

(글로벌 아프리카돼지열병(ASF) 동향보고서)



✓ 본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원(수출전략기술개발사업)의 지원을 받아 연구되었음(No. 617073-05)

✓ This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(IPET) through (Export Promotion Technology Development Program), funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA)
(No. 617073-05)

✓내용의 무단 복사, 인용을 제한하며 인용시 대표 저자의 사전 승인을 요청함

주관기관명 : (사)에코비전연구소
동물용의약품 수출연구사업단

목 차

제1장 아프리카돼지열병(ASF) 개관	1
1.1. 아프리카돼지열병(ASF) 개요	1
1.2. 저지되지 않은 ASF의 위협	5
1.3. 전문가들의 ASF 관련 제언	15
1.4. 2020년 ASF의 영향 예측	20
제2장 ASF 바이러스의 특성	25
2.1. ASF 바이러스 군주	25
2.2. ASF 바이러스의 형태 및 구조와 복제	27
2.3. ASF 바이러스의 특성	30
제3장 역학	38
3.1. 전염원	38
3.2. 감염 경로 및 전파	43
3.3. 잠복기	48
3.4. 임상 증상과 사후 병변	49
제4장 글로벌 ASF 발생동향 및 지리적 분포	53
4.1. ASF 발생사 개관	53
4.2. 대륙별 ASF 전개 및 확산	56
4.3. 한국의 ASF 발생 현황	71

제5장 통제 방법	77
5.1. 예방	77
5.2. ASF 존재 시 통제	90
5.3. 풍토병 국가에서의 통제 - 아프리카 사례	101
5.4. 멧돼지 통제	103
5.5. ASF-발병 국가들의 재정 지원	105
 제6장 ASF 발병 영향	 111
6.1. 개황	111
6.2. ASF가 돼지 생산시스템에 미치는 영향	114
6.3. 사료산업에 미치는 영향	124
6.4. 무역에 미치는 영향	127
6.5. ASF의 사회경제적 영향	141
 제7장 진단 동향	 154
7.1. 진단 검사 방법	154
7.2. ASF 진단검사	157
7.3. 최근의 개발성과	164
 제8장 백신 개발 동향	 173
8.1. 방어 면역	173
8.2. ASF 백신 접근방법과 연구	175
8.3. 복제 또는 생백신	178
8.4. 비복제 또는 복제 제한 백신	182

8.5. DNA-기반 백신	183
8.6. 상이한 접근방법들의 조합	184
8.7. ASF 백신의 미래 전망	185
제9장 최근 특허 동향	200
9.1. ASF 관련 특허 활동 개관	200
9.2. 상위 특허 출원 및 양수	203
9.3. 우수 사례와 관련 거래	208

참 고 문 헌

관련 문헌 Abstract

부록 : OIE and FAO, 2020, Global control of African swine fever
: A GF-TADs initiative 2020-2025.

표 목차

〈표 2-1〉 물리 및 화학적 작용에 대한 ASF 바이러스의 저항성	34
〈표 2-2〉 다양한 환경에서의 ASF 바이러스의 저항력	36
〈표 2-3〉 감염 30일 이후의 ASF 바이러스 반감기	36
〈표 3-1〉 ASF의 상이한 독성 균주에 의해 초래되는 임상 증상과 주요 병변	51
〈표 3-2〉 임상 확인 포인트	52
〈표 4-1〉 2020년 2월10일까지 EU의 ASF 바이러스 발병 횟수	62
〈표 4-2〉 중국 정부의 ASF 전파요인 분석	66
〈표 4-3〉 2018년 이후 OIE에 보고된 아시아태평양 지역의 ASF 바이러스 발생 건수	67
〈표 4-4〉 한국의 지역별, 월별 멧돼지 ASF 발생현황	73
〈표 7-1〉 국제 ASF 표준 실험실들	154
〈표 7-2〉 일부 선정국가들의 ASF 실험실	155
〈표 7-3〉 시험 검사의뢰서	158
〈표 7-4〉 ASF 실험실 진단 기법들	163
〈표 8-1〉 돼지 ASF 백신에 대해 제안된 목표제품 사양(TPP)	177

그림 목차

〈그림 2-1〉 ASF 바이러스의 도식적 구성과 구조	28
〈그림 3-1〉 ASF 감염 돼지들	38
〈그림 3-2〉 Ornithodoros moubata 집합체 안의 진드기	39
〈그림 4-1〉 아프리카에서 확인된 ASF 바이러스 유전자형	55
〈그림 4-2〉 2017년부터 OIE에 보고된 ASF 발병 아프리카 국가 현황	58
〈그림 4-3〉 2018년과 2019년 아시아의 ASF 발병 보고 국가들	64
〈그림 4-4〉 중국의 월별 ASF 발병 마을 수	65
〈그림 4-5〉 한국의 야생멧돼지 ASF 발생 감소 동향 분석	74
〈그림 4-6〉 한국 국내 야생멧돼지 ASF 검출현황 (2020.06.15.까지 확진일 기준)	74
〈그림 4-7〉 한국의 ASF 바이러스 유입 추정경로	75
〈그림 5-1〉 ASF 감염원	79
〈그림 5-2〉 아프리카 돼지열병 제거프로그램을 위한 EU의 금융 지원(2013 - 2018)	106
〈그림 6-1〉 지역별 돼지 생산, 기업 및 국가 현황	111
〈그림 6-2〉 2018년 돼지생산 상위 국가들	112
〈그림 6-3〉 국가별 1인당 돼지고기소비량	112
〈그림 6-4〉 전 세계 육류 소비량	113
〈그림 6-5〉 돼지 두수로 본 2002년 이후 중국 양돈 산업 구조의 진화	116
〈그림 6-6〉 중국의 돼지 사육두수 추이	117
〈그림 6-7〉 2019년 중국의 자돈 가격	117
〈그림 6-8〉 중국의 비육돈 가격 (USD/kg)	118
〈그림 6-9〉 동남아시아 돼지 생산량(천 톤)	118
〈그림 6-10〉 사육두수 기준 유럽 회원국들의 양돈 산업구조	120
〈그림 6-11〉 유럽의 돼지고기 생산 (도축 기준)	121
〈그림 6-12〉 1992년 이후 미국 양돈 산업의 진화	122

〈그림 6-13〉 미국의 돼지고기 생산 변화	122
〈그림 6-14〉 아프리카 돼지고기 생산 추이	123
〈그림 6-15〉 중국의 사료 유형에 따른 동물사료 수요 비중	124
〈그림 6-16〉 중국의 축종별 대두 수입	125
〈그림 6-17〉 브라질과 미국 대두의 중국 수입	125
〈그림 6-18〉 육류 관련 미국 농작물 수출(2017)	126
〈그림 6-19〉 전 세계 주요국 돼지고기 무역 현황	128
〈그림 6-20〉 2018년 중국의 수입 공급국	129
〈그림 6-21〉 2018년 중국의 돼지고기 공급	129
〈그림 6-22〉 미국의 돼지고기 수출 주요 시장(2019년 1월 ~ 6월)	133
〈그림 6-23〉 미국의 대 중국 돼지고기 수출 추이 (2018-2019)	136
〈그림 6-24〉 캐나다 돼지고기 수출 주요시장(2018)	138
〈그림 6-25〉 캐나다의 돼지고기 수출(2018-2019)	138
〈그림 6-26〉 2018년 브라질 돼지고기 수출 주요시장	140
〈그림 6-27〉 2018년 EU의 돼지고기 수출 주요 시장	141
〈그림 6-28〉 유럽대륙과 영국의 돼지 가격 동향(2018-2019)	141
〈그림 6-29〉 2020년 아시아 내 육류 소비 예측	146
〈그림 7-1〉 ASF 바이러스 근육주사 감염 및 접촉 감염돼지의 임상증상 및 바이러스 변화	155
〈그림 7-2〉 ASF LTFLOW AB	169
〈그림 8-1〉 중국내 ASF 백신관련 연구기관들	187
〈그림 9-1〉 세계적으로 출원된 ASF관련 특허	200
〈그림 9-2〉 지난 10년간 IPC 상위 기술 분야 특허 출원	201
〈그림 9-3〉 ASF 관련 특허 출원의 지리적 분포	202

제1장 아프리카돼지열병(ASF) 개관

1.1. 아프리카돼지열병(ASF) 개요

- 아프리카돼지열병(African swine fever, 이하 ‘ASF’ 로 표기)은 돼지 및 야생 돼지에서 발병하는 바이러스성 질병으로 고도의 치명적인 출혈성 돼지 전염병임.
- 이병률이 높고 급성형에 감염되면 치사율이 거의 100%에 이르기 때문에 양돈 및 관련 산업에 엄청난 피해를 주는 심각한 글로벌 위협이 되어 왔음.
- 우리나라에서는 가축전염병예방법상 제1종 법정전염병으로 지정하여 관리 중이며, 이 질병이 발생하면 세계동물보건기구(OIE)에 발생 사실을 즉각 보고해야 하며, 돼지와 관련된 국제교역도 즉시 중단되게 되어 있음.
- ASF 존재와 건잡을 수 없는 확산은 단백질 유용성, 소비 및 무역에 상당한 영향을 미쳐 왔음. 또한 ASF 연구와 확산 방지 관련 블록버스터 기회를 제시함.
- ASF는 외피 보유 이중 가닥 DNA 바이러스에 의해 야기됨. ASF 바이러스는 환경에 대해 생존력이 강하고 전염성도 강하기 때문에 돼지가 죽은 이후에 혈액과 조직에 계속 존재하며 실온에서는 18개월, 냉장상태에서는 무려 6년 이상 살아있을 수 있다고 함, 또한 산과 열에도 강하기 때문에 60도 이상으로 30분 이상 가열해야 파괴되며, 에테르 및 클로로포름에 취약하고 기타 살균제 등에서 30분 이상 노출되었을 때 감염력을 잃는다고 알려져 있음.
- ASF 바이러스는 사람이나 다른 동물은 감염되지 않고, 돼지과(Suidae)에 속하는 동물에만 감염되는데, 양돈장 돼지와 유럽과 미주대륙의 야생멧돼지가 자연 숙주임.
- 아프리카 지역의 야생돼지인 혹멧돼지(warhog), 강멧돼지(bush pigs), 숲돼지(giant forest hog)는 감염이 되어도 임상증상이 없어 ASF 바이러스의 보균숙주 역할을 하고 있음.

- 야생 및 양돈장 내 돼지 모두 발병시키지만 야생 돼지는 더 단기적인 바이러스 혈증과 가벼운 임상 증상만 보이는 경향이 있음.
- 양돈장 돼지에 매우 치명적인 출혈성 질환을 유발할 수 있지만 특정 바이러스 분리체, 감염 경로 및 용량, 숙주 특성에 따라 다른 임상 증상을 가질 수 있음.
- 임상 증상으로 심급성, 급성, 아급성, 만성 증후군이 관찰됨.
- 감별 진단에 돼지열병(CSF), 고병원성 돼지생식기호흡기증후군(PRRS), 돼지 단독, 돼지 피부염신증 증후군, 패혈증성 살모넬라증을 포함해야 함.
- 돼지 말고는 유일하게 *Ornithodoros* spp.에 속하는 물렁진드기(soft tick)가 ASF 바이러스를 보균하고 있다가 돼지나 야생멧돼지를 물어서 질병을 전파하는 매개체로 작용함.
- ASF는 많은 아프리카 국가들에서 풍토병이며, 2007년까지 아프리카와 지중해의 Sardinia섬에 발병이 국한되었음. 2007년 조지아(Georgia)로 ASF 바이러스가 유입되었으며, 이후 ASF가 아시아에 급속히 확산되어 중국을 완전히 파괴하는 후유증을 남겼음. 2018년에 중국이 ASF의 최초 발병을 보고했음. 중국은 세계 최대의 돼지 사육두수를 보유하고 있었으나, 이후 돼지 두수가 절반으로 줄었음. 이는 중국뿐만 아니라 세계적으로 공급과 수요 부족을 유발했음.
- ASF 바이러스는 직접 전염되거나 간접적으로 오염된 사료 및 매개물(fomites)¹을 통해 전염될 수 있으며, 매개체 감염(vector-borne)이나 진드기 매개체를 통해 전염될 수 있음. 일단 ASF 바이러스가 유입되면, 감염된 돼지는 추가적인 직접 감염 또는 오염된 의류, 신발, 장비 및 차량과 같은 물품 상의 매개물을 통해 간접 전염을 유발하는 높은 바이러스 양이 생김. 멧돼지가 이 질병 확산에 주요 역할을 해 왔음. 그러나 ASF 확산에 더 큰 지리적 급증은 인간의 활동과 사육 돼지의 국제적 운송 결과였음.

¹ 미생물이 감염된 사람이나 동물에서 배설되거나 그것에 접촉하면서 각종 미생물을 포함하여 다른 숙주에 전파할 가능성이 있는 물체의 총칭

- 현재 ASF를 위한 백신 또는 치료제가 없으며, 통제는 차단방역 조치와 감염된 동물 및 접촉한 동물을 살처분하는 방식에 의한 발병 방지에 기초함.
- 최선의 통제 방법은 차단방역(biosecurity)을 통한 예방과 조기 검출임. 통제 방법 실행은 질병의 역학 현황과 돼지 생산의 주 유형(전통적 또는 뒷마당 대 상업적)에 따라 국가 및 지역들 간 다름.
- ASF 유입 이후 통제를 효과적으로 관리한 일부 국가들이 있음. 이는 대개 정부 당국에 의해 추진되는 체계적이고 총체적 차단방역 및 관심 정책들에 달려있으며, 양돈농가들에 대한 금융 혜택도 질병 통제에 도움이 되는 것처럼 보임. 그러나 질병이 지역 돼지 사육체계를 파괴한 저소득 및 중간 소득 국가들에서 이들 인센티브가 그만큼 효과적이지 않음.
- 글로벌 돼지 생산 전망 분석이 전 세계에 미치는 ASF의 현재 및 미래 영향을 평가하는 데 도움이 됨. ASF 출현이 돼지고기, 종돈의 감축 공급들 그리고 일부 경우들에서 현저한 가격 인상을 초래하는 극심한 돼지 생산 감소를 유발해 왔음. 전통적 또는 뒷마당 사업들은 적절한 생물보완 조치의 낮은 이행과 질병의 주요 감염 유형인 사료 잔반 이용 때문에 ASF에 대해 더 취약함.
- 예를 들어 중국은 ASF의 최초 발병 보고 이후 돼지 사육두수의 약 50%를 상실했음. 사육두수 손실의 85%는 소규모 및 뒷마당 생산자들 간 발생했음. 이는 연속적으로 글로벌 무역 흐름을 변경시켰고, 당분간 부족이 계속될 중국의 돼지고기 공급에 전례 없는 부족을 유발했음. 생산 손실의 회복으로 증가하는 수요를 충족시키기 위해, 돼지고기의 글로벌 수출이 2020년에 사상 최대인 1,040만 톤으로 10% 증가할 것으로 예측됨.
- ASF 감염을 극복한 돼지들은 강력하고 방어면역이 생김. 그 돼지들은 관련된 바이러스에 의한 재감염 또는 공격으로부터 보호됨. 기존에 발표된 목표 제품 특성(Target Product Profile; TPP)이 없음.

- 안전하고 효능적인 ASF 백신을 생산하려는 많은 노력에도 불구하고 현재 적용할 수 있는 백신이 없음. 가까운 미래에 어떤 유형의 ASF 백신도 이용할 가능성이 있을 것 같지 않음. 단기적으로 약독화 생백신(live attenuated vaccines; LAVs)이 가장 유망한 후보물질이지만, 장기적인 통제된 실험에서 안전성과 효능을 입증하기 위해 더 많은 연구가 필요함.
- ASF 바이러스 감염의 임상 증상들과 사후 징후들이 매우 다양함. 게다가 ASF 바이러스의 임상 징후들은 다른 질병들과 유사할 수 있음. 따라서 실험실 확인이 중요한 역할을 수행함. 신속한 진단이 질병을 방지하고 통제하는 데 중요함.
- ASF-관련 기술들의 특허 활동이 지난 10년 동안 세계적으로 증가해 왔음. 이는 특허 출원이 평균 13% 증가한 것으로 입증됨. 이러한 추세에 기초하여 특허 출원과 R&D 편당이 향후 수년 동안 계속해서 증가할 것으로 예상됨.
 - 공공 및 민간 부문 조직들의 혼합체가 ASF-관련 특허의 출원인/양수인(소유자)이 될 것으로 보임.
 - 일부 주목할 만한 상위 10대 출원인/양수인으로 Yangzhou대학교(중국), Qingdao Agricultural대학교(중국), 미국 농업부(USDA) 및 Boehringer Ingelheim Vetmedica(독일) 등이 있음.
- ASF 백신 시장은 다른 시나리오들에 의해 고려되어야 하고 (1) 개발된 백신 유형 (2) 필요 물량 (3) 표적 인구통계에 크게 좌우될 것임.

1.2. 저지되지 않은 ASF의 위협

1.2.1. ASF의 영향

- 동물 질병이 ASF과 같이 치명적인 영향을 자주 미치지 않는. 2018년 발병이 시작되었지만, 2019년에야 동물약품 산업이 ASF 확산에 심각하게 반응하기 시작했음. ASF가 한 세대의 가장 큰 동물약품 문제가 되었다고 말하는 것은 과장이 아님.
- 이 질병의 영향이 전 세계 소비자와 넓은 농업 분야에 직접적인 거시경제 효과를 미칠 수 있는 위력 때문에 전 세계인에게 동물약품의 중요성을 일깨워줬음.
- ASF 영향을 전해주는 정확한 수치를 찾기가 쉽지 않지만 모든 통계는 중국의 돼지고기 부문이 명백하게 황폐해졌음을 보여줌. Rabobank는 이 질병으로 인해 중국 돼지의 55%가 감소했다고 추정함. 이는 3억5,000만 마리를 넘으며, 전 세계 나머지 돼지보다 많은 양임.
- 브라질과 미국 같은 나라는 중국의 공급 부족을 메우기 위해 돼지 생산량을 늘리고 있음. USDA에 따르면, 2019년 4/4분기에 미국 돼지 사육마리 수가 2018년 대비 3% 증가한 7,733만8,000 두를 기록했다.
- 2019년이 지나면서 새로운 발병지역과 국가 수가 감소하는 것처럼 보이지만 ASF로 인한 문제는 사라지지 않고 있음. 단백질 니즈가 크게 부족함에 따라 식품 가격들이 2년간 최고치에 있음.
- 이 질병은 2019년 베트남, 캄보디아, 홍콩, 북한, 라오스, 미얀마, 필리핀, 한국, 동티모르 및 인도네시아에서 처음으로 확인되었으며 태국은 ASF 발병을 저지했음.
- 슬로바키아와 세르비아에서도 이 질병의 첫 발병이 목격되었고, 독일은 현재 폴란드 서부에서 ASF가 확산되면서 큰 주목을 받고 있음. 불가리아에서는 ASF가 전체 돼지 개체의 씨를 말릴 수도 있으며 10억 달러 이상의 피해를 줄 수 있다고 말했음.

- ASF 확산과 관련하여 다양한 반응이 있음. 덴마크는 독일과 국경을 따라 벽을 쌓기 시작했으며 호주 농민들은 정부에 야생 돼지 도살을 시행해 달라고 요청했음.
- EU 협의체는 이 질병이 유럽 돼지고기 시장의 붕괴를 초래할 수 있으며 유럽식품안전국의 위험 평가 결과 ASF가 남동 유럽 전역으로 퍼질 가능성이 있다고 결론지었음.
- Tyson Foods의 최고경영자 Noel White는 “이것은 단백질 산업에 있어 유례가 없었던 이례적인 시간입니다. 39년 동안 ASF처럼 전 세계 단백질 생산 및 소비 패턴을 변화시킬 수 있는 사건을 본 적이 없습니다. 틀림없이 ASF가 미국에도 올 가능성이 있다고 생각합니다. 우리는 이를 준비해야 합니다. 상황은 유동적이고 빠르게 변화하고 있지만, 업계, 정부기관 및 생산업체의 여러 사람과 협력하여 ASF가 북미로 퍼질 경우를 대비하고 있습니다.” 라고 밝혔음.

1.2.2. 수익에 미치는 영향

- 2019년에 중국의 돼지 개체 수 감소가 국제 동물약품 회사의 최상위 라인에 고통을 주기 시작했음. Zoetis는 ASF가 국제 가축부문 수입에 영향을 미쳤고 Boehringer Ingelheim Animal Health는 ASF 위기로 인해 상반기 매출이 부진했다고 밝혔음.
- Elanco의 Jeff Simmons 최고경영자는 아시아의 ASF가 2019년 회사 매출에 가장 큰 역풍이라고 말했음. 그는 여전히 다른 시장에서 돼지 생산이 증가하고, 아시아에서 돼지 손실을 완화하기 위해 가금류 및 쇠고기 생산이 증가할 것이라고 생각하지만, 단기적으로 급격한 변동은 없다고 생각함. 단백질에 대한 기저 수요가 지속되고 있으며, 중국과 아시아 전역에서 장기적인 회복이 이루어지고 있고, 또한 세계적으로 돼지와 가금류, 그리고 감소하는 소고기 생산의 징후가 있다고 믿고 있음.

- ASF는 일 년 중 첫 9개월 동안 Elanco의 판매에 영향을 미쳤으며 이 질병은 회사의 연간 소득을 최대 3,500만 달러까지 줄일 것으로 예상됨. 동 사 매출의 약 3%가 중국에서 발생함. Simmons 대표는 2020년에는 ASF의 압력이 누그러질 것이라고 말했음.
- 이 질병은 또한 Phibro Animal Health의 2019년 재정에 해를 입혔음. 이 회사는 2020년에 이 문제가 더욱 악화될 것으로 예상하고 올해 중국의 ASF로 인해 약용 사료첨가제 사업에서 약 4천만 달러의 판매 감소를 예상했음.
- 다국적 기업뿐만 아니라 중국의 자체 동물약품 기업들도 ASF에 긴장하고 있음. 중국 기업은 서방 기업보다 판매 감소가 더욱 심각해졌으며, 특히 국내 돼지 시장에 중점을 둔 기업이 특히 그랬음.

1.2.3. 백신 개발

- 2019년에 ASF 백신 구상에 대한 다양한 예측이 난무했음. 이는 매우 낙관적인 1년짜리 R&D 계획에서부터 매우 보수적인 30년 계획까지 다양했음. 진실은 아마도 이 두 극단에서 긍정적인 쪽에 있을 것이며, 실행 가능한 해법을 찾기 위해서는 약 5년이라는 시간이 필요하다는 것에 의견이 모아지고 있음.
- Phibro의 Jack Bendheim 최고경영자는 상용 백신이 실현되려면 아직도 5년 이상 걸릴 수 있다고 말했음. UDSA 마케팅 및 규제 프로그램 담당 비서관 Greg Ibach는 신뢰할 수 있는 백신을 개발하는 데 최대 8년이 걸릴 수 있다고 믿고 있음.
- 많은 기업들이 생약독화 백신, 서브 유닛 또는 바이러스 벡터 기반 백신을 주시할 것임. 그러나 Phibro는 전통적인 경로를 따르기보다 항원 결정부 기반(epitope-based) ASF 백신을 개발하고 있음.

- 동사는 이 접근이 ASF에 대한 효과적인 대응일 뿐만 아니라 결국 질병의 확산 위험이 없는 백신이 될 것이라고 믿고 있음. Phibro는 ASF 백신 개발을 계속할 것인지 2020년이 가기 전에 결정할 것임.
- Huvepharma는 ASF 백신 개발을 촉진하기 위해 USDA로부터 기술 라이선스를 취득한 최근 업체가 되었음. USDA는 2018년 Zoetis에 ASF 백신 개발 관련 특허에 대한 독점 라이선스를 부여했음.
- ASF가 중국에 어려움을 가중하면서 중국 국내 기업들이 예방을 위해 애쓰고 있는 것은 놀라운 일이 아님. 광둥 Highsun 그룹은 상용화 준비가 된 ASF 백신을 보유하고 있다고 주장했다.
- 그러나 이 발언이 나오자마자, 중국 정부는 그들의 진실성에 의의를 제기했고 가냘픈 희망의 불꽃이 꺼졌음.
- 이 사건은 또한 일부 회사들이 최초의 상업 ASF 백신 개발자 자리를 차지하려는 데만 중점을 두고 있다는 것이 주목받았음. 실제로 시장 최초 백신이 실현되기 전까지 많은 허위 주장이 이어질 수 있음.
- Guggenheim Partners의 David Westenberg는 세계 시장에서 돼지 생산자들의 백신 수요가 충분히 고점에 이르렀으며, 백신 생산자들이 이전 출시된 모든 백신들보다 더 많은 혜택을 누리게 될 것으로 믿고 있음. 더욱이 질병이 만연한 상태가 된다면, 규제 당국이 백신을 더 쉽게 수용할 것이라고 생각하고 있음.
- Guggenheim은 ASF 백신 시장이 여러 회사에 퍼질 수 있으며 10억에서 20억 달러 사이의 가치가 있을 것으로 추정했음.
- Westenberg는 “Phibro는 매년 중국에서 예방 접종이 필요한 8억 마리의 돼지에 대하여 두당 10달러인 접종 가격을 바탕으로 중국 시장에서만 80억 달러 이상의 비용이 든다고 예상했습니다.” 라고 말했다.

- “우리는 이 접종 비용이 저개발국가 뿐만 아니라 선진국 경우에도 너무 비싼 것일 수 있다고 생각합니다. 북미에서 ASF가 발생한 적이 없다는 점을 고려할 때, 그리고 미국에서 평균 170달러에 팔리는 돼지 사체를 고려할 때 이는 보험 정책을 상회하며 매우 비싼 비용입니다.”
- 백신의 판매처, 그리고 가격과 관계없이 ASF 예방 제품은 의심할 바 없이 몇몇 회사에게 블록버스터 제품이 될 것임.

1.2.4. 확대된 혁신

- ASF의 많은 부정적인 영향에도 불구하고, 그 질병은 혁신의 형태로 어느 정도 긍정적인 영향을 끼쳤음.
- ASF 백신 개발과 관련하여 Zoetis의 부사장이자 국제 운영책임자인 Clint Lewis는 그것이 쉬었다면 그것은 이미 되었을 것이라 하며, 그것이 쉽지 않고, 복잡하며, 그 시기가 내년은 아닐 것이라고 주장했다.
- “도전은 또한 긍정적인 결과를 낳습니다. ASF는 내부 노력과 앞으로 실현 가능한 길을 찾는 것에 대해 고민하는 학계 및 다른 사람들과의 외부 협력을 통해 명백하게 산업을 위한 촉매제가 되고 있습니다.”
- ASF와의 싸움에서 백신, 진단 및 기타 제품을 개발할 목적으로 2019년에 수많은 업체들이 주도하는 동반자관계가 생겨났음.
- Boehringer는 GNA Biosolutions와 협력하여 긴급 수의 진단을 개발하기 시작했음(급속 ASF 테스트를 포함한 거래) - ASF 관련 R&D를 가속하기 위해 협력관계를 이룬 것은 단지 이 분야의 최대 기업들만이 아니었음.

- 미국 기업 Inovio Pharmaceuticals는 ASF 백신을 개발하기 위해 한국의 Plumblin Life Sciences와 제휴했음.
 - 스페인 생명공학 회사 Algenex와 영국의 Business Global DX는 ASF에 중점을 둔 현장 진단 R&D계약을 체결했음. Algenex는 또한 ASF 백신을 연구하고 있음.
 - 벨기에의 ViroVet은 영국의 Pirbright Institute 연구원들의 노하우를 활용하여 ASF에 대한 항바이러스 약물 개발을 시작했음.
- ViroVet의 최고경영자이자 공동 창립자 Erwin Blomsma는 “우리는 2 - 3년 전에 ASF를 몇 번 보았지만, 그때 욕구가 그다지 많지 않았습니다. 우리가 중국에서 본 엄청난 확산 때문에 제품을 재개발 방법이 없었습니다. 우리는 현재 바이러스 활동을 차단하고, 전염을 막고, 확산에 의한 발병을 막을 수 있는 약 7 - 8개의 분자를 가지고 있습니다.” 라고 언급했음.
- Blomsma 박사는 잠재적인 ASF 백신이 적어도 향후 6 - 7년 내에 상업적으로 준비되지 못할 것이라고 예상했음. 그러나 그는 ASF에 대한 회사의 항 바이러스성 물질이 2020년에 비상 제품으로 시장에 출시될 수 있다고 주장했다.
- Neogen은 자사의 광범위한 소독제가 ASF에 효과적이라고 주장했고, Lanxess는 이 질병에 대한 두 종류의 가축 소독제의 사용을 평가하고 있음. 특히 Indical Bioscience는 2019년 아시아에서 이용 가능한 요구시점(point-of-need, PON) ASF 테스트를 했음. 또한 2019년에 중국 당국은 Thermo Fisher Scientific의 실시간 PCR 기반 작업 흐름을 승인하여 ASF 확산을 감지하고 모니터링했음.

1.2.5. 더 많은 연구

- 전 세계 정부와 연구소가 ASF에 초점을 맞추고 있음.

- 미국 국토안보부의 ASF 특별조사단은 ASF 백신 후보군을 생산하고 잠재적 진단 테스트를 위한 노력에 중점을 두고 있음. “우리의 백신 후보군이 아마도 세계에서 가장 진보된 것일 것입니다.”
 - USDA는 강화된 질병 예방 계획을 발표하고 ASF를 다루는 아시아 국가들과 대화를 하기 위한 보조금을 발행했으며, 식품 농업 연구재단과 국립 돼지고기 위원회는 ASF 바이러스 연구를 위해 미국의 두 대학에 보조금을 지급했음.
- 또한 미국의 캔사스주립대학 연구에 따르면 오염된 사료가 ASF가 전파될 때 이전에 생각했던 것보다 더 높은 위험 요소가 될 수 있다고 지적했음. 2019년 후반에 K-State는 또한 ASF 바이러스가 오랫동안 사료에서 생존할 수 있다고 제시했음.
- Pirbright Institute는 동물약품에 대한 가장 큰 장애물을 조사하는 데까지 다가가고 있음. 2019년에 돼지의 면역 반응을 유발할 수 있는 ASF 바이러스 단백질의 발견을 발표했다. 백신 개발에 사용될 수 있는 무엇인가를 가지고 있다고 이 기관은 믿고 있음.
- 유럽 이외에, 마드리드대학 Complutense의 VISAVET센터에서 실시한 연구에 따르면 멧돼지가 사료로 제공되는 새로운 백신을 통해 ASF에 대한 면역을 가질 수 있다고 주장했다.
- 중요하게도, 중국 기관들이 최신 ASF 연구에 이바지했음. 연구자들이 ASF 바이러스의 3차원 구조를 매핑했으며, 매핑은 백신 개발의 기초가 되는 작업임.
- 또한 2019년 베트남국립농업대학은 ASF 백신 시험에서 유망한 결과를 확보했다고 주장했다.

1.2.6. ASF와 함께 살아가는 시대, 미래는?

- 중국 정부의 최신 통계에 따르면 중국의 돼지 부문은 회복 단계에 있음. 농림부에서는 9월부터 10월까지 암돼지 재고가 0.6% 증가했다고 밝혔음. 그러나 2019년 10월 미국의 슷돼지 비축량이 전년 대비 41.4% 감소했으며, 같은 기간 암돼지는 38.9% 감소했음.
- Rabobank는 2021년 초에 중국 생산의 반등이 있을 거라고 예상했음. 하지만, 돼지 부문이 제대로 회복되기까지는 훨씬 더 오래 걸릴 것임.
- 브라질 돼지고기 수출업자 BRF의 Piter Meyer에 따르면 국가의 돼지 무리를 재건하는데 1년 반에서 3년 반이 걸릴 수 있다고 함. 그는 이 병이 빠르게 저지되면 18개월 안에 돼지 무리가 회복될 것이라고 말했음. 그러나 조부모 혈통에서 ASF가 발견되면, 회복에 2년 반이 걸리거나 심지어 증부모 혈통도 영향을 받는 경우 3년 반이 걸릴 수도 있음.
- 중국은 2020년 말까지 돼지 생산량을 정상 수준의 80%로 회복시키겠다는 목표를 가지고 있는데, 이것이 달성된다면 현저한 방향전환이 될 것임.
- 또한 중국에서는 돼지고기의 손실을 메우기 위해 닭고기 생산이 빠르게 증가하고 있음. USDA의 해외 농업서비스의 새로운 예측에 따르면 중국의 닭고기 생산량이 2019년 18% 증가하여 1,380만 톤에 이를 것으로 예상함. 국가는 또한 양식 시장에서 대체 단백질 공급원을 찾고 있음.
- Elanco의 Jeff Simmons는 “ASF의 경우 장기적으로 아시아의 축산 관행을 개선하고 농업 관행의 정교함을 향상시킬 것입니다. 이 모든 것이 업계에 긍정적이고 Elanco에 긍정적입니다” 라고 말했음.
- ASF 백신 탐색뿐만 아니라 ASF의 여파로 다른 기술의 R&D 혜택이 있었음. Antelliq의 사업이사 Ian Lahiffe는 가축 감시가 이제 중국에서 더욱 중요해졌다고 말했음.

- “ASF는 기업들이 모니터링 기술로 이러한 종류의 작업을 수행하는 것을 어렵게 만들었습니다. 전 세계 돼지의 50%가 중국에 있었으며 아마도 앞으로 다시 그럴 것이므로, 스마트 돼지 농장 분야에서 중국이 앞장서는 것은 옳은 일입니다.”
- 중국 정부는 자급자족 사육에서 벗어나 1,000 마리 이상의 돼지가 있는 대규모의 집중화된 시설 생산방식으로 전환을 지원하려고 함. 당국은 양돈 농장을 확장하기 위해 보조금과 대출을 내놓았음.
- ASF 이후 중국에서 많은 새로운 농장이 디지털 모니터링 시스템을 채택하는 것을 ‘강하게 고려’ 하고 있으므로, 미래에는 기술의 진보에 따라 인간의 상호 작용은 줄고 질병의 확산을 막을 수 있을 것임.

1.2.7. 미래의 위협?

- 당연히 ASF의 참화로부터 많은 교훈을 배워야 할 것임. 유사한 위협이 코앞에 닥칠 가능성은 언제나 있으며, 동물 질병이 계속해서 심각한 반향을 일으킬 수 있음.
- 사람들의 여행이 증가하고 있는 가운데, 무역의 세계화는 인수공통전염병의 과열 지점을 이동시키고 강화하는 촉진제 역할을 하고 있음. 이것은 질병 위협이 더 빈번하게 퍼지고 있다는 것을 의미함.
- Ceva Santé Animale의 사업개발 담당 선임이사 Michael Hemprich 박사는 ASF와 같은 규모의 질병은 정부의 협력뿐만 아니라 국제기구의 참여와 높은 수준의 대중 인식을 필요로 한다고 말했음.
- 그는 광견병이 세계 경제에 지금까지 가장 큰 경제적 영향을 끼친 동물 질병이라고 말했음. 광견병의 영향이 2013년에 마지막으로 계산되었는데, 이 질병은 세계적으로 약 1,240억 달러 비용이 들었음.

- 그는 ASF가 이 총비용을 상회하리라 예측했으며, 기업과 새로운 아이디어에 자금을 제공함으로써 질병 위협을 줄이라고 정부에게 요구했음.
- ASF의 급증을 초래한 결함을 지적하는 것은 이미 사정을 다 알기 때문에 용이함. 그러나 동물약품 산업은 현재 ASF 위기에 적용되고 있는 협력과 혁신의 정신을 유지하고, 이를 현재 질병과 미래의 잠재적 위협을 대상으로 되짚어 보는 것이 중요함.

1.3. 전문가들의 ASF 관련 제언

1.3.1. 방역차단(biosecurity)

- ASF는 우리 생활의 일부이며, 치명적인 위협에 관해 학습되어야 할 많은 것들이 잔존하고 있음. 이것이 정치, 무역 및 R&D 관점에서 이 질병에 대한 개관을 제공한 전문가들의 일치된 의견임. 백신 상용화가 최대 5년 이상 남아 있기 때문에 전문가들은 향상된 방역차단이 ASF 확산 예방에 중요하다는 점을 강조하였음.
- Rabobank의 글로벌 동물단백질 전략가 Justin Sherrard는 “우리는 이 같은 상황에서 방역차단에 훨씬 더 나은 기회를 가지고 있습니다. 저는 기술이 예를 들어 무엇이 발생하고 있는지 조기 검출 등 동물 건강 모니터링에 매우 큰 역할 수행에 잠재력을 지니고 있다고 생각합니다. 우리는 ASF에 대해 기술의 충분한 이점이 활용되는 것을 실제로 보지 못했습니다. 저의 생각은 전체 공급사슬이 기술이 제공하는 기회를 아직 수용하지 않고 있다는 것입니다.” 라고 밝혔음.
- “동시에 우리는 기술에 의한 도전을 받고 있습니다. 어떻게 우리는 우리가 사용하고 있는 기술방식으로 최종 소비자에 이르기까지 전체 공급사슬을 안정시킬 것인가? 소비자는 이 모든 것의 의미를 무엇으로 이해할 것인가? 그것은 다소 양면성을 지니고 있습니다.”
- “전반적으로 생물보안이 매우 중요합니다. 당신은 ‘우리가 생물보안을 환기할 필요가 있는가?’ 라고 생각할 것입니다. 그러나 분명히 그럴 필요가 있습니다. 여러분은 그 질병이 확산된 방식을 보아왔습니다. 그것은 엄청나고 여전히 확산되고 있습니다. 그리스에서 새로운 발병이 있었으며, 그것이 중요한 이유는 유럽의 일부이자 위험들과 위험관리 방법에 관한 매우 좋은 정보에 접근하고 있기 때문입니다. 여러분은 유럽의 모든 곳에서 효과적인 통제 조치들이 마련되고 있다고 당연히 생각할 것입니다.”

1.3.2. 백신

- The Pirbright Institute ASF 바이러스 그룹의 리더 Linda Dixon은 “우리가 이 유행병 기간 학습한 하나는 멧돼지가 질병 확산에 중요한 역할을 하고 있다는 것입니다. 특히 동부 및 북부 유럽에서 멧돼지가 주요 감염원이 되었습니다. 멧돼지로부터 집돼지로의 확산이 발병이 발생한 주요 경로였습니다. 그것은 이 유행병 이전에 전혀 예측되지 않았던 것이었습니다. 우리는 멧돼지 개체 밀도를 감소시키는 것에 학습했고, 멧돼지의 발병 통제 방법에 관해 많은 것을 배웠습니다. 아마도 이것은 아시아에서 충분히 연구되지 않았을 것입니다.” 라고 소견을 밝혔음.
- Dixon 박사는 사업체들의 투자 부족이 과거에 실행 가능한 ASF 백신 개발을 저해했다고 주장하였음. 그러나 그녀는 백신이 향후 5년 후에 개발될 수 있을 것이라고 긍정적이었음.
- 그녀는 “이미 일부 매우 유망한 후보물질들이 실험 단계에 있습니다. 산업 내 백신 생산 규모 확대를 위한 기술이 여전히 개발될 필요가 있습니다. 또한 등록과정을 완료할 실험들이 실시될 필요가 있습니다. 따라서 여전히 일부 의문이 있으며, 유망한 후보물질들을 시장에 출시하는 데에는 시간이 필요합니다.” 라고 주장했음.
- Dixon 박사는 중국이 R&D에 많은 자금을 투자하고 있기 때문에 백신이 5년 이내 더 빨리 개발될 수 있음을 시사했음. 최근 중국의 하얼빈수의연구소(Harbin Veterinary Research Institute)가 잠재적인 유전자-제거 ASF 백신을 개발했다고 주장했음.
- 유전자 제거를 이용하여 생산된 약독화 생백신(a live attenuated vaccine)이 ASF에 대해 개발된 가장 개연성 있는 예방 솔루션이라고 Dixon 박사는 주장했음. 그녀는 다른 투여 경로들에 의해 적용될 수 있는 백신들을 개발하는 데 더 많은 투자들이 이루어져야 함을 요청하였음. 이것은 특정 유형의 백신이 큰 효능이나 안전성을 나타내지 못할 경우에 파이프라인 내 다양한 옵션들을 보장할 것임.

- Dixon 박사는 ASF 예방에서 가장 큰 걸은 약독화 생백신을 규모화하는 데 필요한 지식이라고 주장했음. 그녀는 백신을 생산하고 검사하는 데 필요한 고도의 차폐시설이 세계적으로 공급 부족 상태라고 지적하였음.
- Dixon 박사에 의하면 항바이러스제가 통제 조치를 증대시킬 수 있는 혁신의 또 다른 영역임. 2019년에 벨기에 스타트업 ViroVet은 동 사가 빠른 긴급 승인을 획득할 수 있는 ASF 항바이러스제에 대해 Pirbright와 협력하고 있다고 밝혔음.
- Dixon 박사는 “우리는 이러한 바이러스에 대해 그리고 약독화 생백신이 현장에서 어떻게 작용할 수 있는지 여부에 관해 많은 것을 파악하지 못하고 있습니다. 과거 스페인에서 실제로 매우 심각한 만성적 질병을 유발했던 1960년대에 출시된 약독화 생백신이 있었습니다. 그래서 그 백신은 시장으로부터 빠르게 퇴출되었습니다. 모든 후보 백신들이 충분히 안전성 검사 프로토콜을 통과하는 것이 실제로 중요합니다.” 라고 덧붙였음.
- 또한 그녀는 바이러스 매개 백신이 ASF에 대항하여 돼지를 방어하는 데 장기적인 가망이 있다고 제시하였음. 그러나 이 유형의 백신에 대해 상업적 규모로 생산될 수 있는 단백질을 특정하기 위한 많은 연구들이 여전히 수행될 필요가 있음.
- Pirbright는 ASF 유전자들이 감염 동안에 발현되고, 그 과정에서 새로운 유전자들을 식별하는 시기를 지도화하기 위해 최근 University College London과 협력했음.

1.3.3. 정부의 역할

- MSD Animal Health의 글로벌 공공정책 및 정부관계 부사장 Laurie Hueneke는 정부들이 ASF 발병의 예방, 통제 및 최종 박멸에 도움이 될 혁신을 조장하는 데 수행해야 할 중요한 역할을 가지고 있다고 주장하였음.

- 정부들의 역할은 국가들이 이 질병에 더 잘 대응하도록 도울 과학 지식과 필요한 조치 및 도구들을 산출할 민간 및 공공 동반자관계들을 가능하게 하는 것임.
- Hueneke여사는 정부들이 단백질 제품 교역을 위한 구역과 구획을 설정하면서, 혁신자들이 ASF에 투자하는 환경을 조성할 필요가 있다고 지적하였음. 그녀는 개별 국가가 공동 연구들과 실험실들이 ASF 바이러스에 대한 중요한 연구를 수행하도록 허용하기 위해 그들의 하부구조가 마련되는 것을 보장할 책임이 있다고 주장하였음.
- 그녀는 “많은 국가들이 여전히 생물보안 개선에 관한 조치들에서 인식을 제고하고 대책을 강구할 필요가 있지만, 최적 수준에의 도달은 일반적으로 정부 지원으로서의 지역적 이니셔티브들을 통해 시행되는 예방 및 통제 활동들의 결합을 필요로 합니다. 우리는 모든 이 국가들과 생물보안에 대해 대화할 필요가 있습니다.” 라고 말했음.

1.3.4. 회복 지체 요인들

- Sherrard씨는 ASF의 영향으로 세계 돼지고기 생산이 2019년에 10% 이상 감소했다고 밝혔음. 총 육류 생산은 약 3.5% 하락했음.
- 그는 “아마도 그러한 하락이 심각하지 않은 것처럼 보일 수 있지만 당신이 20년, 30년, 50년 전을 회고할 경우, 우리가 2019년보다 더 큰 하락을 보인 단일 연도를 발견하지 못할 것입니다. 그것은 매우 전례 없는 것입니다.” 라고 주장했음.
- “돼지고기 생산이 기록적인 수량만큼 하락하는 것을 우리가 목격했지만, 우리의 견해는 2020년에도 계속적인 세계 돼지고기 생산 감소를 여전히 볼 것이라는 점입니다. 하락은 8-10%에 근접할 것입니다. 다른 단백질들이 다소 더 많은 생산을 수행하기 때문에, 총 세계 단백질 생산이 2020년 약 1.5% 하락하는 것을 결국 보게될 것입니다.”

