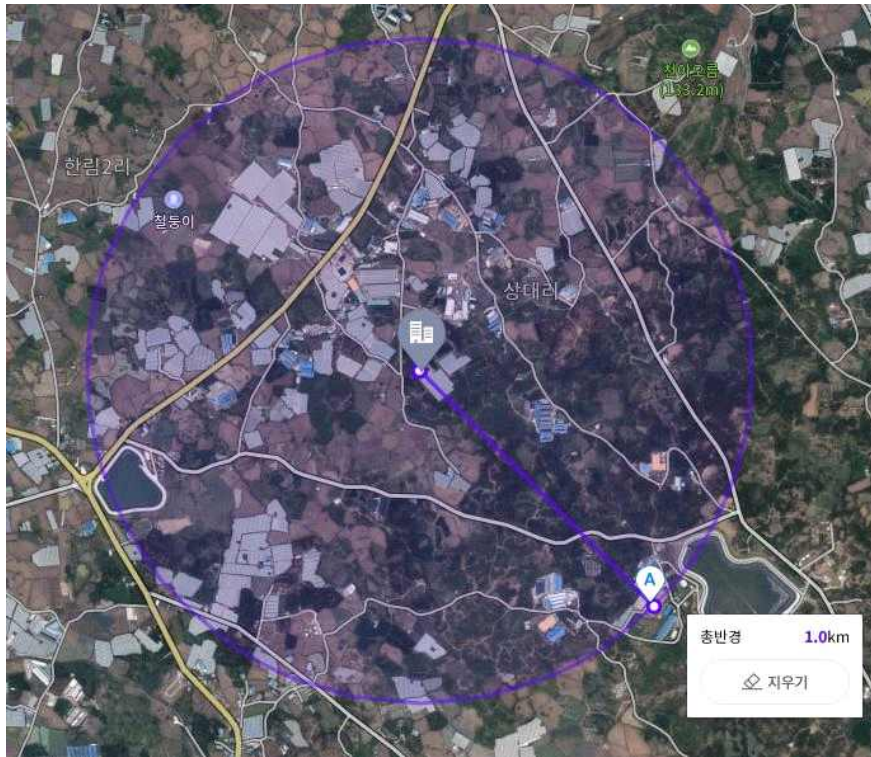


그림 23. 양돈 밀집 사육단지(제주 한림읍 동방골 양돈단지, 돼지 11농가, 반경 1km).



그림 24. 정착촌 밀집단지(충남 성광원, 돼지 23농가, 반경 500미터).

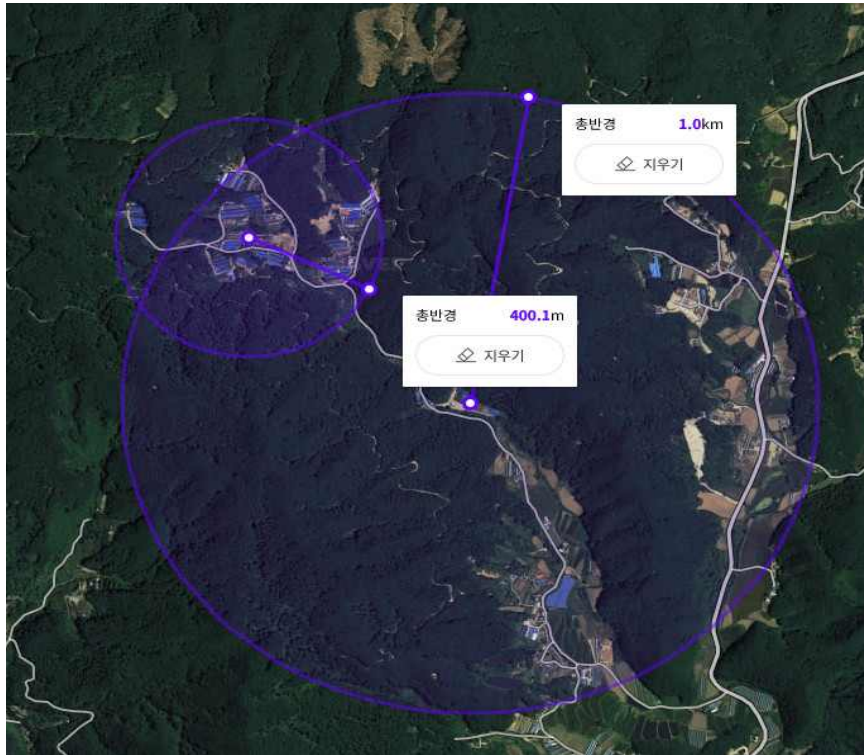


그림 25. 밀집단지(경기 양평군 양동단지, 양돈 14농가, 반경 1킬로미터).

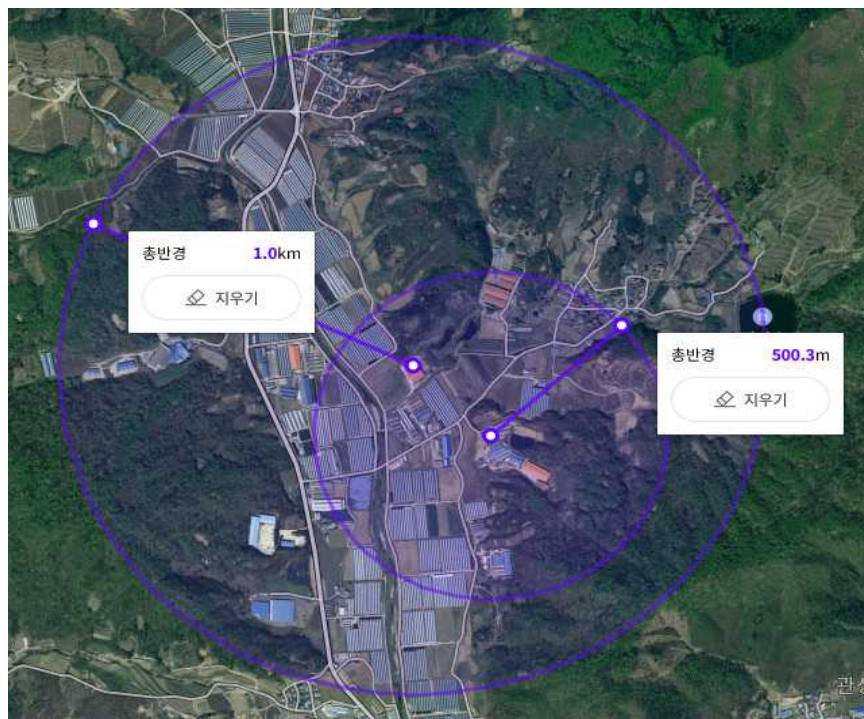


그림 26. 우제류 밀집 사육 단지(충남 천안시 관성단지, 돼지 8농가, 한우 5농가, 사슴 1농가, 반경 1킬로미터)

(3) 방역대내 광범위하게 분포하여 복합 통제 수단이 필요한 밀집 사육 단지

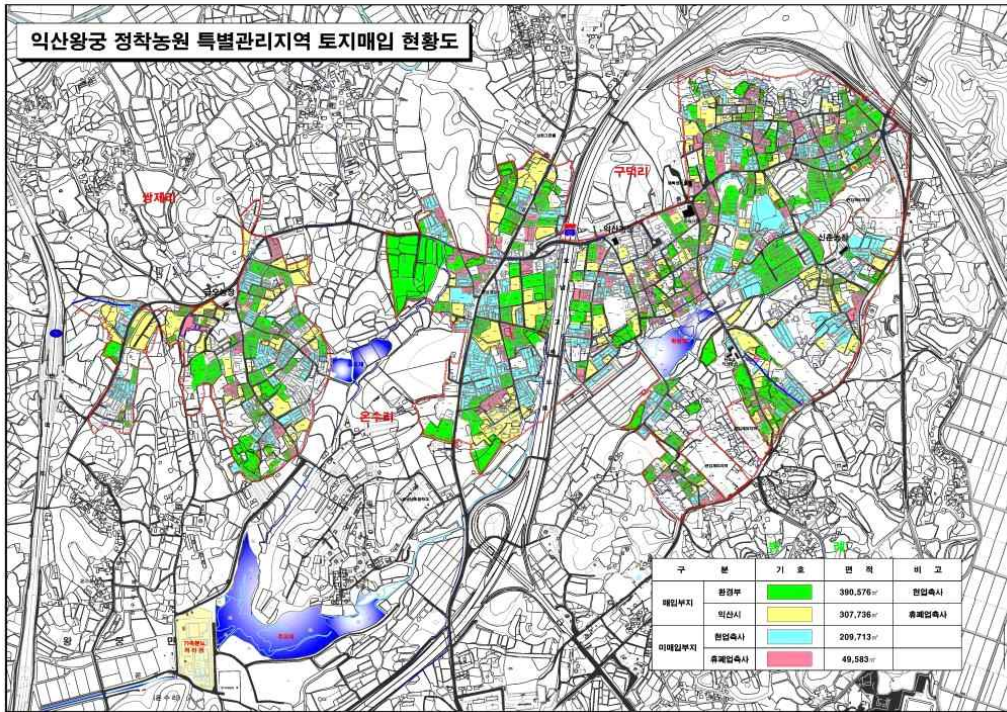


그림 27. 전북 익산 왕궁단지의 농장 분포도(돼지 61농가).



그림 28. 정착촌 밀집 단지(전북 익산 왕궁단지, 돼지 61농가, 반경 2킬로미터)

(나) 구제역 발생 위험요소 기반 우제류 밀집 사육 단지 평가

1) 구제역 발생 위험요소의 평가

가) 국내에서는 우제류 사육 단지와 관련한 가축질병 발생 위험도 평가는 구제역 발생과의 역학 관계에만 집중하여 분석하는 것이 타당하다고 판단하여 진행함.