- Sherrard씨는 또한 중국의 ASF로부터의 회복에 영향을 미칠 3가지 문제들을 지적했음.
 - 코로나바이러스 : 그는 코로나바이러스가 중국 내 소비에 이미 영향을 미쳐왔고, 생산과 무역에도 충격을 줄 것이라고 주장하였음.
 - 미중 무역 전쟁
 - 가격 책정에서의 중국 당국의 역할 : 정부가 냉동 돼지고기 재고의 국가 비축을 관리하고 있으며, 비축물이 중국 내 재고 보충, 무역량 및 세계 생산 대응에 영향을 미칠 것임.

- 그는 “우리가 이 상황에 대한 효과적인 솔루션을 가지고 있지 않는 동안, 이러한 상황이 또 다른 2년 동안 진행되는 것을 보게 될 것입니다.” 라고 언급했음.

1.4. 2020년 ASF의 영향 예측

- COVID-19 이전에 세계 육류산업은 전염성이 높은 또 다른 질병에 집중되었음. 이 경우는 사람이 아니라 돼지에 영향을 미침.
- ASF는 이미 수년 전부터 시장에 지장을 주고 있었지만 2018년 8월 중국을 강타했을 때 현대에 유례없는 영향을 미쳤음. 질병에 걸려 직접적이거나 농부들이 가축을 도살하는 것을 선택했기 때문에 수천만 마리의 돼지가 그 질병으로 인해 죽었음. 이로 인해 중국 인구에게 동물성 단백질을 공급할 수 있는 능력에 큰 차이가 나타났으며, 이는 전 세계 육류 공급자들에게 기회를 열어주는 것이었음.
- 유럽과 오스트랄라시아(Australasia) 국가들처럼, 북미와 남미 국가들도 모두 혜택을 받았으며, 이들 대륙 모두 중국에 돼지고기, 가금류, 쇠고기, 양고기 등을 추가로 공급했음. ASF가 필리핀, 베트남과 같은 국가로 확산되면서 이들 시장에 공급할 능력이 있는 나라들에게 훨씬 더 많은 기회를 제공하게 되었고, 그 결과 가격이 상승하게 되었음.
- 현재 뉴스의 주요 제목들이 COVID-19에 의해 지배되고 있지만, ASF는 사라지지 않았음. 중국 등 아시아 지역에서 발병 사례가 계속 나타나고 있으며, 폴란드에서 서부로 확산되면서 독일 등 유럽의 대형 양돈국가로까지 전염될 수 있다는 우려가 높아지고 있음. ASF는 또한 수년간 문제가 되어온 아프리카에서도 심각한 문제로 남아있음.
- 하지만 중국을 제외하고, 거의 모든 세계 최대 돼지고기 생산국들이 이 질병으로부터 자유로워지고 있음. 미국, 캐나다, 브라질, 독일, 스페인, 덴마크와 같은 국가들은 그들이 주요 수출 시장에서 문을 닫고 생산자들에게 심각한 문제를 일으킬 수 있기 때문에 그들이 다음 차례가 될지도 모른다고 당연히 걱정하고 있음.
- 그렇다면, 세계 돼지고기 생산에 대한 위협이 과장되고 있는 것은 아닐까?

- 최근 몇몇 언론 보도는 상황이 불가피하게 악화될 것이라고 시사하는 한편, ASF의 지속적인 확산으로 인해 양돈산업이 붕괴될 것을 암시하고 있음. 이것은 몇 가지 일반적인 오해에 바탕을 두고 있음. 첫 번째는 돼지고기 생산에 있어 ASF가 자동적으로 재앙을 불러온다는 것임. 둘째는 멧돼지에서 상업용 돼지로 발병시킨 사례들로 합체하는 것임. 세 번째는 ASF가 중국에 어떤 영향을 미쳤는지 그리고 모든 국가들이 같은 방식으로 고통을 겪을 것이라는 생각과 관련이 있음.
- 실제로는 ASF 발병에 시달리면서도 몇몇 국가가 생산과 수출을 늘렸음.
 - 러시아는 2007년 이 질병이 자국에서 발견된 이후 이 질병과 함께 사는 법을 배웠고 그 이후 국내 양돈산업이 급속도로 확장되고 있음. 붕괴보다는 오히려 러시아 돼지 부문이 재탄생했고, 생산의 상당 부분이 현재 높은 생물보안 수준들의 대규모 현대식 시설들에 집중되어 있음. ASF 사례는 여전히 멧돼지와 작은 뒷마당 농장에서 정기적으로 보고되고 있지만, 러시아의 돼지고기 생산량은 2007년 이후 두 배 가량 늘었으며, 계속 증가하고 있음.
 - 벨기에는 지금까지 ASF에 가장 많이 피해를 입은 서유럽 국가임. 비록 수치로 수백 건의 사례를 가리키지만, 이 모든 발병은 멧돼지와 상대적으로 작은 숲이 우거진 남부 지역에서 일어났음. 엄격한 조치들이 발병을 억제하는 데 도움이 되었고 벨기에의 상업적인 돼지 농장에서 ASF 사례가 보고된 적이 없음.
 - 그리스는 2020년 초 ASF가 처음 발생했다고 발표했으나 이후 발병 사례가 보고되지 않아 양돈 산업에 미치는 영향이 상당히 제한적이었음. 체코 당국도 역시 감염 지역을 봉쇄함으로써 ASF 발생을 억제하는데 성공했고 체코는 질병이 없는 상태를 되찾았음. 에스토니아는 2014년부터 ASF를 다루고 있으나 점차 상황을 통제하고 있으며 1년 넘게 돼지에게 새로운 발병 사례가 보고되지 않고 있음. 벨기에와의 국경 바로 반대편에서 감염된 멧돼지가 발견되었음에도 불구하고, 지금까지 장벽이 프랑스에서의 ASF 발병을 예방하는데 도움을 주었음.

- 2020년 5월까지의 자료를 보면 우크라이나, 몰도바, 세르비아와 함께 EU에서 6700건 이상의 ASF가 검출된 것으로 나타났음. 이 수치를 자세히 보면 이 중 6,462마리가 멧돼지에서 나타났고, 291마리만이 돼지에 발병되었음.
 - 돼지 발병 291건 중 90%가 루마니아 한 국가였음. 또한 8%가 불가리아와 우크라이나에서 나타났음.
 - 유럽의 다른 곳에서는 멧돼지를 제외한 돼지만을 살펴 볼 때 2020년 들어 폴란드 3건, 그리스 1건, 리투아니아 1건, 몰도바 1건밖에 없었음.
 - 2020년 들어 ASF로 멧돼지에서 더 많이 검출된 반면 돼지는 덜 검출되고 있어 돼지고기 생산에 영향이 덜하다는 의미임.
-
- ASF 사례가 따뜻한 계절에 가속화되는 경향이 있기 때문에 이것은 여전히 바뀔 수 있다는 것이 강조되어야 함. 그러나 최근의 수치들은 적어도 그 질병이 건잡을 수 없이 퍼지고 있다는 생각에 의문이 되게 함.
 - 벨기에, 그리스, 체코의 진전은 또한 독일과 덴마크와 같은 국가들이 만약 ASF의 드문 사례에 의해 발생을 빨리 막을 수 있었을지도 모른다는 것을 암시함.
 - 유럽을 넘어 최근 인도와 파푸아뉴기니로 ASF가 확산된 것은 이들 국가의 개별 농민들에게는 엄청난 충격이지만, 이러한 새로운 발생이 세계 생산 수준에 미치는 전반적인 영향은 상대적으로 작음.
 - 산업 관점에서 볼 때, 이러한 소규모 농민들이 아니라, 오히려 베트남, 필리핀, 한국 같은 다른 아시아 국가들과 함께 중국의 상황에 관심이 집중됨.
-
- 2018년 ASF에 처음 타격을 받은 이후, 중국의 질병 문제는 세계 무역 급증의 핵심 동력이 되어, 돼지고기뿐만 아니라 모든 종류의 동물 단백질에 대한 다른 국가들의 중국 공급으로 유발된 공백을 메울 수 있는 새로운 기회를 만들어냈음.
 - 중국에 발병이 시작된 지 몇 개월도 지나지 않아, ASF는 거대한 중국 전역에 퍼졌음. 결국 중국은 이 병과 도살로 인해 돼지 사육두수의 절반 이상을 잃었음.

- 중국에서 ASF의 새로운 발생이 여전히 보고되고 있지만, 중국은 돼지 사육두수 재건에 많은 투자를 하고 있음. 중국 돼지고기 생산 회복은 2021년에나 가능할 것으로 예상되지만 2020년 중국에서 구제역으로 인해 잃은 돼지의 수는 2018/19년보다 적을 것이 확실시됨.
 - 중국 농업부는 2020년 돼지고기 생산량이 2019년에 비해 약 7.5% 감소한 3,934만 톤이 될 것으로 예상하고 있음. 돼지 사육두수가 빠르게 재건됨에 따라 농업부는 2021년에 생산량이 약 5천만 톤으로 회복될 것이라고 주장했다.
 - FAO는 2020년 전망에 대해 낙관적이지 않아 중국산 돼지고기 생산량이 20% 감소해 3,500만톤으로 예상하고 있음. 이는 이미 2019년에 기록된 21% 후퇴에 따른 것임.
- 중국을 넘어 현재 ASF에 가장 큰 손실이 베트남과 필리핀에서 보고되고 있음. 그 결과 두 나라 모두 돼지고기를 더 많이 수입해야 함.
- 한국 역시 여전히 사례를 보고하고 있지만 이 중 대다수가 돼지가 아닌 멧돼지에 있음. 이것은 한국이 아시아의 다른 일부 지역에서 볼 수 있는 것과 같은 유형의 생산 부족을 겪고 있지 않다는 것을 의미함.
- ASF는 2020년에도 육류 시장에 중요한 영향을 미칠 것이지만 불과 수개월 전부터 2018/19년 발생한 황폐화에서 세계 공급량이 회복되기 시작하고 있음.
- 많은 멧돼지 개체수를 가진 국가들이거나 또는 생물보안의 빈약한 수준인 소규모의 집안 농장의 비율이 높은 국가들이 ASF를 차단하는 것이 가장 어렵다는 발견으로서 아시아와 동유럽에서의 입증은 그 영향이 매우 다양하다는 것을 보여주고 있음.
- 유럽에서, 이것은 독일과 덴마크에서 직면하게 될 것들과 매우 다른 문제들이 있는 루마니아, 불가리아 및 몰도바에서 직면하는 일부 어려움을 설명함.

- 현재 중국 당국이 집 안 농장에서 벗어나 보다 높은 수준의 생물보안 수준들로의 현대화된 상업적 모델로 전환을 가속화하려고 시도하고 있는 것은 아시아에서도 마찬가지임. 북경은 또한 질병이 처음 확산되는 속도의 큰 요인인 피해지역 돼지의 불법 수송과 감염된 사체의 불법 폐기에 대해서도 단속하고 있음.
- 일부 국가에서는 발병을 신속하게 감지하고 대처하지 못해 그렇지 않았을 때보다 상황이 악화되기도 했음. 인도는 2020년 4월 첫 발병 사실을 공식 발표했지만 현재 이 같은 발병이 1월 초에 이미 발생했다고 전해지고 있음. 지연된 행동은 돼지와 멧돼지 개체들이 질병을 보균하게 하며, 질병 확산을 막기가 더 어렵게 함. 인도네시아에서도 비슷한 문제들이 나타났으며, 첫 발병 사실을 확인하는 데 수개월이 걸렸음.
- 장기적으로 유럽, 중국 및 미국의 과학자들이 ASF에 대항하는 백신을 개발하려고 하면서 좋은 진전을 보고하고 있음. 하지만 이것이 실현되기 전까지는, 국가들은 이 병에 처음 걸렸을 때 가장 잘한 국가들로부터 교훈을 배워야 할 것임.
- 만약 다른 국가들이 유사한 성공에 도달한다면, 최악의 영향 중 일부는 피할 수 있을 수도 있을 것이며, 이는 백신이 상업적으로 적용할 수 있을 때까지 잠재적으로 시간을 벌게 되고 ASF가 막을 수 없다는 주장이 틀렸음을 입증할 반박하게 될 것임.

제2장 ASF 바이러스의 특성

2.1. ASF 바이러스 군주

- ASF 바이러스는 바이러스 혈청형만 있다고 알려져 있지만, 최근의 연구에 따르면 혈구응집 반응 억제시험(HI)에 기반을 두고 32개의 ASF 바이러스 군주를 8가지 혈청군²으로 분류할 수 있음.
- ASF 바이러스에 대하여 높은 수준으로 암호화한 B646L 유전자(주요 구조 단백질 p72를 코드화) 서열 분석에 근거하면 이미 알려진 모든 ASF 바이러스 군주를 24가지의 유전자형으로 분류할 수 있는 것으로 나타남. 즉, 유전자 I-XXIV형³임. ASF 바이러스 유전자군의 변이가 빈번하다는 것은 뚜렷한 유전 다양성을 나타내는 것임.
- 다른 유전자형의 ASF 바이러스 군주는 일정한 지역적 특성을 가짐. 일부 유전자형은 일부 국가에서만 발생함. 예를 들면, V, VI, IX, XI, XIII, XIV, XV, XVI 등이며 다른 일부 유전자형 군주는 지역적 구분 없이 존재하며 예를 들면 I, IV, VIII, X, XII 등임.
- 아프리카 대륙의 경우, 서부와 중부지역, 동부 및 남부지역으로 구분되는 양대 ASF 유행 지역이 있으며, 지역 별로 유행하는 ASF 바이러스 군주가 다름.
 - 아프리카 서부 및 중부 지역 : 나미비아로부터 콩고민주공화국, 세네갈까지를 일컬으며, 해당 지역에는 유전자 I형만 유행하고 있음
 - 아프리카 동부 및 남부 지역 : 우간다 및 케냐로부터 남아공까지임.

2 Malogolovkin A, Burmakina G, Titov I, Sereda A, Gogin A, Baryshnikova E, et al. Comparative analysis of African swine fever virus genotypes and serogroups. *Emerg Infect Dis.* 2015;21(2):312-5. Epub 2015/01/28. doi: 10.3201/eid2102.140649. PubMed PMID: 25625574; PubMed Central PMCID: PMC4313636.

3 Gallardo MC, Reoyo AT, Fernandez-Pinero J, Iglesias I, Munoz MJ, Arias ML. African swine fever: a global view of the current challenge. *Porcine Health Manag.* 2015;1:21. Epub 2015/12/23. doi: 10.1186/s40813-015-0013-y. PubMed PMID: 28405426; PubMed Central PMCID: PMC45382474.

- ▶ 이 지역의 다양한 ASF 바이러스 분리주 변이가 큰 편임.
 - ▶ 아프리카 동부에는 13가지의 ASF 바이러스 유전자형이 유행하고 있음.
 - ▶ 남부에는 14가지가 있는데 그 중 잠비아에서는 가장 다양한 종류의 유전자형이 유행하고 있으며 현재 7가지 유전자형이 확인되었음.
 - ▶ 남아공은 6가지, 모잠비크는 4가지가 있음.
- 아프리카 지역에 유행하는 균주가 매우 다양한 것은 이 국가들에서 삼림 전파 모델이 여럿 존재하는 것과 관계가 있음. 이러한 순환 모델은 ASF 바이러스 유행에 중요한 작용을 함. 유전자 II형은 이전에 모잠비크, 잠비아, 마다가스카르의 뒷마당 농장에서 유행하였음. 그 후 2007년에 카프카스 지역의 그루지아와 러시아로 유입되었음
- 중국 최초의 ASF 확진 보고서는 2018년 ‘중국동물검역’ 지 제9권에 발표되었으며, 국가외래동물전염병연구센터가 선양의 ASF 의심 동물 사체를 검사하여 ASF 바이러스 핵산이 양성인 것을 확인하였음.
- p72 유전자 서열에 기반을 두고 분석하여 B646L/p72 유전자 서열 417 염기가 러시아 균주와 100% 일치하는 것과 러시아 및 동유럽에 현재 유행하는 그루지야 균주와 동일한 진화 종류인 것을 발견함.
 - 해당 분리주는 China 2018/1로 명명되었고 유전자 II형에 속함.
- 2019년 3월 27일, 중국농업과학원 하얼빈수의연구소 연구진이 Emerging Microbes and Infections(EMI)에 기고를 통하여 중국 최초 ASF 바이러스 균주(Pig/HLJ/18) 분리에 성공했다고 발표하였음⁴. 연구원은 2018년 9월 3일 헤이룽장성 자무쓰의 전염병 발생 돼지 검체를 사용하여 돼지 폐포 대식세포에 접종시켜 Pig/HLJ/18주 분리에 성공하였음.

⁴ Dongming Zhao, Renqiang Liu, Xianfeng Zhang, Fang Li, Jingfei Wang, Jiwen Zhang, Xing Liu, Lulu Wang, Jiaor Zhang, Xinzhou Wu, Yuntao Guan, Weine Chen, Xijun Wang, Xijiun He, Zhigao Bu, 2019. Replication and virulenee in pigs of the first African swine virus isolated in China.

2.2. ASF 바이러스의 형태 및 구조와 복제

2.2.1 바이러스 형태 및 구조

2.2.1.1. ASF 바이러스의 형태

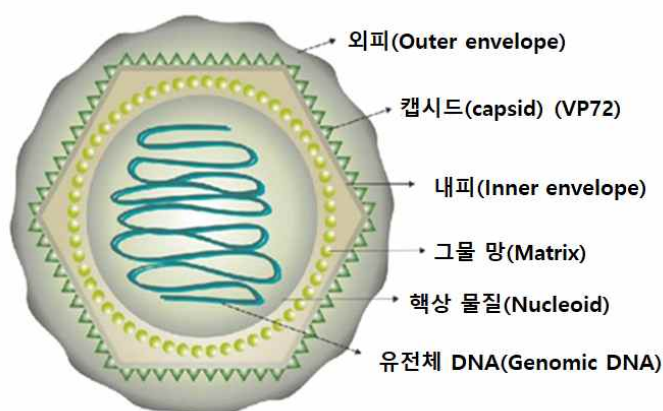
- ASF 바이러스는 직경이 약 200 나노미터인 대형 정20면체 외피보유 바이러스임. 이 바이러스는 Asfarviridae(아스파바이러스)과의 유일한 구성원으로서 Asfivirus(아스피바이러스)속에 속함. 이 바이러스는 절지동물 매개성이 유일하게 알려진 DNA 바이러스(아르보바이러스)임.
- ASF 바이러스는 일종의 단분자 선형 이중 DNA 바이러스임. 해당 과에는 ASF 바이러스 하나의 속만 존재하며 핵산이 DNA인 진드기 매개 바이러스임.
- 일종의 세포질 내에서 복제되는 십이면체 DNA 바이러스(바이러스 지름 : 175~200nm)이며, 세포 밖 바이러스 입자에는 이중 막이 있고 내부에는 뉴클레오캡시드가 있는 육각형의 모습임.

2.2.1.2. ASF 바이러스 구조⁵

- ASF 바이러스의 DNA는 바이러스 중간에 위치하고 있으며 지름은 70~100nm으로 지방을 함유한 외막과 함께 바이러스의 겉을 감싸고 있음.
- 캡시드는 1,892~2,172개의 캡소머로 구성되어 있고 중간에 구멍이 있음. 육각 프리즘 모양이며 캡소머 간 거리는 7.4~8.1nm임.
- 성숙한 바이러스 입자는 다층 구조로 되어 있고 50여 종류의 바이러스 코드로 된 단백질들을 함유하고 있음. 여기에는 구조 단백질, 유전자 복제, RNA 가공에 필요한 효소를 포함하고 있음. 이는 바이러스 입자 구조를 구성하는 주요 성분으로 바이러스 입자의 재감염에 대하여 중요한 작용을 함.

5 Freitas, Tânia & Lyra, Tania. (2018). Molecular studies on African swine fever virus from Brazilian isolates. Arquivos do Instituto Biológico. 85. 10.1590/1808-1657000712015. Research Gate.

- 바이러스 입자의 구조 단백질은 p72, p49, p54, p220, p62, CD2v 등을 가짐. 그 중 p72 단백질은 ASF 바이러스 감염 말기에 나타나며, 바이러스 캡시드의 표면에 위치함. 양호한 반응 원성 및 항원성을 가지는 바이러스 이십면체 캡시드의 중요한 구성 성분임.
- ASF 비리온(virion, 개별 바이러스 입자)들은 분리체에 따라 170-194kbp의 선형 2중 가닥 DNA 유전체를 보유하며⁶, 151-167 사이의 개방형 판독 프레임을 함유하고 있고, 이 프레임은 밀집되어 있으면서 양자의 DNA 가닥들로부터 해독됨. 비리온(virion)들은 바이러스 복제에 필요한 단백질들과 숙주 방어의 억제제들과 같은 기타 단백질들을 포함하여, 많은 단백질을 유전 암호화함⁷. 이 DNA는 약 125kbp의 보존 중심 부위와 유전체 길이 차이에 대해 원인이 있는 가변적 말단들을 보유하고 있음. 이들 가변적 부위들은 5개의 다 유전자군들(multigene families)을 암호화함.



주 1. 캡시드(Capsid) : 바이러스의 핵산(核酸)을 싸는 단백질의 외각(外殼)

자료 : Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 : Characteristics; Epidemiology; History and Geography; Control Methods; Disease Impact; Vaccines; Diagnostics; Patents; Future Scenarios, Agribusiness/Animal Pharm, IHS Markit. 재인용.

< 그림 2-1 > ASF 바이러스의 도식적 구성과 구조

6 Alonso C, Borca M, Dixon L, Revilla Y, Rodriguez F, Escribano JM, et al. ICTV Virus Taxonomy Profile: Asfarviridae. Journal of General Virology. 2018;99:613-4.

7 Dixon LK, Chapman DA, Netherton CL, Upton C. 2013, African swine fever virus replication and genomics. Virus Res. 2013;173(1):3-14. Epub 2012/11/13. doi: 10.1016/j.virusres. 2012.10.020. PubMed PMID: 23142553.

- ASF 비리온들은 내부 지질층과 직경 170-190 나노미터의 정20면체 캡시드에 둘러싸여 있는, 70-100 나노미터 직경의 내부 핵단백질 핵 구조를 가지고 있으며, 이것은 다시 외부 지질-함유 외피에 의해 최종적으로 둘러싸여 있음. 이러한 외부 외피는 감염에 불필요함. 세포외의 피막 비리온은 175-215 나노미터의 직경을 가지고 있음.

2.2.2. 바이러스 복제

- ASF 바이러스 복제를 위한 주요 표적 세포들은 수지상 세포(dendritic cells)에서의 복제 역시 보고되었을지라도, 백혈구의 부분집합들, 즉, 대식 세포(macrophages)와 단핵 백혈구들(monocytes)임⁸.
- DNA 복제는 감염 후 약 6시간 경에 세포질(cytoplasm)에서 개시됨. 그러나 비록 그것이 충분히 특성화되지 않았을지라도 세포핵 내 DNA 복제의 더 초기 단계가 검출됨.
- RNA로의 DNA 표기와 RNA 처리과정은 바이러스 암호화된 효소들을 사용하고, 숙주 RNA 중합효소 II와 독립적임.
- 대식세포들이 숙주 보호과정에서 중요하기 때문에, 이러한 바이러스에 의한 대식세포 기능의 변경이 병원성 및 면역 회피 구조들에서 중요함.
- 대식세포 외에도 바이러스는 내피세포(endothelial cells), 간세포(hepatocytes), 신장 노세관 상피 세포들(renal tubular epithelial cells), 호중성 백혈구(neutrophils)에서도 복제함. 최초 부위들에서 초기 복제 후, ASF 바이러스는 혈액 또는 림프계를 통해 확산하며, 여기에서 바이러스가 장기간 존속하고, 복제를 위해 2차 부위들로 이동함.⁹

8 Dixon LK, Islam M, Nash R, Reis AL. 2019, African swine fever virus evasion of host defences. Virus Res. 2019;266:25-33. Epub 2019/04/09. doi: 10.1016/j.virusres. 2019.04.002. PubMed PMID: 30959069; PubMed Central PMCID: PMC6505686.

9 Sanchez-Vizcaino JM, Mur L, Gomez-Villamandos JC, Carrasco L. 2015, An update on the epidemiology and pathology of African swine fever. J Comp Pathol. 2015;152(1):9-21. Epub 2014/12/03. doi: 10.1016/j.jcpa. 2014.09.003. PubMed PMID: 25443146.

2.3. ASF 바이러스의 특성

2.3.1. 바이러스의 다양성

- ASF 바이러스 분류는 유전자 B6461의 C 말단을 염기서열 분석(sequencing)함으로써 유전자형에 기초하며, 유전자는 주요 바이러스 캡시드 단백질인 p72를 암호화함¹⁰. 현재까지 바이러스 분리체들은 24개 유전자형들로 분류되었음¹¹.
- 유전자형들의 독성에 상당한 차이들이 있고, 대부분의 돼지를 살상하는 고병원성 바이러스들로부터 단지 혈청 전환만을 야기하는 균주들까지 다양함.
- ASF 바이러스 염기서열 분석이 상이한 바이러스 분리체들을 특성화하기 위해 여러 해 동안 사용되었지만, ASF 바이러스가 DNA 바이러스들의 전형적인 낮은 돌연변이 비율을 제시하기 때문에 유전적 변이성이 낮으며, 특히 근접한 지리적 영역들에서 그러함.
- 근접한 하위집단들을 구별하기 위해 p72의 염기서열 분석에 이어지는 것은 B6021 유전자 내의 중심 가변 부위 또는 173R과 1329L 유전자 사이의 유전자 간 부위와 같은 여러 다른 부위들에 대한 염기서열 분석임¹².

10 Bastos AD, Penrith ML, Cruciere C, Edrich JL, Hutchings G, Roger F, et al. 2003, Genotyping field strains of African swine fever virus by partial p72 gene characterisation. Arch Virol. 2003;148(4):693-706. Epub 2003/03/29. doi: 10.1007/s00705-002-0946-8. PubMed PMID: 12664294.

11 1) Boshoff CI, Bastos AD, Gerber LJ, Vosloo W. 2007, Genetic characterisation of African swine fever viruses from outbreaks in southern Africa (1973-1999). Vet Microbiol. 2007;121(1-2):45-55. Epub 2006/12/19. doi:10.1016/j.vetmic.2006.11.007. PubMed PMID: 17174485.

2) Achenbach JE, Gallardo C, Nieto-Pelegrin E, Rivera-Arroyo B, Degefa-Negi T, Arias M, et al. 2017, Identification of a New Genotype of African Swine Fever Virus in Domestic Pigs from Ethiopia. Transbound Emerg Dis. 2017;64(5):1393-404. Epub 2016/05/24. doi: 10.1111/tbed.12511. PubMed PMID: 27211823.

3) Quembo CJ, Jori F, Vosloo W, Heath L. 2018, Genetic characterization of African swine fever virus isolates from soft ticks at the wildlife/domestic interface in Mozambique and identification of a novel genotype. Transbound Emerg Dis. 2018;65(2):420-31. Epub 2017/09/19. doi:10.1111/tbed.12700. PubMed PMID: 28921895; PubMed Central PMCID: PMC5873395

12 World Organization for Animal Health (OIE). African swine fever (infection with African swine fever virus). 2019. In: OIE Terrestrial Manual [Internet]. World Organization for Animal Health (OIE). Available from: https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.08.01_ASF.pdf

- 유전체(genome)는 한 종류의 단량체(單量體)로 구성되어 있는 중합체(重合體)인 광범위한 단독중합체(homopolymers)와 가변적인 길이에 대해 말단의 역반복들(inverted terminal repeats)을 포함하는 반복 부위들을 가지고 있으며, 사용되는 기술에 따라 염기서열 분석 시에 일부 한계들을 초래함.
- 일부 2세대 염기서열 분석 방법들의 것들과 같은 단편 염기서열을 포함하는 염기서열 분석 기술들은 신중하게 해석되어야 함.
- 전장 유전체 염기서열 분석(the whole genome sequencing)을 위한 표적 농축, Illumina 및 Nanopore 염기서열 분석을 포함하는 결합된 작업 흐름이 이들 문제들을 극복하기 위해 제안되었으며, 일부 바이러스들의 유전자형(genotype) 분석에 사용되었음¹³.
- 최근 동반 분석 소프트웨어 도구(the companion analysis software tool)와 함께 Nanopore MinION 검출 장치(sensing device)를 이용한 연구자들이 염기서열 분석 개시 6분 후인 조기에 ASF 바이러스에 특이한 염기서열 순서 판독을 성공적으로 확인했으며, 복합 ASF 바이러스 세포 배양-성장 균주들과 완전 혈액(whole blood)¹⁴ 등으로부터 추출된 전체 유전체 염기서열은 약 4시간 만에 확인되었음¹⁵.
- ASF 바이러스 분리체들의 표준 명명법은 분리의 도시 또는 국가 그리고 분리 연도의 마지막 두 자리 숫자를 포함함¹⁶.

13 Forth JH, Forth LF, King J, Groza O, Hubner A, Olesen AS, et al. 2019, A Deep-Sequencing Workflow for the Fast and Efficient Generation of High-Quality African Swine Fever Virus Whole-Genome Sequences. *Viruses*. 2019;11(9). Epub 2019/09/14. doi: 10.3390/v11090846. PubMed PMID: 31514438.

14 어떤 성분도 제거되지 않은 수혈용

15 O' Donnell VK, Grau FR, Mayr GA, Sturgill Samayoa TL, Dodd KA, Barrette RW. 2019, Rapid Sequence-Based Characterization of African Swine Fever Virus by Use of the Oxford Nanopore MinION Sequence Sensing Device and a Companion Analysis Software Tool. *J Clin Microbiol*. 2019;58(1). Epub 2019/11/07. doi:10.1128/JCM.01104-19. PubMed PMID: 31694969.

16 World Organization for Animal Health (OIE). 2019, Technical disease card: African Swine Fever. World Organization for Animal Health (OIE).

2.3.2. 항원성

- ASF 바이러스는 150개 이상의 단백질을 생산하고, 그 중 많은 것이 면역성이 있음. ASF 바이러스에 의한 감염은 강력한 항체 반응을 촉발하며, 반응은 감염 1주부터 검출될 수 있고 수개월 혹은 수년 동안 지속됨. 체액성 면역이 방어적인 ASF 바이러스 면역의 주요 성분임.
- ASF 바이러스 캡시드의 주요 성분은 단백질 p72, 2개의 구조 단백질인 p30(p32)과 p54, 다단백질(polyprotein)인 pp62 등임.
- 캡시드 단백질은 자연 감염 이후 항체 형성을 유도하는 단백질 중 항원성이 가장 높은 것으로 확인되었음¹⁷. 단백질들은 진단 대상으로 유용하지만 항체-매개 방어를 발생시킬 정도로 면역성이 충분하지 않기 때문에 감염된 동물 항체가 ASF 감염을 중화시킬 수 없음.
- ASF 바이러스의 혈청은 1개로 알려졌지만 러시아 과학자들이 혈구응집반응억제검사(HAI)를 통해 ASF 바이러스 분류를 개발함으로써 8개 혈청군이 확인되었음. 그러나 더 많은 혈청군들이 존재할 가능성이 있음¹⁸.
- p72 분석만으로 ASF 바이러스 HAI 혈청군 정의에 실패한다고 결론을 내렸음.
- 전통적 유전자분석이 다른 독성들의 바이러스를 구별하지 못하거나 ASF 후보 백신 효능을 예측할 수 없는 지 이유를 설명하는데 기여한다고 결론지었음.

17 1)Pastor MJ, Laviada MD, Sanchez-Vizcaino JM, Escribano JM. Detection of African swine fever virus antibodies by immunoblotting assay. Can J Vet Res. 1989;53(1):105-7. Epub 1989/01/01. PubMed PMID: 2914218; PubMed Central PMCID: PMCPMC1255524.

2) Gallardo C, Blanco E, Rodriguez JM, Carrascosa AL, Sanchez-Vizcaino JM. Antigenic properties and diagnostic potential of African swine fever virus protein pp62 expressed in insect cells. J Clin Microbiol. 2006;44(3):950-6. Epub 2006/03/07. doi: 10.1128/JCM.44.3.950-956.2006. PubMed PMID: 16517882; PubMed Central PMCID: PMCPMC1393094.

3) Gallardo MC, Reoyo AT, Fernandez-Pinero J, Iglesias I, Munoz MJ, Arias ML. African swine fever: a global view of the current challenge. Porcine Health Manag. 2015;1:21. Epub 2015/12/23. doi: 10.1186/s40813-015-0013-y. PubMed PMID: 28405426; PubMed Central PMCID: PMCPMC5382474.

18 Malogolovkin A, Burmakina G, Titov I, Sereda A, Gogin A, Baryshnikova E, et al. Comparative analysis of African swine fever virus genotypes and serogroups. Emerg Infect Dis. 2015;21(2):312-5. Epub 2015/01/28. doi: 10.3201/eid2102.140649. PubMed PMID: 25625574; PubMed Central PMCID: PMCPMC4313636.

- 그러나 이는 재연되지 않았고, OIE는 하나의 혈청형만 간주하고 있음¹⁹.

2.3.3 저항성

2.3.3.1. 물리적/화학적 작용에 대한 저항성

- ASF 바이러스는 저항력이 매우 강한 일종의 바이러스로 고온 및 큰 범위의 pH값 파동을 견딜 수 있으며, 낮은 온도와 높은 온도 모두에 대해 매우 저항성임.
- 열 불활성화를 위해서는 적어도 70분 동안 56° C 이상 또는 20분 동안의 60° C 이상을 필요로 함. ASF 바이러스는 무혈청 배지에서 pH<3.0 또는 pH>11.5 시 불활성화함.
- 혈청은 바이러스의 저항성을 증가시킴. 예를 들어 pH 13.4에서 ASF 바이러스는 혈청 첨가 없이 불활성화를 위해 최대 21 시간을 필요로 하고 혈청 첨가 시에는 7일을 필요로 함²⁰.
- 순수한 ASF 바이러스는 지질 용매와 세척제에 매우 민감함.
- EPA 승인 농장용 ASF 소독제에 과황산칼륨수소, 이염화아이소시아누르산나트륨, 차아염소산나트륨, 구연산 등이 있음.
- 낭막이 있는 ASF 바이러스 입자는 단백질 효소의 작용에 확실히 저항할 수 있지만, 췌장 리파아제에 의하여 쉽게 살균됨. 펩신은 낭막이 없는 바이러스 입자에 작용할 수 있음.

19 World Organization for Animal Health (OIE). African swine fever (infection with African swine fever virus). 2019. In: OIE Terrestrial Manual [Internet]. World Organization for Animal Health (OIE). Available from: https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.08.01_ASF.pdf.

20 World Organization for Animal Health (OIE). Technical disease card: African Swine Fever. World Organization for Animal Health (OIE), 2019.

〈 표 2-1 〉 물리 및 화학적 작용에 대한 ASF 바이러스의 저항성

특성	저 항 력
온도	• 저온에 대하여 매우 강력한 저항력이 있음. • 56°C에서 50분, 60°C에서 20분이 지나야 살균됨
pH	• 무혈청 배지에서 pH<3.9 또는 >11.5 조건에서 바이러스 살균이 가능함. • 혈청은 바이러스 저항력을 강화시킬 수 있음 • 혈청이 없는 경우 바이러스는 21시간 유지될 수 있음(단, pH13.4) • 혈청이 있는 경우 바이러스는 7일간 유지될 수 있음
화학적 성분/ 소독제	• 에틸에테르 및 클로로포름에 대하여 매우 예민함 • 바이러스 살균: 8/1000 수산화나트륨 30분, Hypochlorite salts-2.3% 염소 30분, 포르말린 30분, 3% o-Phenyl phenol 30분, 요오드화합물
생존력	• 혈액, 배설물, 조직, 특히 날고기 또는 완전히 익히지 않은 육제품에서 오래 생존할 수 있음 • 매개 생물에서 번식할 수 있음(예: 물렁진드기)

자료 : OIE ASF 기술카드, 2009, 한국배령거인겔하임동물약품(주). 2020., 아프리카돼지열병 예방 및 관리지침., 재인용

- 많은 일반 살균제들은 ASF 바이러스에 비효과적이기 때문에 ASF 바이러스를 위해 특별히 승인된 살균제가 사용되어야 함²¹.
- ASF 바이러스는 에테르(ether)와 클로로포름(chloroform)에 취약하며, 8/1000 수산화나트륨(sodium hydroxide)(30분), 차아염소산염(hypochlorites) 즉, 0.03 ~ 0.5% 염소(chlorine)(30분), 3/1000 포르말린(formalin)(30분), 3% 오르토펜페놀(ortho-phenylphenol)(30분) 및 요오드 화합물에 의해 ASF 바이러스가 비활성화됨.²²
- 구연산(citric acid)과 제4급 암모늄 화합물(quaternary ammonium compounds)이 일부 비 다공성(nonporous) 표면에서 ASF 바이러스를 살상하는 것으로 보고되고 있음.²³
- 살균제의 활성화는 pH, 저장 기간 및 유기물 함량에 따라 달라질 수 있음.

21 Spickler AR. Factsheet African Swine Fever June 2019 [cited 2019 21 September 2019]. Available from: <http://cfsph.iastate.edu/DiseaseInfo/factsheets.php>.

22 World Organization for Animal Health (OIE). Technical disease card: African Swine Fever. World Organization for Animal Health (OIE), 2019.

23 Spickler AR. Factsheet African Swine Fever June 2019 [cited 2019 21 September 2019]. Available from: <http://www.cfsph.iastate.edu/DiseaseInfo/factsheets.php>.

2.3.3.2. 다양한 환경에서의 저항성

- ASF 바이러스는 배설물, 사체, 신선 육류 및 일부 육류제품에서 생존할 수 있는 시간이 다양하며, 혈액, 분변, 골수를 포함하는 조직들에서 장기간 생존 가능함.
- 폐사한 돼지 사체에서 무려 1년 생존이 가능하며 돼지 배설물에서는 감염력이 11일간 지속될 수 있음. 또한 조리되지 않았거나 덜 조리된 돼지고기 제품들에서 수 주 또는 수개월 동안 생존함. 이 때 ASF 바이러스 생존은 온도, pH, 수분 활성도, 염분, 가공 및 저장의 온도 등에 달려 있음.
- 다른 종류의 돼지고기 제품(신선, 냉동, 훈제, 소금에 절인 돼지고기 및 말린 돼지고기)에서는 다양한 기간 동안 생존가능한 ASF 바이러스를 억제할 수 있음²⁴. 냉장육류에서는 110일 감염이 유지될 수 있음. 익히지 않거나 고온으로 훈연하지 않은 햄 또는 소시지에서는 수개월 생존할 수 있음.
- OIE는 육류에서의 ASF 바이러스의 불활성화를 위해 최소 70° C 온도에서 적어도 30분 동안의 열처리, 또는 이와 동등한 처리, 건조 보존처리, 소금으로 육류 보존 처리를 하고 최소 6개월 동안 건조시킬 것을 권장함²⁵.
- 제품이 부패해도 ASF 바이러스는 파괴되지 않음. ASF 바이러스는 실온에서 11일 동안 생존할 수 있고 15주 동안 분해된 혈청에서 생존할 수 있음.
- ASF 오염국에서 생산된 사료 원료에 ASF 바이러스가 함유될 수 있음.

24 1)Mebus C, Arias M, Pineda JM, Tapiador J, House C, Sanchez-Vizcaino JM. Survival of several porcine viruses in different Spanish dry-cured meat products. Food Chemistry. 1997;59(4):555-9.

2)Petrini S, Feliziani F, Casciari C, Giammarioli M, Torresi C, De Mia GM. Survival of African swine fever virus (ASFV) in various traditional Italian dry-cured meat products. Prev Vet Med. 2019;162:126-30. Epub 2019/01/10. doi: 10.1016/j.prevetmed.2018.11.013. PubMed PMID: 30621891.

3)McKercher PD, Yedloutschnig RJ, Callis JJ, Murphy R, Panina GF, Civardi A. Survival of viruses in Prosciutto di Parma (Parma Ham). Can Inst Food Sci Technol J. 1987;20:267-72.

25 World Organization for Animal Health (OIE). Infection with African swine fever virus. 2019. In: OIE Terrestrial Animal Health Code [Internet]. World Organization for Animal Health (OIE). Available from: https://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_asf.htm.

〈 표 2-2 〉 다양한 환경에서의 ASF 바이러스의 저항력

재료/제품	ASF 바이러스 생존시간(일)
생육 및 간 고기	150
절인 고기	182
익힌 고기(70°C에서 최소 30분)	0
말린 고기	300
훈제 및 뼈 발라낸 고기	30
냉동육	1000
냉장육	110
내장	105
피부/지방(건조해도)	300
4°C에서 보관된 혈액	540
실온에서의 배설물	11
부패한 혈액	105
오염된 돈사	30

자료 : 한국베링거인겔하임동물약품(주). 2020., 아프리카돼지열병 예방 및 관리지침., 재인용

〈 표 2-3 〉 감염 30일 이후의 ASF 바이러스 반감기

성분	ASF 바이러스 반감기(일)
일반 콩깻묵	4.6
유기 콩깻물	4.7
팬케이크	4.9
DDG	Neg(-)
라이신	Neg(-)
콜린	5.1
비타민D	Neg(-)
습윤한 고양이 사료	4.6
습윤한 개 사료	4.2
말린 개 사료	4.1
돼지고기 소시지 외피	4.4
종합 원료(양성 대조)	4.3

자료 1. Scott A. Dee, Fernando V. Bauermann, Megan C. Niederwerder, et al. Survival of viral pathogens in animal feed ingredients under transboundary shipping models, March 20, 2018, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194509>.

자료 2. 한국베링거인겔하임동물약품(주). 2020., 아프리카돼지열병 예방 및 관리지침., 재인용

- 미국 Scott의 연구에 따르면, 오염된 콜린을 폴란드에서 미국 사료공장으로 운반 후, 35일이 지나 운송되어도 여전히 오염이 존재하였으며 99.99% 이상의 바이러스를 제거하는 데에는 30일 이상의 보관이 필요한 것으로 나타났음. 따라서 별도의 보관 시간은 30~45일을 정하여 존재할 수 있는 위험을 피할 수 있음²⁶.
- ASF 바이러스를 함유할 수 있는 사료 원료 : 콩깻묵, 돼지제제 관련 원료, 비타민 사전 혼합사료, 염화콜린, L-라이신, 메티오닌 등

26 Scott A. Dee, Fernando V. Bauermann, Megan C. Niederwerder, et al. Survival of viral pathogens in animal feed ingredients under transboundary shipping models, March 20, 2018, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194509>.

제3장 역학

3.1 전염원

3.1.1 ASF 발병 중

- ASF 바이러스는 돼지과(Suidae)의 모든 동물들을 감염시킴.
- 감염 대상 돼지과 동물은 양돈장 돼지(*Sus scrofa domesticus*, Domesticated swine), 유럽 멧돼지(*Sus scrofa scrofa*, European wild boar), 흑멧돼지(*Phacochoerus spp.* Warthogs), 강멧돼지(*Potamochoerus larvatus and Potamochoerus porcus*, Bush pigs), 자이언트숲멧돼지(*Hylochoerus meinertzhageni*, Giant forest hogs) 등을 포함함.
- 미국 멧돼지 페커리(family Tayassuidae, Peccaries)는 감염되지 않는 것으로 간주함.

	
멧돼지(wild boar) ²⁷	흑멧돼지(Warthog) ²⁸
	
자이언트숲멧돼지(Giant Forest Hog) ²⁹	강멧돼지(bush pig) ³⁰

< 그림 3-1 > ASF 감염 돼지들

27 <https://www.pigprogress.net/Health/Articles/2020/5/ASF-Europe-more-cases-in-wild-boar-population-in-2020-586137E/>

28 https://en.wikipedia.org/wiki/Common_warthog

29 <https://www.diana-hunting.com/game/kaempeskovsvin>

30 <http://animalia.bio/bushpig>

3.1.2 ASF 바이러스 전염원

- 사람이나 다른 동물은 감염되지 않고 돼지과(Suidae)에 속하는 동물에만 감염되며, 양돈장 돼지와 유럽/아프리카 대륙의 야생멧돼지가 자연 숙주임.
- 아프리카 지역 야생돼지인 혹멧돼지(Warthogs), 자이언트숲돼지(Giant forest hogs), 강멧돼지(bush pigs)는 감염이 되어도 임상증상이 없어 ASF 바이러스의 보균숙주 역할을 하고 있음. 혹멧돼지는 한 번의 분만을 통해 바이러스를 전염시킬 수 있음.
- 돼지를 제외하고 유일하게 *Ornithodoros* spp.에 속하는 물렁진드기(soft tick)³¹가 이 바이러스를 보균하고 있다가 돼지나 야생멧돼지를 물어 질병을 전파하는 매개체로 작용.
- ASF 바이러스는 *Ornithodoros* 속의 물렁 진드기에서 복제되며 이 진드기가 바이러스 보균자임. 진드기는 동부 및 남부 아프리카에서 ASF의 야생형/삼림형 전파(sylvatic cycle)과 관련되어 있고(*O. moubata*) 이베리아 반도에서도 관찰됨(*O. erraticus*)³².
- *Ornithodoros moubata* 집단은 혈액 없이 최소 1년 동안 ASF 바이러스 감염이 유지될 수 있음³³.



< 그림 3-2 > Ornithodoros moubata 집합체 안의 진드기

31 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Disease transmission. Available from: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/empres/Gemp/cont-plan/cp-asf/asf1243-disease.htm>.

32 Sanchez-Vizcaino JM, Mur L, Gomez-Villamandos JC, Carrasco L. An update on the epidemiology and pathology of African swine fever. J Comp Pathol. 2015;152(1):9-21. Epub 2014/12/03. doi: 10.1016/j.jcpa.2014.09.003. PubMed PMID: 25443146.

33 Hess WR, Endris RG, Lousa A, Caiado JM. Clearance of African swine fever virus from infected tick (Acari) colonies. J Med Entomol. 1989;26(4):314-7. Epub 1989/07/01. doi: 10.1093/jmedent/26.4.314. PubMed PMID: 2769711.

- 아프리카 야생 멧돼지에서는 명확한 ASF 임상 증상이 나타나지 않음. 흑멧돼지들의 굴에서 *Ornithodoros* 진드기(물렁진드기, 연진드기)가 규칙적으로 발견되고 있고 그들의 광범위한 분포 및 생태로 인하여 흑멧돼지들은 아프리카에서 가장 중요한 척추동물 보균자로 간주되고 있음.
- 아프리카 흑멧돼지는 ASF 바이러스의 최초 척추동물 숙주로 알려져 있으며, 무증상 혹은 경증감염만을 나타내고 있음. 흑멧돼지는 아프리카 사하라 이남 지역에 광범위하게 분포되어 있으며 물렁진드기와 함께 자연계의 삼림 전파 방식을 구성하고 있음.
- 흑멧돼지의 ASF 바이러스 내성은 매우 강하며 흑멧돼지는 물렁진드기에게 물림으로써 감염되고 이후 바이러스 혈증을 생성하는 기간에 물림으로써 기타 ASF 바이러스 음성 물렁진드기를 감염시킬 수 있음.
- 흑멧돼지는 감염 이후 바이러스 혈증을 형성하고 2~3주 지속됨. 이후 바이러스는 림프선에 지속적으로 존재할 수 있음. 하지만 돼지가 정상 상태를 회복하면 어떠한 임상 증상도 나타나지 않음.
- 역학적 측면에서 강멧돼지(Bush pigs)의 역할은 확실치 않음. ASF 바이러스에 의한 바이러스 혈증이 증명되었지만 강멧돼지는 굴을 사용하지 않고 목초 서식처를 형성하는 경향이 있으며 그들의 서식처에서는 진드기가 발견되지 않았음.
- 다른 아프리카 야생 멧돼지들은 그들의 습관 및 행태 때문에 중요한 보균자로서 다루지 않음³⁴.
- Sus속에는 멧돼지(Wild boar)와 야생 돼지(Feral pig) 등 2종의 야생멧돼지(wild suids)가 있으며, 이들은 양돈장 돼지(Domestic pig)만큼이나 ASF 바이러스에 민감함.
- ASF의 역학에서 멧돼지 (Wild pigs)의 역할은 Joris와 Bastos에 의해 검토되었음.³⁵

34 1) Penrith ML, Thomson GR, Bastos AD. African swine fever. In: Coetzer JAW, Tustin RC, editors. Infectious Disease of Livestock. two. 2nd edition ed. South Africa: Oxford University Press; 2004. p. 1088-119.

2) Costard S, Mur L, Lubroth J, Sanchez-Vizcaino JM, Pfeiffer DU. Epidemiology of African swine fever virus. Virus Res. 2013;173(1):191-7. Epub 2012/11/06. doi: 10.1016/j.virusres.2012.10.030. PubMed PMID: 23123296.

- 유럽, 이베리아반도, 사르데냐 동유럽 지역의 멧돼지가 ASF 바이러스에 민감하고 해당 지역 ASF 바이러스의 중요한 전염원이 되었다는 것이 이미 증명되었음³⁶.
- 양돈장 돼지는 ASF 바이러스에 민감함. 감염개체는 대량으로 바이러스를 배출할 수 있으므로 ASF의 전염원이 됨. 강력한 군주 감염 이후 심급성, 급성 발병을 유발하여 돼지의 폐사가 초래될 수 있음. 바이러스의 환경 내성이 매우 강하므로 감염, 발병 또는 폐사한 돼지의 배설물, 사체, 조직, 육류, 혈장 단백질 등이 모두 감염성 바이러스를 보유할 수 있으며 다른 돼지와 접촉한 이후 감염이 발생할 수 있음³⁷.
- 무증상적으로 감염되거나 만성적으로 감염되거나 회복된 돼지들은 질병 역학에서 중요한 역할을 수행함. 감염된 동물의 2-10%가 ASF 급성 감염으로부터 회복됨. 이들 생존동물은 일부 조직에서 지속적인 감염을 일으킬 수 있으며 특정 조건 하에서는 바이러스를 재 활성화시킬 수 있음³⁸.
- ASF에 감염된 돼지들은 최대 수 주 동안 감염된 채로 남아 있을 수 있고 직접 또는 간접 접촉을 통해 ASF를 전파할 수 있음. 풍토병 지역들에서의 ASF 지속에 상당한 영향을 줄 뿐만 아니라 산발적인 발병을 초래할 수 있으며 ASF 바이러스를 질병청정 구역으로 유입시킬 수 있음³⁹.
- 각종 연구에서 ‘ASF 바이러스 보균자’ 용어 정의와 사용이 분명하지 않았으며, ASF 바이러스를 배출하고 전파할 수 있는 진성 보균동물에 관해 연구들이 일관적이지 않음.

35 Jori F, Bastos AD. Role of wild suids in the epidemiology of African swine fever. *Ecohealth*. 2009;6(2):296-310. Epub 2009/11/17. doi: 10.1007/s10393-009-0248-7. PubMed PMID: 19915917.

36 Jori and Bastos, 2009, 전제서

37 Sanchez-Vizcaino, J. M., Mur, L., Martinez-Lopez, B., 2012. African swine fever: an epidemiological update. *Transboundary and emerging diseases* 59 Suppl 1, 27-35.

38 Gallardo C, Fernandez-Pinero J, Arias M. African swine fever (ASF) diagnosis, an essential tool in the epidemiological investigation. *Virus Res*. 2019;271:197676. Epub 2019/07/31. doi: 10.1016/j.virusres.2019.197676. PubMed PMID: 31362027.

39 Costard S, Mur L, Lubroth J, Sanchez-Vizcaino JM, Pfeiffer DU. Epidemiology of African swine fever virus. *Virus Res*. 2013;173(1):191-7. Epub 2012/11/06. doi: 10.1016/j.virusres.2012.10.030. PubMed PMID: 23123296.

- Stahl 등⁴⁰은 최근 2가지 유형의 ASF 생존동물이 존재한다는 결론을 내린 바 있음.
 - 첫 번째 유형의 생존동물은 만성적으로 감염된 돼지로, 감염이 가변적인 시간 동안 지속되지만 결국 사망에 이를 수 있으며, 바이러스 배출이 바이러스 혈증 및 임상 증상과 연관되어 주기적으로 발생할 수 있음. 이 유형은 저병원성 바이러스와 연관이 있음.
 - 두 번째 유형의 생존동물은 바이러스 DNA가 더 장기간 동안에 회복될 수 있지만 바이러스가 보통 30~40일 이상 지속되지 않는 돼지임. 이 유형은 아프리카의 일부 국가에서 빈번히 발견되며, 이는 자원이 빈곤한 국가에게 유리한 면으로 여겨질 수 있음.
 - 림프 조직에서의 국소화된 지속성이 2가지 유형의 생존돼지에서 상당히 많이 발생할 수 있지만 역학적인 연관성은 분명하지 않음.
- 결론적으로, 생존돼지들은 장기적인 보균자가 되어 바이러스 혈증(viraemic)이 되었을 때 간헐적으로 바이러스를 배출하거나 단기적인 보균자가 될 수 있으며, 일부 집단들에서는 보균자로서 간주되지 않을 수 있음.
- 일부 조직들에서만 바이러스를 유지할 수 있음.
- *Ornithodoros* 종의 물렁진드기(연진드기)는 장기간 동안 감염될 수 있고 바이러스 보균체로서 작용할 수 있음.
- 물렁진드기는 스페인에서 최초로 ASF 바이러스의 생물학 매개체라고 입증된 바 있음.
 - 바이러스는 진드기가 물고 혈액을 먹는 과정에서 돼지 또는 진드기를 감염시킬 수 있으며 그 이후 진드기 교미 과정 중에 전염이 발생함.
 - 진드기 체내의 바이러스는 감염성을 수년까지 유지할 수 있음. 진드기의 수명은 일반적으로 6-7년으로 길고 심지어 15-25년에 달할 수도 있음.

40 Stahl K, Sternberg-Lewerin S, Blome S, Viltrop A, Penrith ML, Chenais E. Lack of evidence for long term carriers of African swine fever virus - a systematic review. Virus Res. 2019;272:197725. Epub 2019/08/21. doi: 10.1016/j.virusres.2019.197725. PubMed PMID: 31430503.

3.2. 감염 경로 및 전파

3.2.1 ASF 바이러스의 감염 경로

- ASF 바이러스는 직접 전파될 수 있고, 오염된 사료 및 잔반을 통해 간접적으로 전파되거나 매개체를 통해 감염 또는 진드기 매개체를 통해 전파될 수 있음. 흡혈 파리와 모기를 통한 기계적 전파도 역시 언급된 바 있음.
- 일반적으로 호흡기관, 소화기관, 피부 점막 등의 경로를 통하여 돼지를 감염시킴. ASF 바이러스는 통상적으로 돼지의 구강 또는 비강으로 유입되지만, 피부, 피하, 난절 등으로도 유입됨.
- 일단 ASF가 어떤 지역에 정착하게 되면, 주로 병든 동물과 건강한 동물(양돈장 내 돼지와 멧돼지) 사이의 직접 접촉, 보균자 돼지와 진드기 사이의 직접 접촉, 차량 또는 장비에 의한 간접 전파에 의해 확산됨⁴¹.
- ASF 바이러스의 주요 감염 경로
 - 직접 접촉 감염
 - 간접 접촉 감염
 - 오염된 사료 및 잔반을 통한 간접 전파
 - 진드기/모기/스토목시스 칼시트란스(Stomoxys Calcitrans) 등을 통한 전파
- 직접 접촉 감염
 - 감염/발병 돼지와 근거리에서 입과 코를 접촉한 이후 감염 발생.

41 Gallardo MC, Reoyo AT, Fernandez-Pinero J, Iglesias I, Munoz MJ, Arias ML. African swine fever: a global view of the current challenge. Porcine Health Manag. 2015;1:21. Epub 2015/12/23. doi: 10.1186/s40813-015-0013-y. PubMed PMID: 28405426; PubMed Central PMCID: PMC5382474.

○ 간접 접촉 감염

- 감염/발병 돼지의 배설물, 조직, 혈액 등에 의하여 오염된 환경, 도구, 물품, 차량 등의 매개체와 접촉한 이후 감염될 수 있음.

○ 오염된 사료, 잔반, 식수를 통한 감염

- ASF 바이러스는 다양한 점막들을 통해 돼지의 신체에 유입될 것이지만 대부분의 동물들은 흡입 또는 섭취에 의해 감염됨. 사료로 감염되기 위해서는 흡입감염 시 보다 더 높은 바이러스 용량이 필요함. 에어로졸화된 바이러스는 건물 혹은 농장 내에서 전파될 수 있지만 비교적 단거리에 걸쳐서만 발생함⁴².
- ASF 바이러스는 소화기 계통을 통하여 감염될 가능성이 매우 높음. 돼지가 바이러스에 오염된 사료, 음식물, 식수를 섭취할 때 감염되어 발병하기 쉬움.
- 현재 알려진 그루지야 ASF 바이러스 감염은 국제 항공편으로 운송되는 육류 제품을 제대로 처리하지 못하여 초래되었을 가능성이 높음.
- 해외에서 펠드 간 테스트를 시행한 결과에서도, 사료 및 식수에 존재하는 소량의 바이러스(식수는 10^0 TCID₅₀, 사료는 10^4 TCID₅₀)로 돼지를 감염시킬 수 있음.
- 질병청정(무병) 지역으로 바이러스가 유입될 때는 조리되지 않은 돼지고기 폐기물 - 특히 선박과 항공기로부터 유입된 - 이 돼지에게 급여되었을 때임.

○ 진드기/모기/스토목시스 칼시트란스 등을 통한 전파

- ASF 바이러스는 진드기를 감염시킨 이후 알과 교미를 통하여 전파될 수 있음.
- 감염된 진드기가 돼지를 물었을 때 돼지가 감염될 수 있음.
- 모기, 스토목시스 칼시트란스(*Stomoxys Calcitrans*) 등이 돼지를 물면 바이러스가 빠르게 감염됨. 한 연구⁴³에 따르면 ASF 바이러스를 가진 스토목시스 칼시트란스는 48시간 이내에 ASF 바이러스를 새로운 숙주에게 감염시킬 수 있음.

42 Spickler AR. Factsheet African Swine Fever June 2019 [cited 2019 21 September 2019]. Available from: <http://www.cfsph.iastate.edu/DiseaseInfo/factsheets.php>.

43 Mellor P et al.,1987)

3.2.2. 양돈장 전파

- ASF 바이러스가 유입된 경우, 감염된 동물, 특히 혈액에 있는 많은 양의 바이러스는 직접 전파 또는 오염된 의복, 신발, 장비, 차량 등과 같은 비생체성 접촉매개물을 통한 간접 전파의 원인이 됨.
- 분뇨, 분변, 구비강 체액 등을 포함한 감염된 돼지의 모든 배설물들과 분비물들이 바이러스를 포함할 수 있고 바이러스는 여러 달 동안에 생존가능한 채로 남아 있을 수 있음⁴⁴.
- 임상 증상이 시작되기 2일전부터 상당한 양의 바이러스 배출이 시작될 수 있음⁴⁵.

3.2.3 야생 멧돼지의 전파

3.2.3.1. 아프리카 야생 멧돼지

- 아프리카 일부 지역에서는 ASF 바이러스가 야생 멧돼지(주로 흑멧돼지), *Ornithodoros* 종의 물렁진드기(연진드기) 등과 관련된 야생형/삼림형 전파(sylvatic cycle)로 보균됨. 어린 흑멧돼지는 그들의 굴에 존재하는 진드기에 의해 감염되며, 일시적인 바이러스혈증을 일으키고 일생 동안 무증상 상태로 감염된 채 남게 됨.

44 1)Forth JH, Forth LF, King J, Groza O, Hubner A, Olesen AS, et al. A Deep-Sequencing Workflow for the Fast and Efficient Generation of High-Quality African Swine Fever Virus Whole-Genome Sequences. *Viruses*. 2019;11(9). Epub 2019/09/14. doi: 10.3390/v11090846. PubMed PMID: 31514438.

2)Costard S, Mur L, Lubroth J, Sanchez-Vizcaino JM, Pfeiffer DU. Epidemiology of African swine fever virus. *Virus Res*. 2013;173(1):191-7. Epub 2012/11/06. doi: 10.1016/j.virusres.2012.10.030. PubMed PMID: 23123296.

45 Spickler AR. Factsheet African Swine Fever June 2019 [cited 2019 21 September 2019]. Available from: <http://www.cfsph.iastate.edu/DiseaseInfo/factsheets.php>.

- 바이러스혈증이 있는 어린 흑멧돼지를 먹고 사는 진드기는 이러한 바이러스에 감염됨. ASF 바이러스는 진드기들 사이에서 단계 간 그리고 상이한 자충기 사이에서 이성 간 그리고 종란 간 전파될 수 있음. 진드기 집단들은 최대 12개월 동안 ASF 바이러스 감염을 유지할 수 있음⁴⁶.
- 특정 지역의 흑멧돼지와 진드기 존재가 반드시 야생형/삼림형 전파(sylvatic cycle)의 존재를 의미하는 것은 아님. 야생형/삼림형 전파(sylvatic cycle)는 동부 및 남부 아프리카에서 흔하지만 서부 아프리카에서는 발생하지 않는 것으로 보임⁴⁷.

3.2.3.2. 유럽 멧돼지

- 유럽 멧돼지(*Sus scrofa*)는 양돈장 돼지와 유사한 발병 증상을 나타내고, 혈액, 배설물, 분비물 등에서 많은 바이러스를 발생시킴. 멧돼지 간 ASF 바이러스 전파는 감염된 동물, 오염된 표면, 사료, 음수 등과의 직접 혹은 간접 접촉에 의해 발생함. 또한 감염된 사체와의 접촉에 의해 감염될 수 있음⁴⁸.
- 이베리아 반도의 *O. erraticus*와 같은 *Ornithodoros* 진드기가 존재하는 장소에서는 매개물에 의한 전파가 발생할 수 있음⁴⁹.

46 Hess WR, Endris RG, Lousa A, Caiado JM. Clearance of African swine fever virus from infected tick (Acari) colonies. J Med Entomol. 1989;26(4):314-7. Epub 1989/07/01. doi: 10.1093/jmedent/26.4.314. PubMed PMID: 2769711.

47 1)Jori F, Bastos AD. Role of wild suids in the epidemiology of African swine fever. Ecohealth. 2009;6(2):296-310. Epub 2009/11/17. doi: 10.1007/s10393-009-0248-7. PubMed PMID: 19915917.

2)Jori F, Vial L, Penrith ML, Perez-Sanchez R, Etter E, Albina E, et al. Review of the sylvatic cycle of African swine fever in sub-Saharan Africa and the Indian ocean. Virus Res. 2013;173(1):212-27. Epub 2012/11/13. doi: 10.1016/j.virusres.2012.10.005. PubMed PMID: 23142551.

48 1)Costard S, Mur L, Lubroth J, Sanchez-Vizcaino JM, Pfeiffer DU. Epidemiology of African swine fever virus. Virus Res. 2013;173(1):191-7. Epub 2012/11/06. doi: 10.1016/j.virusres.2012.10.030. PubMed PMID: 23123296.

2)Dixon LK, Sun H, Roberts H. African swine fever. Antiviral Res. 2019;165:34-41. Epub 2019/03/06. doi: 10.1016/j.antiviral.2019.02.018. PubMed PMID: 30836106.

49 Perez-Sanchez R, Astigarraga A, Oleaga-Perez A, Encinas-Grandes A. Relationship between the persistence of African swine fever and the distribution of *Ornithodoros erraticus* in the province of Salamanca, Spain. Vet Rec. 1994;135(9):207-9. Epub 1994/08/27. doi: 10.1136/vr.135.9.207. PubMed PMID: 7998382.

3.2.4. 야생 멧돼지로부터 양돈장으로의 전파

- 흑멧돼지로부터 양돈장으로의 전파는 비교적 빈번하지 않고 야생동물 보호구역에 근접한 마을 농장에 국한됨. 흑멧돼지는 단기적인 바이러스 혈증을 나타내기 때문에 직접 전파 가능성이 낮음.
- 감염된 진드기에 의한 전파 가능성이 가장 높을 때는 돼지와 흑멧돼지가 방목 혹은 음수 지역을 공유할 경우 또는 진드기가 야생동물 고기에 의해 마을로 재유입 되는 경우임⁵⁰.
- 양돈장 돼지들은 멧돼지에 의해 쉽게 감염될 수 있음. 멧돼지는 방목 사육돼지가 없을 때에는 감염을 별로 일으키지 않지만 바이러스가 활발하게 순환하고 멧돼지들이 높은 밀도로 존재하며 방목 돼지들과 접촉하는 지역에서는 멧돼지들이 심각한 문제가 될 수 있음⁵¹.
- 멧돼지 집단은 국경들을 가로질러서 야생동물 통로로 이동할 수 있고 바이러스 확산의 중요한 메커니즘과 양돈장 돼지에 대한 감염의 보균자가 됨. 특히 유럽과 아시아에 걸친 ASF 확산이 이에 해당함.

50 1)Jori F, Bastos AD. Role of wild suids in the epidemiology of African swine fever. Ecohealth. 2009;6(2):296-310. Epub 2009/11/17. doi: 10.1007/s10393-009-0248-7. PubMed PMID: 19915917.

2)Thomson GR. The epidemiology of African swine fever: the role of free-living hosts in Africa. Onderstepoort J Vet Res. 1985;52(3):201-9. Epub 1985/09/01. PubMed PMID: 3911134.

51 Jori F, Bastos AD. Role of wild suids in the epidemiology of African swine fever. Ecohealth. 2009;6(2):296-310. Epub 2009/11/17. doi: 10.1007/s10393-009-0248-7. PubMed PMID: 19915917.

3.3. 잠복기

- 돼지에서 접촉 감염 이후 잠복기는 4-19일이며, 바이러스 균주에의 노출 강도에 달려 있음. 국제수역사무국(OIE)의 육서동물위생규약에서는 잠복기를 15일로 보고 있음⁵².
- 질병의 잠복기에 감염된 돼지들이 심각한 위험이 될 수 있는 경우는, 감염된 돼지들이 질병 임상 증상을 발현하기 전 최대 48시간 동안에 대량의 ASF 바이러스를 배출하는 경우임⁵³. 따라서 감염된 돼지들은 질병이 최초로 인지된 시점 이전에 이미 자연 환경과 다른 동물들로 바이러스를 전파했을 수 있음.
- 심급형 사례는 감염 이후 2일에 임상 증상이 발생할 수 있으며 만성 사례의 발견은 30일 이후에도 가능함.
- 바이러스의 체내 감염과 임상 결과에는 차이가 있음.

52 World Organization for Animal Health (OIE). Infection with African swine fever virus. 2019. In: OIE Terrestrial Animal Health Code [Internet]. World Organization for Animal Health (OIE). Available from: https://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_asf.htm.

53 Penrith ML, Vosloo W. Review of African swine fever: transmission, spread and control. J S Afr Vet Assoc. 2009;80(2):58-62. Epub 2009/10/17. doi: 10.4102/jsava.v80i2.172. PubMed PMID: 19831264.

3.4. 임상 증상과 사후 병변

- ASF는 상이한 임상 증상들과 병리학적 병변들을 초래할 수 있으며, 이는 바이러스의 독성, 감염 경로와 용량, 숙주 특성에 달려 있음⁵⁴. ASF는 (1) 심급성형(Peracute), (2) 급성형(Acute), (3) 아급성형(Subacute), (4) 만성형(Chronic)으로 구분됨. 일부 동물들은 어떤 임상 증상도 나타내지 않은 채 항체전환(seroconvert)될 수 있음. 멧돼지들은 양돈장 돼지와 동일한 급성 질병 증상을 나타내지만 피부 병변을 관찰하기 더 어려움.
- ASF 심급성 사례는 무증상에서 돌연 폐사로 나타남. 급성 증상은 우울, 식욕 감퇴, 발열($40\sim 42^{\circ}\text{C}$), 피하출혈(피하에 반점 발생) 및 높은 폐사율로 나타남. 일부 경우에는 혈변, 구토, 심지어 토사물에 혈액 출현, 임신 모돈은 일반적으로 유산함.
- 심급성형은 악성변종으로 치사율 100%이며, 급성형은 100%에 가까운 치사율, 아급성형은 30 - 70% 치사율을 나타내며, 만성형은 치사율이 낮음.
- ASF 바이러스가 농장에 처음 유입될 때 맹독성 바이러스 분리체에 의해 낮은 용량으로 유입될 경우, 최초 감염 동물들은 ASF의 비 특이적 증상과 낮은 열만 발생함⁵⁵. 수일 후 최초 감염동물에 의해 바이러스가 증폭된 후에는 다른 동물들이 (바이러스의 독성에 따라) 심급성형과 급성형으로 더 많이 악화됨.
- 전염성이 매우 높고 바이러스 배출 수준이 높기 때문에 일반적으로 양돈장 돼지 이병률(질병을 보유한 동물들의 비율, Morbidity)이 모든 형태의 질병에서 매우 높음.
- 사망률은 질병 형태에 따라 다름. 심급성 또는 급성 질병에 걸린 돼지들은 거의 회복되지 않음. 아급성형 질병에 걸린 돼지들은 3-4주 이내에 회복될 수 있지만 감염 후 최대 6주까지 바이러스를 배출할 수 있음⁵⁶.

54 Sanchez-Vizcaino JM, Mur L, Gomez-Villamandos JC, Carrasco L. An update on the epidemiology and pathology of African swine fever. J Comp Pathol. 2015;152(1):9-21. Epub 2014/12/03. doi: 10.1016/j.jcpa.2014.09.003.PubMed PMID: 25443146.

55 Pikalo J, Zani L, Huhr J, Beer M, Blome S. Pathogenesis of African swine fever in domestic pigs and European wild boar - Lessons learned from recent animal trials. Virus Res. 2019;271:197614. Epub 2019/04/07. doi: 10.1016/j.virusres.2019.04.001. PubMed PMID: 30953662.

56 Sanchez-Vizcaino JM, Mur L, Gomez-Villamandos JC, Carrasco L. An update on the epidemiology and

- 또 다른 질병을 같이 가지고 있는 돼지들은 저 독성 분리체(less virulent isolates)에 의해 죽을 가능성이 높음.
- 일부 생존 돼지, 무증상 감염 돼지, 만성 감염 돼지 등은 수개월 동안 감염이 지속된 채로 남을 수 있고 균주 독성에 따라 바이러스 전파를 할 수 있음⁵⁷. 최대 6개월 동안 감염된 동물 조직에서의 바이러스 생존기간은 감염된 사체의 위험 기간을 나타냄⁵⁸.
- ASF 바이러스의 자연 감염의 잠복기는 약 4일~19일임. 실험 조건에서 잠복기는 2일~5일로 단축될 수 있으며 잠복기의 길이는 감염된 바이러스 농도 및 경로와 관련이 있음⁵⁹. 최근 연구⁶⁰에 따르면, 근육주사 Pig/HLJ/18을 통하여 돼지를 감염시킨 이후 3일~4일에 발열 등 임상 증상이 나타남. 그리고 6일~10일 이내에 접종돈의 전부 발병 및 폐사가 나타남. 접촉 감염돈은 제9일부터 임상 증상이 나타나며 13일~14일부터 폐사함. 중국의 여러 양돈장이 감염된 이후 폐사율은 무려 90~100%에 달함. 양돈장은 최초로 발생 시에 심급성 및 급성 발병 사례로 대부분 나타나며 현재 만성 사례는 매우 보기 어려움. 질병이 유행하는 시간이 길어지면서 여러 만성 사례가 발생할 수 있으며 발병 장소는 분만 돈사, 임신 돈사의 모돈이 우선 발병되는 것으로 나타남. 여러 실제 사례 분석을 통하여 이러한 현상은 관리자와의 높은 접촉 빈도율과 관계가 있을 수 있음.

pathology of African swine fever. J Comp Pathol. 2015;152(1):9-21. Epub 2014/12/03. doi: 10.1016/j.jcpa.2014.09.003. PubMed PMID: 25443146.

57 1)Gallardo MC, Reoyo AT, Fernandez-Pinero J, Iglesias I, Munoz MJ, Arias ML. African swine fever: a global view of the current challenge. Porcine Health Manag. 2015;1:21. Epub 2015/12/23. doi: 10.1186/s40813-015-0013-y. PubMed PMID: 28405426; PubMed Central PMCID: PMC5382474.

2)Ikalo J, Zani L, Huh J, Beer M, Blome S. Pathogenesis of African swine fever in domestic pigs and European wild boar - Lessons learned from recent animal trials. Virus Res. 2019;271:197614. Epub 2019/04/07. doi: 10.1016/j.virusres.2019.04.001. PubMed PMID: 30953662.

58 Gallardo MC, Reoyo AT, Fernandez-Pinero J, Iglesias I, Munoz MJ, Arias ML. African swine fever: a global view of the current challenge. Porcine Health Manag. 2015;1:21. Epub 2015/12/23. doi: 10.1186/s40813-015-0013-y. PubMed PMID: 28405426; PubMed Central PMCID: PMC5382474.

59 Mebus et al., 1983

60 Dongming Zao et al., 2019

〈 표 3-1 〉 ASF의 상이한 독성 균주에 의해 초래되는 임상 증상과 주요 병변

구분	심급성형	급성형	아급성형	만성형
균주 독성	높음	높음과 중간 독성 균주	중간	중간에서 낮음까지
폐사(감염후 일수)	1 - 4	높은 독성: 3 - 8 중간: 11 - 15	20일 후	
일반적 임상 증상	식욕 부진, 무기력, 과호흡	식욕 부진, 무기력, 쇠약, 황와위. 일부 돼지들은 설사(초기에는 점액성 후기에는 혈액성), 변비, 구토를 발생시킬 수 있음.	급성형과 유사하지만 보다 덜 중증임	비특이적 증상, 간헐 미열, 식욕 부진, 우울증. 수척, 발육부진. 일부 돼지들은 호흡기 질환, 관절 부종, 기침을 발생시킬 수 있음.
열	높음 (41-42도)	높음 (40-42도)	중간에서 높음까지	불규칙 혹은 부재
피부	홍반	홍반. 청색증이 폐사 전 1 - 2일경에 관찰될 수 있음.	홍반	괴사 영역
림프절	-	대리석 무늬를 지닌 위간장, 신장 림프절	림프절의 대부분이 혈전과 유사함	부종
비장	-	총혈성 비장비대증	부분적 총혈성 비장비대증 혹은 병소 경색	정상 색채로 확대됨
신장	-	점상 출혈	점상 출혈	
폐	-	중증 폐포부종	-	늑막염, 폐렴
쓸개	-	점상 출혈	벽 부종	-
심장	-	심외막, 심내막의 출혈	심외막, 심내막의 출혈; 심낭수종	섬유소성 심막염
편도	-	-	-	괴사 반점
생식 변경	-	-	유산(통상적으로 최초 증상)	유산

자료 : Sanchez-Vizcaino JM, Mur L, Gomez-Villamandos JC, Carrasco L. An update on the epidemiology and pathology of African swine fever. J Comp Pathol. 2015;152(1):9-21. Epub 2014/12/03. doi: 10.1016/j.jcpa.2014.09.003. PubMed PMID: 25443146.

- ASF 임상진단은 일반 돼지열병(CSF), 고병원성 PRRS, 돈단독, 패혈성 살모넬라증, 전염성 흉막폐렴 등과 감별해야 함. 돈군에서 지속적인 돌연 폐사가 나타나고 임상 증상으로 구토 또는 폐렴, 눈점막 충혈, 출혈, 부검 시 비장이 검은색을 띠고 질감이 약해지거나 부어오르는 것은 대체로 ASF의 특징임. 확진을 하려면 실험실 진단이 필요함.

〈 표 3-2 〉 임상 확인 포인트

	피부	간장	폐장	비장	눈점막	장관	신장
ASF	귀가 자주색을 띠며, 피하에 청자색 반점	울혈	출혈, 수종	비장 비대, 어두운 자주색, 재질이 약해짐	홍조, 출혈(다수) 또는 창백	장막 출혈, 수종	출혈 지점, 재질 약해짐
일반 돼지 콜레라	피하 출혈 지점, 귀 부분 괴사		출혈, 수종	비장 경색	결막염	회맹 연결 부분 출혈, 맹장, 직장이 단추 모양으로 부어오름	출혈 지점, 재질 약해짐
고병원성 PRRS	귀가 자주색을 띠며		분산성 재질이 딱딱한 고무 모양	비장 경색	결막염		출혈 지점
돈단독	피부가 마름 모형을 띠는 돼지 단독(표면 돌출)		울혈, 수종	비장 비대			바늘 크기의 출혈 지점
패혈성 살모넬라증	귀 부분, 발부분, 꼬리 부분, 배 부분의 피부가 청색증	비대, 간 실질이 흩어진 크기가 1~2mm인 괴사 결핵 '파라티푸스 결절'	강화, 소염 간 수종, 절단면 기관지가 붉음	비장 비대, 어두운 자주색, 재질이 약해짐, '파라티푸스 결절'		직장 결정, 괴사 붉음	신장 울혈, 비대

자료 : 한국베링거인겔하임동물약품(주) 2020, '아프리카돼지열병 예방 및 관리지침' 재인용

제4장 글로벌 ASF 발생동향 및 지리적 분포

4.1. ASF 발생사 개관

- 아프리카 케냐에서 최초 보고된 이후 1920년대부터 아프리카에서 발생해 왔으며 사하라 남부 아프리카 대부분의 지역에 풍토병으로 존재하고 있음.
- 1910년과 1917년 사이에 실시된 연구들이 ASF가 높은 돼지 사망률을 가져오는 바이러스에 의해 야기되었으며, 돼지열병(Classical Swine Fever)과 다르다는 것을 실증하였음.⁶¹
- ASF는 이후 다른 동부 및 남부 아프리카 국가의 야생 멧돼지와 양돈장에서 발병함.
- 1970년대 중반까지 ASF는 남부 및 동부 아프리카 대부분의 국가들에서 흑멧돼지 또는 양돈장 또는 양자 모두에서 발병되었다고 보고됨.
- 1990년대에 사하라 사막 이남의 아프리카 전역에 걸쳐 ASF 발병이 증가하였음. ASF는 많은 국가들에서 계속 풍토병으로 존재하고 있음.
- 아프리카 외부에서 ASF의 최초 발병은 1957년에 아프리카 앙골라 지역에서 포르투갈 리스본으로 유입이 기록되었으며, 돼지 사육에 사용된 오염된 폐기물을 통해 ASF가 유입되었지만 신속하게 통제되었음.
- 1960년 ASF가 재유입된 후 이베리아 반도 전체로 확산되었고 확산세는 30년 이상 지속되었음⁶². ASF가 다른 유럽 국가들로 확산되었지만 1990년대 중반 사르디니아의 이탈리아 섬을 제외한 모든 유럽에서 사라졌음.

61 1)Penrith ML, Thomson GR, Bastos AD. African swine fever. In: Coetzer JAW, Tustin RC, editors. Infectious Disease of Livestock. two. 2nd edition ed. South Africa: Oxford University Press; 2004. p. 1088-119.

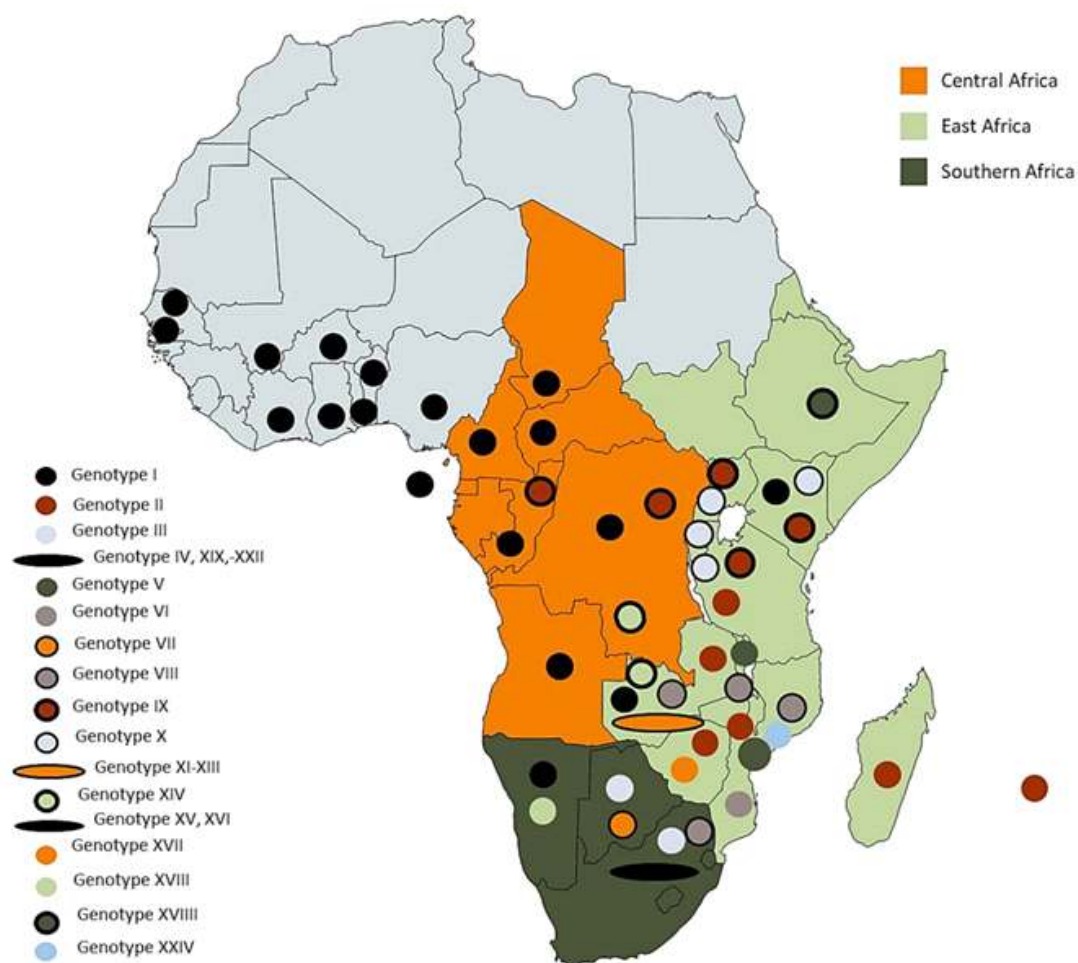
2)Montgomery RE. On a form of a swine fever occurring in British East Africa (Kenya colony). Journal of Comparative Pathology and Therapeutics. 1921;34:159-91.

62 Sanchez-Vizcaino JM, Mur L, Gomez-Villamandos JC, Carrasco L. An update on the epidemiology and pathology of African swine fever. J Comp Pathol. 2015;152(1):9-21. Epub 2014/12/03. doi: 10.1016/j.jcpa.2014.09.003. PubMed PMID: 25443146.

- 또한 이베리아 반도로부터 일부 카리브해 국가들과 브라질로 확산되었지만 1980년대 중반 살처분에 의해 그 지역들에서 사라졌음.
- ASF는 2000년대 초까지만 하더라도 아프리카와 사르디니아에 국한되어 국제적 관심을 받지 못했지만, 2007년 코카서스 지역 그루지아에 유입되면서 상황이 달라졌음.
- 2007년 그루지아(Republic of Georgia) Poti 항구에 들어온 선박에서 유래한 잔반을 인근 돼지에게 급이한 것을 계기로 ASF가 동유럽과 러시아에 유입되었음.
 - ASF는 그루지아 내부 및 러시아 연방을 포함한 이웃 국가들로 급속하게 확산되었음. 2012년에 우크라이나에서 ASF가 최초로 보고되었고, 발틱 국가들, 중부유럽, 벨기에에서도 ASF가 발생했다는 보고들이 이어졌음.
 - 최근에는 ASF의 전파가 발칸 지역을 향해 남쪽으로 이동하고 있는 것으로 보임.
 - 멧돼지가 ASF 전파에 중요한 역할을 했지만, 더 큰 확산은 사람들과 양돈장 사육돼지의 국제적 수송에 기인하였음. 일부 국가들은, 특히 양돈장의 경우 질병관리에 더 성공적으로 수행하고 있지만 멧돼지 집단에서 질병 관리가 어려운 것으로 나타나고 있음.
- 2018년 8월 아시아 최초로 중국에서 발생한 이후, 중국에서 급속도로 확산되었음.
- 아직도 많은 발병 사례가 중국으로부터 보고되고 있으며, 2019년에 몽골, 동남아시아, 한반도에서도 출현하였음. 최근에는 동티모르의 섬에서도 확인되었음.
- 모든 ASF 바이러스 유전자형들이 동부 및 남부 아프리카에서 확인되었지만 서부 아프리카에서는 유전자형 I이 우세하였음.⁶³ 유전자형 I은 1960년대와 1970년 사이에 유럽, 브라질, 카리브해 등에서 발병된 ASF에서 발견된 유일한 유전자형이었음.

63 Mulumba-Mfumu LK, Saegerman C, Dixon LK, Madimba KC, Kazadi E, Mukalakata NT, et al. African swine fever: Update on Eastern, Central and Southern Africa. Transbound Emerg Dis. 2019;66(4):1462-80. Epub 2019/03/29. doi: 10.1111/tbed.13187. PubMed PMID: 30920725.

- 그러나 2007년에 조지아에 유입된 바이러스는 유전자형 II였고,⁶⁴ 유라시아에서 현재 돌고 있는 유전자형 II 바이러스 데이터는 단일 유입을 보여주고 있음. 덜 치명적인 변종들도 산발적으로 보고되고 있지만, 이 바이러스는 매우 치명적임.



- 자료 1. Mulumba-Mfumum LK, Saegerman C, Dixon LK, Madimba KC, Kazadi E, Mukalakata NT, et al. African swine fever: Update on Eastern, Central and Southern Africa. *Transbound Emerg Dis.* 2019;66(4):1462-80. Epub 2019/03/29. doi: 10.1111/tbed.13187. PubMed PMID: 23142552.
- 자료 2. Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

< 그림 4-1 > 아프리카에서 확인된 ASF 바이러스 유전자형

64 Gallardo MC, Reoyo AT, Fernandez-Pinero J, Iglesias I, Munoz MJ, Arias ML. African swine fever: a global view of the current challenge. *Porcine Health Manag.* 2015;1:21. Epub 2015/12/23. doi: 10.1186/s40813-015-0013-y. PubMed PMID: 28405426; PubMed Central PMCID: PMCPCMC5382474.

4.2. 대륙별 ASF 전개 및 확산

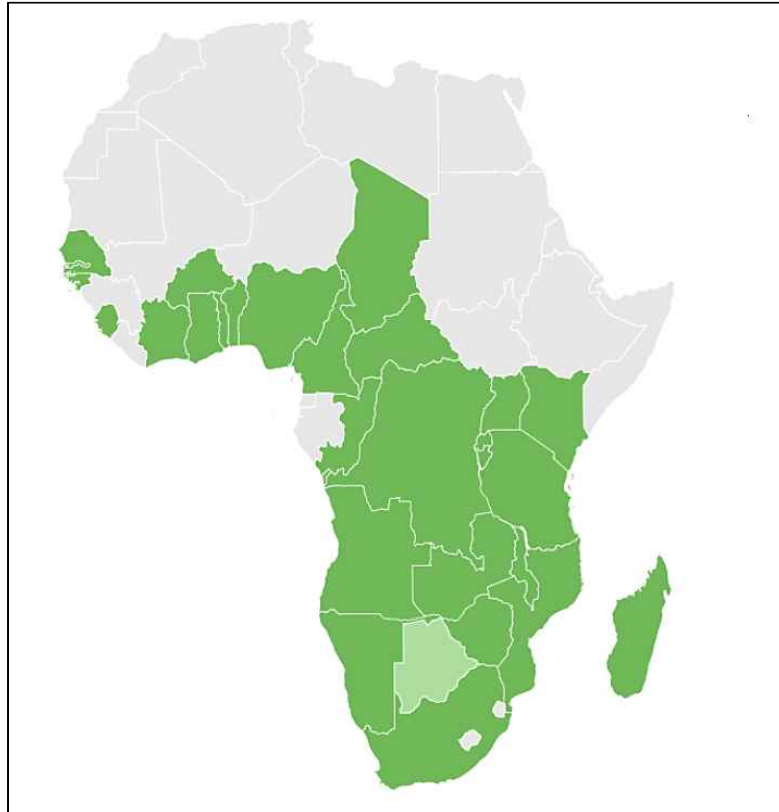
4.2.1. 아프리카

- 풍토병인 ASF는 사하라 사막 이남의 많은 아프리카 국가들에서 산발적으로 발병하고 있어 농촌지역 소규모 양돈농가뿐만 아니라 상업적 양돈장들에 많은 사회경제적 영향을 미치고 있음. ASF는 아프리카에서 돼지 생산에 가장 중요한 제약조건이 되고 있음.
- ASF는 1909년에 Kenya 정착민들의 돼지에서 최초로 관찰되었으나, 적어도 1700년대 초반부터 흑멧돼지와 진드기 간 야생형 전파(sylvatic cycle)가 존재했을 가능성이 있다고 제시되어 왔음.
- 1910년과 1917년 사이의 연구에 의하면 ASF 바이러스가 높은 돼지 사망률을 야기하는 것이 입증되었으나, 1921년 Montgomery는 돼지열병과 다르다는 연구 결과를 발표하였음.⁶⁵ 유사한 질병 사례들이 1912년과 1914년에 Zambia에서도 보고되었음.
- ASF는 1928년에 남아프리카에서 처음으로 보고되었으며, 1932년에 Malawi와 Angola에서 ASF에 대한 초기 보고들이 있었음. 1939년에 콩고민주공화국(Democratic Republic of Congo; DRC)에 출현이 알려졌고 1954년에 Mozambique에서 보고되었음. 1959년 이후 바이러스 분리체는 Senegal에 ASF 바이러스 출현을 가리키고 있음.
- 1970년대 중반 ASF는 남부 및 동부 아프리카 대부분의 국가들에서 흑멧돼지 또는 양돈장 또는 양자 모두에서 발병이 보고되었음.
- 1982년과 1985년에 Cameroon에서 2건의 ASF가 발생하였고, 바이러스의 유전자 특성은 ASF가 카리브해에서 카메룬으로 유입되었음을 시사하였음.