나) 국내 구제역 예방을 위한 백신 접종은 소에서는 50두 미만 사육농장의 경우 농장주가 아닌 수의사가 접종하기 때문에, 백신항체가 상대적으로 높게 형성되고, 구제역 발생 사례의 분석에서도 50두 미만 농장 보다는 50두 이상 전업농장 즉, 구제역 백신을 자가 접종(소유주에 의한 백신)을 하는 곳에서 발생이 많았음. 따라서, 소농장 중 50두 이상 소를 사육하는 농장 수 밀도가 중요한 위험요인으로 파악되었고 우제류 밀집도와 연계하여 주변 50두 이상 소농장의 밀도가 높은 곳에 대한 위험도를 반영하는 것이 적합하다고 판단함.

다) 위험도 평가에 농장내 사육 밀도(사육두수 기반)보다 농장 수 기반으로 하는 것이 더 효과적인 이유는 농장 수가 많은 곳은 농장 두수가 많은 곳에 비해 서로 다른 지역에서 차량과 사람이 들어오는 정도가 빈번하고, 이에 따라 병원체가 오염된 차량과 사람에 의해 전파되어 병원체 유입 가능성도 높아짐. 왜냐하면 농장수가 많다는 것은 거래하는 타농장과 사료회사, 인공수정사 등 축산관계자의 종류가 많아지기 때문임. 따라서 우제류 밀집단지 선정 기준에 농장 수의 밀도를 계산하여 반영하는 것이 타당함.

라) 국내 구제역 발생농장 주변의 농장 밀도 분석 결과

- 2014년-2019년 까지 구제역이 발생한 우제류 농장 225개소에 대한 위치별 50두 이상 소 농장 밀도를 분석한 결과는 그림 29 및 그림 30과 같음.
- 구제역 발생농장은 국내 농장 평균(0.61개소/km²)에 비해 주변 50두 이상 사육하는 소농장 밀도가 높게 나타났으며 특히 육우 발생농장 (2.32개소/km²)의 주변 밀도가 매우 높은 것으로 나타남(표 7).

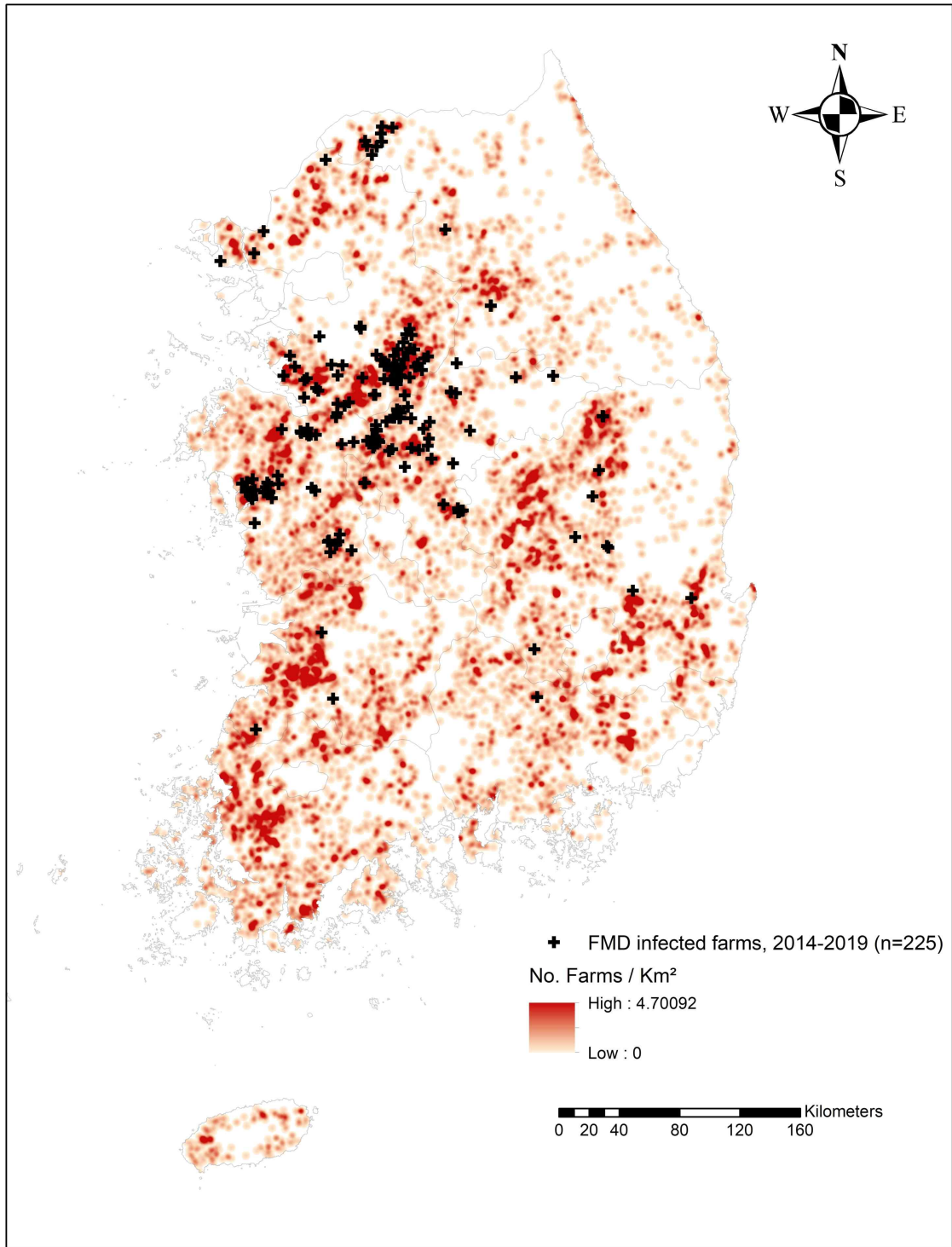


그림 29. 구제역 발생농장 (2014-2019)과 전국 50두 이상 소사육농장 밀도

표. 7. 축종별 주변 단위 면적당 평균 50두 이상 사육 소농장 밀도

축종	농장밀도 (개소/km ²)
한우	0.96
젖소	1.02
육우	2.32
돼지	0.57
전체	0.61 (중위수: 0.45)

* 국내 지역 cell 단위(100mx100m) 50두 이상 사육하는 소농장 밀도는 평균 0.13 개소/km² (표준편차 0.25 개소/km²).

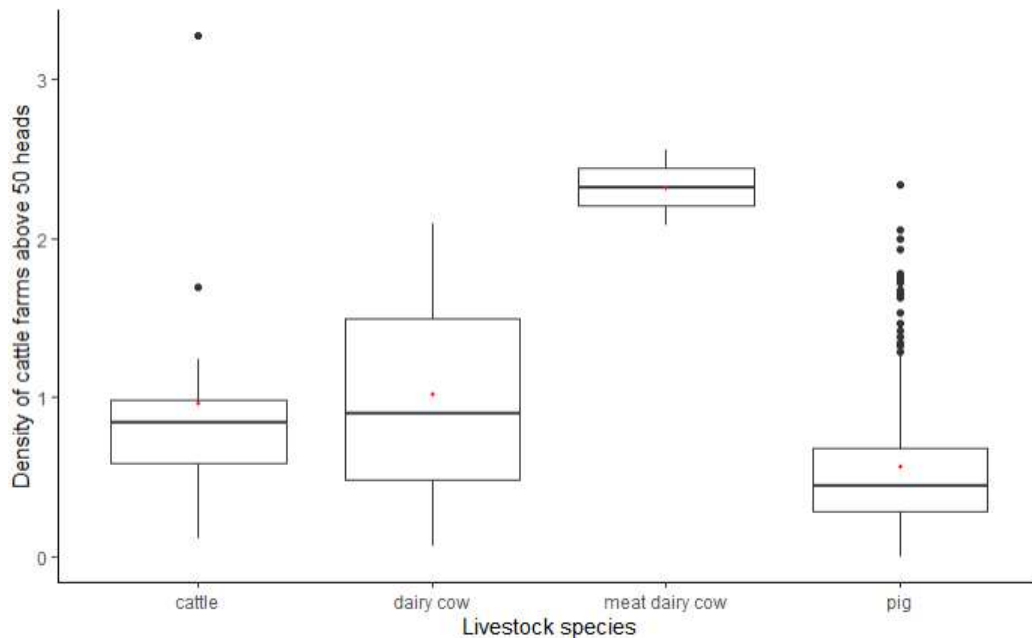


그림 30. 축종별 FMD 발생 농장 주변 50두 이상 소농장 밀도.

바) 구제역 발생농장 주변의 육우농장 밀도

- 2014년-2019년 까지 구제역이 발생한 우제류 농장 225개소의 육우 농장 밀도는 국내 평균에 비해 육우 사육하는 농장 밀도가 매우 높게 나타났으며(0.49 개소/km²) 특히 육우 발생농장의 주변 육우농장 밀도(3.85 개소/km²)가 매우 높게 나타남(표 8, 그림 31).