65 Montgomery RE. On a form of a swine fever occurring in British East Africa (Kenya colony). Journal of Comparative Pathology and Therapeutics. 1921;34:159-91.

- 1990년대에는 사하라 사막 이남(sub-Saharan Africa)을 통해 ASF 발병이 증가하였음. 1996년 코트디부와르(Côte d'Ivoire)의 ASF 발병이 1997년부터 2003년까지 ASF 발병이 없었던 국가들(Benin, Togo, Nigeria, Ghana, Burkina Faso)에 대유행으로 전환하였으며, Senegal, Gambia 및 Cape Verde에서 발병이 증가하였음. 오늘날에도 이 국가들에서 ASF가 사라지지 않고 있음.
 - ASF가 사라진 유일한 아프리카 국가들은 São Tomé e Príncipe와 Mauritius임. Mauritius는 2007년 ASF가 발병되었고 이 섬의 돼지 대부분이 폐사하거나 파멸된 후 ASF가 사라졌음.
 - Côte d'Ivoire에서는 오랫동안 ASF가 사라져 발병하지 않았으나, 2014-2015년에 신규 발병이 나타났고, 2017년부터 현재까지 다시 발병하고 있음.
 - Ghana는 1999년 ASF 유입 이후 1년 이내에 ASF 제거에 성공했지만, 이웃국가들로부터 ASF가 유입되거나 ASF가 풍토병이 되어 2002년 이후 반복된 발병으로 고통을 겪고 있음.
- 많은 아프리카 국가들, 특히 서부 및 중부 아프리카에서 흑돼지와 관련된 야생형 전파(sylvatic cycle)가 발생하지 않거나 확실하지 않고, 사람의 개입과 양돈장을 통한 전염 가능성이 더 개연성이 많은 것에 주목하는 것이 중요함.
- OIE에 의하면 2017년 이후 29개 아프리카 국가들의 양돈장 개체군에서 ASF가 발병되었거나 풍토병이 되었음.⁶⁶ 또한 Botswana에서 흑멧돼지의 산림 야생주기가 있으며, 이는 현재 ASF 바이러스에 감염된 아프리카 국가들이 적어도 30개국이라고 이라는 것을 의미함.

66 WAHIS Interface [Internet]. 2019. Available from: https://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/statuslist.



주. 짙은 녹색 : 2017년 이후 보고된 ASF, 연한 녹색 : 야생 주기 존재가 보고되지 않은 국가
 자료 1. https://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/statuslist.
 자료 2. Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전개서 재인용

< 그림 4-2 > 2017년 이후 OIE에 보고된 ASF 발병 아프리카 국가 현황

4.2.2. 유럽

- 아프리카 외 지역에서 ASF는 포르투갈에서 1957년 최초로 발병하였으며, 양골라산 돼지고기가 포함된 음식물 쓰레기를 리스본 공항 인근 돼지들에게 먹이면서 발생한 것으로 추정되고 있음.⁶⁷ 당시 발병이 신속하게 통제되었으나, 1960년에 재 유입되었고 전체 이베리아 반도로 확산되어 30년 이상 지속되고 있음.⁶⁸

67 Dixon LK, Sun H, Roberts H. African swine fever. Antiviral Res. 2019;165:34-41. Epub 2019/03/06. doi: 10.1016/j.antiviral.2019.02.018. PubMed PMID: 30836106.

68 Whitworth KM, Rowland RR, Ewen CL, Tribble BR, Kerrigan MA, Cino-Ozuna AG, et al. Gene-edited pigs are protected from porcine reproductive and respiratory syndrome virus. Nat Biotechnol. 2016;34(1):20-2.

- 포르투갈에서 ASF는 이탈리아, 프랑스, 몰타, 벨기에, 네덜란드 등 다른 유럽 국가들로 확산되었지만, 1990년대 중반 이탈리아 Sardinia섬을 제외하고 유럽에서 사라졌음. Sardinia는 계속해서 풍토병이 되고 있으며⁶⁹, 이는 전통적 방목 돼지와 높은 멧돼지 밀도를 포함한 여러 사회경제적 및 기타 위험 요인들에 기인하고 있음.⁷⁰
- 그루지아(Georgia)에서 ASF가 최초로 발생한 2007년에 새로운 범 유럽대륙 확산이 발생하여 유럽과 유라시아로 확산되기 시작하였으며, 현재까지 계속 발병하고 있음. OIE 통지와 별도로 유럽위원회 유럽식품안전국(EFSA)에서 ASF 발병 사안들의 업데이트 정보를 제공하고 있음.
- ASF 바이러스는 Poti의 흑해 항구에 정박된 선박에 선적된 감염된 돼지고기에 의해 그루지아로 유입된 것으로 보고 있음. 유전자형 II로부터 유래한 ASF 바이러스는 망가스카르(Madagascar)와 모잠비크(Mozambique)에 존재하는 유전자형과 상당한 관련이 있을 것으로 보임. 이것은 멧돼지에게 토착화되어 양돈장 발병을 유발한 것임.
- 양돈장 사육돼지의 19% 이상(약 60,000두)이 ASF 바이러스 유입 후 2개월 내에 감염되어 안락사시켰음. 그루지아는 여전히 ASF 발병이 지속되고 있음.⁷¹
- ASF가 그루지아에 유입된 후 코카서스(Caucasus)지역 전체로 확산되었고, 2007년 같은 해에 남부 Russia로 확산되었음. 이후 Russia에서 더 먼 북쪽과 서쪽으로 계속해서 확산되었고 그 지역에서는 양돈장과 멧돼지에서 여전히 ASF가 존재하고 있음.

Epub 2015/12/08. doi: 10.1038/nbt.3434. PubMed PMID: 26641533.

69 Costard S, Wieland B, de Glanville W, Jori F, Rowlands R, Vosloo W, et al. African swine fever: how can global spread be prevented? Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2009;364(1530):2683-96. Epub 2009/08/19. doi: 10.1098/rstb.2009.0098. PubMed PMID: 19687038; PubMed Central PMCID: PMC2865084.

70 Jurado C, Fernandez-Carrion E, Mur L, Rolesu S, Laddomada A, Sanchez-Vizcaino JM. Why is African swine fever still present in Sardinia? Transbound Emerg Dis. 2018;65(2):557-66. Epub 2017/10/14. doi: 10.1111/tbed.12740. PubMed PMID: 29027378.

71 Cwynar P, Stojkov J, Wlaziak K. African Swine Fever Status in Europe. Viruses. 2019;11(4). Epub 2019/04/03. doi: 10.3390/v11040310. PubMed PMID: 30935026; PubMed Central PMCID: PMC6521326.

- ASF는 2012년 우크라이나의 농장, 2013년 벨라루스 농장에서도 발병되었음. 2013년 이후 벨라루스에서 발병보고가 없었지만, 2014년에 멧돼지를 통해 우크라이나에 다시 출현했고 동 년 리투아니아(Lithuania), 라트비아(Latvia), 에스토니아(Estonia) 및 폴란드(Poland)의 멧돼지에서도 발병이 확인되었음. 2014년에 리투아니아, 라트비아 및 폴란드 내 양돈장에서 발병이 보고되었고 2015년에 에스토니아에서도 보고되었음. 우크라이나, 리투아니아, 라트비아, 에스토니아 및 폴란드는 계속해서 발병이 보고되고 있음.
- 몰도바(Moldova)는 2016년 OIE에 멧돼지 ASF 최초 발병을 보고하였고, 이후 양돈장에서도 발병되었음. 체코(Czech Republi)는 2017년에 ASF 바이러스 감염 멧돼지를 발견하여 수렵금지를 단행했으며, 극단적인 제한조치들을 마련하였음. 이 후 ASF는 양돈장에서 발병되지 않았고 멧돼지에서만 발병되었음. 2018년 하반기 이후 체코에서 더 이상 발병사례가 나오지 않고 있음.
- 루마니아(Romania)는 다른 유럽 국가들과 다른 ASF 역학을 보이고 있음. 2017년 7월 농가 돼지에서 ASF가 발병했으며, 발틱(Baltic) 국가들에서 ASF 대부분이 멧돼지에서 발병한 것과는 달리 루마니아에서는 대부분 양돈장에서 발병했음. EFSA는 2018년에 양돈장 1,163건과 멧돼지 170건의 발병을 보고했었으며, 2019년12월15일까지 양돈장에서 1,704건, 멧돼지에서 643건이 발병되었음. 루마니아에서 이런 특이한 상황이 왜 일어났는지에 대해 알려진 바는 없지만 아마도 사람 요인과 관련, 농장에서 감염 예방을 위한 효과적인 차단방역 절차들을 이행하지 못한 것으로 알려지고 있음.⁷²
- 헝가리(Hungary)와 불가리아(Bulgaria)는 2018년 최초로 멧돼지가 감염되었음. 벨기에도 2018년에 멧돼지가 ASF에 감염되었으며, 프랑스 및 룩셈부르크 국경의 제한지역에서만 발병했음. 정확한 감염원은 알려지지 않고 있지만 차량 및 오염된 제품 이동이 감염 원인으로 알려지고 있음.

72 Dixon LK, Sun H, Roberts H. African swine fever. Antiviral Res. 2019;165:34-41. Epub 2019/03/06. doi: 10.1016/j.antiviral.2019.02.018. PubMed PMID: 30836106.

- 헝가리, 불가리아 및 벨기에는 멧돼지에서만 ASF가 발병하였음.
- 더 최근에는 2019년 7월과 8월에 슬로바키아(Slovakia)와 세르비아(Serbia)에서 ASF가 발병하였음. Serbia의 발병은 ASF가 발칸 지역으로 확산될 수 있는 위험이 있기 때문에 큰 관심사가 되었음.
- 2020년 2월 그리스(Greece)는 Bulgaria 및 North Macedonia와의 국경에 인접한 북부 Greece 지역 세레스(Serres)의 양돈장에서 ASF 최초 사례를 보고했음. 정부는 지역으로부터 돼지고기 거래를 금지하고, 문제의 농장으로부터 반경 3km 이내에 위치한 모든 사육 돼지들을 살처분 했음.
- 라트비아에서 2020년 7월, 당해연도 처음으로 농장 돼지에서 ASF를 발견하였음. 이는 2019년 7월 이후 처음으로 ASF가 발견된 것으로, 당국은 농가에 방심하지 말 것을 당부했음.
- 라트비아식품수의국(FVS; the Latvian Food and Veterinary Service)은 라트비아 서부 Kuldiga지역 Gudenieki 농장에서 발견됐다고 밝혔음.
- 당국은 보호 및 예찰 구역에 있는 국내 양돈업자들이 돼지의 농장 간 이동은 물론 돼지와 돼지고기의 구역 밖 반출 금지를 상기시켰음. FVS는 또한 이 질병이 어떻게 농장에 유입되었는지 확인하기 위한 조사에 착수했음.
- ASF가 2014년 라트비아에 처음 발병한 이후, 많은 수의 멧돼지가 감염되었지만, 농장 돼지들의 발생 사례는 점점 더 희소해지고 있음.
- 2020년 들어 라트비아 내 농장 돼지에 가장 가까운 ASF 사례는 농장 돼지에서 1건 발생한 리투아니아와 6건이었던 폴란드에서 검출됐음.
- 라트비아에서는 이전에 농장 돼지에서 ASF가 발생한 적이 있음.
- ASF는 2020년 초부터 라트비아 내 165마리의 멧돼지에서 발견되고 있음.

< 표 4-1 > 2020년 2월10일까지 EU의 ASF 바이러스 발병 횟수

구분	국가	최근 발병일자	발병 횟수
양돈장	불가리아 (Bulgaria)	23/10/2019	41
	이탈리아 (Italy)	25/01/2019	1
	라트비아 (Latvia)	05/07/2019	1
	리투아니아 (Lithuania)	11/10/2019	19
	폴란드 (Poland)	11/10/2019	48
	세르비아 (Republic of Serbia)	11/09/2019	18
	루마니아(Romania)	13/12/2019	1,704
	슬로바키아 (Slovakia)	19/08/2019	11
	우크라이나 (Ukraine)	28/11/2019	42
	그리스 (Greece)	06/11/2019	1
합 계			1,886
야생멧돼지	벨기에 (Belgium)	13/11/2019	481
	불가리아 (Bulgaria)	10/12/2019	153
	에스토니아 (Estonia)	27/11/2019	77
	헝가리 (Hungary)	09/12/2019	1,474
	이탈리아 (Italy)	03/12/2019	47
	라트비아 (Latvia)	11/12/2019	350
	리투아니아 (Lithuania)	13/12/2019	453
	폴란드 (Poland)	13/12/2019	2,251
	루마니아 (Romania)	15/12/2019	643
	슬로바키아 (Slovakia)	10/12/2019	23
	우크라이나 (Ukraine)	04/11/2019	11
합 계			5,963

주 : 이탈리아에 대한 두 개의 항목은 사르디니아 발병을 의미하며 최근 유럽에서 유입된 것이 아님
 자료 : European Commission. Animal Disease Notification System(ADNS) 2019. accessed on 4th January 2020. https://ec.europa.eu/food/animals/animal-diseases/not-system_en

- 유럽, 특히 북부와 서부에서 가장 최근 발생한 ASF의 중요한 한 가지 특성은 질병이 멧돼지 집단에서 자체 유지주기(self-sustaining cycles)를 확립한 것임. 이는 멧돼지로의 유입이 사육돼지와 공동 감염과 확산에 의해 지속되지 않는다면 스스로 제약되었던 것으로서 전례가 없었던 것이었음.

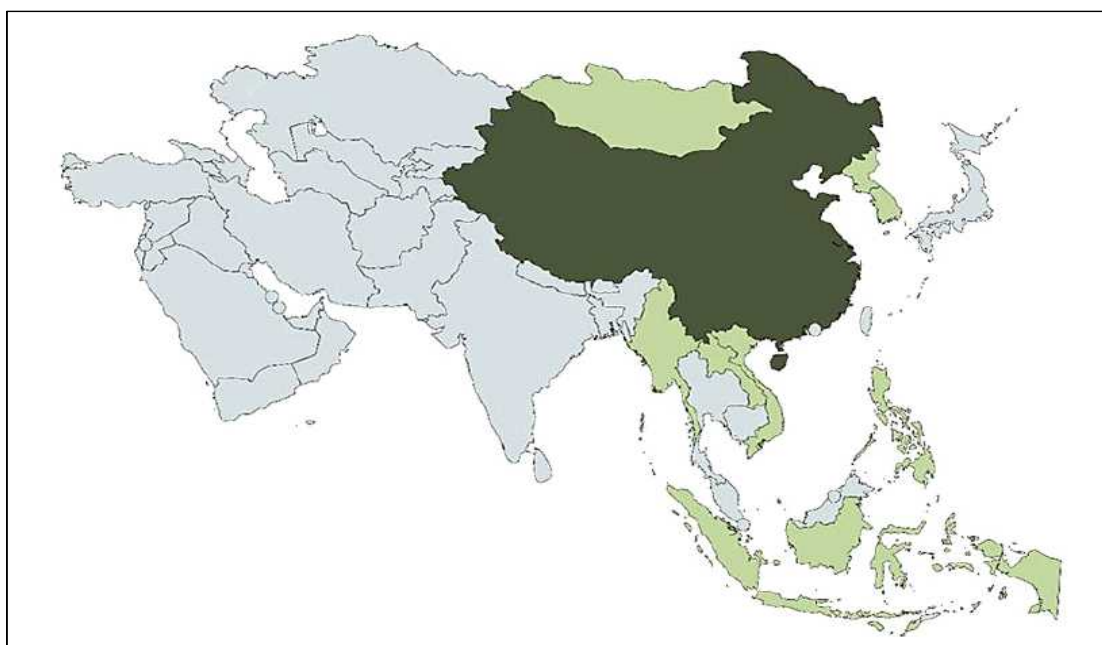
- 이제 멧돼지가 그 지역에서 ASF 바이러스 확산 및 유지에 중요한 역할을 수행하고 있다는 점이 인정되고 있음.
- 유라시아와 아시아 서부지역에서 ASF는 2007년에서 2011년 사이에 아르메니아(Armenia)의 발병과 아제르바이잔(Azerbaijan)의 2008년 발병사례가 있었음.
- 2008년12월에서 2009년 1월 사이 북서부 Iran의 멧돼지 집단에서 ASF가 확인되었으며, 그 수가 12,000-13,000마리에 달하는 것으로 추정됨.⁷³

4.2.3. 아시아

- 2018년 8월 중국에서 ASF가 최초로 보고되었고 급속히 확산되었음. 이후 ASF는 여러 다른 아시아 국가들에서 양돈장 돼지와 멧돼지에서 발병하였음.
- 2019년12월 ASF는 중국(China), 몽골(Mongolia), 베트남(Vietnam), 캄보디아(Cambodia), 홍콩(Hong Kong), 북한, 한국, 필리핀(Philippines), 라오스(Laos), 미얀마(Myanmar), 인도네시아(Indonesia) 및 동티모르(Timor Leste)에서 발병이 보고되었음.
- ASF는 일부 아시아 국가들에서 급속히 확산되고 있으며, 이들 국가들은 농가 돼지와 멧돼지가 혼하고 차단방역 조치들이 취약함.
- 중국 농업농촌부(MARA)가 2018년 8월 Shenyang시(북동부 Liaoning성 소재)에서 최초의 ASF 발병을 확인한 이후 36개성들과 지역들에서 165건의 ASF가 발병하였음.
- 중국정부는 추가 확산을 막기 위하여 약 1,193,000두의 돼지를 살처분하였음.
- 2019년 12월 중순 11개 행정구역에서 36건의 ASF가 발병하였으며, 계속되고 있음.

73 Rahimi P, Sohrabi A, Ashrafihelan J, Edalat R, Alamdari M, Masoudi M, et al. Emergence of African swine fever virus, northwestern Iran. Emerg Infect Dis. 2010;16(12):1946-8. Epub 2010/12/03. doi: 10.3201/eid1612.100378. PubMed PMID: 21122227; PubMed Central PMCID: PMC3294588.

- 약 2개월 전에 유사한 질병이 Shenyang시 교외 지역에서 발견되었기 때문에 Shenyang시 발병이 중국의 최초 사례가 아닐 수도 있음.⁷⁴
- 질병이 매우 빠르게 확산되었으며, 발병은 ASF 바이러스 유전자형 II에 의해 야기되었음.⁷⁵ 중국 정부는 ASF의 주요 전파경로로 살아있는 돼지 및 돼지고기 제품의 지역 간 수송(19%), 잔반 급여(34%) 및 사람과 차량 이동(46%)으로 추정하고 있음.
- 멧돼지가 중국에서 광범위하게 분포되어 있으며, 멧돼지에서의 발병이 보고되고 있음.



주 1. 진한 색 : 2018년 발병, 연한 녹색 : 2019년 발병

주 2. 일부 지방 또는 섬에서만 발병했을 경우에도 국가 전체를 채색함.

자료 : Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전게서 재인용

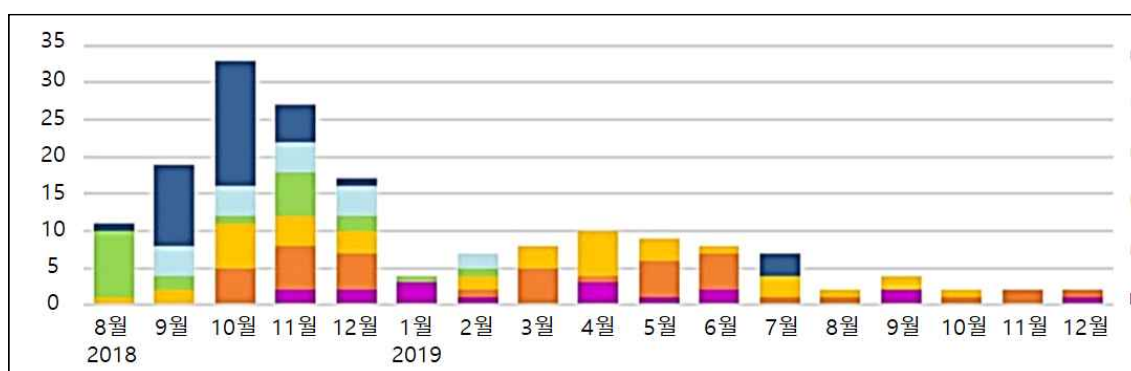
< 그림 4-3 > 2018년과 2019년 아시아의 ASF 발병 보고 국가들

- 중국 농업농촌부(MARA)가 2018년 8월 Shenyang시(북동부 Liaoning성 소재)에서 최초의 ASF 발병을 확인한 이후 36개성들과 지역들에서 165건의 ASF가 발병하였음.

74 Dixon LK, Sun H, Roberts H. African swine fever. Antiviral Res. 2019;165:34-41. Epub 2019/03/06. doi: 10.1016/j.antiviral.2019.02.018. PubMed PMID: 30836106.

75 Ge S, Li J, Fan X, Liu F, Li L, Wang Q, et al. Molecular Characterization of African Swine Fever Virus, China, 2018. Emerg Infect Dis. 2018;24(11):2131-3. Epub 2018/08/25. doi: 10.3201/eid2411.181274. PubMed PMID: 30141772; PubMed Central PMCID: PMC6199985.

- 중국정부는 추가 확산을 막기 위하여 약 1,193,000두의 돼지를 살처분 하였음.
- 2019년 12월 중순 11개 행정구역에서 36건의 ASF가 발병하였으며, 계속되고 있음. 약 2개월 전에 유사한 질병이 Shenyang시 교외 지역에서 발견되었기 때문에 Shenyang시 발병이 중국의 최초 사례가 아닐 수도 있음.⁷⁶
- 질병이 매우 빠르게 확산되었으며, 발병은 ASF 바이러스 유전자형 II에 의해 야기되었음.⁷⁷ 중국 정부는 ASF의 주요 전파경로로 살아있는 돼지 및 돼지고기 제품의 지역 간 수송(19%), 잔반 급여(34%) 및 사람과 차량 이동(46%)으로 추정하고 있음.
- 멧돼지가 중국에서 광범위하게 분포되어 있으며, 멧돼지에서의 발병이 보고되고 있음.



- 주 1. ■ : Northeast지역(Heilongjiang, Jilin, Liaoning)
 주 2. ■ : Hua North지역(Inner Mongolia, Beijing, Shanxi, Tianjin, Hebei)
 주 3. ■ : Hua East지역(Anhui, Fujian, Jiangsu, Jiangxi, Shanghai, Zhejiang, Shandong)
 주 4. ■ : Centralsouth지역(Henan, Hubei, Hunan, Guangdong, Guangxi, Hainan, Hong Kong)
 주 5. ■ : Southwest지역(Chongqing, Guizhou, Sichuan, Tibet, Yunnan)
 주 6. ■ : Northwest지역(Shaanxi, Qinghai, Gansu, Ningxia, Xinjiang)
 자료 1. Veterinary Bureau, MARA, China(actualy taken from FAO website
 자료 2. ASF situation in Asia update 14 November 2019.
 Available from: http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/empres/ASF/situation_update.html.
 자료 3. Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 전게서 재인용

< 그림 4-4 > 중국의 월별 ASF 발병 마을 수

76 Dixon LK, Sun H, Roberts H. African swine fever. Antiviral Res. 2019;165:34-41. Epub 2019/03/06. doi: 10.1016/j.antiviral.2019.02.018. PubMed PMID: 30836106.
 77 Ge S, Li J, Fan X, Liu F, Li L, Wang Q, et al. Molecular Characterization of African Swine Fever Virus, China, 2018. Emerg Infect Dis. 2018;24(11):2131-3. Epub 2018/08/25. doi: 10.3201/eid2411.181274. PubMed PMID: 30141772; PubMed Central PMCID: PMC6199985.

〈 표 4-2 〉 중국 정부의 ASF 전파요인 분석

자 료	생축 운송	잔반 급여	사람, 차량	원인 불명	합계
'18.10 중국농업농촌부 기자간담회	9건(35%)	13건(50%)	4건(15%)		26건
'18.11 중국농업농촌부 뉴스브리핑	13건(19%)	23건(34%)	32건(46%)		68건
'18.12 중국 CCTV 취재	14건(16%)	32건(37%)	35건(40%)	6건(7% ⁷⁸)	87건
'19.4 중국정부 주관 ASF 국제회의 중국연구자 발표	16건(14%)	49건(44%)	46건(42%)		111건

자료 : 농림축산검역본부 ‘국내 양돈산업 발전과 가축전염병 예방을 위한 아프리카돼지열병(ASF) 표준교육자료’ 2019.09.06

- 몽골(Mongolia) 최초의 ASF는 2019년 1월 보고되었으며, 현재까지 6개 주(province)와 울란바토르(Ulaanbaatar)에서 11건의 ASF 발병이 보고됨. 몽골에서는 총 사육두수의 10% 이상인 3,115마리 이상의 돼지들이 ASF 발병으로 폐사하거나 살처분 되었음.
- 동남아시아 최초의 발병은 2019년 2월 베트남에서 보고되었음. ASF는 베트남 내 63개 성(province) 전체로 확산되었고 8,000건 이상의 발병이 보고되었음. 이로 인해 약 6백 만 두의 돼지들이 살처분 되었음.
- 캄보디아는 2019년 4월 ASF 발병이 최초로 확인되었으며, 현재까지 5개 행정구역에서 13건의 발병이 보고되었음. 모든 발병이 해결된 것으로 보고되었음.
- 홍콩에서는 2019년 5월 3건의 발병이 보고되었음. ASF 바이러스는 예찰시스템 대상 중 하나인 도축장 돼지들에서 추출한 조직 샘플에서 검출되었으며, 모든 ASF 발병이 해결되었음.
- 북한에서는 2019년 5월 최초로 ASF의 발병이 확인되었음.

78 파악불가요인 : 감염돈 불법 판매, 하천으로 폐사체 버리는 행위 등

- 라오스(Laos)는 2019년 6월 Salavan성(Province)에서 최초로 ASF 발병을 확인했고 141건 이상의 발병이 18개 성 모두에서 보고되었음(FAO에 의하면 165건 발병).

〈 표 4-3 〉 2018년 이후 OIE에 보고된 아시아태평양 지역의 ASF 바이러스 발생 건수
(2019년12월19일까지)

국가	총 발병횟수	진행 중인 발병	영향을 받는 행정구역 비율(%(구역/총))	총 동물 손실
캄보디아	13	0	20(5/25)	3,673
중국	165	36	100(31/31)	378,806
홍콩	3	0	100(1/1)	4,163
인도네시아	392	392	3(1/35)	28,136
대한민국	58	58	17(3/18)	26,999
북한	1	1	9(1/11)	99
라오스	141	141	94(17/18)	38,773
몽골	11	0	29(6/21)	2,855
미얀마	4	4	7(1/15)	72
필리핀	40	40	7(6/83)	53,611
러시아(아시아대륙)	74	17	5(4/81)	2,853
동티모르	100	100	100(1/1)	405
베트남	8,429	8,273	100(63/63)	5,828,136
총 계	9,431	9,062	-	6,368,581

주. 손실은 발병으로 공표된 감염 전제 중 죽었거나 살처분된 동물에 기준해 계산되었음. 발병 주변의 예방적 살처분과 같은 추가 통제 조치들에 대한 정보는 포함되지 않았음. 이는 다른 출처들에 의해 보고된 여타 동물 손실 수와의 차이를 설명함.

자료. OIE - Situational updates of ASF in Asia and the Pacific, <http://rr-asia.oie.int/en/projects/asf/situational-updates-of-asf-in-asia-and-the-pacific/>, accessed on 4th January 2020., Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전세서 재인용

- 필리핀은 2019년 7월 ASF 발병이 시작되었고 현재까지 총 40건이 발병했으며 모두 Luzon섬에서 발생했음.
- 미얀마는 2019년 8월 ASF의 최초 사례를 보고하였으며, 지금까지 총 4건의 발병이 보고되었고 여전히 진행 중임.

- 한국에서는 2019년 9월에 국경의 비무장지대로부터 멀지 않은 지역에서 최초로 ASF가 확인되었으며, 별도의 절에서 상술함.
- 동티모르(Timor Leste)는 2019년 9월 최초의 발병을 보고했고 총 100건의 발병이 현재 까지 보고되었음.
- 인도네시아는 최초 발병을 North Sumatra주에서 2019년 9월로 발표하였지만, 2019년 11월까지 확인되지 않았음. 2020년 2월, 인도네시아와 국제적 매체들은 지역에서 거의 수 천 마리의 돼지들이 죽었다고 보고했음. 정보는 발리 농업 및 식량안보국(Balinese agriculture and food security authorities)에서 나왔으나, 불과 며칠 후 발병이 의심되며, 실험실 결과가 공표되는 3개월 후에 확인될 수 있다고 보고되었음.
- 2020년 4월 인도 당국이 ASF의 첫 발병 사례를 확인했음. Assam주 생산자들은 2,000 마리 이상의 돼지가 바이러스 증세를 보인 뒤 폐사한 후 발생 가능성에 대해 경보를 받았음. Atul Bora 주 농업부장은 검사 결과 양성으로 인도가 아시아 국가 중 12번째로 ASF 피해를 입은 것으로 나타났다고 밝혔음.
- 이번 발병은 Assam이 2019년 약 210만 마리의 사육두수로 인도 최대의 돼지 생산 주라는 점에서 더욱 심각함. 바이러스는 이미 ASF의 영향을 받고 있는 미얀마 및 중국과 국경을 접하고 있는 Arunachal Pradesh주에서도 발견된 것으로 알려졌다.
- 돼지 보호를 위해 이웃 인도 주들은 다른 지역 돼지 반입을 금지했음. 앞서 Assam주는 ASF가 의심되는 6개 지구(districts)에서 돼지와 돼지고기의 판매와 이동을 금지한 바 있음. 돼지들은 피해 지역에서 도살되고 있으며 관계자들은 질병을 막기 위해 어떤 조치를 취해야 하는지에 대해 논의하고 있음.
- 협회는 현재 정부가 동물을 임의로 도살하거나 대량으로 도살하기로 결정하지 않은 것은 비교적 좋은 소식이며, 우선 구역별 샘플검사가 실시될 것이라고 밝혔음.

- Assam주 정부에 보낸 서한에서, NEPPFA는 돼지를 도살해야 하는 농민들에 대한 보상을 요청했음.
- 육종동물들의 경우, 협회는 생체 무게 당 INR300(4달러)을 요구하고 있는 반면, 비육 동물에 대한 보상은 이 금액의 절반이 될 것임.

4.2.4 미주

- 미주지역 내 브라질(Brazil), 쿠바(Cuba), 도미니카 공화국(Dominican Republic) 및 아이티(Haiti)에서만 발병이 보고되었으며, 1980년대 초에 질병이 사라졌음.⁷⁹
- 쿠바는 1971년에 ASF를 보고한 카리브해의 최초 국가였으며, 스페인으로부터 유입된 것으로 알려짐. 쿠바에서 마지막 발병은 1980년이었음.
- 도미니카 공화국에서는 1978년, 아이티는 1979에 최초 발병하였음. 도미니카 공화국은 1981년, 아이티는 1984년에 마지막으로 발병하였음.⁸⁰
- 브라질에서 ASF는 스페인 혹은 포르투갈로부터 항공편의 음식물 쓰레기 또는 관광객에 의해 수입된 제품 등을 통해 1978년에 유입되었음. 브라질에서는 1981년에 마지막으로 발병하였음.

4.2.5 오세아니아

79 1)Sanchez-Vizcaino JM, Mur L, Gomez-Villamandos JC, Carrasco L. An update on the epidemiology and pathology of African swine fever. J Comp Pathol. 2015;152(1):9-21. Epub 2014/12/03. doi: 10.1016/j.jcpa.2014.09.003.PubMed PMID: 25443146.

2)Costard S, Wieland B, de Glanville W, Jori F, Rowlands R, Vosloo W, et al. African swine fever: how can global spread be prevented? Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2009;364(1530):2683-96. Epub 2009/08/19. doi: 10.1098/rstb.2009.0098. PubMed PMID: 19687038; PubMed Central PMCID: PMC2865084.

80 Costard S, Wieland B, de Glanville W, Jori F, Rowlands R, Vosloo W, et al. African swine fever: how can global spread be prevented? Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2009;364(1530):2683-96. Epub 2009/08/19. doi: 10.1098/rstb.2009.0098. PubMed PMID: 19687038; PubMed Central PMCID: PMC2865084.

- 오세아니아에서는 ASF가 발병한 적이 없었음. 그러나 2019년 9월 동티모르에서 ASF가 출현하면서 상당한 우려를 야기했음.
- ASF가 파푸아뉴기니에서 2020년 3월 처음으로 발견됨으로써 이 질병이 호주와 뉴질랜드에 훨씬 더 가깝게 접근했음. 이 바이러스가 의심된 것은 2020년 초에 336마리의 돼지들이 Southern Highlands주 Mendi에서 폐사했을 때였음. 샘플들이 호주에서 검사되기 위해 추출되었으며, 결과들이 양성으로 판명되었음. 봉쇄 조치들이 마련되었지만 인근 국가들의 경험은 파푸아뉴기니 정부가 이 질병 봉쇄에 어려울 수 있다는 것을 시사하고 있음. 파푸아뉴기니 농업부 장관 John Simon은 최초 ASF 발생들이 국경 지역이라기보다 내륙 지방에서 발견되었기 때문에 놀랐다고 밝혔음.
- ASF가 2019년에 인도네시아와 동티모르(Timor Leste)에서 검출된 이후 파푸아뉴기니는 비상경계 태세에 돌입했음. FAO는 2019년에 파푸아뉴기니에 대한 대응 임무를 수행했으며, 이때에 파푸아뉴기니 정부는 돼지들이 파푸아뉴기니에서 차지하는 높은 사회적 및 문화적 가치를 설명했었음. 소농 농장 돼지들의 경우 문화적 가치 사슬은 소농 돼지들의 전통적인 상업적 돼지고기 가치 사슬에 비해 훨씬 더 큼.
- 별도의 전개로 사모아(Samoa)는 이 질병의 유입을 예방하기 위해 ASF에 의해 발병된 국가들로부터 모든 돼지고기 제품들의 수입을 중단했음. 솔로몬 제도는 한 걸음 더 나아가 이들 국가로의 모든 돼지고기 수입을 중단했음. 솔로몬 제도 농업부(MAL)는 현재 ASF로부터 청정 상태인 호주와 뉴질랜드로부터의 돼지고기 수입에 관해서는 상당한 신축성을 고려할 수 있다고 밝혔음. MAL의 축산수의서비스국장 Barny Keqa는 ASF가 중요한 상업적 양돈 산업국들에 극심한 영향을 미칠 뿐만 아니라 솔로몬 제도의 농장주들과 같은 소규모 농장주들에게도 재앙적일 수 있다고 지적하였음. 그는 소농들이 효과적인 예방(즉, 생물보안) 및 통제 전략들을 시행할 가능성이 더 낮기 때문에 엄청난 손실이 보통 더 빈약한 양돈업자들에 부과될 수 있다고 주장했다.

4.3 한국의 ASF 발생 현황

4.3.1 한국에서의 최초 발생

- 2019년 9월17일, 경기도 파주시 소재 돼지농장에서 최초로 ASF가 발생한 후, 파주, 연천, 강화, 김포, 철원 지역으로 확산되고 있음.⁸¹ 2018년 이후 중국, 동남아시아 등 주변국에서 ASF가 확산되자 방역당국이 국경검역 강화, 축산농가 및 야생멧돼지 모니터링 강화 등의 조치를 취하였으나 결국 한국에서도 ASF가 발생하였음.

4.3.2 국내 양돈 농장에서의 ASF 발생상황

- 2019년 9월17일 첫 번째 발생 농장에서 약 33km 떨어진 경기도 연천군 소재의 모돈 350두 사육규모 농장에서 추가 발생이 이어졌음. 증상을 보면 거의 동시에 두 농장에서 발병하였음.
- 2019년 9월 3일, 경기도 김포시 통진읍 가현리에 있는 농장에서 3번째 의심신고가 접수되었음. 농장주는 모돈의 유산과 사료 섭취 저하 증상을 발견하여 김포시에 의심신고를 하였음.
- 2019년 9월23일, 경기도 파주시 적성면 자장리 1200두 규모의 농장에서 의심신고가 접수되었으며, 다음날인 24일 4차 양성 농장으로 확진되었음. 1차 발생이후 파주 지역이 이동제한이 되고 있는 상황이었음에도 추가 발생하였다는 것은 역학적으로 이전에 발생한 농장이 원발성 농가가 아닐 수도 있다는 추측을 가능하게 하였음.

⁸¹ 2019년 9월13일부터 모돈에서 발열 증상이 확인되었고 9월16일 치료 중이던 모돈이 폐사하였음. 농장주가 농장에서 폐사한 모돈을 직접 부검하여 ASF의 대표적 임상 증상 중 하나인 비장 종대와 출혈을 확인하고 9월 16일 검역본부로 신고하였음. 대부분의 전염병이 자돈이나 비육돈에서 시작되어 폐사가 일어나는 것에 비해 ASF는 모돈에서 먼저 증상이 나타나고 폐사가 발생하여 빠른 신고가 가능하였음.

- 2019년 9월23일, 5차 발생이 인천시 강화군 송해면 신당리 400두 규모 농가에서 일어났음. 이후 강화군에서 여러 건이 추가로 발생하게 되며, 모든 발생 농장이 북한과 가까운 곳에 위치하고 있어 북한으로부터의 바이러스 전파가 의심되었음.
 - 많은 전문가들이 바이러스에 감염된 야생 멧돼지, 야생조류, 곤충들이 휴전선을 통해 전염시키는 것으로 의심하고 있음.
- 6차, 7차, 8차, 9차가 강화도의 불은면, 삼산면, 강화읍, 하점면에서 발생하였음. 이에 따라 인천시에 소속된 강화군의 38,000두와 경기도의 김포지역 4,000두의 돼지가 한꺼번에 살처분되었음.
- 10차, 11차, 12차가 파주시의 농가에서 발생하였음.
- 그 중 11차 농가는 파주 적성의 흑돼지 농가로 잔반 급여가 의심되었음.
 - 10차와 12차는 모돈에서 식불 증상이 관찰되어 신고된 사례임
- 13차 발생이 2019년 10월 2일 김포 통진의 2,800두 사육 일괄농장에서 확인되었음.
- 2019년 10월 9일 경기도 연천군 신서면의 자돈 4,000두를 생산하는 농가에서 ASF가 발생하였음. 연천군에서 20일이 지난 후에 추가로 발생한 농장으로 ASF의 최장 잠복기를 고려하더라도 기존 농장에서 전파된 것이 아닌 별도의 오염원을 통해서 추가로 감염된 사례로 판단되었음.
- 이후 양돈 농장에서의 추가 발생이 없는 상황임.

4.3.3 야생 멧돼지에서의 ASF 발생상황

- 2019년 10월 3일 경기 연천군 신서면 비무장지대 내에서 국내에서는 처음으로 야생 멧돼지 사체에서 ASF 바이러스가 검출되었음.
- 이 사실은 사육 농장이 아닌 자연으로 바이러스가 전파되었다는 것과 국내에서 바이러스를 완전히 제거하기 어려울 수 있고 ASF 바이러스가 장기적으로 존재할 수 있다는 것을 의미함. 이때부터 야생 멧돼지에 대한 이동 저지를 위한 철책선과 야생 멧돼지 개체 수를 감소시킬 수 있는 방안들이 본격적으로 논의되었음.

〈 표 4-4 〉 한국의 지역별, 월별 멧돼지 ASF 발생현황

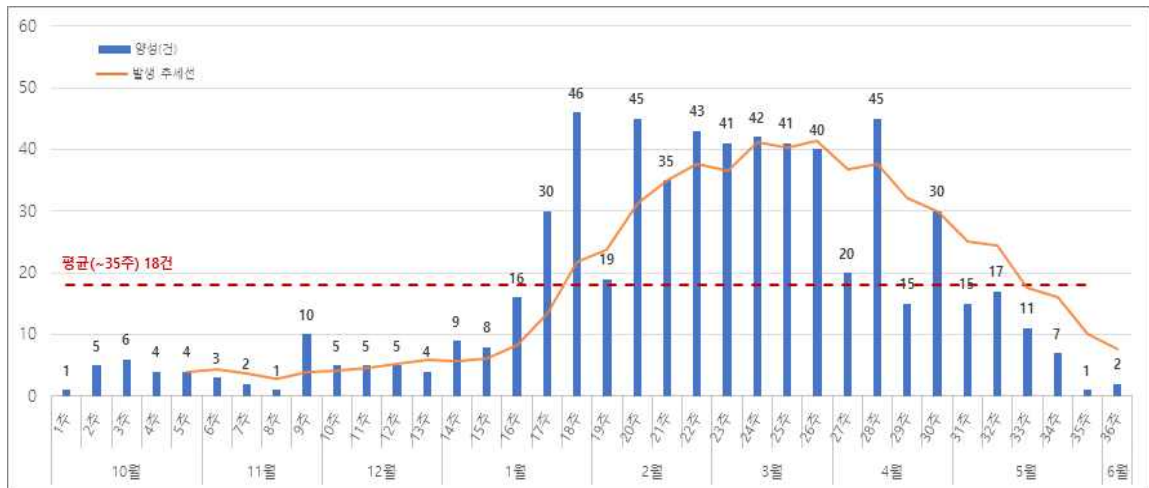
ASF 발생(건수)		파주	연천	철원	화천	양구	고성	포천	계
'19년	10월	5	7	6	-	-	-	-	18
	11월	6	2	7	-	-	-	-	15
	12월	8	10	4	-	-	-	-	22
	소계	19	19	17	-	-	-	-	55
'20년	1월	27	20	2	34	-	-	-	83
	2월	22	45	3	73	-	-	-	143
	3월	17	94	1	77	-	-	-	189
	4월	11	52	6	38	3	3	2	115
	5월	2	24	-	18	-	1	1	46
	6월	-	4	-	4	-	-	-	8
	소계	79	235	12	240	3	4	3	584
총계		98	258	29	244	3	4	3	639

자료 : 아프리카돼지열병 중앙사고수습본부 보도자료(2019년10월~2020년 6월)

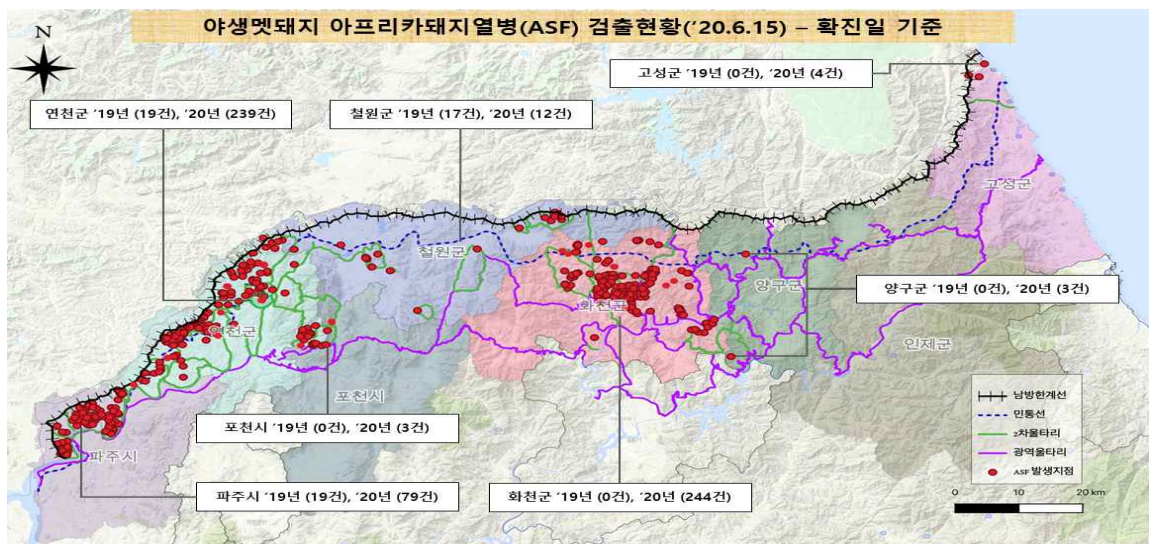
- 2019년 10월 2일 이후 현재까지 639건이 발생되었음.⁸²
- 전체 16개 시도 177개 시·군·구의 멧돼지 시료 중 파주, 연천, 철원, 화천, 양구, 고성, 포천 등 7개에서만 ASF 바이러스가 양성으로 검출되었음.
- 지역별 양성건수(검출율)은 연천 258건(%), 화천 244건(%)이 제일 높았으며, 파주 98건(%), 철원 29건(%), 양구 3건(%), 고성 4건(%), 포천 3건(%) 순으로 나타났다.⁸³

82 아프리카돼지열병 중앙사고수습본부 6.10 보도참고자료 ‘야생멧돼지 아프리카돼지열병(ASF) 발생상황 및 동향분석’

- 폐사체 발견 건수도 지속적으로 줄어들고 있어 3월 326건, 4월 273건에 비해 5월은 139건으로 감소하였음. 이는 멧돼지 개체수 감소 및 출산 이후 이동성 저하 등의 원인에 의한 것으로 분석됨.⁸⁴



〈 그림 4-5 〉 한국의 야생멧돼지 ASF 발생 감소 동향 분석

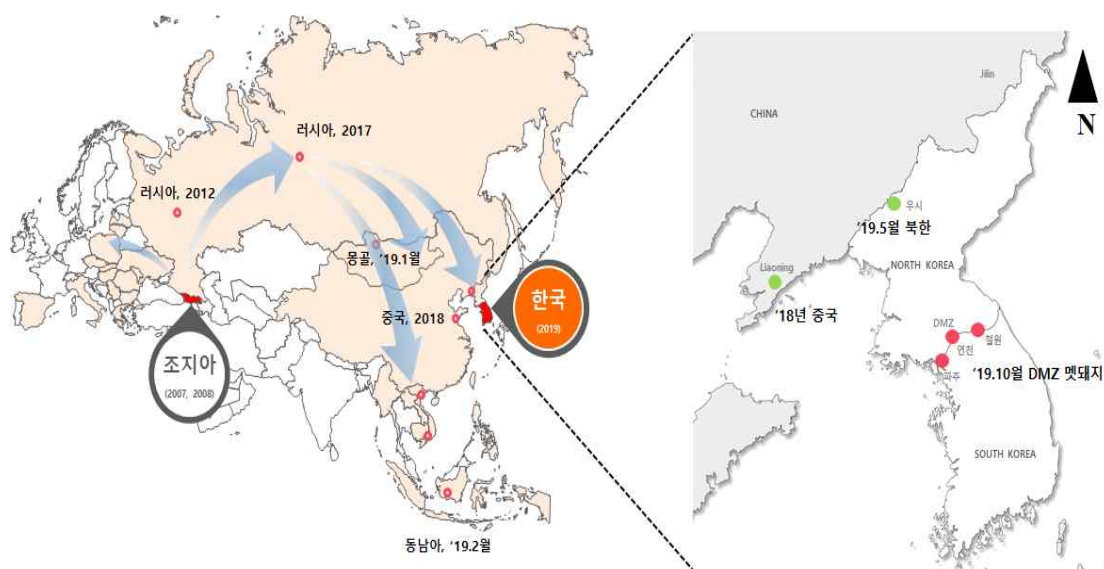


〈 그림 4-6 〉 한국 국내 야생멧돼지 ASF 검출현황 (2020.06.15.까지 확진일 기준)

83 아프리카돼지열병 중앙사고수습본부 6.16 보도참고자료 ‘야생멧돼지 아프리카돼지열병(ASF) 확산차단을 위한 대응강화’

84 아프리카돼지열병 중앙사고수습본부 6.10 보도참고자료 ‘야생멧돼지 아프리카돼지열병(ASF) 발생상황 및 동향분석’

- 유전자 분석 결과 국내 야생 멧돼지에게서 검출된 500여 건의 ASF 바이러스는 모두 유전형 II(Genotype II)⁸⁵로 확인되었음.⁸⁶ 이는 러시아와 중국 등에서 유행하고 있는 ASF 바이러스와 동일한 것임.



자료 : ‘야생멧돼지 아프리카돼지열병 역학조사 중간결과 공개’ 환경부 2020. 5. 7. 보도자료

< 그림 4-7 > 한국의 ASF 바이러스 유입 추정경로

- 야생 멧돼지 ASF의 국내 유입경로는 러시아와 중국에서 유행 중인 ASF 바이러스가 비무장지대 인근 접경지역으로 유입된 것으로 추정됨.
- 최초 유입 및 확산 양상을 분석한 결과 철원, 연천, 파주는 모두 남방한계선 1km 내에서 발생이 시작됨. 초기 발생지점과 남방한계선 간 거리(폐사 추정인 기준)는 9월 26일 철원 0.4km, 9월 30일 연천 0.5km, 10월 9일 연천 1km, 10월 11일 파주 0.2km였음.
- 2020년 4월 3일 처음 확진된 고성군도 남방한계선에 근접(약 0.2km)한 지점에서 ASF 바이러스가 검출되었으며, 2월 실시한 비무장지대 환경조사에서도 바이러스가 검출됨.

85 ASF 바이러스 유전형(현재까지 25개의 유전형이 확인됨)은 단백질을 생성하는 p72 일부 유전자의 염기서열로 분류하며, 유전형 II는 동유럽(조지아공화국)에서 발생하여, 유럽과 아시아 지역(중국, 러시아, 몽골, 베트남 등)으로 전파됨

86 환경부 2020. 5. 7. 보도자료 ‘야생멧돼지 아프리카돼지열병 역학조사 중간결과 공개’

- 비무장지대를 출입하는 차량(2020.02.05., 파주)과 비무장지대 내 물웅덩이(2020.02.13., 양구)에서도 ASF 바이러스 유전자가 검출되었음.
 - 한국의 국내 유입경로는 하천, 매개동물, 사람 및 차량 등의 가능성이 있으나, 정확한 유입경로 규명을 위해서는 추가적인 조사가 필요함.
- 한국의 국내 유입 이후 발생지역 내에서 전파 경로는 주로 감염된 멧돼지 또는 폐사체 접촉인 것으로 조사되었음.
- 멧돼지 간 전파는 가족집단 내 얼굴 비빔, 잠자리 및 먹이공유 등의 행동과 번식기의 수컷 간 경쟁 또는 암수 간의 번식행동 시 멧돼지 간의 접촉을 통해 일어남.
 - 비빔목, 목욕장 등 멧돼지 생활환경이 감염 개체의 분뇨, 타액 등으로 오염된 경우 이를 이용하거나 접촉하는 과정에서도 바이러스가 전파됨.⁸⁷
 - 멧돼지가 감염된 폐사체의 냄새를 맡거나 주변 흙을 파헤치고 폐사체에 생긴 구더기를 섭취하는 과정에서도 감염될 수 있음.
 - 기존 발생지역에서 멀리 떨어진 곳(7~33km)에서 새롭게 발생한 화천군 풍산리, 연천군 부곡리, 양구군 수인리 등 일부 사례는 수렵활동이나 사람, 차량 이동 등 인위적 요인이 영향을 미쳤을 것으로 추정되며, 향후 전파 경로에 대해서는 면밀한 조사가 필요한 것으로 나타남.⁸⁸

87 2019.12.03.~2020.04.06. 목욕장, 분변, 토양, 나뭇잎 등 32건의 환경시료에서 ASF 바이러스 유전자가 검출됨.

88 2003년 독일에서 조사된 자료에 따르면 수렵은 자연전파 보다 최대 7배 이상 확산을 유발할 수 있다고 보고함(Wildlife Biology 9(Suppl 1), 2003년 1월).

제5장 통제 방법

- ASF 치료가 가능한 백신이나 치료제가 없어 최선의 통제 방법은 예방과 조기 검출임.
- 통제 원칙이 모든 곳에서 적용된다고 해도 실행 세부사항들은 질병의 역학 현황(풍토병 여부 등)과 지배적인 돼지 사육 유형(전통적, 즉, 농가 자급자족형 대 상업적 유형)에 따라 국가 또는 지역에 따라 다름.
- 일단 ASF가 확인된 경우, 동일한 통제 조치가 적용됨.
- 모든 국가나 지역이 예방, 대비 및 통제 계획을 세우고, 적절한 법적체계에 의해 지원 받는 것이 매우 중요함.

5.1. 예방

5.1.1. 농장 수준에서의 예방

5.1.1.1. 상업적 농장의 ASF 예방

- 상업용 농장으로 ASF 유입 예방이 가장 중요한 차단방역 조치로 다음과 같음.
- 담장 (멧돼지들이 존재하는 지역에서 멧돼지-방어용)
- 방문자들과 차량 진입 제한
- 전용 의복 및 신발 사용
- 사체의 안전한 처분
- 잔반을 포함한 잠재적 오염 사료 사용 금지
- 새로운 동물 유입은 검역소와 잘 알려진 공급원을 경유해야 함

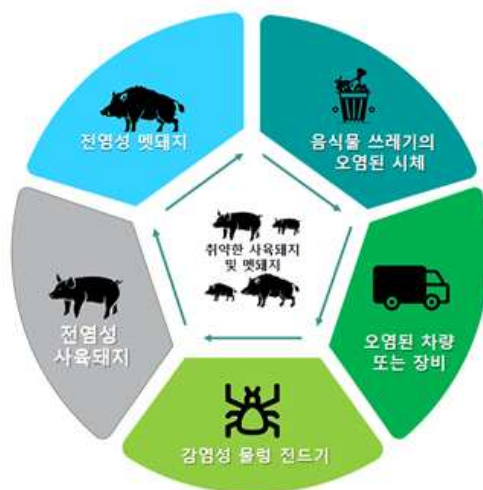
- 상업적 농장주와 자급자족형 농장주는 다른 차원에서 차단방역 조치들을 채택하고 실행할 수 있어야 함.
- 그러나 자급자족형 농장에서도 예를 들어 한 농장에서 돼지 10두를 폐쇄된 우리에서 사육하는 중부유럽 또는 한 농장에서 3두의 돼지를 방목하는 동아프리카의 농장 간에 큰 차이가 있음을 유념하는 것이 중요함.

5.1.1.2. 자급자족형 농장의 ASF 예방

- 자급자족형 사육의 경우에 주요 차단방역 조치들은 다음과 같음.
 - 잔반 급여 금지
 - ASF 바이러스 노출 위험 지역에서 수확된 신선 사료 금지
 - 신뢰할 수 있고 인증된 공급원으로부터 돼지 매입
 - 돼지 축사에 가두기 및 축사에 대한 접근을 동물 관리자들로 제한
 - 전용 신발 및 의복 사용과 식품의 농장 내 반입 금지
 - 죽은 동물의 적절한 처분
 - 멧돼지에서의 ASF 위험이 있는 지역에서는 효과적인 살균제가 돼지 축사 입구 주위에 반복 살포되어야 함
 - 돼지 관리자들의 타 농장 방문 회피⁸⁹
- 아프리카, 아시아 및 남미 국가들의 많은 빈곤한 지역사회에서 발생하는 것처럼 돼지들이 자유롭게 방목하는 빈곤한 소농의 경우, 차단방역 조치 시행이 매우 어려움.
 - 야생주기(the sylvatic cycle)가 있는 아프리카는 공유된 방목 혹은 음수 지역 사용을 포함, 흑멧돼지 및 그들의 환경과의 접촉을 최소화하여야 함.

89 Gordon RK, Kotowski IK, Coulson KF, Link D, MacKenzie A, Bowling-Heyward J. The Role of Non-animal Origin Feed Ingredients in Transmission of Viral Pathogens of Swine: A Review of Scientific Literature. Front Vet Sci. 2019;6:273. Epub 2019/09/12. doi: 10.3389/fvets.2019.00273. PubMed PMID: 31508430; PubMed Central PMCID: PMCPMC6714588.

- 이상적으로 진드기 피해를 막기 위해 견고한 벽 혹은 이중 둘레 담장 내에 돼지 수용.
- 전통적 방목 시스템 시장에서 돼지 구입과 멧돼지 공유 관례들을 금지.



자료 : Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전게서 재인용

< 그림 5-1 > ASF 감염원

5.1.1.3. 오염된 사료의 위험과 사료첨가제를 이용한 ASF 예방

- 사료를 위해 사용되는 오염된 밀짚 또는 원료가 ASF-감염 멧돼지의 체액이나 분변에 의해 오염될 수 있는 위험이 존재함.
- 사료는 제조 혹은 후처리과정 동안 오염될 수 있음.
- 상이한 사료 성분들의 실험적 감염을 통해 ASF가 콩가루, 콩깻묵, 콜린(choline)을 포함한 여러 성분들에서 발견될 수 있다는 것이 증명됨.⁹⁰
- 미국 농무부(USDA)는 동물 원료가 아닌 사료 성분들과 돼지의 바이러스성 병원체 전파에 관한 문헌 리뷰를 최근에 실시했음. 그러나 여전히 많은 지식 공백이 존재함.⁹¹

90 Dee SA, Bauermann FV, Niederwerder MC, Singrey A, Clement T, de Lima M, et al. Survival of viral pathogens in animal feed ingredients under transboundary shipping models. PLoS One. 2018;13(3):e0194509. Epub 2018/03/21. doi: 10.1371/journal.pone.0194509. PubMed PMID: 29558524; PubMed Central PMCID: PMC5860775.

91 USDA, Animal and Plant Health Inspection Service. Literature Review: Non-animal Origin Feed

- 특히 감염된 돼지 또는 감염이 의심되는 돼지로부터의 부산물이 대량사료에 사용되지 않는 것이 중요하며, 돼지 부산물이 사료공장에서 사용되어서는 안 됨.
 - 돼지가 예방 조치로 살처분될 경우, 그러한 돼지의 부산물을 사용함으로써 일부 부가 가치를 회복하려는 유혹이 매우 클 수 있지만 피해야 함.
 - 사료가 농장에서 사용되기 전 가능한 오랫동안(적어도 30일) 사료를 저장하는 것이 좋은 실천임.
-
- 돼지유행성설사(PED)와 같은 다른 바이러스들로부터 유래하는 위험과 완화 전략들에 관한 정보는 직접적으로 비교 불가능함.
 - 실제로 대량의 물질로부터 소량의 바이러스를 검출할 수 있는 검증된 사료와 사료성분 진단분석 및 표본추출 기법의 결여가 사료 또는 사료성분들의 오염 여부 결정에 한계가 있음.⁹²
-
- ASF 전염의 위험 완화를 위해 사료첨가제 사용하는 효과성 논의들이 있어 왔음.
 - 미국에서 포르말린(formaldehyde)이 돼지 병원균들 영향 완화에 대해 승인되었으며, 포르말린-기반 제품들로 Sal CURB(Kemin Industries)와 Termin-8(Anitox) 2개가 있음.
 - 2개 제품 모두 바이러스가 아닌 살모넬라균 중(*Salmonella spp*)의 예방에 대해 상표화되어 있음. 유기산(organic acids), 중쇄 지방산(medium chain fatty acids), 정유(精油; essential oil) 등이 연구 중에 있으며, 현재까지 ASF 통제를 위해 미국 FDA나 EU에서 승인된 제품은 없음.

Ingredients and the Transmission of Viral Pathogens of Swine ; March 2019. p. 1-62. Available from: https://www.aphis.usda.gov/animal_health/downloads/animal_diseases/swine/non-animal-origin-feed-ingredientstransmission-of-viral-pathogens.pdf

92 Gordon RK, Kotowski IK, Coulson KF, Link D, MacKenzie A, Bowling-Heyward J. The Role of Non-animal Origin Feed Ingredients in Transmission of Viral Pathogens of Swine: A Review of Scientific Literature. Front Vet Sci. 2019;6:273. Epub 2019/09/12. doi: 10.3389/fvets.2019.00273. PubMed PMID: 31508430; PubMed Central PMCID: PMC6714588.

- 2019년에 ASF 바이러스가 오염된 사료에서 긴 여정을 견뎌낼 수 있다고 제시했던 미국 Kansas주립대학교에서 2020년 7월, 사료를 통해 ASF가 확산될 위험이 다른 첨가제들을 사용함으로써 줄일 수 있다고 주장하였음.
- 지금까지, 어떤 연구도 사료 성분의 ASF 바이러스 불활성화에 대해 보고된 효능을 강조하지 않았음. 현재 ASF 방어에는 강화된 방역차단과 살처분이 포함됨.
- Transboundary와 Emerging Diseases에 발표된 K-State 연구자들의 새로운 연구는 두 종류의 액상 사료첨가제 즉, 중쇄 지방산 기반 첨가제(medium-chain fatty acid-based additive)와 포름알데히드 기반 첨가제(formaldehyde-based additive)를 조사했음.
- 연구원들은 첨가제들이 세포 배양과 사료 성분들에서 ASF 바이러스에 대한 효능을 시험했으며, K-State는 두 화학 첨가제 모두 일반적으로 복용량(dose) 의존 효능을 뒷받침하는 데이터로 바이러스 감염성을 감소시킨 증거를 증명했다고 말했음.
- K-State팀을 담당하는 수의대 진단병리학 Megan Niederwerder 교수는 새로운 연구보고서에서 시험관내 세포배양모델(in vitro cell culture model)과 사료 성분의 대양횡단 수송모델(transoceanic shipment model)에서 ASF 바이러스 불활성화에 대한 사료첨가제 효능을 평가하는 새로운 데이터를 보고하였음. 이는 사료와 성분들을 통한 ASF 바이러스 유입과 전염의 잠재적 경로 위험을 완화하는 것과 관련하여 양돈 산업에 귀중한 정보를 제공할 것임.
- 대학 측은 가능할 때 바이러스가 없는 국가로부터의 성분 조달, 고위험 성분 유지시간 적용 및 사료공장 내 일관된 방역차단 프로토콜 구현을 포함한, 사료 내 ASF 바이러스 위험을 줄이는 다각적인 접근방식이 필요하다는 연구 결과를 수립할 필요가 있다고 주장하였음.
- 이 연구는 돼지건강정보센터(the Swine Health Information Center)와 캔자스주국립바이오및농업방위시설기금(the State of Kansas National Bio and Agro-defense Facility Fund)에서 자금을 지원받았음.
- 2019년 K-State는 ASF 바이러스가 오염된 사료에서 긴 여정을 견뎌낼 수 있다고 제시했음.

5.1.2. 국가 수준에서의 예방

- 한 국가에 대한 ASF 유입에서 더 큰 위험은 차량을 포함한 오염된 장비 혹은 불법 또는 우발적으로 유입된 폐기된 돼지고기 제품에서 옴.
- 세계 일부 지역에서 야생 멧돼지 또한 아프리카의 흑멧돼지 및 유럽의 멧돼지와 같은 중요한 전파 경로가 되어왔음.

- 국경 수준의 우수한 차단방역 실행들, 엄격한 국경 통제, 해외여행자들의 인식, 돼지고기를 함유한 국제적 식품 또는 식품 잔여물의 안전한 처분이 모두 한 국가로 유입되는 ASF 위험을 최소화하기 위해 단행될 수 있는 조치들임.
- 예를 들어 미국에서 모든 국제 쓰레기는 동식물건강검역소(APHIS)⁹³ 감독 하에 적절하게 처분되어야 하고, 승인된 소각 시설로 밀봉되어 운반되어야 함.
- 많은 국가들에서 당국이 공항, 항구, 기차역에 전시될 포스터 및 그래픽을 제작해 왔음. 특히 당국들은 사람들에게 돼지고기를 반입하지 못하도록 경고하고 있음.
- ASF 감염국에서 도착하는 승객은 특히 세관에서 식품 품목 신고를 경고받고 있음.⁹⁴ 그럼에도 국경 지역 또는 야생 멧돼지 집단들이 국경을 가로질러 서식지를 공유하는 지역에서 효과적인 국경 통제가 어려울 수 있음.

- 농장주, 수의사, 기술자, 양돈 산업 관계자 및 심지어 일반 대중 사이에 인식을 제고하는 것이 예방과 통제의 핵심 요소인 조기 탐지를 위해 중요함.
- 많은 국가들이 전문가 포럼이나 방송매체를 통해 인식을 형성해 왔으며, 정부 기관들 뿐만 아니라 기득권을 지닌 전국 돼지고기 생산자협회들 또는 양돈 산업 관련 단체들과 기업들에 의해 행해짐.

93 The Animal and Plant Health Inspection Service

94 Loeb J. Defra taking action to prevent African swine fever in the UK. Veterinary Record. 2019 1 August 2019.

- 멧돼지에서 ASF 예방이 중요한 과제임. 주요 예방 조치는 ASF가 멧돼지 집단에 유입되기 전에 가능한 한 가장 낮은 밀도로 유지하기 위하여 개체수를 관리하는 것임.⁹⁵
- 일부 국가들이 더 구체적인 조치들을 단행할 수도 있음.
 - 덴마크의 경우, ASF 바이러스에 감염된 멧돼지 유입을 피하기 위해 독일과의 국경에 43마일(70km)의 멧돼지를 막는 담장을 건설하였음. 이를 위해 1,200만 달러를 들여 50cm 깊이의 1.5m 담장을 만들었음.
 - 덴마크는 1,200만 두 이상의 돼지를 사육하고, 연간 17억 달러의 돈육 제품을 수출하는 등 양돈 산업이 46억 달러의 가치가 있음.
 - 담장은 사슴이 뛰어오를 수 있을 정도로 낮지만 멧돼지를 충분히 막을 정도로 높음. 그러나 일부 환경론자들이 담장이 다른 야생동물들을 교란시킬 것이라 주장하고 있음.⁹⁶
- 중국이 COVID-19 압력 동안 지속되는 ASF 황폐화와 싸우기 위해 새로운 전술을 고안했음. 2020년은 중국의 13차 5개년 계획이 끝나는 해로, 중국은 코로나바이러스 대유행의 결과에도 불구하고 이 제안에서 정한 목표 달성을 지향할 것임.
 - 중국 국무원과 농업농촌부(Ministry of Agriculture and Rural Affairs ; MARA)는 2020년 농업 생산을 확보하기 위한 목표와 지침을 명확히 했음. 축산 및 동물약품 분야의 중요한 목표는 다음과 같음.
 - ① 돼지고기 생산 회복 속도 향상
 - ② 가축 및 가금류 폐기물의 이용 및 재활용
 - ③ 축산업 고도화 및 변혁
 - ④ 동물 전염병 예방 및 통제 역량 강화
 - ⑤ 복수의 제품군에 걸친 품질 및 안전관리 강화

⁹⁵ Guberti V, Khomenko S, Masiulis M, Kerba S. African swine fever in wild boar - ecology and biosecurity. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), World Organisation for Animal Health (OIE) and European Commission. ; 2019. Available from: <http://www.fao.org/3/ca5987en/CA5987EN.pdf>.

⁹⁶ Denmark builds anti-pig border fence amid swine fever fears. BBC News. 2019.

- 중국은 ASF로부터 국가의 회복을 보장하기 위해 3년간의 돼지 생산 회복 액션플랜을 실행할 것임. 이를 통해 양돈농가의 환경영향평가, 저금리 대출 및 건축공사 보조금 지원에 관한 정책들을 지원할 예정임.
- MARA는 돼지 생산에 대한 모니터링을 개선하고 농민들이 이용할 수 있는 기술 지원 강화를 목표로 하고 있음.

- ASF를 예방하고 통제하기 위한 지속적인 노력이 모니터링, 검사, 소독, 운송 감독과 사료 속의 음식폐기물 금지에 초점을 두고 계속될 것임. MARA는 또한 ASF 백신에 중점을 둔 공동 연구가 가속화될 것이라고 밝혔음.
- 중국은 또한 더 광범위한 동물건강 분야를 위해 현대적인 가축 사육시스템 구축과 선진적인 전염병 예방 수단 확립에 주력할 것임. 후자의 과제는 동물약품의 안전성과 품질을 모니터링하기 위해 더 강력한 감독 채택을 포함함.
- MARA는 사료 첨가제와 동물약품의 불법 사용에 대한 금지를 유지할 것임. 또한 동물약품 제품의 사용과 감독 강화는 물론, 병든 동물에 대한 민간 도축과 가공에 대한 단속도 강화함. 국가는 개선된 동물약품 잔류물 관리와 항균 내성 모니터링 또한 자리잡기를 희망하고 있음.
- 중국은 또한 전통적인 동물약품 제품들의 개선된 축적을 구축하는 것뿐만 아니라, 더 높은 수준의 동물 사육과 건강 달성을 돕기 위해 디지털 기술을 추구하고 있음.

- 새로운 지침에서, MARA는 기술 조직과 산업 간 협력을 장려했을 뿐만 아니라, 국제적 동물약품 제공자들과 더 깊은 관계를 맺을 것을 요구했음. 많은 선도적인 동물약품 기업들이 이미 중국에 진출해 있지만, 이제 그들은 판매 기반을 강화할 기회를 얻을 수 있을 것임. 또한, 이것은 일부 동물약품 분야 중견 기업들에게 중국으로 가는 길을 제공할 수도 있음.
- MARA의 연간 계획도 동물약품의 등록 절차 가속화를 목표로 할 것이라고 밝혔으며, 이는 국제적 기업들에게 또 다른 잠재적 혜택임.

- ASF와 별도로, 중국은 다른 동물 질병 대처에도 총력을 기울이고 있음. 여기에는 구제역과 고병원성 조류인플루엔자가 포함됨. 정부는 동물 질병에 대한 지역적 관리뿐만 아니라 법 집행과 실험실의 생물안전 관리에 대한 감독 개선을 목표로 하고 있음.

5.1.3. 지역 차원의 예방

- EU에서는 the working document SANTE/7113/2015를 통해 지역사회의 ASF 관리에 대한 전략적 접근방법을 제시하고 있음. 이 문서는 ASF가 발병된 EU국가들뿐만 아니라 유입 위험에 처한 국가들도 대상으로 하며, 개별 농장 범주, 즉, 상업적 농장, 비상업적 농장 및 야외 농장에 대한 최소한의 차단방역 조치들을 포함하고 있음.
- 또한 수렵인들 및 멧돼지 사체 탐색과 처리를 담당하는 직원들에 대한 최소한의 차단방역 요구사항들을 설정하고 있음.
- 아프리카에서는 아프리카연합-동물자원국(the African Union - Inter African Bureau for Animal Resources; AU-IBAR)이 UN식량농업기구(FAO), 국제축산연구소(ILRI)와 함께 아프리카의 ASF 통제 지역 전략을 2017년 발표하였음.⁹⁷
- 이 전략은 ASF가 더 이상 지속적인 돼지 생산과 농촌 발전을 저해하지 않거나 생계를 위협하지 않는 아프리카 대륙의 공유된 비전을 제시하며, 아프리카에서 식량 및 영양 확보, 빈곤 완화, 부 창출 및 경제 성장에 기여하고자 함.
- 또한 아프리카 돼지 산업에 대한 ASF의 영향 축소를 포괄적 목표로 중점을 둔 일관적이고 통일적이며 응집력 있는 계획을 수립하고 있으며, 구체적으로 ① 감염된 국가들에서 ASF 통제 ② 감염되지 않은 국가들로 ASF의 유입 방지를 목표로 하고 있음.

97 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), African Union - Inter African Bureau for Animal Resources (AU-IBAR), International Livestock Research Institute (ILRI). Regional strategy for the control of African swine fever in Africa. Accra2017. Available from: <http://www.auiabar.org/component/jdownloads/viewdownload/77-sd/3026-sd-20170731-control-strategy-africa-en>.

- 북미에서는 미국, 캐나다 및 멕시코의 최고 수의책임자들이 2019년 8월에 회동하여 3개국 간 ASF 관련 협력을 위한 새로운 북미 ASF 대응 특화 전략 토대를 마련하는데 합의하였음. 후속 조치는 3개국 정부 및 산업 대표들로 구성된 북미 ASF 실무 그룹을 형성하는 것임.⁹⁸

5.1.4. 글로벌 차원의 예방

- OIE, FAO와 같은 국제기구들이 중요한 역할을 수행하고 있음.
- The Global Framework for the Progressive Control of Transboundary Diseases (GF-TADs)는 국경을 넘는 동물 질병들의 예방, 탐지 및 통제를 달성하고, 특히 질병들의 오리지널 및 글로벌 차원들을 다루기 위한 FAO와 OIE의 공동 구상임.⁹⁹
- GF-TADs는 국경을 넘나드는 동물 질병들과의 싸움에서 지역 동맹에 특정 질병들에 대한 전문적 통제를 위한 역량 강화 제공과 프로그램 수립을 지원하는 권한을 부여하는 촉진 장치임. ASF는 글로벌 중점 질병들 중 하나로, GF-TADs는 유럽과 아시아와 같이 다른 지역들에서 ASF 예방 및 통제 조치들을 조정하는 적극적 역할을 수행함. 또한 홈페이지에 이용 가능한 여러 유용한 문서들을 제공하고 있음.
- OIE는 세계적으로 동물 건강 향상을 책임지고 있는 정부 간 조직임.
- 기준 설정 역할에서 OIE는 육상동물건강규약(the Terrestrial Animal Health Code) 공포 및 업데이트하며, ASF에 대해 취해진 예방조치를 포함하여 육상 동물들과 그들을 이용한 제품들의 국제 무역에 대해 위생안전 보장 기준을 제시함.¹⁰⁰

⁹⁸ USDA, Animal and Plant Health Inspection Service. Canada, Mexico and U.S. plan North American strategy for African swine fever prevention and preparedness. 2019. Available from: https://www.aphis.usda.gov/aphis/newsroom/stakeholder-info/sa_by_date/2019/sa-08/afs-joint-statement

⁹⁹ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Global Framework for the Progressive Control of Transboundary Animal Diseases.

- ASF를 포함하여 육상동물에 대한 진단검사 및 백신(Diagnosis and Vaccines for Terrestrial Animals) 매뉴얼¹⁰¹에서 국제적으로 합의된 실험실 기법들을 기술함으로써 질병 진단에 대한 조화된 접근방법을 제공하고 있으며, 회원국 요청에 따라 ASF 통제를 위한 글로벌 계획(a global initiative for the control of ASF)을 출범시키고 있음.
- 계획은 국가, 지역 및 국제 수준에서 동반자관계와 협동을 개발 및 개선하며, 조화를 이루도록 GF-TADs 장치를 적용할 것임.
- 목표는 질병을 통제하고, 국가들의 예방 및 대비 노력을 강화하며, 동물 건강, 동물 복지 및 국제 무역에 대한 부작용을 최소화하려는 것임.

- FAO 역시 ASF에 적극적으로 관여하고 있음.
- FAO는 여러 국가들에 ASF에 대한 신속 평가 사명(mission)을 보냈고, ASF 관련 기술협력 프로그램들 및 역량 구축 노력에 참여해 왔으며, 사냥 중 멧돼지의 아프리카돼지열병과 차단방역 핸드북과 같은 여러 중요한 문서들을 발표하였음.¹⁰²
- 업데이트된 뉴스들과 활동들은 FAO ASF 홈페이지 상에서 확인 가능함¹⁰³.

- 글로벌 연구 노력 : ASF에 관해 연구하는 많은 연구소들이 있으며, 글로벌 차원에서 각 연구소들은 2013년 4월 출범한 글로벌 ASF연구동맹(GARA)으로 조직화됨.
- GARA의 사명은 실현가능한 곳에서 ASF의 근절과 성공적인 예방, 통제에 기여할 과학적 지식과 수단들을 생성할 글로벌 연구 동반자관계들을 확립하고 지속하는 것임.
- GARA 비전은 ASF의 점진적 통제 및 근절을 가능하게 하는 통합된 글로벌 연구동맹을 가지는 것임.
- GARA는 남극을 제외한 모든 대륙의 정부와 연구소들을 포함, 동반자들의 리스트를 확보하고 있음.

100 World Organization for Animal Health (OIE). Op. cit.

101 World Organization for Animal Health (OIE). Op. cit.

102 Guberti V, Khomenko S, Masiulis M, Kerba S. Op. cit.

103 Global African Swine Fever Research Alliance. Disease Response Strategy 2019. Available from: https://www.aphis.usda.gov/animal_health/emergency_management/downloads/asf_strategies.pdf.

- GARA는 누구에게나 개방된 회원 가입으로 최근 우간다 Kampala에서 2020년 4월 과학 컨퍼런스를 개최하였음.¹⁰⁴

5.1.4.1. 유전적으로 저항성을 보유한 돼지

- ASF 발병 영향에 대해 자연적 내성을 가진 돼지들이 모잠비크, 케냐 및 우간다에서 잘 형성되고 있으며, ASF 항체 보유 돼지에 기초한 저항성 증거 또는 기대 치사율보다 낮은 사례들이 앙골라, 말라위, 모잠비크, 탄자니아 및 우간다에서 보고되고 있음.¹⁰⁵
- 모잠비크 돼지 개체군에서 저항성 관련 유전적 근거 파악 시도를 통해, 내성이 단순히 유전되는 것이 아니며, 원산지 내 역학적 요인들과 연계될 수 있음을 제시하였음.¹⁰⁶
- ASF에 발병되지 않은 돼지들이 가난으로 현대식 사육을 하지 못하거나 야생 멧돼지 접촉을 피할 수 없는 유행지역에서 중요한 자산이 될 것임. 그러나 기존 개체수의 약 40%만 넓은 분산 조건으로 선천적 내성을 입증함으로써 발병 중 여전히 막대한 손실을 겪고 있음.
- 유전자 편집(gene editing)과 같은 최근의 발전이 돼지생식기호흡기증후군(PRRS)에 내성을 가진 돼지를 창출하였으며,¹⁰⁷ 유사한 접근방법이 ASF-내성 돼지 개발에 적용될 수 있는 가능성이 있음.

104 Global African Swine Fever Research Alliance. Ibid.

105 Mulumba-Mfumu LK, Saegerman C, Dixon LK, Madimba KC, Kazadi E, Mukalakata NT, et al. Op. cit.

106 Penrith ML, Vosloo W, Jori F, Bastos AD. Op. cit.

107 (1) Wells KD, Bardot R, Whitworth KM, Tribble BR, Fang Y, Mileham A, et al. Replacement of Porcine CD163 Scavenger Receptor Cysteine-Rich Domain 5 with a CD163-Like Homolog Confers Resistance of Pigs to Genotype 1 but Not Genotype 2 Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus. J Virol. 2017;91(2). Epub 2016/11/17. doi: 10.1128/JVI.01521-16. PubMed PMID: 27847356; PubMed Central PMCID: PMC5215333.

(2) Whitworth KM, Rowland RR, Ewen CL, Tribble BR, Kerrigan MA, Cino-Ozuna AG, et al. Gene-edited pigs are protected from porcine reproductive and respiratory syndrome virus. Nat Biotechnol. 2016;34(1):20-2. Epub 2015/12/08. doi: 10.1038/nbt.3434. PubMed PMID: 26641533.

(3) Whitworth KM, Prather RS. Gene editing as applied to prevention of reproductive porcine reproductive and respiratory syndrome. Mol Reprod Dev. 2017;84(9):926-33. Epub 2017/04/09. doi: 10.1002/mrd.22811. PubMed PMID: 28390179.

(4) Burkard C, Opriessnig T, Mileham AJ, Stadejek T, Ait-Ali T, Lillico SG, et al. Pigs Lacking the Scavenger Receptor Cysteine-Rich Domain 5 of CD163 Are Resistant to Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus 1 Infection. J Virol. 2018;92(16). Epub 2018/06/22. doi: 10.1128/JVI.00415-18. PubMed PMID: 29925651; PubMed Central PMCID: PMC6069206.

- ASF 바이러스에 대한 돼지 품종 2개의 뚜렷이 다른 반응에 대해 잠재적으로 원인이 있음으로서, 흑멧돼지 및 양돈장 내 돼지 RELA(p65; 면역체계가 과민반응하게 하는 유전자인 v-rel 망상피내피증 바이러스 종양유전자 동종(reticuloendotheliosis viral oncogene homolog) A) 간 3개의 아미노산 차이들이 확인되었음.¹⁰⁸
- Roslin연구소에서 돼지의 RELA 유전자에 유전자 편집기법들을 이용해 왔으며,¹⁰⁹ 유전체(genome) 편집전략들이 ASF에 대한 저항력을 부여할 유전자 변이를 양돈장 돼지에 적용될 수 있는지 여부를 평가해 왔으나, 아직 이 결과들을 발표하지 않고 있음.
- 현재 이 기술은 라이선싱을 위해 논의 중이며, 이 주제에 대한 기존 규제들이 없거나 목적에 부합하지 않기 때문에, 국가들의 규제가 유전자-편집 식용동물 사용을 허용할 것인 지가 중요한 고려사항임.¹¹⁰

108 Palgrave CJ, Gilmour L, Lowden CS, Lillico SG, Mellencamp MA, Whitelaw CB. Species-specific variation in RELA underlies differences in NF-kappaB activity: a potential role in African swine fever pathogenesis. *J Virol.* 2011;85(12):6008-14. Epub 2011/04/01. doi: 10.1128/JVI.00331-11. PubMed PMID: 21450812; PubMed Central PMCID: PMC3126315.

109 Lillico SG, Proudfoot C, King TJ, Tan W, Zhang L, Mardjuki R, et al. Mammalian interspecies substitution of immune modulatory alleles by genome editing. *Sci Rep.* 2016;6:21645. Epub 2016/02/24. doi: 10.1038/srep21645. PubMed PMID: 26898342; PubMed Central PMCID: PMC4761920.

110 Van Eenennaam AL, Wells KD, Murray JD. Proposed U.S. regulation of gene-edited food animals is not fit for purpose. *NPJ Sci Food.* 2019;3:3. Epub 2019/07/16. doi: 10.1038/s41538-019-0035-y. PubMed PMID: 31304275; PubMed Central PMCID: PMC6550240.

5.2. ASF 존재 시 통제

- ASF는 많은 국가들에서 법정전염병이고, ASF에 대한 의심은 보고되어야 하며, 관계당국에 의해 조사되어야 함. 통상적으로 일단 발병이 청정구역에서 공표될 경우, 주요 통제조치들은 다음과 같음.¹¹¹
 - 모든 감염 및 접촉 돼지들을 (실제로 가능한 현장에 가깝도록) 화장 또는 깊이 매몰함으로써 사체의 적절한 처분.
 - 부지들의 철저한 청결 및 소독.
 - 돼지 이동 통제와 함께 감염 구역 지정.
 - 감염의 가능한 감염원(상향 흐름; up-stream)과 가능한 확산(하향 흐름; down-stream)으로서 상세한 역학 조사.
 - 감염 구역과 주변 지역의 예찰.
- 전문가 의견에 따라, 감염된 동물 집단들의 도살과 이웃 동물 집단들에 대한 이동 금지가 가장 효과적인 개입 전략들로 간주됨.¹¹²
 - 예를 들어 (이탈리아 Sardinia 내 시립 목장, 그루지아/아르메니아의 공유림과 같은) 공동 방목 실시지역에서 돼지들이 자유로이 돌아다니는 것은 유행 지역 내 바이러스의 지속을 위한 위험한 사육방식으로 간주되며, 질병 통제를 시도할 때 금지되어야 한다는 것이 제시되고 있음.¹¹³
 - 농장주들에 대한 보상이 그들의 적극적 참여 동기를 부여하기 위해 진지하고 적절하게 고려될 필요가 있는 조치임.

¹¹¹ World Organization for Animal Health (OIE). Op. cit.

¹¹² Guinat C, Vergne T, Jurado-Diaz C, Sanchez-Vizcaino JM, Dixon L, Pfeiffer DU. Effectiveness and practicality of control strategies for African swine fever: what do we really know? Vet Rec. 2017;180(4):97. Epub 2016/11/18. doi: 10.1136/vr.103992. PubMed PMID: 27852963; PubMed Central PMCID: PMC5293861.

¹¹³ Bellini S, Rutili D, Guberti V. Preventive measures aimed at minimizing the risk of African swine fever virus spread in pig farming systems. Acta Vet Scand. 2016;58(1):82. Epub 2016/12/03. doi: 10.1186/s13028-016-0264-x. PubMed PMID: 27899125; PubMed Central PMCID: PMC5129245.

- 살처분 같은 통제 조치들은 극단적이며, ASF 또는 ASF 통제로 인하여 농장주들과 생계에 크게 영향을 미칠 수 있는 사회-경제적 영향을 최소화하는 것이 필요함. 즉, ASF 통제 목표는 양돈 산업 파괴가 아니라 항상 그 산업을 지원하는 것이어야 함.¹¹⁴
- 성공적인 ASF 통제 전략을 위해 현지, 국가 및 지역 법률의 엄격한 시행이 매우 중요함. 국가적(또는 지역적) 준비 또는 비상대책 및 그에 따르는 법적 틀을 갖는 것이 대단히 중요함.
- OIE의 육상동물건강규약(Terrestrial Animal Health Code)¹¹⁵은 국가, 구역 또는 구획의 ASF 상황 결정을 위한 기준을 제공하며, 기준은 많은 국가들의 통제 틀을 위한 기초로 이용됨.
- ① 역사적 청정, ② 모든 멧돼지의 청정 및 ③ 사육 및 포획된 야생 멧돼지의 청정 등 청정에 대한 여러 범주들이 있음.
- 한 국가 혹은 구역 내 ASF의 제한된 발병 경우, 오염된 구역이 전체 국가 또는 구역에 대한 영향을 최소화할 목적으로 설정될 수 있음.
- 또한 규약(The Code)은 살아있는 동물과 제품의 이동 및 수입에 대한 권고들을 제시하고 있으며, 발병 후 청정 상태 회복 과정을 기술하고 있음.
- 만약 ASF 발병이 과거 청정국 또는 구역에서 발생할 경우, 그 지위는 다음과 같이 최종 감염시설 소독 후 3개월 만에 회복될 수 있음.
- (1) 살처분 정책이 실시되었고 진드기가 의심되거나 관련된 것으로 알려진 경우, 2개월 동안 감염된 시설들에서 감시 돼지들의 이용이 수반됨.
- (2) 음성 결과로 예찰이 실행됨.
- 새로운 수학적 모델이 도살과 사체 제거가 ASF 확산에 대항하는 효과적인 전술임을 보여주었음.