표 8. 축종별 주변 단위 면적당 평균 육우 농장 밀도

축종	농장밀도 (개소/km ²)
한우	0.58
젖소	1.35
육우	3.85
돼지	0.44
전체	0.49 (중위수 :0.28)

* 국내 지역 cell 단위(100mx100m) 육우농장 밀도는 평균 0.07 개소/km² (표준편차 0.24 개소/km²)

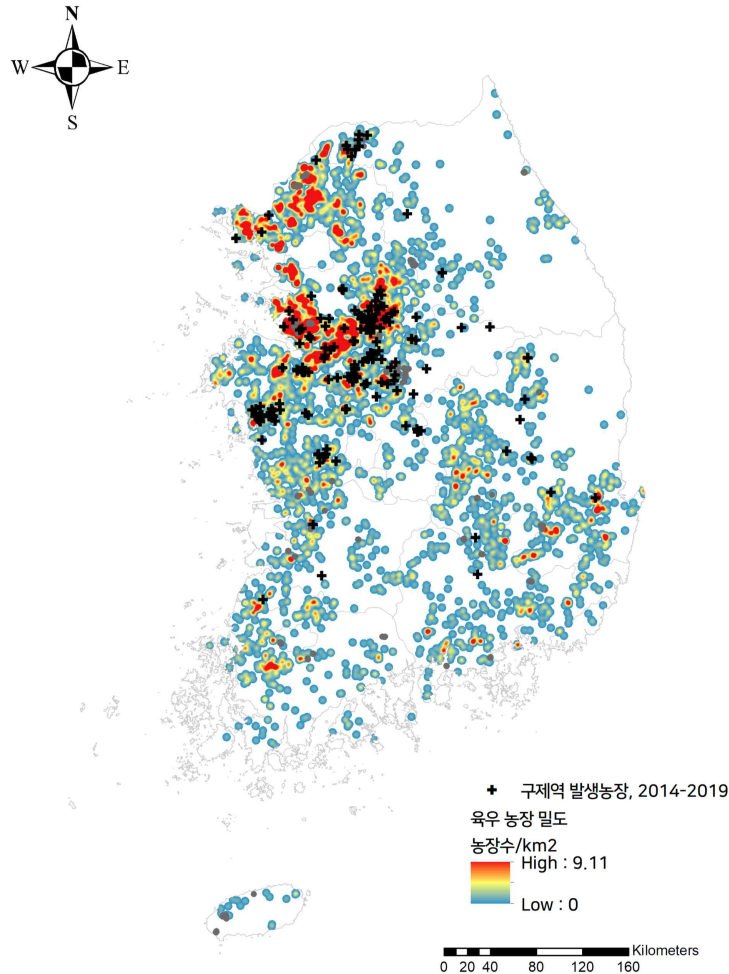


그림 31. 구제역 발생농장 (2014-2019)과 전국 육우농장 밀도.

사) 구제역 발생농장과 주변 2차선 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와의 거리

- 2014년 이후 구제역이 발생한 우제류 농장 225개소에 대한 위치별 도로와의 거리 측정 결과는 그림 32 및 그림 33과 같음. 구제역 발생 농장은 주변 2차선 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와 거리가 평균 476m 정도로 전국 농장의 일반 평균에 비해 매우 가까운 것으로 나타났으며, 특히 구제역 발생 육우 농장은 164m로 현저히 가까운 것으로 분석됨(표 9).

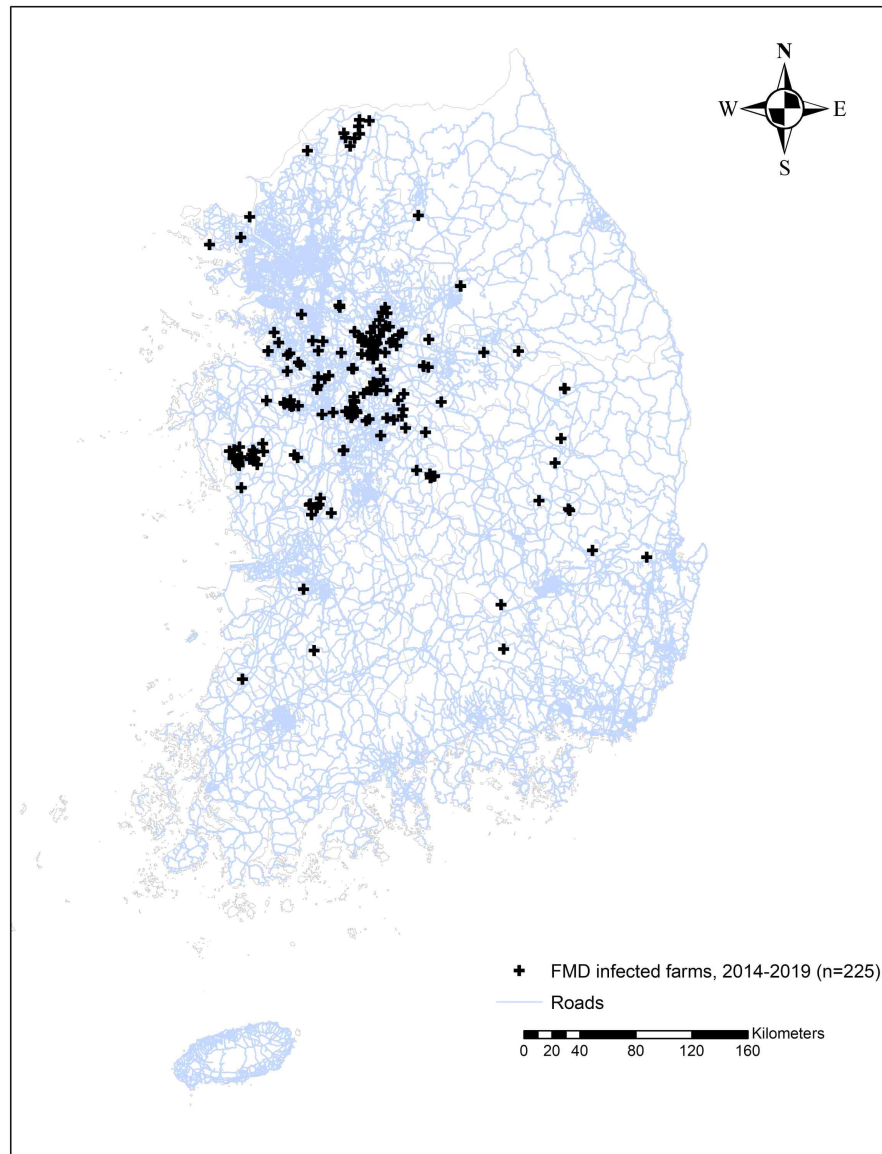


그림 32. 구제역 발생농장 (2014-2019)과 전국 도로망.

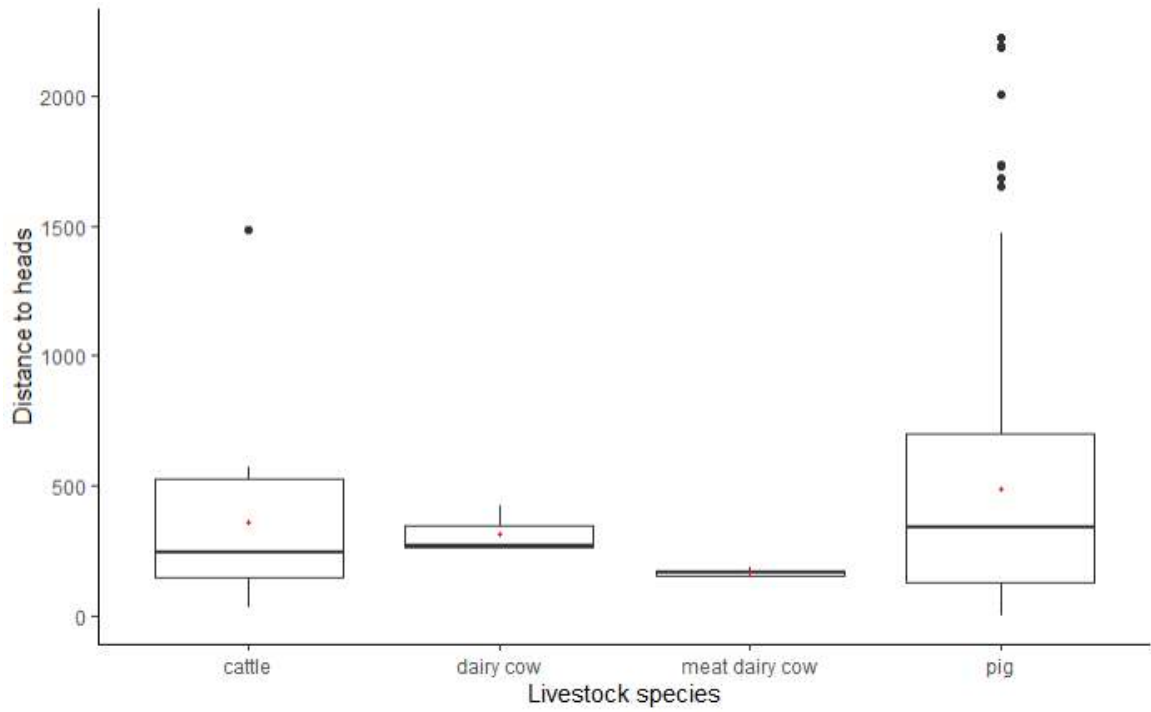


그림 33. 축종별 구제역 발생 농장과 주변 2차선 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와의 거리.

표 9. 축종별 농장과 2차선 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와의 거리

축종	2차선 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와의 거리(단위 m)
한우	361.34
젖소	314.86
육우	164.25
돼지	489.67
전체	476.46

* 국내 전체 cell 단위(100mx100m) 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와 거리는 평균 1.23km (표준편차 2.44km).