114 Penrith ML, Thomson GR, Bastos AD. Op. cit.

115 World Organization for Animal Health (OIE). Op. cit.

- 스코틀랜드 Heriot-Watt University와 스페인 the Research Institute of Hunting Resources의 과학자들이 모델을 개발했으며, 이 모델은 결정적 근절이 가까워짐에 따라 안락사와 죽은 동물의 신속한 제거를 지적했음.
 - 결과는 이 방법이 존재하는 지역의 숙주 개체들을 완전히 파괴하지 않고 병을 통제할 수 있는 잠재력을 가지고 있다는 것을 시사했음.
- Heriot-Watt 연구자 Andy White는 야생 멧돼지가 이 병을 옮기고 있고, 그 수가 유럽에서 증가하고 있다고 말했음. 영국 내에 몇몇 집단들이 있고, 여기서도 숫자가 증가하고 있음.
- 그는 “우리의 수학적 모델이 바이러스가 전염될 수 있는 다른 방법들을 이해하는 데 적용되었습니다. 데이터에 맞추기 위해, 우리는 감염이 ① 감염되기 쉬운 멧돼지와 감염된 멧돼지의 접촉, ② 감염되기 쉬운 멧돼지와 감염된 사체들 사이의 접촉 그리고 ③ 초기 감염에서 살아남았지만 수개월 후 질병에 굴복하는 개별 동물들을 통해서 등 세 가지 방법으로 발생해야 한다는 것을 보여주었습니다. 우리의 새로운 모델은 또한 발병 확산을 완화하는 데 도움이 될 수 있는 방역차단(biosecurity) 방법들을 고려했습니다. 도살과 감염된 사체 제거의 조합은 숙주 개체를 근절하지 않고도 바이러스를 근절할 수 있는 가장 효과적인 방법입니다. 빨리 행동하는 것이 중요합니다. 이들 조치의 조기 이행이 더 높은 숙주 개체 밀도를 유지하면서 감염 수준을 감소시킬 것입니다. 경우에 따라서는 멧돼지 개체군에서 바이러스가 창궐하는 것을 막을 수도 있습니다.” 라고 주장했다.
 - 또한 이 모델은 따뜻한 기후에서 ASF를 제어하는 것이 더 쉬울 수 있다는 것을 보여주었음. White교수는 “온도가 높을수록 감염된 사체의 분해 속도가 빨라져 발병 심각성도 낮아집니다.” 라고 설명했다.
 - 연구원들은 일부 지역의 멧돼지가 조밀도를 높이기 위해 먹이를 보충하는 것에 주목했음. 이 모델은 ASF가 위협적일 때 이를 피해야 한다고 강조했으며, 이는 장기적으로 더 두드러진 전염병 발생과 질병의 지속성을 초래하기 때문임.

5.2.1. 유럽연합

- ASF에 대해 포괄적 법규인 the Council Directive 2002/60/EC¹¹⁶를 통해 유럽연합은 EU 내 ASF 통제를 위해 취해지는 최소한의 조치들을 규정하고 있음. 이 지침은 ASF 확산을 예방하고 감염된 지역으로부터 질병을 궁극적으로 제거하려고 의도된 것임.
- EU 법규는 OIE 국제 기준들과 완전히 일치함. 그럼에도 불구하고 더 높은 수준의 동물 건강 보호를 보장하기 위해 EU는 OIE 요건을 초월하여 더 엄격한 요건을 적용하고 있음. 지침은 ASF를 소관 당국에 의무적 및 즉각적으로 신고하도록 요구하고 있음.
 - 지침은 ASF가 의심되거나 ASF가 확인될 경우에 준수해야 할 절차들을 규정하고 있음.
 - ASF가 의심될 경우에 공식적인 예찰 및 이동 제한이 마련되어야 함(제4조).
 - ASF가 확진될 경우에 모든 돼지들이 살상되어야 하며(제5조), 발병 주변 최소 3km 반경을 가진 보호구역이 설정되어야 하고, 적어도 10km 반경을 지닌 예찰 구역에 포함되어야 함(제9조).
 - 지침은 또한 ASF가 야생 돼지에서 의심되거나 확인되는 사례들에 조치들을 명시하고 있음(제15조).
 - 또한 보호 또는 예찰구역이 여러 회원국들을 포함할 경우, 다른 국가들의 관할 당국들이 협력해야 한다는 것을 명확히 하고 있음.
 - 지침 제13조는 발병 후 돼지 농장의 재 입식 절차들을 확립하고 있음. 즉, 돼지들은 농장 청소와 소독 완료 후 적어도 40일까지는 재 입식될 수 없고, 그 이후 감시 돼지들이 입식되어 45일 후에 검사받아야 함.
 - 그러나 매개체들(진드기들)이 관련된 경우, 매개체들을 제거하기 위해 추가적인 조치들을 취하지 않았을 경우 재 입식은 6년 동안 기다려야 함.

116 Council Directive 2002/60/EC of 27 June 2002 laying down specific provisions for the control of African swine fever and amending Directive 92/119/EEC as regards Teschen disease and African swine fever, (2002).

- 지역화 조치가 Commission Implementing Decision 2014/709/EU에 포함되어 있음¹¹⁷.
- 시행 결정(Implementing Decision)의 부록은 전염 상황에 기초한 위험 수준에 의해 구별되는 지역들을 명시하고 열거하고 있음.
- 부록은 역학적 상황의 변화를 고려하기 위해 여러 차례 개정되었고, Commission Implementing Decision (EU) 2019/1617과 Commission Implementing Decision (EU) 2019/1334에 의해 최종 개정되었음.
- ASF 지역화를 지리적으로 정의하기 위한 원칙들과 기준들은 the European Commission working document SANTE/7113/2015/Rev.3에 추가로 상술되어 있음.

5.2.2. 미국

- ASF가 미국에 발생하지 않았지만 미 농무부(USDA)는 ASF 대응전략을 발표했으며, 통제 및 박멸을 위한 계획들을 포함하고 있음¹¹⁸. 전략의 목표는 다음과 같음.
- 가능한 한 신속하게 질병 검출, 통제 및 방지함.
- 식품 공급사슬, 경제를 안정화시키고 공중 보건과 환경을 보호하려고 시도하는 전략들을 이용한 질병 제거.
- 감염되지 않은 동물과 오염되지 않은 동물 제품들에 대한 사업 지속을 촉진하기 위해 과학- 및 위험-기반 접근방법들과 시스템들을 제공함. 목표는 가능한 한 신속하게 정상적인 생산을 재개하는 것임.¹¹⁹

117 Commission Implementing Decision of 9 October 2014 concerning animal health control measures relating to African swine fever in certain Member States and repealing Implementing Decision 2014/178/EU (notified under document C(2014) 7222) (Text with EEA relevance) (2014/709/EU), (2014).

118 Global African Swine Fever Research Alliance. Disease Response Strategy 2019. Available from : https://www.aphis.usda.gov/animal_health/emergency_management/downloads/asf_strategies.pdf.

119 Global African Swine Fever Research Alliance. Op. cit.

- 2020년 3월 USDA에서 잠재적인 ASF 발병 통제 및 박멸을 위한 추가 조치들을 발표했음. ASF가 미국에서 검출될 경우, USDA 동식물건강검역소(APHIS; Animal and Plant Health Inspection Service)에서 시행할 액션 플랜을 가지고 있음.
- USDA의 마케팅및규제프로그램 담당차관 Greg Ibach가 신규 조치들을 다음과 같이 약속했음.
 - 장관이 특별 비상상태를 선언할 것이며, 그에 따라 본 부서에서 발병 통제 및 박멸을 위해 통합된 국가적 노력을 주도할 것임.
 - 당국에서 모든 돼지 이동을 72시간 중지시킬 것이며, 이동은 USDA 자유재량으로 지역별로 신속하게 재개될 것임.
 - 감염된 동물들의 살처분과 폐기는 USDA에 의해 조직화될 것이며, 발병 지역의 미국수의협회(American Veterinary Medical Association)에 의해 승인된 가장 효율적이고 효과적인 소개방법들을 활용하기 위해 주들 및 돼지고기 산업과 협력할 것임.
 - USDA는 생산자들이 지역 및 현지 요건들에 따라 사체 처분을 다루기 위한 계획 수립을 보장하기 위해, 주들 및 돼지고기 산업과 사전대책을 협력하여 바람직한 옵션으로 퇴비화와 매장을 지원할 것임.
 - 이 과정을 간소화하고 서류 업무를 줄이기 위해 USDA는 발병지역 규모에 따라 균일하고 고정된 요금을 적용하여 바이러스 제거 노력에 대해 대금을 지불할 것임.
- USDA는 사료로 제공된 잔반이 잠재적 질병 확산을 예방하도록 적절한 조리를 보장하기 위해, 잔반 급여시설에서 검사와 기타 집행조치들을 이미 증가시켰음. 또한 인식을 제고하고 농장 현장 방역조치 절차들에 대한 자기-평가 중요성을 강조하기 위해 생산자들과 적극적으로 협력하고 있음.
- ASF 통제 계획들은 구제역(FMD) 확산 예방을 목표로 하는 이전 업무에 의해 영향을 받았음.

- Ibach 차관은 “ASF는 구제역과 역학적으로 유사하고, 현재 중첩적인 보호 및 예방 노력들로 이루어진 USDA 시스템이 90년 이상 구제역에 대해 성공적이었습니다, 우리는 여전히 그러한 노력들이 ASF에 대해 동일한 방어를 제공할 것이라고 믿습니다.” 라고 주장했다.
- USDA는 모든 발병을 다루기 위한 계획들을 계속 정교화하면서, 연구원들이 ASF에 대하여 유망한 백신 후보물질들을 개발하고 있다고 밝혔다. 또한 USDA는 곡물, 사료 및 사료첨가제와 돼지 타액(oral fluids)에서 바이러스를 검출하기 위한 검사방법들의 정확성과 신뢰성을 보장하는 것을 목표로 연구를 지원하고 있음.
- USDA는 지역 차원에서의 ASF 방어, 대응 및 무역관리프로그램을 설계하기 위해 캐나다 및 멕시코와 계속 조정하고 있음.

5.2.3. 호주

- ASF가 호주에 발생하지 않았지만 예방 조치들이 역외(offshore), 국경(the border), 국경 이후(post-border) 지역에 마련되고 있음.
- 역외 조치들은 예를 들어 ASF 발병 통제에 동티모르 농업수산부 지원을 포함함.
- 2019년12월에 호주 정부는 국경 및 국경 이후 통제에 초점을 둔 ASF 처리를 다룰 6,660만 호주 달러(4,560만 미국 달러)를 발표하였음¹²⁰.
- 호주동물건강(Animal Health Australia; AHA)은 호주수의비상계획(AUSVETPLAN) 개발과 심리를 관리하며, 호주 내 비상 동물 질병 사건들에 대한 대응을 위해 국가적으로 합의된 접근방법을 포함하고 있음.

¹²⁰ Department of Agriculture, Water and the Environment (<https://www.environment.gov.au/>)

- 계획은 ASF에 대한 AUSVETPLAN 전략을 포함, 일련의 매뉴얼들에 기록되어 있음.
- 호주의 주 및 지역정부들은 모든 당사자들이 ASF 발병 경우의 대응체계를 이해하는 것을 보장하기 위해 산업과 협력하고 있음.
- 이들 방식은 모든 약점 영역들을 확인하고 그것들을 다루기 위하여 테스트되고 있음.
- 산업 조직들은 효과적인 농장 차단방역 실행 지원을 위해 ASF-전문 자문을 제공함.
- 인식 및 준비 노력의 일환으로 예를 들어 ASF 통제 조치에 관한 생산업체 진상보고서, 또는 ASF 대응에서 보상과 가치평가에 관한 돼지 소유주 진상보고서가 작성됨

5.2.4. 아시아 국가들

- 아시아의 ASF 상황에 관한 FAO 홈페이지는 여러 아시아 국가들에서 취해진 대책들에 대한 간략한 설명을 포함하고 있음. 2019년 12월 기준 대책들은 다음을 포함하고 있음.

5.2.4.1. 중국

- 농식품농촌부(MARA)가 ASF 전염병 비상 시행계획의 2019년 판을 발표하였음.
- MARA에서 돼지 도축장 관련 규정을 갱신했고, 도축장들이 PCR을 이용하여 자체 검사를 실시하도록 업무를 부과했음.
- ASF가 검출될 경우에 도축업체는 48시간 동안 생산을 중단해야 하고, 이후 생산을 재개하기 위해 평가를 신청해야 함.
- MARA는 2019년 9월 양돈농장에 영향을 미친 아프리카돼지열병의 재 입식을 위한 포괄적인 기술 가이드라인을 공표했고, 2019년12월에 돼지 생산의 회복과 발전을 가속화하기 위한 3개년 액션플랜도 발표했음.

- 계획은 돼지고기 시장을 안정화하고 생산 능력 회복을 목표로 삼고 있음.

5.2.4.2. 한국

- 남부지역으로 ASF 확산을 예방하기 위해 농식품부(MAFRA)는 발병 농장의 반경 10km 외부에 완충 구역을 설정하였으며, 감염된 구역을 남부 청정구역에서 분리하였음
- 구역들 간 사료 차량 교통 통제.
- 2019년10월 국내 서부에서 동부로 광역 담장 설치와 멧돼지를 퇴치하기 위한 완충구역 내 총기 사용을 포함한 상향된 비상조치 강화계획을 발표하였음.
- 현재 합동 관-군 집중 예찰이 새로이 개발된 담장들 내에서 계속되고 있음.

5.2.4.3. 베트남

- 정부는 감염된 지역(communes)들로부터 돼지와 돼지 제품의 이동 통제를 시행해 왔음.
- 공산당중앙위원회는 효과적인 ASF 대응, 통제 및 예방을 위한 리더십과 운영 지시사항을 강화하는 지침(34-CT/TW호)을 공표하였음.
- ASF 예방 및 통제 국가운영위원회는 동물, 동물 제품 특히 돼지와 돼지 제품의 밀수, 불법 수송, 밀매 사례들을 예방, 즉각 탐지 및 엄격히 처리할 조치들을 시행하도록 각 성들(provinces)에 요청하였음(제10-BCDDTLCP, 10월16일호).
- 2019년 12월에 정부는 재 입식 절차, 종돈과 잘 제조된 돼지고기 제품의 운송절차 및 돼지 생산과 차단방역 촉진에 관한 3개의 공고를 발표했음.

- 정부는 또한 축산업체들에 공문을 발행하여 다음 사항들을 권고하였음.
 - (1) 재 입식 관련 현행 규정에 따라 질병 재발 위험을 최소화하기.
 - (2) 차단방역의 엄격한 적용.
 - (3) 가격 안정 보장을 위해 사재기 금지.
 - (4) 베트남 국경을 가로질러 돼지 혹은 도축된 돼지의 불법 거래에 관여하지 않기.

5.2.4.4. 캄보디아

- 정부는 발병된 마을에서 살아있는 돼지, 돼지고기와 돈육 제품의 이동 제한, 살처분, 처분 및 소독 등을 시행하였음.
 - 추가적인 조사들이 인근 지역들에서 수행되었음.
- 당국은 농장 차단방역을 강화하는 동시에 도축장에서 동물들을 검사하고 있음.

5.2.4.5. 라오스

- 정부는 돼지 및 돼지고기 제품의 이동을 통제하기 위해 발병지역 주위에 “적색 지역 (Red Area)” 을 지정하고, 돼지고기 소비를 금지하였으며, 지정된 예찰지역으로서 적색 지역으로부터 반경 3km에 “황색 지역(Yellow Area)” 을 지정하였음.

5.2.4.6. 필리핀

- 필리핀은 질병 확산을 관리, 방지 및 통제하기 위해 1-7-10 프로토콜을 실시하고 있음.

- 감염된 농장의 1km 반경 이내 모든 돼지들은 도살될 것임.
- 7km 반경 이내 동물 이동 제한과 양돈장은 엄격한 예찰 및 검사를 받음.
- 10km 반경 이내 양돈장들은 질병에 관한 의무보고서를 제출하도록 요구됨.
- 국가에서 구역제를 시작했고, 구역제는 청정 구역(Free Zone)과 봉쇄 구역(Containment Zone)으로 분류됨.

5.2.4.7. 인도네시아

- 2019년12월 농업부(MoA)에서 다음 사항들을 대중에게 권고하였음.
 - 감염된 동물과 장비를 분리하고, 2개월 간 양돈사 제거.
 - ASF로 폐사한 돼지들을 가방에 넣어 즉시 공무원들에 의해 매장함.
 - ASF에 의해 발병된 돼지/사체의 판매 및 소비 자제.
 - MoA는 결론적으로, ASF 발생을 예방하는 주요 전략적 조치로 차단방역 적용, 돼지 농장의 양호한 관리, 고위험 지역들의 엄격하고 집중적인 감시 등을 규정하였음.
 - MoA에서 농장주의 인식 제고와 지역 지도자에 대한 지지 향상을 제시하였음.
 - 축산 및 동물건강서비스총국(The Directorate General of Livestock and Animal Health Services)은 ASF를 직접적으로 다루는 농업부 명령(번호 820/Kpts/PK32/M/12/2019, 12월 12일)에 대응하여 모든 수준에서 신속대응팀들에 의한 102개 비상 지휘소를 형성했음.

5.3 풍토병 국가에서의 통제- 아프리카 사례

- 아프리카에서 지배적인 자급자족형 사육시스템을 보유한 국가들과 같이 제거가 불가능한 풍토병 국가들에서 상이한 조치들이 고려될 필요가 있음.
 - 살처분 방식은 질병 또는 질병 통제로 인한 사회경제적 파국을 피하기 위해 신중하게 시행되어야 함.¹²¹
 - 일부에서는 살처분 방식이 특정한 보상에도 불구하고 광범위한 불만과 과도한 재정적 손실을 초래함.
 - 돼지 생산에 대한 통상적인 수치들이 양질의 단백질을 제공하고 가계 소득을 증가시켜 빈곤 완화에 기여하는 식량안보에 대해 돼지들이 기여하는 중요성을 반영하고 있지 않음.¹²²
 - 여러 아프리카 국가들에서 전통적인 자급자족 농가 돼지 사육시스템 외에 상업적 돼지 부문도 증가하고 있으며, 이는 양호한 차단방역 조치들을 실행하는 경향이 있음.
 - 아프리카 국가들의 통제 조치들이 잘 기술되었음.^{123,124}
-
- 고전적인 야생 순환이 존재하는 지역에서 돼지와 ASF 바이러스의 야생 숙주 사이의 접촉을 방지하는 조치들이 ASF 발병을 예방하는 데 매우 효과적인 것으로 판명되었음.
 - 분리 조치들의 부적절한 실행에 따라 산발적인 발병들이 보고되고 있을지라도 이 조치들이 케냐, 남아프리카, 짐바브웨, 보츠와나 및 나미비아에서 성공적으로 적용되었음.¹²⁵
 - 조치들은 통제 구역의 식별에 기초하고 있으며, 통제 구역은 주로 ASF-양성 진드기 및 흑멧돼지의 분포에 의해 결정됨.

121 Penrith ML, Thomson GR, Bastos AD. African swine fever. In: Coetzer JAW,ustin RC, editors. Infectious Disease of Livestock. two. 2nd edition ed. South Africa: Oxford University Press; 2004. p.1088-119.

122 Penrith ML, Vosloo W, Jori F, Bostos AD. Africa swine fever virus eradication in Africa. Virus Res. 2013;173(1): 228-46. Epub 2012/11/13. doi:10.1016/j.virusres.2012.10.011. PubMed PMID: 23142552.

123 Mulumba-Mfumum LK, Saegerman C, Dixon LK, Madimba KC, Kazadi E, Mukalakata NT, et al. African swine fever: Update on Eastern, Central and Southern Africa. Transbound Emerg Dis. 2019;66(4):1462-80. Epub 2019/03/29. doi: 10.1111/tbed.13187. PubMed PMID: 23142552.

124 Penrith ML, Vosloo W, Jori F, Bastos AD. Op. cit.

125 Penrith ML, Vosloo W, Jori F, Bastos AD. Op. cit.

- 감염된 진드기에 대한 집돼지의 우발적 노출로부터 유래한 병소 발병은 엄격한 격리 조치와 살처분 방식에 의해 박멸되어 왔음.
- 돼지의 수가 대개 적었기 때문에 일부 경우 보상 지원되고, 이들 국가에서 전통적인 방목 돼지 사육이 주로 특정 지역들로 한정된 실상으로 이러한 조치가 성공적이었음.
- 돼지와 진드기 사이의 순환이 존재하는 지역에서 진드기에게 적합한 서식지를 제공하는 구조의 집돼지가 추가적인 위험 요인임.
- ASF 바이러스 진드기 순환이 우리에서 사육되는 돼지에 정착될 경우, 진드기들이 감염된 축사 바닥과 벽의 균열 및 틈에서 여러 해 동안 생존할 수 있기 때문에 진드기를 제거하는 유일한 방법은 우리를 소각하는 것임.¹²⁶

○ ASF가 풍토병이고 돼지가 주요 감염원인 국가들에서 통제가 훨씬 어려움.

- 많은 아프리카 국가들에서 최근 수십 년간 발병한 대부분은 심지어 야생 순환이 발생하는 일부 국가들에서도 감염된 돼지 및 돼지고기의 이동과 관련이 있어 왔음.
- ASF 통제 시도는 살처분에 대한 농장주 보상 결여 또는 부적절한 보상 그리고 이동 금지와 돼지고기 판매 금지를 집행할 수 없는 불가능성을 포함하여 많은 이유들 때문에 방해되어 왔음. 농장주들은 인식 결여에서 금전상 니즈까지 많은 이유들 때문에 질병을 보고하지 않는 경향이 있음. 그러한 국가들에서는 ASF와 ASF의 영향에 대한 농장주들의 인식, 대안적인 사료 원천들의 사용에 대한 훈련을 포함하는 자급자족 농장주들의 역량 강화 및 수의 서비스들의 강화가 성공적 통제 달성에 필요한 조치들임.

○ 전반적으로 통제는 가치 사슬의 모든 단계들에서 차단방역 조치들의 시행 그리고 상황에 적합하고 실행하기에 적합한 발병 통제 전략들을 필요로 함.

- 아프리카의 대다수 양돈업자들이 빈곤한 상태에서, 농장주들에 의한 엄격한 차단방역 조치들의 희박한 적용 가능성, 대안적이고 혁신적인 전략들이 전통적인 자급자족 사육 시스템에서 ASF를 통제하는 데 필요함.

126 Penrith ML, Thomson GR, Bastos AD. Op. cit.

5.4 멧돼지 통제

- 일단 ASF가 멧돼지 집단에 유입된 경우, ASF 통제는 유럽 내 최근 발병에 의해 증명된 것처럼 실질적 문제임.
- 적용할 수 있는 조치들은 담장과 기타 차단물(화학적, 시각적, 청각적 차단물 또는 조합)을 통한 이동 제한을 포함하지만 이들 조치들은 신뢰적이지 않음.
- 일부 치명적인 접근방법들이 취해질 수 있지만 신중하게 평가될 필요가 있음. 예를 들어 적절하게 시행되지 않을 경우, 수렵은 동물 분산을 증가시킬 수 있고, 차단방역 조치는 바이러스 전파를 촉진시킬 가능성이 있음.
- 수렵은 표적화 및 규제될 필요가 있으며, 수렵과 사체 처분 시 차단방역이 심각하게 고려될 필요가 있음.
- 다른 조치들은 안락사에 의한 포획을 포함할 수 있음.
- 수태 조절과 독살은 지속적인 연구 및 시험 대상임.¹²⁷
- 예상할 수 있는 것처럼, 동물 권리 보호활동이 많은 이러한 조치들에 반대하고 있고 통제 노력을 저지할 수 있음.

5.4.1. 체코에서 멧돼지의 ASF 바이러스의 성공적인 제거 사례¹²⁸

- 최근 수년 간 멧돼지의 ASF 발병을 검출한 모든 유럽 국가들 가운데 체코가 바이러스를 제거하고 청정 지위를 회복한 유일한 국가로 엄청난 노력과 전념을 포함, 엄격한 통제 조치들을 시행하였음.

¹²⁷ Guberti V, Khomenko S, Masiulis M, Kerba S. African swine fever in wild boar - ecology and biosecurity. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), World Organisation for Animal Health (OIE) and European Commission. ; 2019. Available from: <http://www.fao.org/3/ca5987en/CA5987EN.pdf>.

¹²⁸ 2019년 3월 프라하(Prague)에서 개최된 GF-TADs 회의에서 Petr Šatrán이 성과 세부사항 발표

- 2014년 이후 모든 멧돼지 사체 예찰 프로그램으로 Zlín주 Příluky에서 2017년 6월 죽은 채로 발견된 2마리 멧돼지에서 최초로 ASF가 검출되었음. 최종 확인된 사례는 9개월 후인 2018년 2월이었고, 총 230마리의 감염된 멧돼지들이 그 기간 동안 발견되었음. 모든 사례들은 같은 지역 멧돼지에서 발생하였고 상업농 돼지는 감염되지 않았음.
- ASF를 통제하기 위하여 감염된 지역은 고위험 지역으로 세분되어 담장으로 구분했음.
- 먼저 예찰 증가, 수렵과 멧돼지 먹이주기 금지 및 일반 대중의 출입 금지 등 종합적인 통제 조치들이 감염된 지역에 적용되었음. 주요 감염원들 중의 하나는 오랫동안 감염된 채로 남아 있는 사체이기 때문에 집중적인 수색이 그 지역에서 실시되어(사체로 발견된 멧돼지에 대해 보상) 사체를 수집하고 안전하게 처분하였음.
- 감염된 지역에서 농가 뒷마당에서 돼지 사육이 금지되었고, 돼지 이동은 오직 공식 승인에 의해서만 가능했으며, 생 목초 및 밀짚 침구에 의한 사육이 금지되었음.
- 고위험 지역 전체 주위는 상업용 제품을 사용한 악취 담장(32km) 그리고 가장 침투가 가능한 지역은 전기 담장으로 봉쇄하였음.
- 고위험지역 내에 수확되지 않은 들판들은 멧돼지 이동을 최소화하기 위한 식량과 서식처 제공을 위해 방치되었음.
- 처음에는 수렵 차단방역 조치들이 마련될 때까지 수렵이 금지되었고(수렵인 협회들이 사슴 손실에 대한 보상을 받았음), 사냥꾼들이 훈련을 받았음.
- 수렵은 감염 지역뿐만 아니라 그 지역을 에워싼 구역에서도 실시됨.
- 2017년 7월부터는 훈련된 사냥꾼들만 선별적으로 허용되었고, 엄격한 차단방역 조치들을 마련하여 모든 사체들을 처분하였음.
- 소음기와 휴대용 적외선열상장비를 보유한 경찰이 이러한 수렵을 지원하였으며, 멧돼지 포획도 실시하였음.
- 결론적으로 발병 특성과 혁신적인 조치들을 포함한 엄격한 차단방역 및 통제 조치들을 시행하기 위해 당국의 후원 하에 모든 이해관계자들이 협력한 것이 체코에서 멧돼지로부터 ASF를 성공적으로 제거하는 핵심 요인들이었음.

5.5. ASF-발병 국가들의 재정 지원

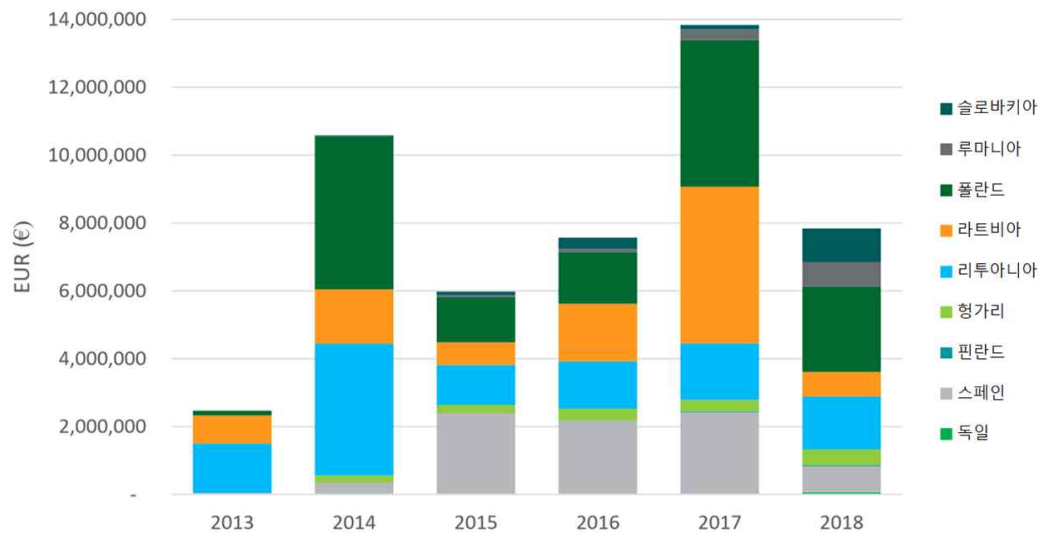
- 세계적으로 ASF 발병은 국가들이 ASF 예방 및 제거 방법에 투자하도록 동기 부여해 왔음. OIE에 의해 지지를 받은 방법 중 하나는 농장주들, 특히 ASF에 의해 직접 재정적 영향을 받았거나, 생계가 악화된 농장주들에게 재정적 보상을 제공하는 것임.¹²⁹
- 일부 국가들에서 농장주들이 정부가 보상을 해주지 않을 것이라는 우려로 생산물의 계속 판매를 원하기 때문에 발병 사례들이 축소되어 보고됨.

5.5.1. 유럽

- EU에서 ASF 통제에 대한 전략적인 접근은 금융 지원, 농장 및 국경 검사, 연구, 대중 인식 및 즉시 대응과 같은 조치들을 포함함.
- 이 모든 조치들은 해당 지역에 상당한 비용을 발생시켜 왔음.
- EU 집행위원회는 위원회에서 회원국들에서 시행된 프로그램들과 비상조치들을 위해 보조금으로 총 9,500만 유로(1억 5백만 달러)를 지급했다고 보고하였음.
- 보조금은 발생 비용에 대해 농장주들에게 제공된 최대 75%의 공동 자금조달 비율을 포함하고 있음.¹³⁰
- 3대 상위 수원국인 폴란드, 리투아니아 및 라트비아는 2013년과 2018년 사이에 각각 1,000만 ~ 1,400만 유로(1,100만 ~ 1,550만 달러)를 지원받았음.

129 World Organisation for Animal Health (OIE). African swine fever: the OIE launches a global initiative to control the disease 28 May 2019 [cited 2019 15 October 2019]. Available from: <http://oiegeneralsession.com/en/africanswine-fever-the-oie-launches-a-global-initiative-to-control-the-disease/>.

130 European Commission. Ministerial Conference on the “Eradication of African swine fever in the EU and the longterm management of wild boar populations”. In: Directorate G – Crisis management in food aap, editor. Brussels, Belgium: European Commission; 12 December 2018.



주. 제거 프로그램들에 대한 자금들이 어떻게 할당되었는지 여부를 보여 줌.

자료 : EU 집행위원회.

< 그림 5-4 > 아프리카 돼지열병 제거프로그램을 위한 EU의 금융 지원(2013 - 2018)

- 영국의 양돈농가들이 ASF 발생에 대해 재정적으로 자신들을 보호하려는 계획에 거의 관심을 보이지 않고 있음. 영국은 지금까지 ASF를 피했음. 하지만, 현재 관심이 COVID-19에 집중되어 있는 가운데, 국립돼지협회(National Pig Association; NPA)는 ASF가 제기하는 위협이 그 어느 때보다 크다고 말했음.
- 전국농민조합상호보험협회(The National Farmers Union Mutual Insurance Society, NFU Mutual)가 발생에 직접 영향을 받는 전제로 농가를 대상으로 보험 제공 상품을 출시했음. 이 상품은 최근 프리미엄을 대폭 인하하는 등 개정이 이뤄졌음. 비록 많은 관심이 있었지만, NPA는 이 상품이 지금까지 돼지 생산자들로부터 거의 영향을 받지 않았다고 말했음. 이 설계가 목적에 부합하다고 보이지만, 협회는 많은 생산자들이 현재 보험 가입을 보증할 만큼 그들의 사업에 대한 위협이 높다고 느끼지 못한다고 제시했음.
- 보험협회는 만약 그것이 활용도가 낮은 상태로 유지된다면 이 설계가 종결될 수 있을 것이며, 심지어 ASF 위협이 커지더라도 상품이 재개될 가능성은 없을 것이라고 지적했음.

- NPA는 현재 회원들에게 피드백을 받고 있음.
- Zoe Davies NPA 사무총장은 “우리는 ASF 보험이 양돈업에 매우 유용한 도구가 될 수 있다고 항상 믿어왔으며, 현 단계에서 보험이 폐지되는 것을 원치 않으며, 이것이 업계 전반에 걸친 잠재적 이용에 대한 보다 철저한 이해를 구하는 이유입니다. 물론 비즈니스 수준에서 결정은 인식된 위험을 포함한 여러 요인에 근거할 것입니다. 현재 모든 초점이 COVID-19에 맞춰져 있지만 ASF가 세계적으로 계속 확산되고 있으며 영국 양돈 산업에 매우 실질적인 위협으로 남아 있다는 점을 지적하는 것이 중요합니다. 현재 폴란드의 독일 국경에서 불과 10km 떨어진 곳에서 발생했으며, 많은 유럽, 아시아, 아프리카 국가들에서 계속 발생이 보고되고 있습니다. 최근에는 인도에서 처음으로 보고되었습니다. 일단 세계 여행이 정상 처럼 돌아가면, 추가적인 확산 위험이 다시 높아질 것입니다.” 라고 주장했음.

5.5.2. 캐나다

- 캐나다의 수의사 회장(chief veterinary officer; CVO)이 국가에서 아프리카돼지열병 (ASF)으로부터 스스로를 보호하기 위해 기금을 조성할 것이라고 말했음. Jaspinder Komal은 2019년 파리에서 열린 G7 CVO 회의와 제87차 OIE 총회에서 “저는 OIE의 대표들을 만나 캐나다의 세계기금에 대한 기여를 검토하고 이 기금이 주도하는 프로젝트의 상태에 대해 논의했습니다. ASF 전문 업무는 캐나다에서 당면한 우선순위로 확인되었으며, 우리는 이 업무를 지원하기 위해 향후의 공헌을 목표로 할 것입니다. 전체적으로, 미주대륙은 ASF를 이 지역에 들어오지 못하도록 예방과 대비에 진전을 이루었습니다. 하지만 우리의 일은 끝나지 않았습니다. 캐나다의 돼지 두수와 경제를 보호하면서, ASF의 위협을 해결하기 위한 조치를 취하기 위해 정부, 업계 및 기타 이해관계자들과 지속적으로 협력할 것입니다.” 라고 말했음.

- OIE의 세계기금은 2004년에 “인체에 영향을 미치는 것을 포함한 동물 질병 통제와 동물 복지 및 동물 생산 식품 안전의 증진”과 관련된 국제 공익사업으로 설립되었음. 기금은 전 세계 각국의 기부뿐 아니라 Bill & Melinda Gates재단과 Pew Charitable Trusts 같은 단체들의 지원도 받고 있음.
- 파리 회의에서 캐나다 식품검사국(Canadian Food Inspection Agency)의 Komal박사는 ASF가 미주대륙으로 유입되는 것을 막고, 이 지역에 발병할 경우 그 영향을 완화하기 위한 조치를 개괄했음.
- 프레임워크는 미주 지역의 국제 파트너들과 함께 개발되었음. 그것은 Ottawa에서 열린 ASF 포럼에서 검증되었음. 포럼에서, 지역을 대표하는 31개 국가들은 미주 대륙에 ASF가 들어오지 못하도록 하겠다는 약속을 확인했고, ASF에 대한 글로벌 전략을 진전시키는 데 있어서 그 틀을 귀중한 자원으로 인식했음.
- 또한 OIE와 FAO는 ASF를 다루기 위한 국제적인 이니셔티브를 조정하기 위해 정상회담에서 함께 모였음.

5.5.3. 중국 및 동남아시아

- 동남아시아 지역 ASF-감염 국가들에서 뒷마당 사육 및 자급자족 농장주들의 높은 비율에도 불구하고, 금융 지원 계획을 수립한 정부들이 거의 없었음.
- 2019년 9월 중국 국가개발 및 개혁위원회(NDRC)는 ASF 발병이 시작된 이후 심각하게 하락한 국내 돼지고기 공급을 안정화시키려는 시도로, 대규모 돼지 농장 건설 및 확대를 지원하기 위해 최대 500만 중국 위안(710,000 달러)의 보조금을 지급하기 시작할 것이라고 발표하였음.¹³¹

¹³¹ Patton D. China plans subsidies for large pig farms to boost output. 2019. Epub 9 September 2019.

- 보조금은 최소 50만 중국 위안(71,000달러)가 되어야 하나 전체 프로젝트 투자액의 30% 이하여야 하며, 2020년 말 이전에 지급되어야 했음.
 - NDRC는 또한 돼지 및 가금 농장들로부터 배설물을 수거·처리 및 재활용하기 위한 시설 확충을 위해 향후 2년에 걸쳐 100개 군(counties)에 보조금을 지급할 것임.
 - 보조금들은 프로젝트 총 투자액의 50% 미만이 될 것이며, 프로젝트 당 3,000만 중국 위안(427만 달러) 미만일 것임.¹³²
 - 보조금들은 중국 내 토지 허가에 대한 제한을 완화하고 저리로 대출을 제공하기 위해 정책들에 추가됨.
- 2018년에 중국 농장주들이 개별 도축된 돼지에 대한 보상으로 800 중국 위안(113달러)를 수령했다고 알려졌다. 그러나 2018년 9월에 1,200 중국 위안(169달러)로 증가했음.
- 살처분 돼지에 귀속되는 지급액은 시장 가격의 최소 80%에 해당함.¹³³ 그러나 반대에도 불구하고 지방정부에서 지원할 재원이 부족할 수 있기 때문에 지급을 미루고 있는 것으로 알려졌다. 이는 현지 농가 뒷마당 농장주들이 공식 신고서를 제출하여 막대한 경제적 손실의 위험을 감수하기보다 단 한 마리 돼지가 발병함과 동시에 돼지 집단을 매각하려는 인센티브를 형성하였음.¹³⁴
- 필리핀에서는 국가 정부가 ASF를 관리하기 위해 8,200만 필리핀 페소(162만 달러)를 할당하였음. 국회가 돼지 당 3,000 필리핀 페소(58달러)에서 기존 보상율을 정했으며, 이는 고기용 돼지의 시장가격(돼지 당 약 9,000 필리핀 페소(174달러))에 크게 미달함.¹³⁵ 이에 따라 필리핀의 한 하원 의원이 개별 도태된 돼지 총 비용의 최소 70%로 보상율을 인상해야 한다고 제안한 바 있음.

132 Guberti V, Khomenko S, Masiulis M, Kerba S. African swine fever in wild boar - ecology and biosecurity. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), World Organisation for Animal Health (OIE) and European Commission. ; 2019. Available from: <http://www.fao.org/3/ca5987en/CA5987EN.pdf>.

133 Yongtong Shao ML, Wendong Zhang, Yongjie Ji, Dermot Hayes. World's Largest Pork Producer in Crisis: China's African Swine Fever Outbreak. Card Agricultural Policy Review. 2018.

134 Hudson Lockett LHAAZ. Pork prices set to soar on China swine fever outbreak. Finance Times. 29 May 2019.

135 Rivas P. Lawmaker wants higher compensation for ASF-hit farmers. Rappeler. 2019 October 2019.

- 이 프로그램에도 불구하고 신고 결여와 돼지의 불법 처분이 필리핀에서 횡행하고 있는 것으로 간주되고 있음.¹³⁶
- 캄보디아에서는 소규모 농장주들이 190만 마리, 상업적 양돈장들이 약 810,000마리의 돼지를 키우고 있다고 당국이 추정하고 있으나, 정부는 어떠한 보상 계획도 없음.¹³⁷

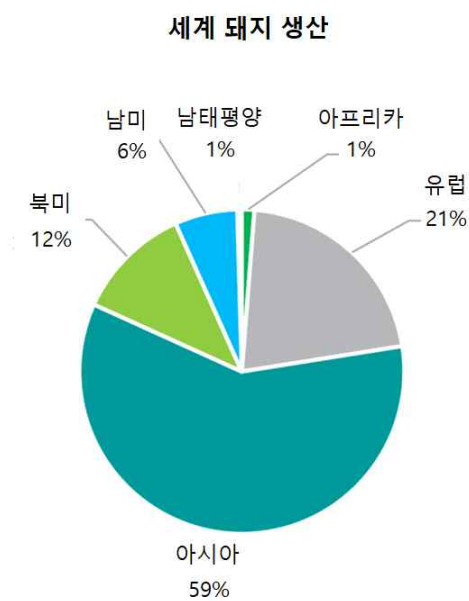
136 Ison L. Agri chief assures funds for ASF-affected hog raisers. Philippines News Agency. 2019.

137 Shaun Turton YS. African swine fever wipes out Asia's backyard pig farmers. Asia Nikkei. 2019 11 October 2019.

제6장 ASF 발병 영향

6.1. 개황

- ASF가 세계에 미칠 수 있는 영향을 평가하기 위해 돼지고기 수요를 포함한 글로벌 돼지 생산 전망을 파악하는 것이 무엇보다 중요함.
- 글로벌 돼지 생산 전망 분석은 전 세계에 미치는 ASF의 현재 및 미래 영향을 평가하는 데에 일조함.
- ASF의 현존이 돼지 개체들의 막대한 감소를 유발해 왔으며, 돼지고기, 종돈 공급 감소 그리고 일부 경우들에서 현저한 가격 인상을 초래해 왔음.
- 세계 최대의 돼지 소비국이면서 생산국인 중국의 돼지고기 공급의 전례 없는 부족이 후속적으로 글로벌 무역 흐름을 변화시켜 왔음.



최고의 돼지생산 기업들	국가	출하 두수 (백만)
WH Group	중국	48.3
JBS S.A.	브라질	28
Smithfield Foods	미국	27.9
JBS USA	미국	22.3
Danish Crown	덴마크	22
Tyson Foods Inc.	미국	19.9
Tönnies	독일	17.5
Yurun Group	중국	16.5
Vion Food Group Ltd.	네덜란드	15.7
Shuanghui Development	중국	15
Hormel Foods	미국	13
Coren	스페인	10
BRF	브라질	9.6
Vion Food Group	독일	9.42
JBS -- Cargill Pork	미국	9.3

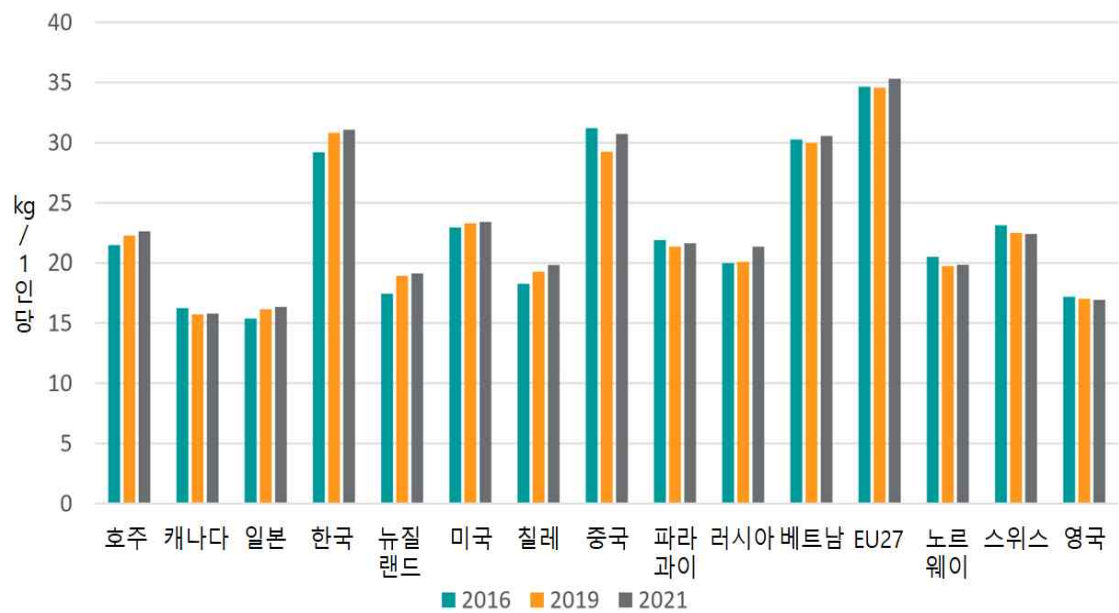
자료 : Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전게서 재인용

< 그림 6-1 > 지역별 돼지 생산, 기업 및 국가 현황



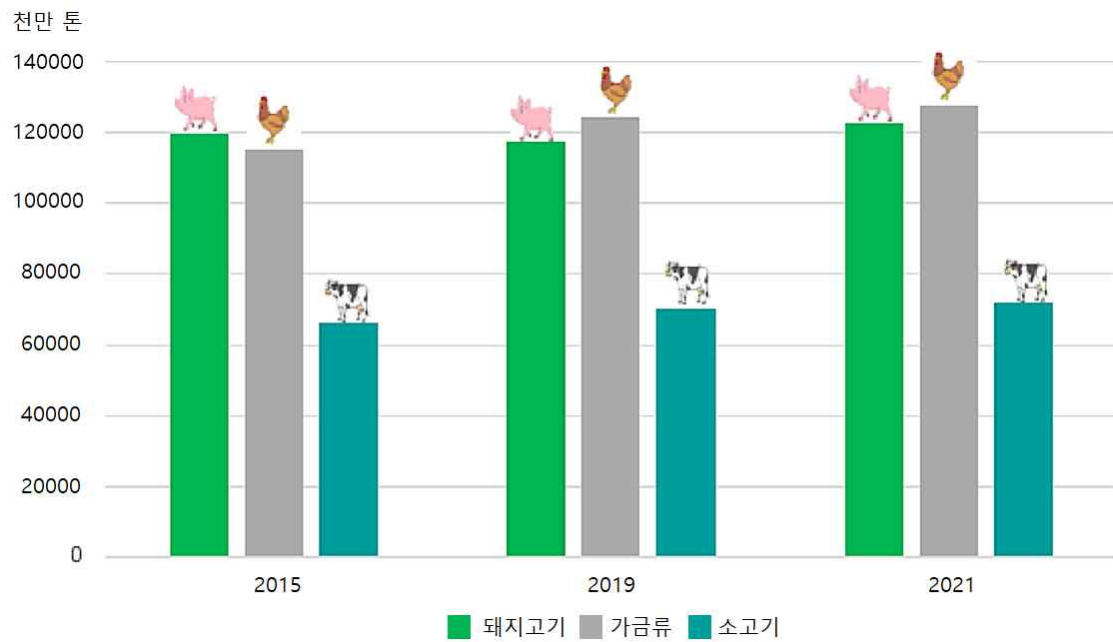
자료 : Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전게서 재인용

〈 그림 6-2 〉 2018년 돼지생산 상위 국가들



자료 : OECD/FAO Agricultural Outlook, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전게서 재인용

〈 그림 6-3 〉 국가별 1인당 돼지고기소비량



자료 : OECD/FAO Agricultural Outlook, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전제서 재인용

< 그림 6-4 > 전 세계 육류 소비량

6.2. ASF가 돼지 생산시스템에 미치는 영향

- 돼지 생산 시스템은 세계적으로 복잡성과 구조에 있어 매우 다양함.
- 기술적 발전은 주로 유럽, 미주 및 아시아의 상위 생산국들에서 집약적 상업 생산자들의 증가와 전통적인 농가 뒷마당 농장들의 감소로 특징되는 돼지 산업의 재구조화로 이끌어왔음.
- 또한 상업적 생산자들은 (육종, 이유돈 및 비육돈에 특화된 다른 장소들에서) 돼지 생산의 특정 단계들에 집중하는 전문 사업체로 전환해 오고 있으며, 분만에서 성돈까지 망라하는 사업체들의 감소에 영향을 미치고 있음.
- 보다 전문화된 생산 시스템으로의 변화는 미국에서 시작되었으며, 점차 다른 국가들, 특히 중국으로 확산되고 있음.
- 중-대규모 집약적 상업농들은 종종 ASF를 예방하고 통제하는데 적합한 차단방역 조치들에 대한 투자와 시행에 있어 준비가 잘 된 반면, 소규모 및 자급자족 농들은 더 많은 문제들을 볼 수 있음.
- 2개의 주요 요인들이 농가 뒷마당 생산자들이 ASF에 더 취약하게 함. 첫째, 정보와 자원 부족 결합으로 인하여 생산 시스템에서 종종 낮은 차단방역 조치를 시행함. 둘째, 중-저소득 국가들에서 주로 질병 전파의 주요 요인인 잔반을 사료로 사용함.
- 결과적으로 이들 생산자들이 생계유지에 중요한 가축 손실을 통해 아주 힘든 비용을 초래하게 됨. 가축 손실의 금전적 영향 때문에 그리고 많은 경우에 ASF 영향에 대한 이해 부족으로 소농들이 종종 ASF 발생들을 과소 신고할 것이고, 가축 자산에 대한 최대 금전 수익 확보를 위해 오염된 돼지고기를 시장에 의도적으로 출시할 수 있음.

- ASF 존재가 돼지 사육두수의 막대한 감소를 유발하여, 돼지고기, 종돈의 공급 감소와 일부 경우 현저한 가격 인상을 초래해 왔음. 농장주들이 농장 수준에서 질병 유입을 예방하기 위해 차단방역 조치들에 투자하는 것이 중요한 것으로 여겨지며, 백신이 없는 상태에서 돼지 생산시스템에 미치는 ASF 영향 정도는 국가 또는 지역 내 정부(또는 지역) 주도 통제 정책들 또는 캠페인의 강도에 의해 가장 많은 영향을 받음.

6.2.1. 아시아지역에의 ASF 영향

6.2.1.1. 중국

- 2018년 8월 ASF의 유입 전에 중국 정부는 국내 양돈 산업 강화 노력으로 분열된 소규모 생산자들을 현대적인 대형 사업체로 전환해 왔음.
- 기존에 주로 전통적인 소규모 농가들이 양돈 산업 내 커다란 점유율을 차지하고 있으며, 30-60%를 차지하고 있는 것으로 추정되었으나,¹³⁸ 정부의 새로운 환경 규제들이 많은 소농들의 퇴출을 초래했고, 대농들이 시장점유율 확장 및 증가하게 했음.¹³⁹
- ASF 확산이 소농들의 퇴출을 가속화할 것으로 예상됨. 자급자족 농가와 소규모 생산자들의 낮은 방역차단과 전통적인 잔반 급여가 ASF의 급속한 확산을 조장해 왔음.¹⁴⁰
- 소농 및 자급자족 생산자 감소에 대응하여, 정부는 첫째, 돼지고기 공급을 유지하고, 둘째, 대규모 상업적 생산자들을 성장 및 강화시키기 위해 여러 정책들을 수립하기 시작해 왔음. 정책들은 대규모 양돈 농장 건설을 지원할 뿐만 아니라, 양돈장에 대한 토지 제한을 제거하기 위해 최대 500만 중국 위안(700,000 달러)의 보조금을 포함함.¹⁴¹

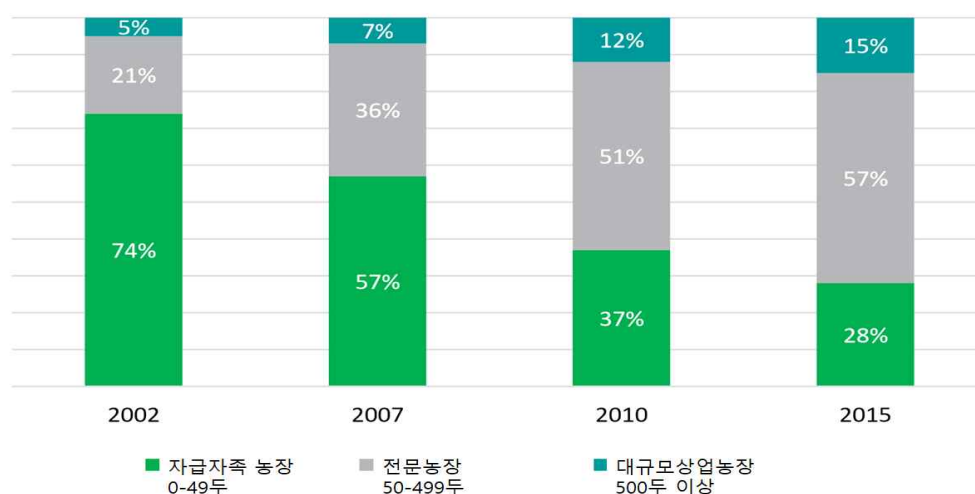
138 The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). GIEWS Update East and Southeast Asia 2019. Available from: <http://www.fao.org/3/ca5273en/ca5273en.pdf>.

139 The Bureau for Food and Agricultural Policy. BFAP Baseline Agricultural Outlook 2019-2028. 2019.

140 USDA. African Swine Fever (ASF): Asia Outlook for 2020. USA 2019.

141 Reuters. China plans subsidies for large pig farms to boost output. 2019.

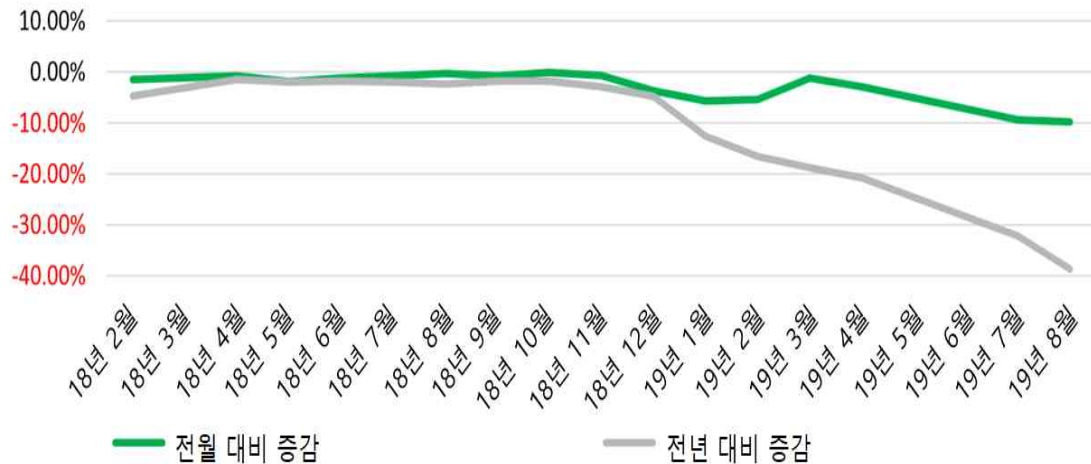
- 역사적으로 돼지고기는 중국에서 문화적 및 정치적 중요성을 내포하고 있음. 돼지고기는 가족 모임과 전통적인 명절에 전형적으로 대접되는 선호되는 육류임. 게다가 돼지고기 가격이 특히 중요하며, 국내 소비자 가격지수에서 주요 요인임. 이러한 이유로 인해 중국 정부는 돼지고기 시장을 상시 모니터링하고 있음.
- 과거 주요 글로벌 수출 시장들에서의 비율과 동등하게하기 위해 국내 생산비용을 지지하기 위한 정책으로서 돼지고기 수입량이 소비 점유율의 5%로 제한되어 왔음.
- ASF가 중국의 돼지 공급에 전례 없는 영향을 미쳐왔음. 2018년 8월 최초의 ASF 보고 이후 중국은 살처분으로 인해 돼지 두수의 절반을 잃었고, 이로 인해 2019년 말 국내 생산이 13% 하락할 것이라고 추정되었음.¹⁴² 이는 사육두수 손실의 85%가 소규모 생산자들에서 발생했기 때문임.¹⁴³ 이로 인해 엄격한 예방 차단방역 조치들에 투자할 수 있는 대규모 상업농들의 생산 점유율이 증가를 보임.
- 그 결과 중국의 양돈 산업은 소농들이 더 큰 상업적 기업으로 성장함에 따라 증가하는 규모의 경제로부터 점차 혜택을 받을 것임. 중국의 돼지고기 공급은 냉동육 공급, 수입 증가 및 도축 체중 증가로 유도하는 돼지 도축 지연을 통해 유지되고 있음.



〈 그림 6-5 〉 돼지 두수로 본 2002년 이후 중국 양돈 산업 구조의 진화

142 USDA. Op. cit.

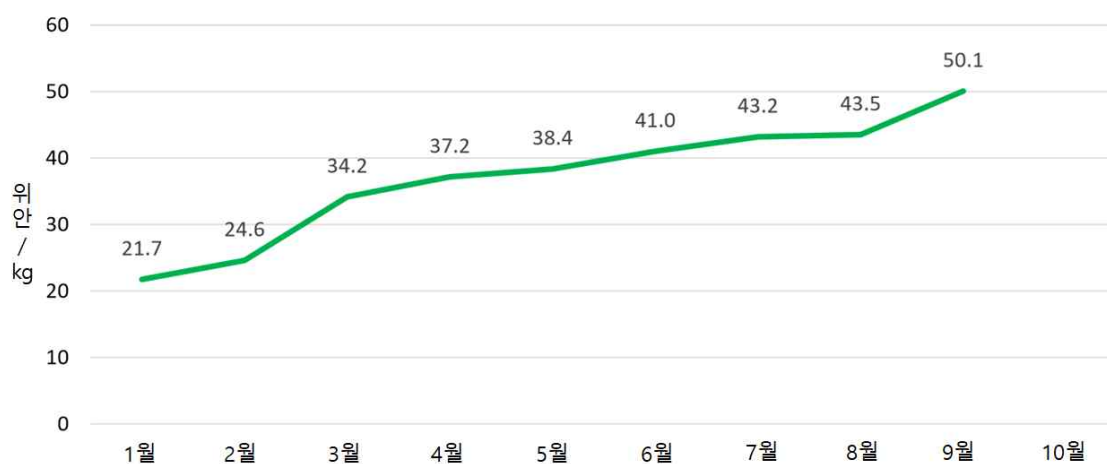
143 The Bureau for Food and Agricultural Policy.



자료 : OECE/FAO, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전게서 재인용

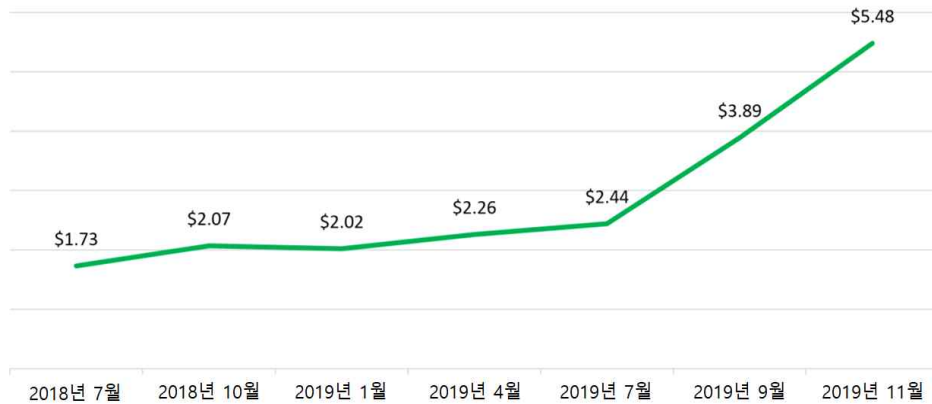
< 그림 6-6 > 중국의 돼지 사육두수 추이

- 중국 정부는 종돈의 40% 손실을 보고했으나, 민간 추정치는 50% 이상 손실로 평가함.
- 돼지 살처분이 ASF 발병 이후 모든 수의 급속한 감소를 초래해 왔으며, 이는 중국의 생산 능력이 다음 해에도 계속 하락할 것임을 나타냄.¹⁴⁴
- 간접적으로 돼지 두수의 급격한 손실이 2019년 돼지 및 자돈 가격 증가가 설명하는 더 큰 수요로 결과하였음.



< 그림 6-7 > 2019년 중국의 자돈 가격

144 Zhang W, Hayes DJ, Ji Y, Li M, Zlong T. African Swine Fever in China: An Update. Agricultural Policy Review. 2019;2019(1).

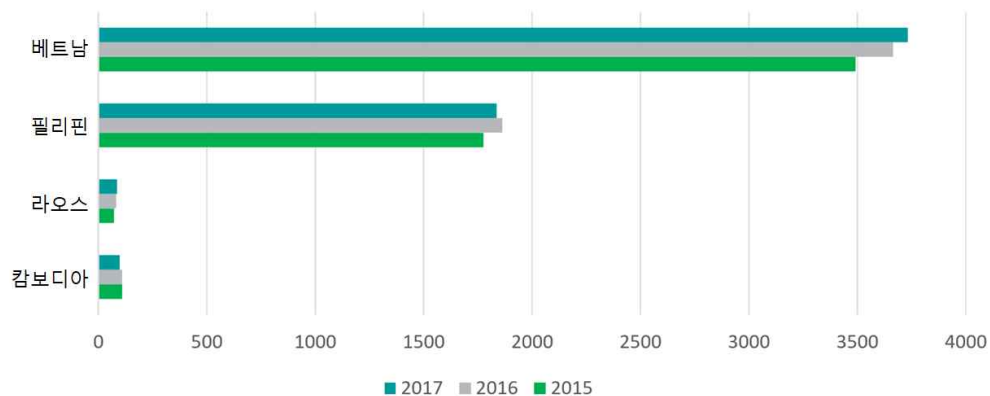


자료 : Pig333, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

〈 그림 6-8 〉 중국의 비육돈 가격 (USD/kg)

6.2.1.2. 베트남, 캄보디아 및 라오스

- 중국과 비슷하게 소규모 생산자들이 양돈 산업의 커다란 비중을 차지하고 있으며, 베트남 50%, 캄보디아 및 라오스는 80%임.¹⁴⁵ 지역 내 소농들의 높은 비율에 더해, 양돈 산업 가치사슬 내 제한된 수직통합으로 돼지들이 농장에서 도축장으로 수송됨에 따라 ASF 확산에 기여함.



자료 : USDA, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

〈 그림 6-9 〉 동남아시아 돼지 생산량 (천 톤)

145 The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Op. cit.

- 베트남은 중국 다음으로 동남아 내 두 번째로 가장 큰 돼지 생산국으로, 2019년 2월 이후 살아있는 돼지 사육두수의 약 20%인 약 600만 마리의 돼지들이 살처분되었음.¹⁴⁶

6.2.1.3. 필리핀

- 필리핀에서는 돼지 사육두수 1,270만 마리의 65%가 자급자족 농장에 속함.¹⁴⁷ 2019년 7월 ASF가 최초로 확인된 후, 70,000두의 돼지들이 살처분되었으며, 계속 확산됨에 따라 살처분 수가 증가할 것으로 예상됨.¹⁴⁸
- 필리핀 정부는 20두 미만의 돼지들을 보유한 농장들을 자급자족 농장으로 분류하고 있음. 소규모의 자급자족 농장들은 종종 통합된 사업체의 일부로, 농장들은 사업체로부터 차단방역에 관한 갱신된 정보와 프로토콜을 받고 있음.
- 대부분의 자급자족 농장들이 상업적 사료를 사용한다고 정부가 보도하고 있으나, 이를 입증하기 어려움. 호텔 또는 레스토랑으로부터의 잔반이 쉽게 이용가능하기 때문에 그들이 상업적 사료 대신에 잔반을 선택할 가능성이 높다는 것이 보도되고 있음.¹⁴⁹

6.2.2. 유럽

- 벨기에, 체코, 덴마크, 에스토니아, 아일랜드, 스페인, 프랑스, 이탈리아, 키프러스, 네덜란드, 스웨덴 및 영국 등 유럽 12개 회원국은 농장주들의 90%가 폴란드와 루마니아에 사는 농장주들의 33%가 400두 이상의 돼지를 사육하고 있음.¹⁵⁰

146 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ASF situation in Asia update - 7 November 2019. 2019.

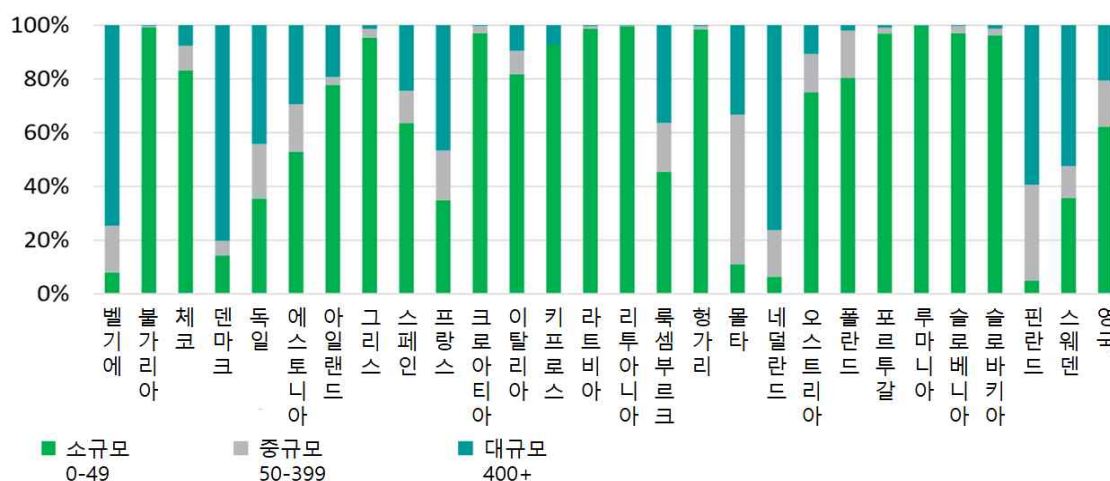
147 USDA Foreign Agricultural Service. African Swine Fever (ASF) Confirmed in the Philippines. Global Agricultural Information Network Report. 2019.

148 USDA Foreign Agricultural Service. Ibid.

149 USDA Foreign Agricultural Service. Ibid.

150 Pol Marquer TR, Roberta Forti. Pig farming in the European Union: considerable variations from one

- 폴란드 및 루마니아의 소농과 독일과 영국과 같은 여타 유럽 회원국들의 소농 간에는 현저한 차이가 있으며, 영국의 경우, 소농들이 집약적 상업 생산방법을 이용하는 반면, 동부 및 중부유럽은 많은 소농들이 자급자족형 농장주임.
- 유럽의 돼지 생산은 육류 산업의 절반 이상을 차지하며, 2018년 2,380만 톤에 달함.¹⁵¹
- 독일, 스페인, 프랑스, 폴란드, 덴마크, 네덜란드, 벨기에, 이탈리아, 영국, 루마니아 및 포르투갈과 Sardinia(이탈리아) 등이 상위 생산국임.
 - 폴란드와 루마니아는 ASF가 국내 돼지에 존재하는 유일한 국가들임. 폴란드는 낮은 차단방역 조치 농장들이 많고, 폴란드와 루마니아 모두 주로 자급자족 농장으로 소규모 생산자가 가장 많이 있음. 최근의 ASF 발병은 EU 가입 이후 증대된 경쟁으로 고통을 겪어왔던 폴란드의 양돈 산업에 미치는 ASF 영향을 악화시키고 있음. 루마니아에서는 국내 돼지 집단에서 발병 건수가 증가하고 있으며, 부분적으로 자급자족 농장들의 빈약한 차단방역 조치와 지속적인 잔반 사용에 기인함.

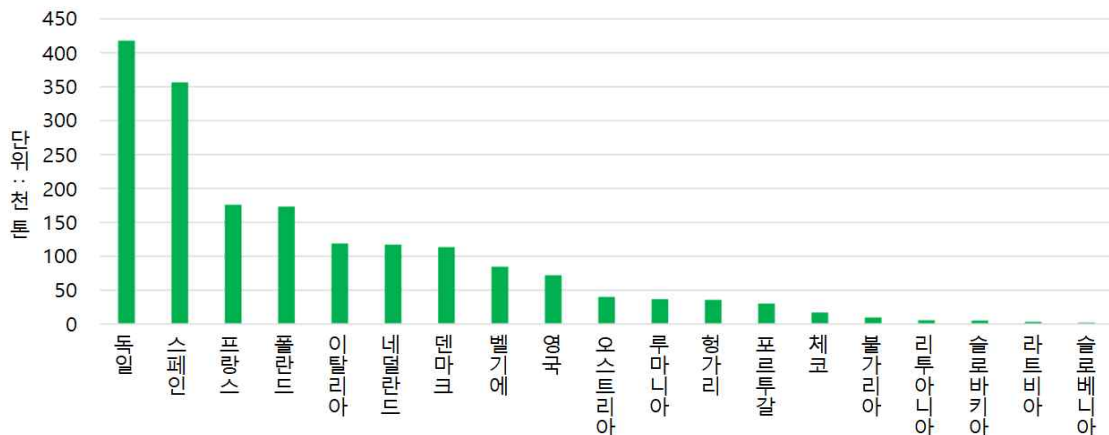


자료 : Eurostat, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

< 그림 6-10 > 사육두수 기준 유럽 회원국들의 양돈 산업구조

Member State to another. Statistics in focus 2014(15).

151 Eurostat. Agriculture, forestry and fishery statistics. 2018;(2018 edition).



자료 : Eurostat, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

< 그림 6-11 > 유럽의 돼지고기 생산 (도축 기준)

- 벨기에는 2018년에 멧돼지 집단에서 ASF를 보고하였으며, 비율은 계속 감소 중임.¹⁵²
벨기에의 ASF 검출 지역은 비교적 적은 양돈농장들이 있음. 이는 벨기에 양돈 산업의 높은 차단방역 수준으로 ASF가 상업적 돼지 집단에 유입할 위험이 적음을 의미함.¹⁵³

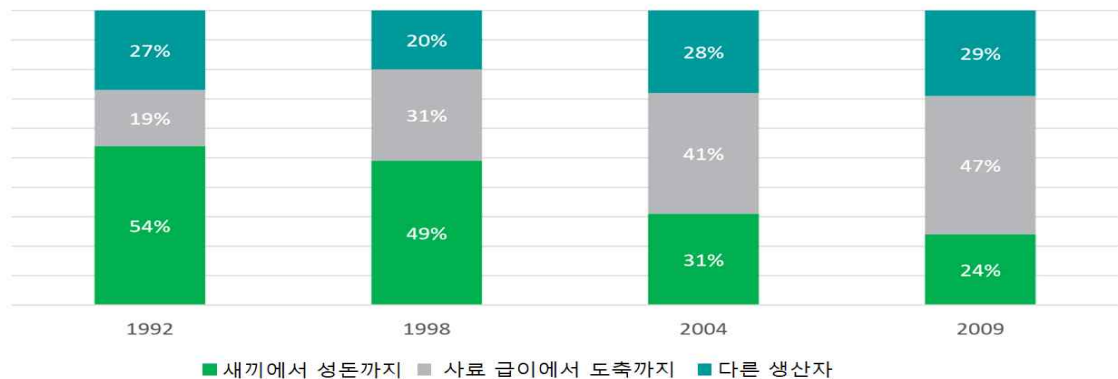
6.2.3. 북미

6.2.3.1. 미국

- 미국은 중국과 EU 다음으로 3위의 돼지 생산국이자 소비국으로 돼지고기 생산량은 230억4천만 달러로 추산됨. 미국의 경우 새끼에서 성돈까지 전 과정의 생산자 수의 감소와 더욱 전문화된 상업적 농장들로의 전환으로 특징된 양돈 산업의 구조조정이 이루어졌음. 2013년 USDA 조사 결과, 2,000두 이상 보유 대규모 농장이 전체 농장의 86%를 차지했으며, 이들 중 61%가 5,000두 이상을 유지하고 있음.¹⁵⁴

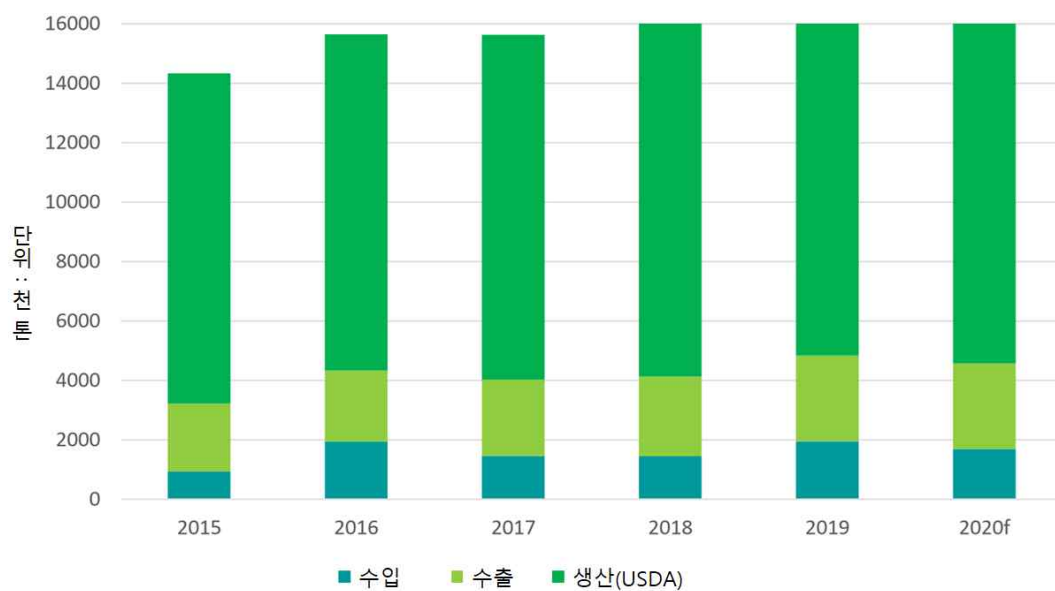
¹⁵² Department for Environment, Food and Rural Affairs,. African swine fever in Europe (Eastern Europe & Belgium). 2019.

¹⁵³ Department for Environment, Food and Rural Affairs. Ibid.



자료 : USDA, Comtrade, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

< 그림 6-12 > 1992년 이후 미국 양돈 산업의 진화



자료 : USDA, Comtrade, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

< 그림 6-13 > 미국의 돼지고기 생산 변화

- 미국의 전국돼지고기생산자협회에 의하면 미국 양돈 산업은 234억 달러의 가치가 있고¹⁵⁵, 미국 내 잠재적 ASF 발병이 생산을 와해시킬 수 있으며, 그 정도는 생산 시스템 특성과 엄격한 차단방역 조치들을 시행할 수 있는 생산자들의 능력에 좌우될 것임.

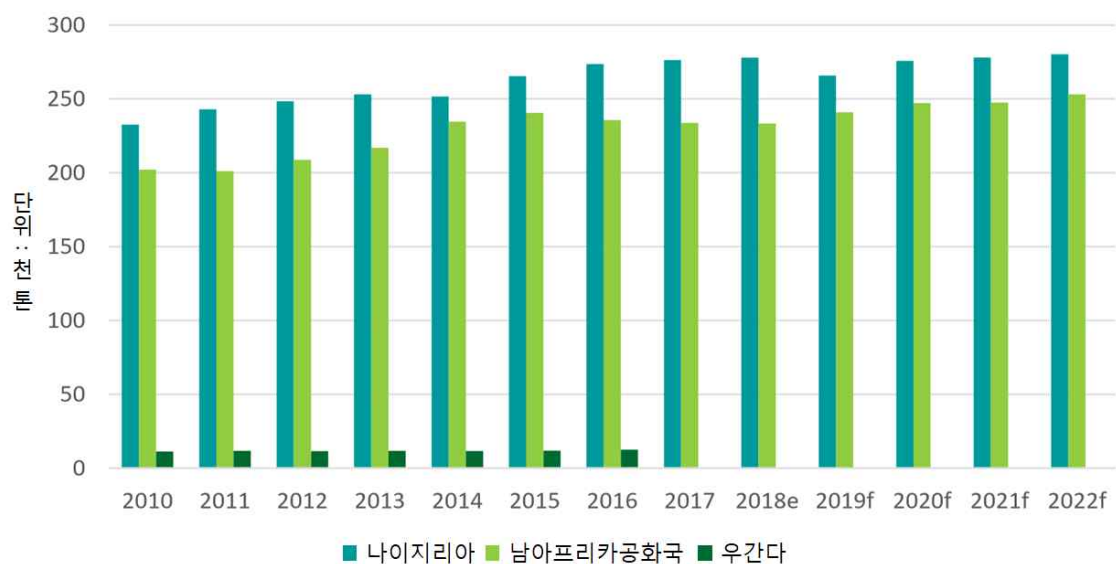
154 William D McBride NK. U.S. Hog Production From 1992 to 2009: Restructuring, and Productivity Growth. 2013.

155 National Pork Producers Council. Pork Facts. Available from: <https://nppc.org/pork-facts/>.

- 미국 돼지 집단에서 ASF가 발병하지 않을 경우, 아시아 국가들의 ASF가 미국의 돼지 가공업체들 간 더 큰 경쟁으로 이끄는 미국 돼지고기에 대한 증가된 수요를 촉발할 것으로 보임.

6.2.4. 아프리카

- 아프리카의 돼지 생산은 주로 전통적인 자급자족 시스템과 중소규모 소농으로 구성되어 있음.¹⁵⁶
- 나이지리아와 남아프리카가 아프리카에서 최대 양돈 산업을 보유하고 있고 우간다가 다음임. 남아프리카에서 돼지고기 산업은 소고기와 가금에 비해 적으며, 2017년에 약 400개의 상업적 돼지 생산자들이 있는 것으로 추정됨.¹⁵⁷



자료 : USDA/OECD, 주 : e는 추정, f는 예상을 의미

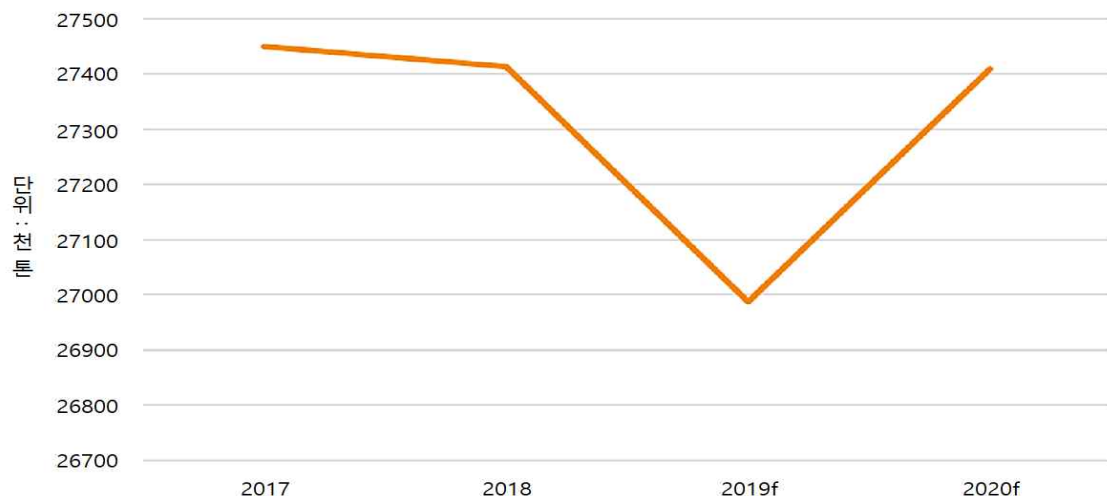
< 그림 6-14 > 아프리카 돼지고기 생산 추이

156 Mulumba-Mfumfu LK, Saegerman C, Dixon LK, Madimba KC, Kazadi E, Mukalakata NT, et al. Op. cit.

157 Mugido W. The South African Pork Market. Global Agricultural Information Network Report. 2017.

6.3. 사료산업에 미치는 영향

- 돼지 생산이 크게 하락하는 지역이나 국가들에서는 사료 산업이 크게 영향을 받을 것으로 예상되며, 이는 돼지 사료에 대한 수요 와해/감소가 다른 육류 동물 생산으로부터 수요를 통해 쉽게 안정화될 수 없기 때문이다.
- 대두 수확이 돼지 사료의 98%를 차지하기 때문에(다른 주요 성분은 옥수수임), ASF가 특히 글로벌 대두산업에 지대한 영향을 미칠 가능성이 높음.¹⁵⁸
- 대두는 또한 중국의 가장 중요한 작물이며, 중국은 대두의 순수입국으로 2018년 330억 달러 이상을 수입하고 있음(UN Comtrade Data).



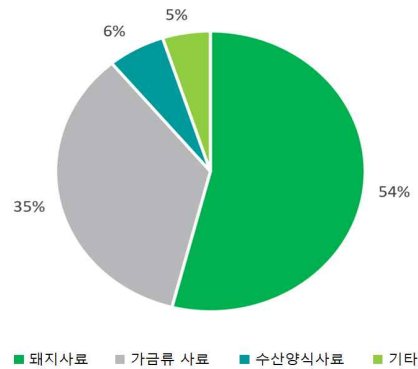
자료 : Comtrade

< 그림 6-15 > 중국의 사료 유형에 따른 동물사료 수요 비중

- 중국에서 돼지 생산은 동물 사료 수요의 54%를 차지하며, 따라서 대두박 수요 중 큰 점유율을 나타냄. 중국 육류 산업의 역동적 특성은 사료 산업에 미치는 ASF의 영향을 완화시킬 수 있음. 산업 전문가들은 2019년에 돼지 사료 소비가 11-17% 감소하고, 돼지 사료 수요는 40% 감소할 것으로 전망하고 있음.¹⁵⁹

¹⁵⁸ Schneider GdLTOaM. THE POLITICS OF FLEXING SOYBEANS IN CHINA AND BRAZIL. THINK PIECE SERIES ON FLEX CROPS & COMMODITIES. 2017;3.

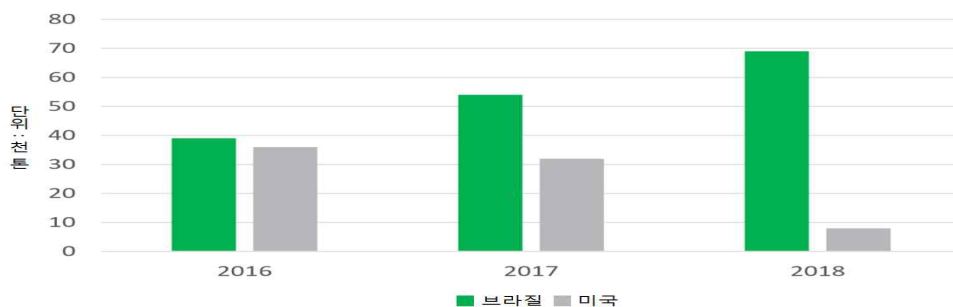
- 현재 ASF로 유발된 돼지고기 생산 감소와 가격상승이 다른 동물 제품들에 대한 수요를 촉발하기 시작했고, 결과적으로 가금 및 수산양식 어류 생산을 증가시키고 있음.



자료 : Comtrade, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전제서 재인용

< 그림 6-16 > 중국의 축종별 대두 수입

- 수요 증가로 대두박과 전체 사료 소비 강화가 예상되며, 다른 가축 배합사료 증가로 입증되었음.¹⁶⁰ 중국의 양돈산업 강화로 대규모 상업농들이 비육돈 사육에 인상된 돼지고기 가격 혜택을 받아 대두가 풍부한 돼지 사료 수요를 증가시키고 있음. 또한 잔반 급여사용에 대한 엄격한 정부 규제가 대두-기반 돼지 사료 수요를 증가시켜 왔음.¹⁶¹



자료 : Comtrade, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전제서 재인용

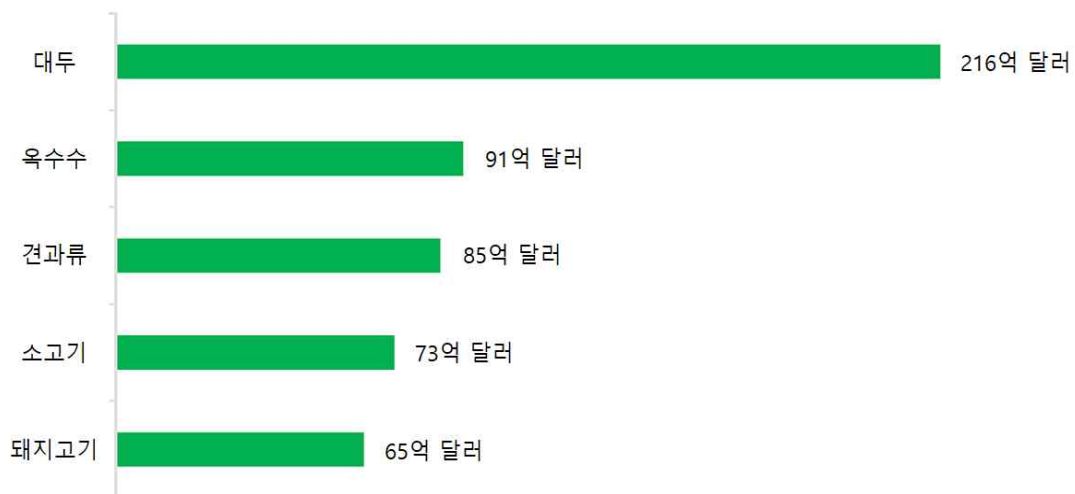
< 그림 6-17 > 브라질과 미국 대두의 중국 수입

159 INTL FCStone. PIG EPIDEMIC CONTINUES TO SPREAD THROUGH CHINA AND BEYOND. 2019.

160 USDA Foreign Agricultural Service. China - People's Republic of Oilseeds and Products Update. Global Agricultural Information Network Report. 2019.

161 USDA Foreign Agricultural Service. Ibid.

- 중국 동물사료 수요가 브라질 및 미국 대두 및 옥수수 산업에 미치는 영향은 ASF로만 돌릴 수 없음. 중국과 미국 사이의 지속적인 무역 긴장이 무역 패턴의 변화를 유발해 왔음. 중국은 지난 2년 동안 미국과의 교역을 전환하여 브라질로부터 대두 수입을 증대시켜 왔음. 이는 중국 시장에 의존했던 미국 대두 농장주들에 대한 수요 하락으로 결과하였음. 중국으로의 미국 대두 수출 하락은 미국 농업인들이 옥수수를 재배하기 시작함에 따라 미국 국내 변화를 유발할 것임. 이는 옥수수 수출에 영향을 미칠 잠재력을 지니고 있으며, 216억 달러 가치로 평가됨.



자료 : USDA, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

< 그림 6-18 > 육류 관련 미국 농작물 수출(2017)

6.4. 무역에 미치는 영향

- 중국의 전례 없는 ASF로 유발된 돼지고기 공급 손실이 2018년 이후 세계 무역 흐름을 변경시켰고, 가까운 장래에 이런 흐름이 계속 지속될 것임.¹⁶²
 - 생산 손실에 따른 수요에 부응하기 위해(특히 중국에서) 돼지고기의 세계 수출은 2019년 8%¹⁶³, 2020년에 최고 기록인 1,040만 톤으로 10% 증가할 것으로 예측되고 있음.¹⁶⁴
 - 이러한 증가는 세계 돼지고기 가격을 추가로 인상하게 함으로써 가격이 민감한 시장으로부터의 수입 수요를 감소시킬 뿐만 아니라 (특히 북미와 유럽의) 국내 시장에서 돼지고기 가용성을 감소시킬 가능성이 높음.
 - ASF는 ASF 발병 국가들, 특히 아시아와 유럽 국가들에서 돼지고기 수입량의 현저한 증가를 유발하였음. 반면 서유럽, 브라질 및 미국의 공급자들이 급등하는 세계 가격 및 수요를 자본화할 수 있었음. 러시아 또한 2019년 돼지고기 수출을 증대시킬 수 있었으며, ASF가 러시아에서 확진되었음에도 불구하고 이러한 추세가 2020년에도 지속될 것으로 예측되고 있음.
-
- 세계 돼지고기 상위 3대 수출국은 독일, 스페인(EU로 표시), 미국 및 캐나다임. 현재 EU가 2020년 최대 돼지고기 수출국으로 유지될 것이나, 브라질이 최대 성장(20%)을 이룰 것으로 예측되고 있음.¹⁶⁵ 상위 3대 수입국은 중국, 일본, 멕시코로, 중국은 2020년에 35% 수입 증가가 예상됨. 호주와 남아프리카는 순 수입국으로 육류 무역에 커다란 기여를 하고 있음.

162 Staff UMEF. ASF pork trade impact reaches beyond China 2019 [cited 2019 23 October 2019]. Available from: <https://www.nationalhogfarmer.com/animal-health/asf-pork-trade-impact-reaches-beyond-china>.