(다) 주성분 분석(Principal Component analysis)을 통한 적합성 확인

- 1) 우제류 밀집단지를 선정하는데 있어 구제역 발생과 관련된 공간적 위험요인인 우제류 농장 밀도, 50두 이상의 사육농장밀도, 육우사육 밀도, 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와의 거리와 같은 조건들이 적합한지의 여부를 확인하기 위해 주성분 분석을 실시함.
- 2) 주성분 분석 결과 우제류 사육밀도와 관련된 변수는 이들 변수와 높은 상관성을 보였으며, 제 1성분(사육밀도 대변)과 제2성분[도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와의 거리 대변]에 대해서 4가지 변수에 대해 72.4% 정도 대변하였으며 이들 변수들은 적용하기에 타당하다고 확인되었음 (그림 34).
- 2) 이를 바탕으로 밀집단지 유사성을 보았을 때 52개 단지는 4가지 변수에 대해서 모든 단지가 유사한 특징을 갖는 클러스터를 형성하기보다 4가지 그룹으로 크게 나눌 수 있었음 (표 10).

* 해석방법: 제1성분이 높을수록 밀도가 높으며, 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와 거리는 작고. 제2성분이 높을수록 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와의 거리는 멀게 됨. 따라서 4사분면 있는 농장일수록 밀도가 높고, 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와 거리가 가깝다고 할 수 있음 (그림 34).

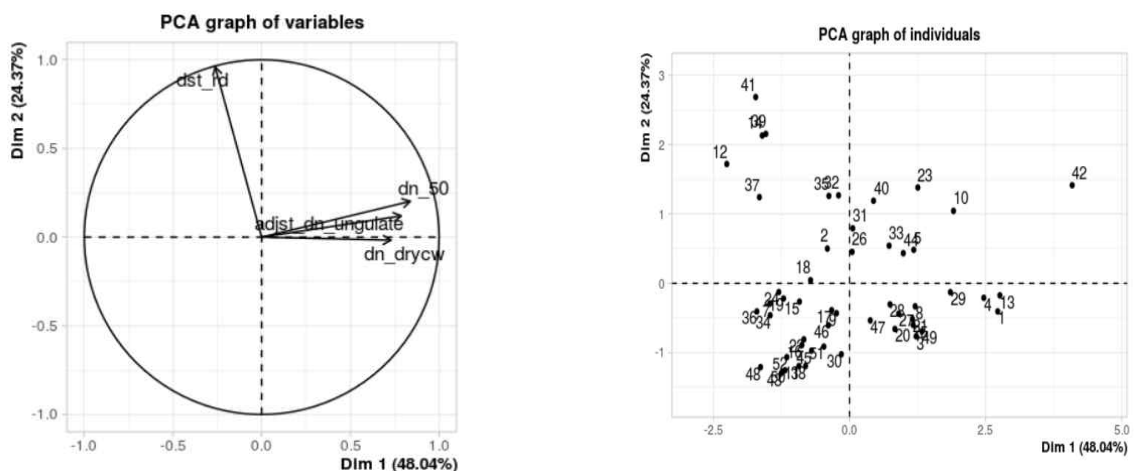


그림 34. 주성분 분석 결과(왼쪽: 4가지 변수에 대한 주성분 분석결과, 오른쪽 : 주성분 분석 결과에 따른 밀집단지(52개소)별 특징 분석). adjst_dn_ungulate: 우제류 농장 밀도, dn_50: 50두 이상의 사육농장밀도, dn_drycw: 육우농장, dst_rd: 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와의 거리, 오른쪽 번호, 밀집단지 번호(아래 표 10 참조).

표 10. 우제류 밀집단지 52개소에 대한 주성분 분석 결과

순서	시/도	단지명	농장수 (단위 : 농장수/km ²)	밀도기준 [4.72(농가 /km ²) 이상	밀도기준 [2.41(농가 /km ²) 이상	제1성분 값	제2성분 값	위치 *
1	경기 (9)	안성시 장암단지	5.63	0		2.72	-0.40	4
2		용인시 포곡양돈단지	5.51	0		-0.41	0.50	2
3		화성시 장안면	3.98		0	-0.77	1.88	2
4		양감면	4.57		0	-0.21	2.16	2
5		평택시 청북면	3.89		0	0.48	2.39	1
6		포천시 일동면	4.80	0		0.72	-0.34	4
7		안평군 양동단지	2.43		0	-1.46	-0.29	3
8		파주시 파평양돈단지	4.93	0		1.21	-0.33	4
9		연천군 백학면	3.73		0	-0.43	0.50	2
10	강원 (5)	청양리지역	5.09	0		1.05	0.70	1
11		철원군 문혜리지역	2.42		0	-1.19	-0.16	3
12		관우리지역	2.45		0	1.72	0.76	1
13		오지리지역	5.52	0		-0.17	0.72	2
14		양양군 양양양돈조합	2.42		0	-1.60	2.13	2
15	충북 (6)	영동군 호탄	2.41		0	-0.92	-0.26	3
16		백자전	2.49		0	-0.89	0.28	2
17		증평군 연단리	4.10		0	-0.39	-0.14	3
18		괴산군 사리면	5.09	0		0.04	-0.68	4
19		청안면	2.93		0	-0.22	-0.19	3
20		음성군 삼성면	4.90	0		-0.66	0.04	2
21	충남 (7)	보령시 신덕단지	7.45	0		1.16	-0.51	4
22		천안시 관성단지	2.45		0	-0.84	-0.81	3
23		홍성군 덕실단지	8.77	0		1.26	1.38	1
24		연무양돈단지	2.46		0	-1.30	-0.13	3
25		논산시 광석양돈단지	5.57	0		1.17	-0.60	4
26		성광원(정착촌)	5.32	0		0.05	0.45	1
27		당진시 소소리단지	4.98	0		0.90	-0.44	4
28	군산시 서수양돈단지	4.13		0	0.74	-0.30	4	
29	전북 (7)	익산시 왕궁단지	12.00	0		1.85	-0.13	4
30		합열읍 상지원	3.57		0	-1.02	-0.36	3
31		덕천양돈단지	3.76		0	0.06	0.79	1
32		정예원	3.89		0	1.27	-0.46	4
33		김제시 용지단지	6.82	0		0.73	0.54	1
34	진안군 텃골단지	2.41		0	-1.46	-0.46	3	
35	나주시 현애원	4.29		0	1.26	-0.50	4	
36	전남 (4)	화순군 화순양돈(정착촌)	1.08			-1.70	-0.40	3
37		종방단지(정착촌)	2.00			-1.66	1.24	2
38		구례군 효곡단지(정착촌)	1.85			-0.81	-1.19	3
39	안동시 서현양돈단지	2.41		0	-1.54	2.16	2	
40	경북 (5)	경산시 압량사육지	5.37	0		0.44	1.19	1
41		고령군 우곡양돈단지	2.44		0	-1.72	2.69	2
42		칠곡군 약목축산단지	8.40	0		4.09	1.42	1
43		성주군 성신단지(정착촌)	1.94			-1.25	-1.30	3
44		밀양시 무안신생마을	7.32	0		0.99	0.43	1
45	경남 (5)	고성군 송의원	3.33		0	-0.97	-0.43	3
46		합천군 야로양돈단지	3.93		0	-0.39	-0.60	3
47		창녕군 우포한우단지	3.46		0	0.38	-0.54	4
48		사천시 영복원	2.41		0	-1.21	0.27	2
49	제주 (4)	제주 금악양돈단지	8.05	0		1.33	-0.69	4
50		동방골양돈단지	2.42		0	-1.18	-1.25	3
51		서귀포 세미발전협의회	3.94		0	-0.91	-0.60	3
52		서귀포 대포	1.37			-1.70	-0.05	2

계산방법, 3km 반경 내 농장수를 kernel density로 조사함. 우제류 농장 밀집도 기준[4.72(농가수)/km² 이상]과 [2.41(농가수)/km² 이상 [4.72(농가수)/km²] 미만 지역으로 구분하여 분류함.

*1사분면 : 밀도는 상대적으로 크고 도로와 거리는 멀 , 2사분면 : 밀도가 상대적 작고 도로와 멀, 3사분면 : 밀도가 상대적으로 작고, 도로와 거리가 가까움. 4사분면: 밀도가 상대적으로 크고, 도로와 가까움.

(라) 공간적 다기준평가[(Spatial Multi-Criteria Evaluation, SMCE)] 분석 결과

- 1) 구제역 발생 농장과 관련된 공간적 위험요인에 대해서 52개 우제류 농장 밀집단지를 분석한 결과(표 5) 소 50두 이상 사육농장 밀도는 구제역 발생농장의 평균보다 약 0.08 정도 컸으며, 육우농장 밀도는 약 0.25 정도 낮았으며, 도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와 거리는 구제역 발생농장의 평균보다 약 100 m 정도 멀리 떨어져 있었음(표 10).
- 2) 위의 구제역 발생농장의 위험요인과 우제류 밀집단지를 분석결과를 종합적으로 고려하였을때 밀집단지의 두 번째 조건을 아래와 같은 기준을 마련하여 공간적 다기준평가(Spatial Multi-Criteria Evaluation, SMCE)] 실시함(표 11).

표 11. 본 연구에 사용한 SMCE 변수

변수명	비고	데이터 추출 방법	기준
소 50두 이상 사육농장 밀도	농장 단위	kernel	0.45 (농장수) km ²
육우 농장 밀도	농장 단위	kernel	0.25 (농장수) km ²
도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와 거리	농장 단위	최소거리	500m 이내

표 12. 우제류 밀집단지 52개소에 대한 구제역관련 위험요인 분석 결과를 포함한 결과 표

순서	구분	단지명	농장 밀도 (농장수/ km ²) ^a	밀도 4.72/km ² 이상	밀도 2.41/ km ² 이상	공간적 다기준평가(SMCE) 분석				최종판정	
						소 50두 이상 농장 밀도 ^b	육우 농장 ^c	도로의 거리 ^d	항목수 ^d		
1	경기 (9)	안성시 장암단지	5.63	0		0	0	0	3	밀집단지	
2		용인시 포곡양돈단지	5.51	0		X	X	X	0	밀집단지	
3		화성시 장안면	3.98		0	0	0	0	3	밀집단지	
4		화성시 양감면	4.57		0	0	0	0	3	밀집단지	
5		평택시 청북면	3.89		0	0	0	X	2	밀집단지	
6		포천시 일동면	4.80	0		X	X	0	1	밀집단지	
7		양평군 양동단지	2.43		0	X	X	0	1	밀집단지	
8		파주시 파평양돈단지	4.93	0		0	0	0	3	밀집단지	
9		연천군 백학면	3.73		0	X	0	0	2	밀집단지	
10	강원 (5)	청양리지역	5.09	0		0	0	X	2	밀집단지	
11		철원군 문혜리지역	2.42		0	X	X	0	1	밀집단지	
12		관우리지역	2.45		0	0	X	X	1	밀집단지	
13		양양군 오지리지역	5.52	0		0	0	0	3	밀집단지	
14		양양양돈조합	2.42		0	X	X	0	1	밀집단지	
15	충북 (6)	영동군 호탄	2.41		0	0	X	0	2	밀집단지	
16		백자전	2.49		0	X	X	0	1	밀집단지	
17		증평군 연탄리	4.10		0	0	0	X	1	밀집단지	
18		괴산군 사리면	5.09	0		X	X	X	0	밀집단지	
19		청안면 청안면	2.93		0	X	X	0	1	밀집단지	
20		음성군 삼성면	4.90	0		0	0	0	3	밀집단지	
21	충남 (7)	보령시 신덕단지	7.45	0		0	X	0	2	밀집단지	
22		천안시 관성단지	2.45		0	X	X	0	1	밀집단지	
23		홍성군 덕실단지	8.77	0		0	0	X	2	밀집단지	
24		연무양돈단지	2.46		0	0	X	0	1	밀집단지	
25		논산시 광석양돈단지	5.57	0		0	0	0	3	밀집단지	
26		성광원(정착촌)	5.32	0		0	X	X	1	밀집단지	
27		당진시 소소리단지	4.98	0		0	0	0	3	밀집단지	
28	전북 (7)	군산시 서수양돈단지	4.13		0	0	0	0	3	밀집단지	
29		익산시 왕궁단지	12.00	0		0	X	0	2	밀집단지	
30		함열읍 상지원	3.57		0	0	0	X	0	2	밀집단지
31		정읍시 덕천양돈단지	3.76		0	0	0	X	X	1	밀집단지
32		정예원	3.89		0	0	0	X	X	1	밀집단지
33		김제시 용지단지	6.82	0		0	X	X	1	밀집단지	
34		진안군 텃골단지	2.41		0	X	X	0	1	밀집단지	
35	전남 (5)	나주시 현예원	4.29		0	0	X	X	1	밀집단지	
36		화순양돈(정착촌)	1.08			X	X	X	0	밀집단지	
37		중방단지	2.00			X	X	0	1	밀집단지	
38		구례군 효곡단지(정착촌)	1.85			X	X	X	0	밀집단지	
39		안동시 서현양돈단지	2.41		0	0	X	X	1	밀집단지	
40	경북 (5)	경산시 압량사육지	5.37	0		0	0	X	2	밀집단지	
41		고령군 우곡양돈단지	2.44		0	X	X	0	1	밀집단지	
42		칠곡군 약목축산단지	8.40	0		0	0	X	2	밀집단지	
43		성주군 성신단지(정착촌)	1.94			X	X	0	1	밀집단지	
44		밀양시 무안신생마을	7.32	0		0	0	X	2	밀집단지	
45	경남 (5)	고성군 송의원	3.33		0	X	X	0	1	밀집단지	
46		합천군 야로양돈단지	3.93		0	0	0	X	0	2	밀집단지
47		창녕군 우포한우단지	3.46		0	0	0	X	0	2	밀집단지
48		사천시 영복원	2.41		0	X	X	0	1	밀집단지	
49		제주 (4)	제주 금악양돈단지	8.05	0		0	X	0	2	밀집단지
50	동방골양돈단지		2.42		0	X	X	0	1	밀집단지	
51	서귀포 세미발견협의회		3.94		0	X	X	0	1	밀집단지	
52	서귀포 대포		1.37					0	1	밀집단지	

a: 계산방법, 3km 반경 내 농장수를 kernel density로 조사함, b: 소 50두 이상 사육농장 밀도 기준 (0.45 이상), c: 육우농장 밀도 기준(0.25 이상), d:도로(중앙선이 있는 편도 1차로) 거리(500 m 이하), d: 해당 항목수가 1개 이상인 경우 밀집단지로 판정.

2. 우제류 밀집사육 단지 방역 관리 방안

가. 밀집 단지 특화 방역 관리 방안의 필요성

- (1) 밀집사육단지로 선정된 52곳의 우제류 사육 단지에 대한 차단 방역 강화 방안이 필요함.
- (2) 방역 관리 측면에서의 우제류 밀집 사육 단지는 최근 구제역이 발생하였거나 방역 여건이 열악하여 구제역이 발생할 경우 대규모 확산이 우려되기 때문에 집중관리가 필요하며 이에 대한 관리 강화 방안이 수립되어야 함.
- (3) 한편 우제류 밀집 사육 단지의 경우 몇 가지 유형으로 분류될 수 있는데 첫째, 통제가 용이한 밀집사육 단지로 대부분 반경 300미터 이내에 농장이 밀집되어 있고 한 개 또는 두 개의 진출입로 되어 있어 집중적인 방역 조치를 취하기 적합한 단지가 있고 둘째, 다수의 도로로 구획되어 있어 복합 통제 방안이 필요한 밀집사육 단지로서 대부분 반경 1km내에 농장이 분포되어있는 형태가 많았고 농장 사이에 일반 농가가 분포되어 있을 뿐 아니라 국도에 의해 구분되어 형태인 단지, 셋째, 다수의 농가가 반경 2km이상의 지역에 넓게 분포되어있고 고속도로와 같은 큰 도로로 구분되어 있어 방역 조치가 다수의 지역으로 분산되어 적용되어야 하는 단지로 구분할 수 있었음.
- (3) 따라서 우제류 밀집사육 단지에 특화된 방역 관리 강화 방안에 대한 문제점과 제한점 및 해결 방안 등을 제시하고자 함.

나. 밀집 사육 단지 방역 대책

(1) 단지내 차량 통행 방식 단일화

- (가) 단지내 출입구를 통일 시켜 단지로 들어오는 입구와 출구를 지정하고 단지 출입시 소독 절차를 철저히 준수하도록 조치함.
- (나) 전북 익산 상지원(그림 12)의 경우 단지 진출입로가 3곳이어서 진입로와 출입로를 단일화 하는 방식 적용이 가능한 단지로 분석됨.

- 제한점
 - 단지내 차량 출입 요일과 시간을 통제하는 방안은 단지 농장들이 동일한 사료 사용과 출하처를 갖는 경우에는 가능
 - 통행 요일을 지정하는 경우 출하두수가 많은 경우 야간이나 새벽에 출하 업무가 진행되는 경우 방역의 누수가 우려됨

(다) 단지내 통행권 발급을 통한 차량 통제

- 장점
 - PED 발생의 경우에도 단일농장(여러 군데의 모돈장과 위탁장 운영 농장)에서 사료차와 폐수처리 차량, 출하차량을 전용으로 사용할 경우 PED 발생이 현저히 줄어드는 경우 있었음
 - 상징적인 의미로서의 단지 통행권을 발부하여 사용하는 것으로도 다른 차량의 진입으로 인한 감염기회를 줄일 수 있는 방안임

(2) 단지 경계 구역의 완충 공간 조성

(가) 단지 외곽 전체에 울타리 설치가 가능한 단지에 효과적으로 적용 가능함

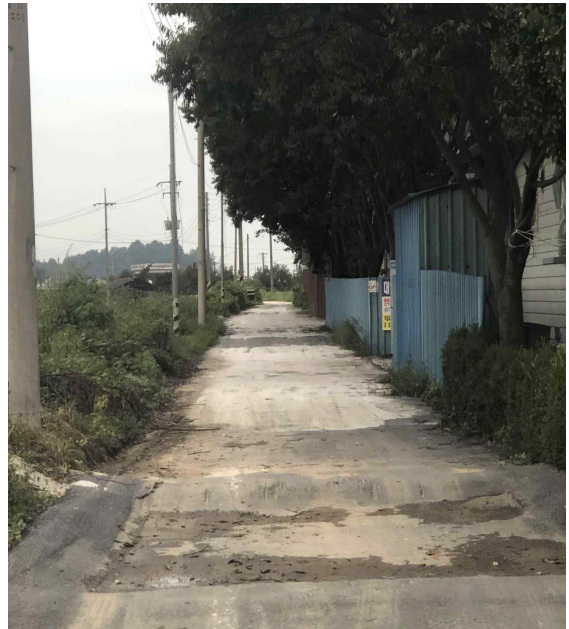
(나) 이 경우 사유 재단의 공동관리 부분의 동의 등 현실적인 문제가 발생할 수 있음

(3) 단지 내 주민(일반인/외국인 포함) 공동 방역교육(정기)및 공동 컨설팅 (수의사 의무 강화)

(가) 단지내 방역 책임자 의무화

- 방역 책임자 선정 절차 및 비용 부담 등 현실적인 문제 해결 선행이 필요
- 최소한 단지내 각 농장의 주치 수의사는 반드시 선정 되어야 하며 선정된 수의사에 대한 정보를 다른 농장에 공유하여 수의사에게 공동적인 의무 부여 하는 것이 현실적인 방안임
- 이 경우 단지 내 각 농장 전담 수의사들을 하나의 컨설팅 그룹으로 묶어서 공동 관리 할수 있는 방안도 있음
- 전북 군산 서수단지와 경남 사천 영복원과 같이 단지내 농장 울타리가 없고 1-2개의 진출입로를 공유하는 단지의 경우에 적용이 가능함.

- (4) 본장-위탁농가 모니터링 체계 구축(양돈 종합컨트롤타워 시스템 연계)
- (가) 현재 계열화 사업체는 위탁농가에 대한 방역 교육의 책임을 가지고 있어 이를 이용 하면 됨. 단 개인 농가의 위탁농장 관리 부분도 포함 되어야 함.
 - (나) 주치의 제도가 도입되면 자연스럽게 이루어질 수 있는 과정임.
- (5) 단지별 공동 약품업체, 사료구입 업체, 도축장 지정
- (가) 단지별 방역 관리 방안으로 매우 유용하나 적용에 많은 어려움이 있을 것으로 예상함.
 - (나) 협회의 공동구매 방안이 제시될 수 있으나 현실적으로 단지내 개별 농장에 약품 구매와 사료 구입 경로가 다르기 때문에 단일화하기 어려움.
- (6) 입구 공동 소독 시설 설치 운영
- (가) 단지 입구에 공동 차량 소독 시설을 설치하여 운영할 필요가 있음. 현재 함열 양돈단지(그림 35)와 우곡양돈단지(그림 36)의 경우 단지 입구에 공동 차량 소독 시설을 설치·운영 중에 있는 단지도 있음.
 - (나) 차량 소독 시설 운영 매뉴얼(소독시간 준수, 표준 소독 방법 제시) 등의 세부 내역 점검 및 교육이 필요함.
- (7) 구서대책 수립
- (가) 구서의 효율성을 위해 월 1회 전문 업체를 통한 대책이 필요함.
 - (나) 국내 모든 농장에서 구서작업을 실시하지만 실효성의 문제가 있어 전문업체에서 진행하는 것이 바람직함.
 - (다) 구서 대책 수립에 대한 의지와 비용이 문제임. 공동 비용에 대한 분담 등의 현실적인 문제 해결이 중요함.
- (8) 멧돼지 등 야생동물 공동 관리 시설 구비(울타리 등)
- (가) 멧돼지, 야생 조류, 쥐 등의 야생동물은 질병전파의 우려가 높으므로 축사 내 출입하지 않도록 울타리 설치 등의 차단 방지대책 수립이 필요.
 - (나) 단지 전체가 불가능 한 단지의 경우 농장 외곽의 이중 울타리 설치 등 울타리 설치 강화 조치가 필요.



단지 입구 진입로의 공동 차량 소독 시설 설치 단지 진입로의 차량 소독 시설
 그림 35. 단지 입구 공동 차량 소독 시설 설치 예(익산 함열 양돈 단지).



양돈단지 입구 차량 소독시설

양돈단지 입구의 한우 농장

그림 36. 단지 입구 공동 차량 사독 시설 설치 예(고령군 우곡양돈단지).

3. 접경지역 방역 관리 방안

(1) 연구 필요성 및 내용

- (가) 북한 인접 지역과 같이 밀집단지는 아니지만 지역적 특성이 다른 지역의 경우 취약점을 분석, 별도 관리방안을 마련할 필요가 있음.
- (나) 강원도와 경기도의 시군별 우제류 사육 현황은 표 3과 같고 접경 지역이 우제류 밀집 사육단지 현황은 그림 1, 그림 37, 그림 38, 그림 39와 같으며 접경 지역의 우제류 농장 밀도는 그림 40과 같음.

우제류 사육농가 현황 (20년 6월말 기준)

경기도/강원도

지역	소		돼지		염소		산양		합계					
	농가	두수	농가	두수	농가	두수	농가	두수	농가	두수				
연기연계 합계	16,480	495,405	1,193	2,203,995	1,634	61,798	431	6,376	55	1,048	42	1,003	18,835	3,060,743
경기도 합계	8,604	432,797	980	1,791,173	896	33,665	389	4,170	32	742	19	499	10,794	2,262,879
강원도 합계	1,296	262,368	213	392,762	738	28,133	142	2,486	23	906	23	1,004	8,041	797,864
합계	9,899	1,396,330	2,996	4,587,930	3,308	115,996	902	11,102	110	3,296	64	3,502	26,669	6,321,486

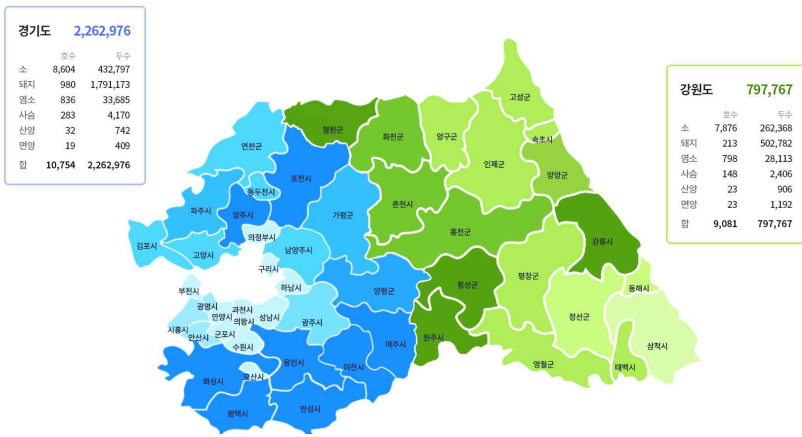


그림 37. 북한 접경지역인 경기와 강원도의 우제류 사육 농가 분포 현황.

우제류 사육농가 현황 (20년 6월말 기준)

경기도

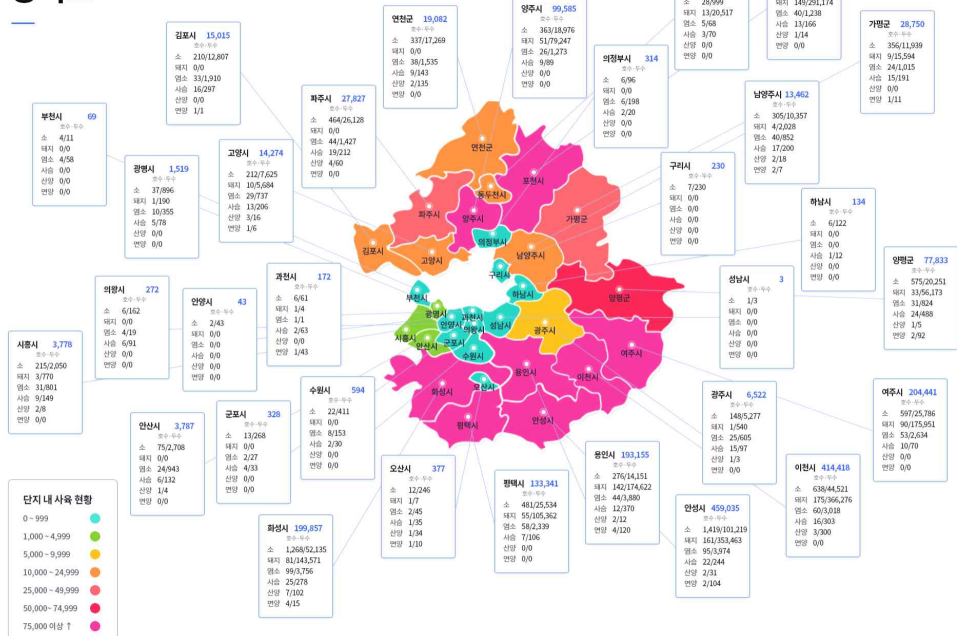


그림 38. 북한 접경 지역인 경기도 우제류 사육 농가 분포 현황.

우제류 사육농가 현황 (20년 6월말 기준)

강원도

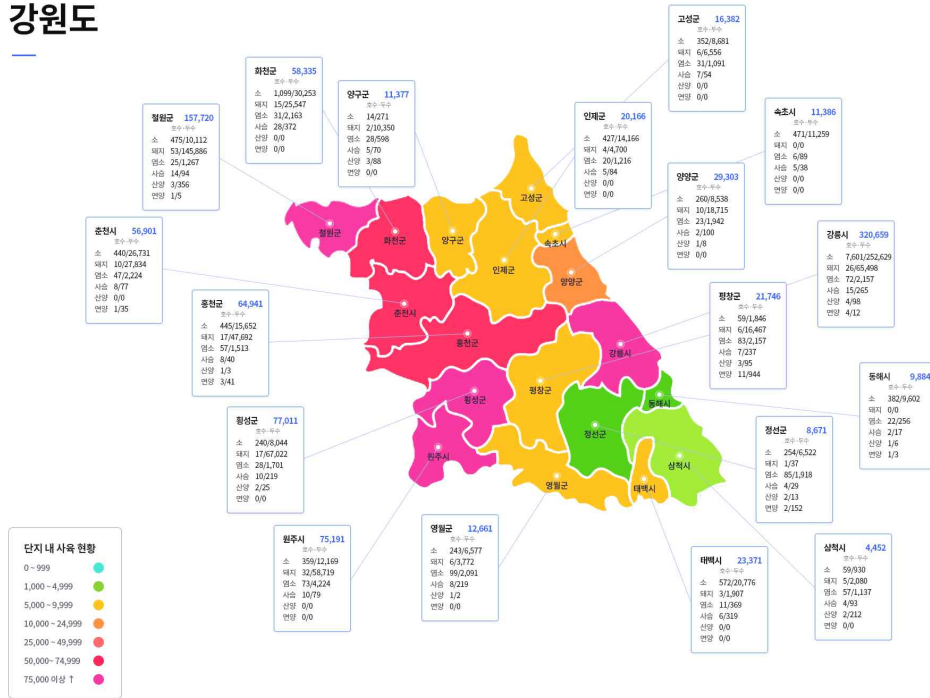


그림 39. 북한 접경 지역인 강원도 우제류 사육 농가 분포 현황.

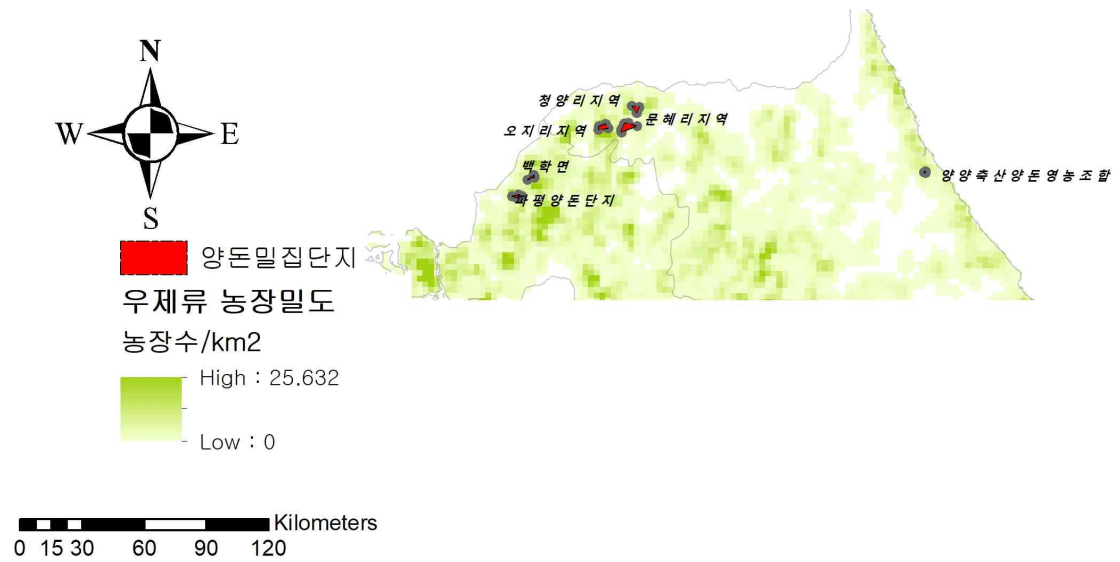


그림 40. 접경 지역의 우제류 농장 밀도.

(2) 연구방법

- (가) 북한 인접 지역(민통선 주변)과 같은 접경 지역의 농장 관리방안 제시함.
- (나) 접경 지역의 특성을 고려한 방역관리 중점 사항을 전문가들의 의견을 수렴하여 실현 가능한 내용을 중심으로 관리 방안을 제시.

(3) 연구결과

- (가) 경기·강원 접경 지역(강화군, 김포시, 파주시, 연천군, 철원군, 화천군, 양구군, 고성군, 포천시 등)내 우제류 사육 농가에 대한 관리 방안 마련.

1) 양돈 농가

- 가) 포천, 파주, 연천 지역(연천지역은 ASF 방역 조치로 사육 돼지 없음)은 과거 구제역 발생이 빈번했던 지역으로 이 지역은 다수의 타입구제역 백신 접종 및 백신 항체가 조사 강화 필요.
 - 접경지역의 특성상 다양한 바이러스의 유입을 대비하여 O형, A형, Asia1을 포함한 백신의 접종도 필요함.
 - 검사여건을 고려하여 전 농가 검사 또는 전체의 20-30% 항체 검사 실시.
- 나) ASF 관련 추진되고 있는 중점방역관리 지구 내 양돈농가에 대한 강화된 시설기준을 철저히 적용할 필요 있음.
 - 최근 입법 예고된 가축전염병 예방법 시행규칙 개정안(아프리카돼지열병 중점 방역 관리지구 지정 기준 및 지구 내 양돈농가 강화된 방역 시설 기준 마련)에 근거하여 접경 지역 양돈장의 방역기준이 강화될 경우 구제역 방역관리에 큰 도움이 될 것으로 판단됨.
- 다) 접경 지역 돼지의 경우 현재 실시하고 있는 연 4회 구제역 항체검사 외에 추가로 항체 양성률이 저조한 농가에 대해 검사 및 점검 강화가 필요.
 - 특히 항체 양성률이 낮은 농가 검사 시 농장의 잦은 출입에 따른 방역상 위험요인을 고려할 경우 농장검사 보다는 도축장에서 검사하는 방안을 검토하는 것이 필요함.

2) 소, 염소 농가

가) 접경 지역의 소와 염소의 구제역 백신 강화 조치 필요.

- 전국적으로 소는 6개월 마다 보강 접종(전국 소, 염소에 대해 연 2회 일제 접종실시) 하도록 되어있어 접경 지역 농가 중 백신 미접종 농가를 선정하여 특별관리 필요.
- 특히, 금년 초 NSP 항체가 집중적으로 검출된 강화군의 경우 금년 동절기에 구제역 항체가 조사를 타지역 대비 2~3배 확대하여 실시할 것을 제안함. 이를 통해 잠복감염 개체나 농장 내 순환감염 여부 확인 가능.

III. 기대효과 및 활용방안

- 국내 우제류 가축의 밀집 사육단지를 선정하는 과학적 근거를 마련함과 동시에 밀집 사육 단지 관리 강화 방안 제시를 통해 구제역 및 아프리카 돼지열병 등의 국가 재난형 가축 전염병의 발생 및 전파 위험도를 낮추는데 기여함.
- 우제류 가축의 질병 통제를 통해 안정적인 축산이 가능해져서 축산 경쟁력 향상에 기여함.
- 새로운 질병 발생시나 신규 밀집 사육단지 지정을 위한 과학적 기반의 선정 기준 확보를 통해 효율적인 가축방역정책 수립에 기여함.
- 접경지역 방역 관리 방안 마련으로 구제역과 아프리카돼지열병에 대한 방역 정책 수립에 기여함.

IV. 결론

1. 우제류 사육 밀도와 구제역 발생 위험 요소 기반의 밀집 사육단지 선정

- 구제역 감수성 동물인 우제류의 밀집 사육 단지의 과학적 기준의 선발을 위해 국내 총 국내 총 129,471농가 15,944,594두[소(105,261농가, 3,667,489두), 돼지(5,726농가, 11,632,797두), 사슴(1,826농가, 28,333두), 염소(16,309농가, 607,321두), 산양(238농가, 6,034두), 면양(111농가, 2,620두)] 우제류 사육 농가를 대상으로 사육 밀도를 분석한 결과 밀도 분포는 5개의 그룹으로 분류되었고 중위수인 4.72(농장수)/km² 이상을 밀집 사육단지 선정의 기준으로 삼았음.
- 단순 밀도분포 4.72(농장수)/km² 이상인 지역은 총 952개로 확인 되었으나 대부분이 서로 행정구역이 다르거나 산이나 도로 등으로 구분되어 있어서 밀집단지로 선정할 경우 관리 방안을 마련하는데 적합하지 못한 지역임을 고려하여 이 가운데 19개 단지를 선정하였음.
- 또한 사육 밀도 2.41(농가수)/km² 이상 4.72(농가수)/km² 미만 단지의 경우 구제역 발생과 관련한 요인인 “농장 주변의 50두 이상 소 사육농장 밀도(0.45 이상)”, “농장 주변 육우농장 밀도 기준(0.25 이상)”, “도로(중앙선이 있는 편도 1차로)와의 거리(500 m 이하)”등의 항목에 한 개 이상 해당되는 경우 밀집단지로 선정함.
- 한편 차단방역이 상대적으로 열악한 정착촌의 경우 밀도 분석에 의한 밀집도와 상관없이 밀집단지로 선정하여 총 52곳의 우제류 밀집 단지를 선정함.
- 이 결과는 기존에 관리하고 있던 우제류 밀집 사육단지(52개소 1,001호 농가)와 비교할 때 모든 우제류 농장이 포함되었으며 추후 이 기준에 근거하여 밀집사육 단지를 추가로 선정할 수 있음을 확인함.

2. 우제류 밀집사육 단지의 특성에 따른 방역 관리 방안

- 선정된 우제류 밀집 사육 단지들은 최근 구제역 발생 상황 등의 역학적 분석에서 확인된 바와 같이 방역 여건이 열악하거나 구제역이 발생시 대규모 확산이 우려되기 때문에 집중관리가 필요하므로 이에 대한 관리 방안이 수립되어야 함.
- 우제류 밀집 사육 단지를 밀집도와 도로의 형태 등으로 방역 관리 측면에서 3개의 유형으로 분류하였음. 1유형은 통제가 용이한 밀집사육 단지로 대부분 반경 300미터 이내에 농장이 밀집되어 있고 한 개 또는 두 개의 진출입로로 되어 있어 집중적인 방역 조치를 취하기 적합한 단지[예, 화순 양돈단지(정착촌 밀집단지), 사천 영복원(양돈밀집단지), 익산 상지원(양돈밀집단지), 서수단지(양돈밀집단지), 양양 축산양돈조합(양돈 및 한우밀집단지), 안동 서현양돈단지(양돈밀집단지), 고령 우곡양돈단지(양돈밀집단지), 포천 일동양돈단지(양돈밀집단지), 2유형은 다수의 도로로 구획되어 있어 복합 통제 방안이 필요한 밀집사육 단지로서 대부분 반경 1km내에 농장이 분포되어있는 형태가 많았고 농장 사이에 일반 농가가 분포되어 있을 뿐 아니라 국도에 의해 구분되어 형태인 단지[예, 안성 장암단지(양돈밀집단지), 용인 포곡 양돈단지(양돈밀집단지), 화성 장안 양돈단지(양돈밀집단지), 화성 양감면 양돈단지(양돈밀집단지), 평택 청북면 양돈단지(양돈밀집단지), 제주 동방골 양돈단지(양돈밀집단지), 충남 성광원 양돈단지(정착촌 밀집단지), 경기 양평 양동단지(양돈밀집단지), 천안 관성단지(양돈, 한우, 사슴 밀집단지), 3유형은 다수의 농가가 반경 2km이상의 지역에 넓게 분포되어있고 고속도로와 같은 큰 도로로 구분되어 있어 방역 조치가 다수의 지역으로 분산되어 적용되어야 하는 단지(예, 익산 왕궁단지)가 해당됨.
- 밀집 사육 단지 방역 대책으로 공통 요소로서 본장-위탁농가 모니터링 체계 구축(양돈 종합컨트롤타워 시스템 연계), 구제역 NSP 검출 농가 조치 강화 등의 방안이 적용 가능하며 밀집단지의 유형별로는 1, 2 유형의 경우 단지내 차량 통행 방식 단일화, 단지 내 통행권 발급을 통한 차량 통제, 단지 경계 구역의 완충 공간 조성, 단지 내 주민(일반인/외국인 포함)공동 방역교육

(정기)및 공동 컨설팅(방역 책임자 의무화), 단지별 공동 약품업체-사료구입 업체-도축장 지정, 단지 입구 공동 소독 시설 설치 운영, 단지 내 구서대책 수립, 멧돼지 등 야생동물 공동 관리 시설 구비(울타리 등) 등의 방안이 적용될 수 있을 것으로 판단하였음. 한편 익산 왕궁단지와 같이 광범위하게 분포되어 있는 밀집 단지의 경우 세부 방역 관리 구역으로 구획하여 별도의 개별적인 방역 관리 방안이 적용되어야 함.

3. 접경지역 방역 관리 방안

- 북한 인접 지역과 같이 밀집단지는 아니지만 지역적 특성이 다른 지역의 경우 취약점을 분석, 별도 관리방안을 마련할 필요가 있으며 접경 지역에 대한 방역 대책 수립이 필요
- 양돈 농가의 경우 포천, 파주, 연천 지역(연천지역은 ASF 방역 조치로 사육 돼지 없음)은 과거 구제역 발생이 빈번했던 지역으로 이 지역은 구제역 항체가 조사를 타 지역 대비 2-3배 확대하여 실시할 것을 제안함. 최근 입법 예고된 가축전염병 예방법 시행규칙 개정안(아프리카돼지열병 중점 방역 관리지구 지정 기준 및 지구 내 양돈농가 강화된 방역 시설 기준 마련)에 근거한 접경 지역 양돈장의 방역관리를 통해 접경지역 양돈장 방역 관리 수준은 높아질 것으로 기대함.
- 현재 돼지의 경우 년 4회 검사하고 있는 구제역 항체가 검사는 접경 지역의 경우 항체 양성률 저조 농가를 특별히 관리하여 점검 강화 필요
- 접경지역 도축장 검사 물량 확대, 차단 방역을 위한 소독 강화조치(소독의 절차, 방법 등의 현실적인 교육 및 점검 프로그램 필요) 및 정기적인 소독의 날 강화 또는 점검 강화 조치 등이 필요함.
- 전국적으로 소는 6개월마다 보강접종(전국 소, 염소에 대해 연 2회 일제 접종 실시) 하도록 되어있어서 접경 지역 소, 염소 농가에 대해서도 접종과 검사 빈도를 강화할 필요 있음.

V. 참고문헌

1. Karin Kuster, Marie-Eve Cousin, Thomas Jemmi, Gertraud Schüpbach-Regula, Ioannis Magouras. Expert Opinion on the Perceived Effectiveness and Importance of On-Farm Biosecurity Measures for Cattle and Swine Farms in Switzerland. *PLoS One*. 2015; 10(12): e0144533.
2. Marta Hernández-Jover, Nicole Schembri, Patricia K. Holyoake, Jenny-Ann L. M. L. Toribio, Peter Anthony Julian Martin. A Comparative Assessment of the Risks of Introduction and Spread of Foot-and-Mouth Disease among Different Pig Sectors in Australia. *Front Vet Sci*. 2016; 3: 85.
3. Christopher C. Pudenz, Lee L. Schulz, Glynn T. Tonsor. Adoption of Secure Pork Supply Plan Biosecurity by U.S. Swine Producers. *Front Vet Sci*. 2019; 6: 146.
4. Oriana Beemer, Marta Remmenga, Lori Gustafson, Kamina Johnson, David Hsi, Maria Celia Antognoli. Assessing the value of PCR assays in oral fluid samples for detecting African swine fever, classical swine fever, and foot-and-mouth disease in U.S. swine. *PLoS One*. 2019; 14(7): e0219532.
5. Daniel Beltran-Alcrudo, John R. Falco, Eran Raizman, Klaas Dietze. Transboundary spread of pig diseases: the role of international trade and travel. *BMC Vet Res*. 2019; 15: 64.
6. Solenne Costard, Bryony Anne Jones, Beatriz Martínez-López, Lina Mur, Ana de la Torre, Marta Martínez, Fernando Sánchez-Vizcaíno, Jose-Manuel Sánchez-Vizcaíno, Dirk Udo Pfeiffer, Barbara Wieland. Introduction of African Swine Fever into the European Union through Illegal Importation of Pork and Pork Products. *PLoS One*. 2013; 8(4): e61104.
7. Solenne Costard, Barbara Wieland, William de Glanville, Ferran Jori, Rebecca Rowlands, Wilna Vosloo, Francois Roger, Dirk U. Pfeiffer, Linda K. Dixon. African swine fever: how can global spread be prevented? *Philos Trans R Soc Lond B Biol*

Sci. 2009 Sep 27; 364(1530): 2683–2696.

8. Christian Gortazar, Iratxe Diez–Delgado, Jose Angel Barasona, Joaquin Vicente, Jose De La Fuente, Mariana Boadella. The Wild Side of Disease Control at the Wildlife–Livestock–Human Interface: A Review. *Front Vet Sci.* 2014; 1: 27.

9. Anne Relun, Vladimir Grosbois, José Manuel Sánchez–Vizcaíno, Tsviatko Alexandrov, Francesco Feliziani, Agnès Waret–Szkuta, Sophie Molia, Eric Marcel Charles Etter, Beatriz Martínez–López. Spatial and Functional Organization of Pig Trade in Different European Production Systems: Implications for Disease Prevention and Control. *Front Vet Sci.* 2016; 3: 4.

10. Tariq Halasa, Anette Bøtner, Sten Mortensen, Hanne Christensen, Sisse Birk Wulff, Anette Boklund. Modeling the Effects of Duration and Size of the Control Zones on the Consequences of a Hypothetical African Swine Fever Epidemic in Denmark. *Front Vet Sci.* 2018; 5: 49.

11. Thakali, L., Kwon, T. J., & Fu, L. (2015). Identification of crash hotspots using kernel density estimation and kriging methods: a comparison. *Journal of Modern Transportation*, 23(2), 93–106.

12. Anderson, T. K. (2009). Kernel density estimation and K–means clustering to profile road accident hotspots. *Accident Analysis & Prevention*, 41(3), 359–364.

13. Kirchgessner, M. S., Dubovi, E. J., & Whipps, C. M. (2013). Spatial point pattern analyses of Bovine viral diarrhoea virus infection in domestic livestock herds and concomitant seroprevalence in wild white–tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in New York State, USA. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 25(2), 226–233.

14. Muroga, N., Hayama, Y., Yamamoto, T., Kurogi, A., Tsuda, T., & Tsutsui, T. (2012). The 2010 foot–and–mouth disease epidemic in Japan. *Journal of Veterinary Medical Science*, 74(4), 399–404.

15. Boender, G. J., van Roermund, H. J., de Jong, M. C., & Hagens, T. J. (2010). Transmission risks and control of foot-and-mouth disease in The Netherlands: spatial patterns. *Epidemics*, 2(1), 36–47.
16. Rawdon, T. G., Garner, M. G., Sanson, R. L., Stevenson, M. A., Cook, C., Birch, C. & Smylie, T. (2018). Evaluating vaccination strategies to control foot-and-mouth disease: a country comparison study. *Epidemiology & Infection*, 146(9), 1138–1150.
17. Rikalovic, A. M., & Cocić, I. (2014). GIS based multi-criteria decision analysis for industrial site selection: The state of the art. *Journal of Applied Engineering Science*, 12(3), 197–206.
18. Chacón, J. E., & Duong, T. (2018). Multivariate kernel smoothing and its applications. *CRC Press*.
19. 한국농촌경제연구원. 구제역 백신주 선정 경제성 분석 연구. 2016.
20. 국가가축방역통합시스템(KAHIS): 백신공급관리, 구제역혈청검사. 2020.
21. 농림축산검역본부. 구제역 혈청예찰결과보고서. 2016~2019.
22. 농림축산식품부·농림축산검역본부. 2019년 구제역 역학조사 분석보고서. 2019.
23. 농림축산식품부. 2019 구제역 백서. 2019