163 USDA. China's Share of World Meat Imports to Expand in 2019. In: Service FA, editor. 2019. p. 8-13.

164 USDA. Op. cit.

165 USDA. Op. cit.



자료 : USDA, Comtrade(2019), Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전에서 재인용

< 그림 6-19 > 전 세계 주요국 돼지고기 무역 현황

6.4.1. 아시아

6.4.1.1. 중국

○ 전 세계 돼지고기의 절반을 생산소비하는 중국에서¹⁶⁶ 생산 하락은 중국에서 1,000~2,000만 달러 상당의 돼지고기 부족을 초래할 것이고, 2020년과 그 이후에 아시아 전체에서 돼지고기 부족을 악화시킬 것임.¹⁶⁷ 중국에서 ASF의 직접적 결과로 2018년부터 계속해서 돼지고기 수입량이 증가했음. 2019년 8월 기준 중국의 돼지고기 수입은 전년 동기 대비 67% 더 높음.¹⁶⁸ 중국의 생산 부족은 EU와 미국을 포함, 다른 지역들에서 돼지고기 가용성을 감소시킬 가능성이 높음.

166 Meat and Livestock Australia. African Swine Fever continues to spread. In: Markets Pa, editor. Australia2019.

167 Meat and Livestock Australia. Ibid.

168 USDA. Op. cit.

- 2018년 기준 중국의 상위 수입 공급국은 EU, 브라질 및 캐나다이나, 2019년에 캐나다와 중국 간 외교적 긴장 고조가 캐나다의 중국 수출에 영향을 미칠 가능성이 높음. 그럼에도 불구하고 중국의 상위 돼지고기 공급국들은 미국을 포함, 전 세계 다른 ASF 청정 생산국들처럼 ASF 발병으로 혜택을 볼 것으로 예상되고 있음.

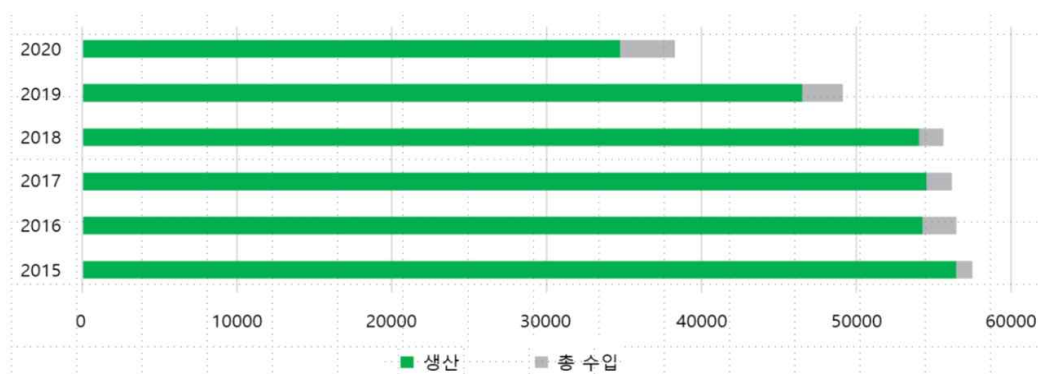


자료 : Comtrade, International Trade Center (2019), Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

< 그림 6-20 > 2018년 중국의 수입 공급국

- EU 집행위원회에 의하면 중국으로의 EU 돼지고기 수출은 2019년 7개월 간 45% 증가했으며, 2020년 수출은 13% 증가가 예상되고 있음.¹⁶⁹

(단위 : 톤)



출처 : USDA(2019), Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

< 그림 6-21 > 2018년 중국의 돼지고기 공급

169 Global African Swine Fever Research Alliance. Op. cit.

- 미 농무부와 OECD의 2020년 지역 전망에 따르면, 중국의 돼지고기 수입은 세계 돼지고기 수입의 23-35%를 차지할 것이나, 중국의 생산 능력 개선이 거의 예상되지 않고 있음.^{170,171} 감소된 생산은 2019년 중국의 수출량을 36% 감소시켰으며, 2020년 추가로 23% 하락이 예상되고 있음.¹⁷² 2018년 중국의 상위 3대 돼지고기 수출 대상국은 홍콩, 싱가포르, 몽골이었음.

6.4.1.2. 베트남

- 중국을 제외한 아시아 대부분의 국가들은 최소한의 수출로서 국내 돼지고기 소비에 집중하고 있음. 2019년 초에 ASF가 확진되기 전부터 베트남은 돼지와 돼지고기 수입이 이미 급증하고 있었음. 베트남 최대 돼지고기 공급자인 EU의 2018년 수출량은 80,000톤을 약간 하회하였으며, 이는 2017년에 비해 93% 증가한 것임.¹⁷³ ASF 영향이 EU에 대한 베트남의 수입 의존을 증가시켰음. 2019년 1월과 4월 간, EU의 베트남 수출은 29,000톤으로 전월 대비 79% 증가했으며,¹⁷⁴ 이는 두 지역 간 7년 동안 EU 냉동 돼지고기에 대해 16% 관세를 낮추는 무역협정 서명 이후 증가가 예상되고 있음.¹⁷⁵
- 베트남 정부는 2019년 10월 ASF 통제를 발표하였으며, 신년이 되기 전에 대형 산업농장들이 재입식에 대해 고무되었음. 이는 베트남 돼지들이 중국으로 다시 수출되고 있다는 소문 속에서 중국 대상 무역재개를 목표로 삼고 있다고 많은 농장들이 추정하도록 했음.¹⁷⁶

170 USDA. Op. cit.

171 Agricultural Outlook 2019 [Internet]. 2019. Available from: https://www.oecd-ilibrary.org/sites/agr_outlook2019-en/1/2/6/index.html?itemId=/content/publication/agr_outlook-2019en&_csp_=4afab97664e9d04bf156440570ccafad&itemIGO=oe&itemContentType=book.

172 USDA. Op. cit.

173 Staff UMEF. Op. cit.

174 Rusk F. EU signs Trade Agreement with Vietnam. AHDB News. 2019 July 2019.

175 Rusk F. Ibid.

176 Vietnam's govt warns ASF slowdown may not last as pork price climbs [Internet]. 17 October 2019 [ci

- 주요 언론매체에 의하면 돼지고기 가격이 중국 접경지역들에서 밀수업자들이 생돈 및 돼지고기에 대한 높은 수요에 대해 밀수업자들이 공급을 추구하는 돼지고기 및 돼지의 비공식 시장을 자극하였음.¹⁷⁷
- 러시아, 브라질 및 미국은 베트남에 돼지고기를 수출하는 주요국임. 보도에 의하면 2019년 5월 러시아로부터 수입량이 약 6,000톤으로 전년 대비 20% 더 높았고, 미국의 수출량은 약 3,000톤으로 전년 대비 68% 더 높았음.¹⁷⁸ 미 농무부는 베트남의 수입이 2020년에 50% 증가할 것이라고 예상하고 있음.¹⁷⁹
- 2019년 6월 기준 ASF가 중국에서 최초로 검출된 이후 베트남 돼지고기 가격이 33% 인상된 것으로 보도되었음.¹⁸⁰ 베트남이 ASF 감염 국가들(예컨대 러시아)로부터 돼지고기 혹은 돼지 수입을 금지하고 있지 않다는 점이 중요함. 장기적으로 이는 베트남의 ASF 확산 통제와 예방에 악영향을 미칠 가능성이 있음.

6.4.1.3. 캄보디아와 라오스

- 캄보디아나 라오스 모두 돼지고기의 주요 수출국은 아니지만, 지역 내 다른 국가들이 두 국가의 돼지 제품에 대해 수입 금지를 처분해 왔음. 2019년 4월 중국은 캄보디아로부터 생돈 및 (돼지고기가 아닌)사체 수입을 금지하였음.¹⁸¹
- 라오스 최초의 확진 후인 2019년 4월에 베트남은 생돈 및 (돼지고기가 아닌)사체 수입을 금지하였음.¹⁸² 동년 6월 라오스는 중국과 태국으로부터도 유사한 금지를 당했음.¹⁸³

ted 23 October 2019]. Available from: <https://www.agricensus.com/Article/Vietnam-s-govt-warns-ASF-slowdown-may-not-last-as-pork-price-climbs-8975.html>.

177 Vietnam's govt warns ASF slowdown may not last as pork price climbs [Internet]. Ibid.

178 Staff UMEF. Ibid.

179 USDA. Op. cit.

180 ASF Vietnam: Commercial farms hit; higher pork import prices. Pigs333.

181 Shike J. ASF Claims More Pigs in Cambodia as China Bans Imports. Farm Journal's Pork. 2019 20 April 2019.

- 동년 7월 (당시 ASF 확진사례가 없었던)필리핀 또한 돼지고기를 포함한 사육돼지와 멧돼지 및 그들의 제품들의 수입, 유통 및 판매를 광범위하게 잠정적으로 금지하였음.¹⁸⁴ 이들 금지가 계속되고 있는지 여부는 불분명함.

6.4.1.4. 필리핀

- 미 농무부 데이터는 지난 10년 간 필리핀이 국내 소비에 부응하기 위하여 돼지고기 수입량이 증가해 왔음을 보여주고 있음. 필리핀의 돼지고기 수입은 2015년과 2019년 사이 66% 증가하였음.¹⁸⁵
- 2019년 7월 필리핀은 폴란드로부터 돼지고기 뼈들이 잘못하여 독일 선적화물로 들어갔음을 발견한 후에, 세계 상위 수출국 중 하나인 독일로부터 돼지고기 수입을 일시적으로 금지하기 위해 세계무역기구에 의뢰하였음. 폴란드 돼지고기는 2019년 초 이후 필리핀에 유입되지 않도록 금지되었음.
- 독일과 EU는 필리핀이 2019년에 유럽 돼지고기의 4번째로 큰 수출 대상국이었기 때문에 수입 금지를 심각하게 받아들였음.¹⁸⁶ 2019년 8월까지도 필리핀은 수입 금지를 해제하지 않았음.¹⁸⁷
- ASF 발병 국가와 접경하는 국가에 대한 이러한 극단적인 제한들이 일부 국가들에게 심각한 문제를 야기하였음.¹⁸⁸

182 Net X. Cambodia imports 1,500 pigs from Thailand per day amid ban of import from Vietnam. The Cambodia Daily. 2019 22 May 2019.

183 Staff UMEF. Op. cit.

184 Flanders' Agricultural Marketing Board (VLAM)/Belgium Meat Office. Belgium Successfully Keeps Its Pork VirusFree. PR Newswire UK. 2019 10 July 2019.

185 USDA. Op. cit.

186 Palgrave CJ, Gilmour L, Lowden CS, Lillico SG, Mellencamp MA, Whitelaw CB. Op. cit.

187 Lillico SG, Proudfoot C, King TJ, Tan W, Zhang L, Mardjuki R, et al. Op. cit.

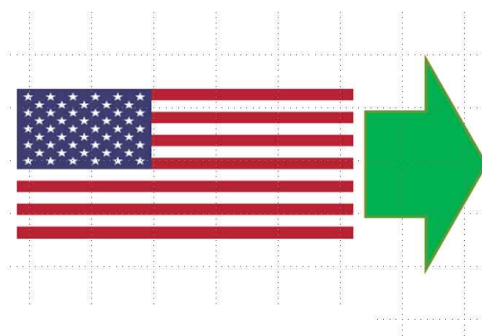
188 Van Eenennaam AL, Wells KD, Murray JD. Op. cit.

- 2019년 9월 필리핀에서 최초의 ASF 확진 전에 필리핀은 ASF가 필리핀에 유입하지 않도록 공격적인 무역 제한 조치를 유지했음. 이 조치는 ASF 감염 국가들 즉, 러시아, 우크라이나, 체코, 몰도바, 남아프리카, 잠비아, 헝가리, 불가리아, 벨기에, 라트비아, 폴란드, 루마니아, 중국(홍콩과 마카오 포함), 몽골, 베트남, 라오스 및 캄보디아로부터 돼지고기 및 돼지고기 제품에 대한 수입 금지를 포함하였음.¹⁸⁹
- 이러한 수입 제한에도 불구하고 필리핀은 2020년에 35만 톤의 돼지고기를 수입할 것으로 예상되고 있음.¹⁹⁰

6.4.2. 미주

6.4.2.1. 미국

- 미주에 ASF가 현존하지 않으나, ASF의 글로벌 영향이 (돼지고기 생산자들에 유리하게) 미국, 캐나다, 브라질의 돼지고기 무역에 영향을 미쳐왔음.



파트너	무역액 (단위 : 천 달러)
멕시코	392,000
일본	1,008,088
중국/홍콩	377,895
캐나다	495,885
한국	387,821
남아프리카공화국	227,230
오세아니아(오스트레일리아 및 뉴질랜드)	203,705
중미	131,086
카리브해	84,359
동남아시아	90,053
유럽연합	6,304

자료 : US Meat Export Federation, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

< 그림 6-22 > 미국의 돼지고기 수출 주요시장 (2019년 1월 ~ 6월)

¹⁸⁹ CNN Philippines Staff. Group urges Department of Agriculture to impose total ban on pork imports. CNN. 2019 17 September 2019.

¹⁹⁰ USDA. Op. cit.

- 미국과 캐나다로부터 돼지고기 수출은 중국과의 무역 및 외교문제로 인하여 충분히 실현되지 못하였음. 미국과 캐나다 농장주들은 베트남과 필리핀과 같은 다른 발병국가들로 수출 증대도 추구하고 있음.
- 중국 양돈 산업의 위축은 미국 돼지고기 생산자들에 유리할 수 있는 잠재력을 보유하고 있음. 그러나 이는 미국과 중국 간의 계속되는 무역 전쟁으로 제한되어 왔음.

- ASF와 적절한 수출입에 관한 미국/중국 무역전쟁 세부사항은 다음과 같음.
- 2018년 3월
 - 미국에서 중국을 포함한 다양한 국가들을 대상으로 수입 철강에 대해 25% 관세와 알루미늄 제품에 대해 10% 관세를 적용.
 - 트럼프 대통령은 최대 600억 달러의 중국 수입품에 관세를 부과하는 행정 각서에 서명하면서 이 조치를 많은 것들 중의 첫 번째라고 명명.
 - 철강 및 알루미늄 관세에 대응하여 중국 상무부에서 보복 관세를 위해 미국 제품들의 표적화 목록 작성.
- 2018년 4월
 - 중국이 약 30억 달러의 128개 미국 제품들에 대해 보복 관세를 부과하기 시작.
 - 돼지고기가 그 영향을 받는 제품들 중 하나로 12%에서 37%의 수입관세 인상에 직면.
- 2018년 7월
 - 중국이 미국 대두 수입품에 대해 25% 관세와 미국 돼지고기 수입품에 대해 25% 관세 부과.
 - 미 농무부는 이 무역 전쟁에 의해 피해를 입은 농장주들에게 최대 120억 달러의 긴급 구호 발표. 지원은 대두, 옥수수, 면화, 수수, 밀, 돼지 및 낙농 생산자들에 대한 직접 지급금임.

- **2019년 5월**

- 미국과 중국 사이의 무역 협상 결렬.
- 중국에서 미국산 돼지고기 3,247톤 주문 취소.
- 미 농무부에 의하면 이 취소는 최근 1년 이상 중에 가장 큰 것임.
- 트럼프 행정부는 무역 전쟁 손실을 상쇄하기 위해 농작물 재배업자들과 돼지고기 및 낙농 생산자들을 위해 제2차 160억 달러의 농가 구호계획(160억 달러 중 145억 달러는 생산자들에게 직접 지불)을 발표. 지원은 2019년 8월 중·하순에 개시.
- 미국과 중국이 10월로 예정된 고위급 무역 협상에 앞서 중위급 무역 협상을 워싱턴에서 개최.

- **2019년 9월**

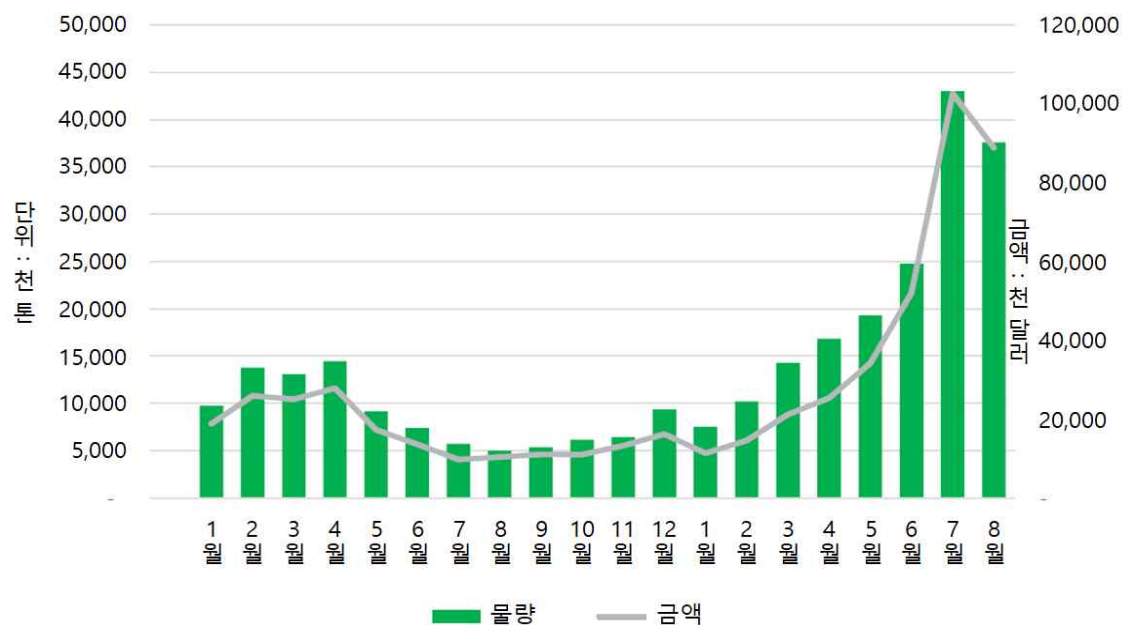
- 양국이 1년 전 무역 전쟁을 개시한 이후, 처음으로 중국에서 미국산 원유에 5% 관세를 부과하기 시작.
- 미국 대두는 이미 25%의 중국 관세를 부과 받고 있으며, 5% 추가 관세를 부과 받는 반면, 미국 육우 및 돼지고기는 10% 추가 관세를 부과 받음.
- 10월로 예상된 관세 인상을 미국에서 연기함에 대응하여 중국 국가발전개혁위원회와 상무부에서 미국산 대두, 돼지고기, 기타 농산물을 추가 무역전쟁 관세에서 제외 발표.
- 중국에서 약 600,000톤의 미국 대두에 대해 호의적 구입 단행.

- **2019년 10월**

- 워싱턴에서 회동한 미국과 중국의 고위급 대표들의 1단계 합의에서 중국이 연간 약 400~500억 달러의 미국 농산물을 구입할 것이라는 데 동의했음.
- 미국은 2019년10월31일부터 2020년 1월31일까지 특정 중국 제품들에 대해 관세를 면제하는 신규 라운드 발표.

- 2019년 12월

- 중국과 미국이 무역 합의 타결 및 중국 관세위원회에서 추가 관세 2차 라운드에서 면제되는 2차 미국 제품 발표 : 면제는 2019년12월26일 ~ 2020년12월25일까지 1년 간 유효.
- 미국은 압박한 관세를 최소화하고 특정 관세 반감에 동의.



자료 : US Meat Export Federation(2019), Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전게서 재인용

< 그림 6-23 > 미국의 대 중국 돼지고기 수출 추이 (2018-2019)

- 2018년/2019년 미국과 중국 간 돼지고기 무역에서, 중국이 관세를 최초로 부과한 지 1개월 후인 2018년 5월에 미국의 돼지고기 수출량과 금액 모두 하락했음. 하락은 2018년 8월 미국이 최소 5,000톤을 수출했을 때 최저점에 달했음.
- 2018년 9월부터 12월까지 돼지고기 수입량 및 금액은 ASF가 중국에서 최초로 발견된 후의 시장 투기 때문일 것으로 추측되는 꾸준한 수준을 유지했음.
- ASF가 중국의 국내 돼지고기 공급에 영향을 미치기 시작한 시기인 2018년 12월에 제재 계속에도 불구하고, 중국으로의 미국 돼지고기 수출량과 금액 모두 꾸준한 증가가 주목되었으며, ASF가 중국 전역으로 확산됨에 따라 중국의 수입 의존도가 증가하였음.

- 2019년 1월과 7월 사이에 미국은 중국에 2억6,100만 달러의 13만6,000톤 이상의 돼지고기를 수출했으며, 이는 2018년 동기 대비 물량 면에서 85%, 금액 면에서 89% 증가한 것임.¹⁹¹
 - 2019년 5월 미국 육류 공급업체 중 상위기업인 Tyson, Pilgrim 's Pride, Danderson Farm 등의 주가가 ASF 확산으로 혜택을 받을 것이라는 예측으로 40% 급등했음.¹⁹²
- 낙관론에도 불구하고 앞의 2019년 8월에 미국 수출의 수량과 가치가 약 13% 하락함.
- 그 이유는 2019년 9월에 미국 돼지고기 부문의 관세 제3라운드에서 미국과 중국 사이의 긴장이 증가했기 때문으로 추정됨.
 - 2019년 7월 기준 총 중국 돼지고기 수입의 미국 점유율은 10%미만에서 유지됨. 양국이 무역 전쟁에 개입하지 않을 경우에 기대하는 수입 점유율 수준에 크게 미달함.
- Kansas주립대학교는 ASF가 미국에 진입할 것이며, 이 바이러스를 전염시킬 수 있는 수백만 마리의 야생 돼지와 진드기가 있고, 그것은 돼지와 관련 산업에 수십억 달러의 경제적 손실을 입힐 수 있다고 주장했다.

6.4.2.2. 캐나다

- 캐나다는 EU와 미국 다음으로 세계 3위의 중요한 돼지고기 수출국임.
- 캐나다돼지고기협회(Canadian Pork Council)에 의하면 2018년 캐나다의 수출은 40억 캐나다 달러(30억4,000만 달러)로 평가되었음.¹⁹³ 2019년 캐나다의 상위 수출 시장은 현재 ASF가 발병된 많은 국가들, 즉, 중국, 한국 및 필리핀을 포함하고 있음.

¹⁹¹ Export Statistics (2019) [Internet]. 2019 [cited 8 October 2019]. Available from: <https://www.usmef.org/newsstatistics/statistics/>.

¹⁹² Philpott T. A Nasty Swine Virus in China Means Big Trouble for US Farmers. MotherJones. 2019.

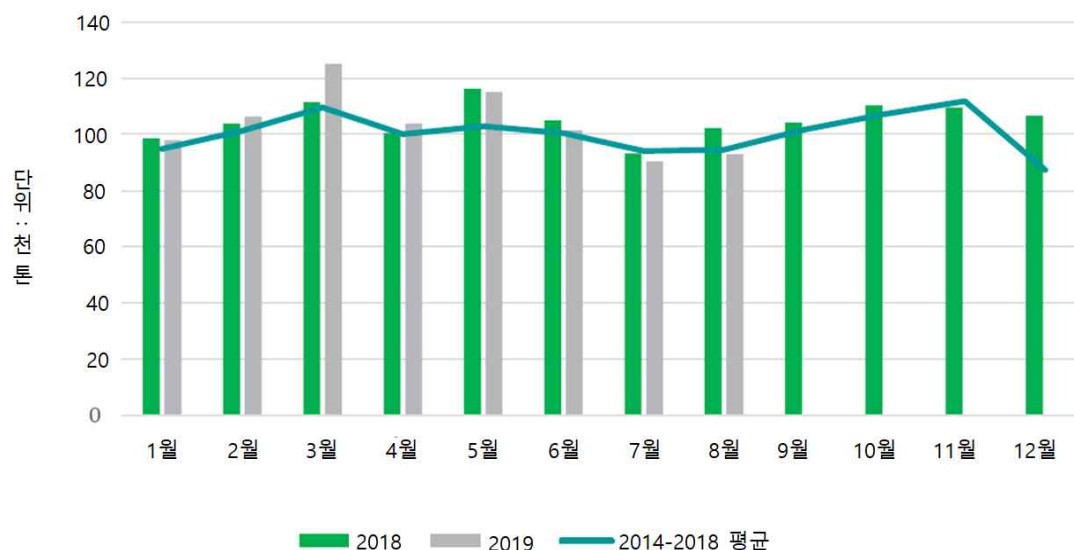
¹⁹³ Canadian Pork Council. Canadian pork exports to China 2019 [cited 2019 31 October 2019]. Available from: <https://www.cpc-ccp.com/canadian-pork-exports-in-china>.

- 캐나다는 다수의 주요 수출 시장 ASF 발병으로 증가된 돼지고기 수요 증가로 혜택을 받아왔으며, 핵심은 중국임.
- 2018년 한 해에만 캐나다는 5억 캐나다 달러(3억8천만 달러)에 상당하는 289,000톤 이상의 돼지고기를 수출하였음.¹⁹⁴



자료 : Canadian Pork Council(2019), Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전제서 재인용

〈 그림 6-24 〉 캐나다 돼지고기 수출 주요시장(2018)



자료 : Canadian Pork International, Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전제서 재인용

〈 그림 6-25 〉 캐나다의 돼지고기 수출(2018-2019)

¹⁹⁴ Canada Pork International. Canadian Pork Exports 2019 [cited 2019 30 October 2019]. Available from: <http://www.canadapork.com/en/industry-information/canadian-pork-exports>.

- 2019년 4월, 3억1천만 캐나다 달러(2억3,500만 달러)에 상당하는 146,000톤 이상의 돼지고기를 중국으로 수출하였으며, 이는 2018년 같은 기간에 비해 52.8%의 물량 증가와 80%의 금액 증가에 해당함.¹⁹⁵ 캐나다의 중국 돼지고기 시장점유율 15%는 EU 다음으로 모든 수출국들 중에서 최고였으나, 중국이 금지하는 돼지 사료첨가제 락토파민(ractopamine) 잔류물 조사에 이어 위조증명서 적발 후 캐나다 소고기 및 돼지고기 수입을 제한한 2019년 6월 이후 거래가 붕괴되었음.¹⁹⁶
 - 당시 캐나다 정부는 이 사건을 ‘안전한 품질 제품의 공급자로서 캐나다 명성의 악용’으로 간주하고 반박하였음.¹⁹⁷ 금지 조치는 2018년12월 캐나다 당국에 의해 중국의 통신 대기업 CFO Meng Wanzhou가 사기 혐의로 체포된 후 캐나다와 중국 사이에 일련의 긴장이 상승하는 가운데 있었음.¹⁹⁸
- 2019년 7월 중국으로의 캐나다 수출 실적이 전무하여, 당월 수출 평균의 11% 하락에 영향을 미쳤음.
- 8월 실적은 캐나다가 일본과 한국과 같은 아시아의 대체시장들에 더 많이 집중을 시도했기 때문에 다소 상승하였음을 보여줌.
 - ASF의 지역적 발병이 발병 국들의 돼지고기 수요 증가를 유발했던 반면, 캐나다는 이러한 상황을 이용하려 하는 미국 농장주들과도 경쟁해야만 했음. 미국 농장주들은 이러한 상황이 북미의 초과 육류 공급으로 나아가 것을 우려하고 있음.¹⁹⁹
 - 2019년 11월 중국은 수입 중단이 캐나다 양돈업자들에게 천만 달러의 매출 손실을 초래했던 보고한 캐나다육류협회(CMC; the Canadian Meat Council) 회원들에 대한 수입 금지를 해제했다고 발표하였음.²⁰⁰

195 Canadian Pork Council. Op. cit.

196 Robinson MHaA. China's Halt on Canadian Meat Threatens to Roil World Protein Market. 2019 26 June 2019 (col. 2019).

197 Canadian Pork Council. Op. cit.

198 Cecco L. Canada officials misled Huawei executive, lawyers argue. The Guardian. 2019 24 September 2019.

199 Robinson MHaA. Op. cit.

200 Fortune A. China lifts Canadian beef and pork trade suspension. Global Meat News. 2019 5 November 2019.

6.4.2.3. 브라질

- 브라질은 많은 아시아 국가들에 대한 주요 돼지고기 수출국으로, ASF 발병으로 야기된 강력한 아시아의 수요로 혜택을 받아 왔음. 브라질 수출은 아시아 수출 증가에 힘입어 2020년 20% 증가할 것으로 예상됨.²⁰¹ 이는 부분적으로 2019년에 발표된 중국과 브라질의 ‘지속적인 시설투자 프로세스’에 기인하며, 이 과정으로 2019년 하반기부터 중국으로 브라질의 동물 단백질 수출 증가를 보게 될 것임.²⁰²
- 2019년 9월 보도에 의하면 이 과정의 일환으로 중국은 향후 수개월 간 더 많은 전망으로서 25개 브라질 육류포장 공장들에게 수출 라이선스를 부여하였음.²⁰³ 이 소식은 상위 브라질 돼지고기 생산업체인 BRF와 Minerva의 주가를 상승시킨 것으로 보도되고 있음.²⁰⁴ 브라질의 소고기 및 닭고기 수출도 혜택을 받아 각각 17%와 37% 증가하였음.



자료 : Comtrade(2019), Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전제서 재인용

< 그림 6-26 > 2018년 브라질 돼지고기 수출 주요시장

- 또한 브라질은 한국을 포함하여, 여타 ASF 발병 국가들에 수출을 증가하고 있음.
- 2019년 2월 한국의 농림축산검역본부가 한국으로 육류를 수입할 수 있는 9개의 추가 브라질 정육업체 라이선스(그 중 5개는 돼지고기 거래)를 부여했다고 보도됨.²⁰⁵

²⁰¹ USDA. Op. cit.

²⁰² Pig Pross. Brazil grabs pork export momentum due to ASF. Pig Progress. 2019 3 June 2019.

²⁰³ Mano A. UPDATE 2-Brazil poised to get more meat plant approvals from China - minister. Reuters. 2019.

²⁰⁴ Jamie McGeever JS, Ana Mano. UPDATE 3-China clears 25 Brazil meat plants for export, lifting shares. Reuters. 2019 9 September 2019.

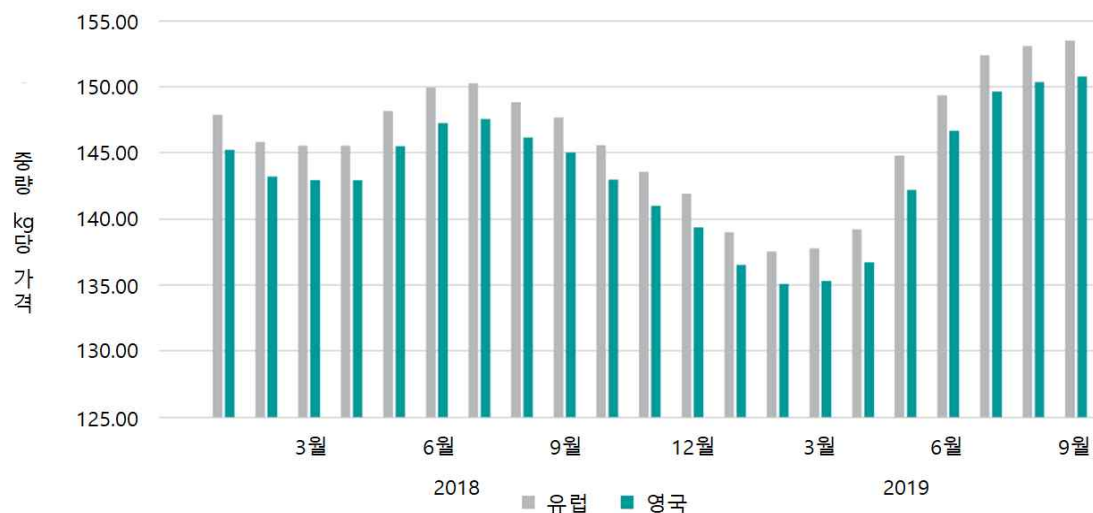
6.4.3. 유럽

- 중국의 ASF 발병과 계속되는 미중 무역 전쟁의 직접 결과로 2019년 1월~7월 기간 EU 돼지고기의 중국 수출이 37% 증가했고, 세계 다른 지역으로 13% 증가하였음.²⁰⁶



자료 : Europa(2018), Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전제서 재인용

< 그림 6-27 > 2018년 EU의 돼지고기 수출 주요 시장



자료 : AHDB Pork(2019), Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전제서 재인용

< 그림 6-28 > 유럽대륙과 영국의 돼지가격 동향(2018-2019)

205 Jamie McGeever JS, Ana Mano. Ibid.

206 Strak J. Trade wars and ASF: The global pork market mid-2019. 2019 7 October 2019. Available from: <https://www.pigprogress.net/World-of-Pigs1/Articles/2019/7/Trade-wars-and-ASF-The-global-pork-market-mid2019-444778E/>.

- 동남아 지역의 수요 증가와 돼지고기 부족으로 돼지가격은 2019년에 EU 전역에 걸쳐 급등해 왔음. 벨기에의 ASF 발병 보도에 시장이 반응함에 따라 2018년 9월부터 가격 하락이 있어 왔음. 그러나 2019년 4월 독일과 스페인과 같은 주요 돼지고기 생산국들에서 25% 이상의 가격 상승으로 시장이 회복되고 있다고 보도되었음.²⁰⁷
- 유럽에서 미래 ASF 영향을 예측하는 것은 매우 어려움. 즉, 대부분의 주요 수출 EU 회원국들이 ASF 청정 지역으로 남아 있으나, 다수의 전문가들은 ASF가 언제 확산될지 여부를 주목해야 한다고 전망하고 있음. 서유럽으로의 ASF 확산이 수출 잠재력을 크게 손상시킬 수 있고, 추가로 세계 돼지고기 공급을 축소시킬 수 있음.
- 모든 유럽 국가들의 돼지 수출이 증가된 것은 아님. 벨기에 사육 돼지에서 ASF 사례가 보고되지 않았음에도 불구하고, 2018년 9월 13개 국가들이 모든 벨기에 돼지고기 및 돼지고기 제품에 대해 금지하였음.²⁰⁸ 결과적으로 2019년 7월 기준 EU 외부로의 벨기에 수출 중 아시아로의 수출이 차지하는 점유율이 79%에서 38%로 하락했으며, 수출 물량이 이전 수량의 약 50%로 떨어졌음.
- 2019년 9월 벨기에 돼지 가격이 전년 동기 대비 20% 상승하였으나, 수출 대부분이 EU 내였음. 벨기에육류연맹(FEBEV)은 벨기에의 ASF로 초래된 총 피해가 적어도 7억 유로에 달한다고 추정하였음.²⁰⁹ 돼지 사육 집단을 청정하게 사육할 수 있는 벨기에의 능력은 돼지고기의 소비와 수출에 적합한 상태라는 것을 보장해 왔음. 따라서 벨기에의 통제 전략은 EU 내에서 제한되지 않는 무역을 유지할 수 있도록 허용해 왔음.²¹⁰ 그 결과 벨기에는 중-단기간에 ASF 이전 수출 수준으로 복귀를 볼 수도 있음. 2019년 10월 인도, 베트남, 싱가포르가 ASF에 감염되지 않은 벨기에 지역들로부터 공급되는 돼지고기 금지를 해제했고,²¹¹ 중국의 수입금지 협상은 진행 중인 것으로 보도되었음.

207 Dixon LK, Islam M, Nash R, Reis AL. Op. cit.

208 Driver A. Belgian pork exports banned in 13 countries following ASF outbreaks 2018 [cited 2019 10 October]. Available from: http://www.npauk.org.uk/Belgian_pork_exports_banned_in_13_countries_following ASF_outbreaks.html.

209 Swine fever costs Belgium at least 700 million euros. In: Flemish Information Center for Agriculture and Horticulture, editor. 2019.

210 Flanders' Agricultural Marketing Board (VLAM)/Belgium Meat Office. Op. cit.

211 Quembo CJ, Jori F, Vosloo W, Heath L. Op. cit.

6.4.4. 러시아

- 돼지고기 순 수입국임에도 불구하고, ASF 발병이 러시아 돼지고기 수출업자들에게 기회를 증대시켜왔음. 2019년 7월 러시아 농업부(the Russian Ministry of Agriculture) 선임 행정관이 러시아 국내 초과공급이 낮은 돼지고기 가격을 부채질해 왔으며, 많은 생산자들이 해외 시장을 개척하게끔 고무시키고 있다고 보고하였음.²¹² 이 정보는 러시아의 글로벌 돼지고기 수출이 꾸준히 증가를 보여주는 USDA 데이터로 확인되었음.
- 2015년과 2019년 사이 수출이 850% 이상 증가해 왔음.
- 2020년에 러시아는 돼지고기를 33% 추가적으로 수출할 것으로 추정되고 있으며, 이는 2015년에 수출한 돼지고기 물량의 10배 이상에 해당함.²¹³
- 러시아는 중국의 ASF 발병 결과로 중국 수출을 증대해 왔음. 또한 일본, 한국 및 터키로 수출을 늘려왔음.²¹⁴
- 2014년에 ASF가 폴란드에서 검출된 후, 러시아는 EU로부터 돼지고기 제품에 대해 전면 수입금지하였음. 그러나 이후 2016년 8월에 세계보건기구(WTO)에 의해 이 금지들이 불법적인 것으로 판명되었음.²¹⁵ 그럼에도 불구하고 2014년 8월 이후 러시아는 식품 금수조치를 유지해 왔으며, 미국, EU, 호주, 노르웨이 및 캐나다에 대한 생축과 돼지 제품 수입 금지를 포함하고 있음. 이들 제재는 우크라이나 위기 당시 경제 제재에 대한 보복으로 내려진 것이었으며, 2020년 말까지 연장되었음.²¹⁶

6.4.5. 호주

212 Flanders' Agricultural Marketing Board (VLAM)/Belgium Meat Office. Op. cit.

213 USDA. Op. cit.

214 Flanders' Agricultural Marketing Board (VLAM)/Belgium Meat Office. Op. cit.

215 Flanders' Agricultural Marketing Board (VLAM)/Belgium Meat Office. Op. cit.

216 Flanders' Agricultural Marketing Board (VLAM)/Belgium Meat Office. Op. cit.

- 호주는 돼지고기의 순수입국이며, 주로 국내 소비를 위한 소규모 돼지고기 부문을 유지하고 있음. 호주의 수출 수준은 지난 5년 동안 50,000 톤 미만의 낮은 수준을 유지해 왔으며, 단기적 변화는 거의 없을 것으로 예상됨. 이는 부분적으로 2020년 국내 가축 사육의 15% 하락 예상으로 결과해 온 주요 호주 생산지역들의 오랜 가뭄에 기인하고 있음.
- 호주육류및축산국(the Australian Meat and Livestock Authority) 공식 데이터는 중국의 ASF 발병 후 중국으로 붉은 고기 수출이 증가하고 있음을 보여줌. 2019년 1월과 5월 사이 호주의 주요 동물 단백질인 소고기와 양고기의 중국 수출이 각각 61%와 44% 증가하였음.²¹⁷ 이 증가는 더 높은 양질의 육류를 점점 더 수요하는 중국의 중산층 확대와 ASF 영향에 기인함.²¹⁸

6.4.6. 아프리카

- 아프리카에서의 ASF 사례들은 백야드 농장주들에 영향을 미쳤지만 상업적 수출 시장에는 아직 커다란 영향을 미치지 않고 있음.
- 아프리카 국가들에 의해 시행된 수입 금지는 확인되지 않았음.

²¹⁷ Flanders' Agricultural Marketing Board (VLAM)/Belgium Meat Office. Op. cit.

²¹⁸ Meat and Livestock Australia. Op. cit.

6.5. ASF의 사회경제적 영향

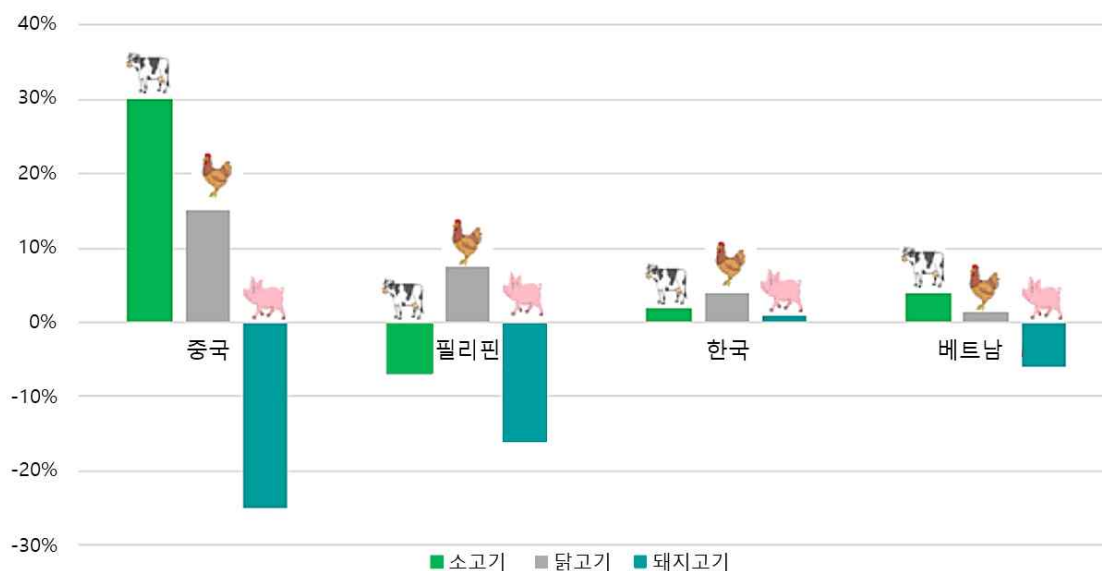
- 최근 아프리카 외부의 ASF 발병으로 인해 단백질 소비 패턴, 농장 동태 및 농장주 행태의 변화가 일어났음. 우리는 잠재적으로 장기간 지속되는 영향으로서 아시아인의 소비 패턴에서 극적인 변화가 보고 있음. 소비자들은 돼지고기 부족과 급등하는 가격에 반응하여 가금 소비를 증가시키고 있으며, 부유한 소비자들 역시 소고기를 식탁에 올리고 있음.
- ASF는 세계적으로 농장에서 가축이 제거되어야만 할 때 특히 ASF 풍토병 국가들에서 많은 생계유지, 소규모 자급자족 돼지 농장주들 및 상업적 농장주들의 생계와 웰빙에 영향을 미침. 또한 수의사, 축산기사, 농업 공급자와 같은 양돈 산업 관련 직업에서 비슷한 영향이 주목되어 왔음.
- 마지막으로 유럽과 아시아의 동물권리 활동가들 또한 사육돼지와 멧돼지 처리에 반대하여 전 세계에 걸쳐 분노를 표명하고 시위를 전개해 왔음.

6.5.1. 소비 패턴의 변화

- 분석가들이 글로벌 동물 단백질 부문의 장기적 가격 인상뿐만 아니라 단백질 부족을 전망함에 따라 세계 소비 패턴들이 변화될 것으로 예상되고 있음. ASF는 이미 주요 아시아 경제에서 국내 소비에 지대한 영향을 미치고 있음.
- 강력한 차단방역 통제 조치들이 ASF 발병 건수와 영향을 제한하고 있는 한국을 제외하고,²¹⁹ 특정 아시아 국가들에서 소비되는 돼지고기 양이 전반적으로 감소되었음.

²¹⁹ USDA. Op. cit.

- 이는 주로 ASF 유발 공급 갭뿐만 아니라 많은 소비자들이 여전히 돼지고기 섭취와 연관된 안전 사안을 우려하고 있기 때문임.²²⁰ 이는 대체 단백질 원천들에 대한 기회 증가를 창출해 왔음. 돼지고기가 지역에서 특히 저임금 노동자들에 문화적으로 대중적이기 때문에, 이 소비자들에게 닭고기는 상품과 가격에서 돼지고기와 가장 유사함에 따라 가장 합리적인 대체재임. 미 농무부 데이터는 2020년에 이 지역이 4~15%의 닭고기 소비 증가와 2019년 이후 8~27%의 닭고기 수입 증가를 예측하고 있음.²²¹
- 중국에서 소매 닭고기 및 달걀 가격이 2019년 6월과 11월 사이에 각각 23%와 29%만큼 상승했으나, 과거에 돼지를 사육했던 많은 새로운 농장주들의 증가된 경쟁이 생산 가격을 인하시킴으로써 도매 공급자들을 제외한 모든 공급업자들에게 빈약한 이윤이 발생하게 하고 있다고 보도되었음.²²²



자료 : USDA(2019), Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

< 그림 6-29 > 2020년 아시아 내 육류 소비 예측

220 SPOTLIGHT ON ASF: IMPACT ON CHINESE MEAT CONSUMPTION [Internet]. 2019 [cited 5 November 2019]. Available from: <https://pork.ahdb.org.uk/prices-stats/news/2019/january/spotlight-on-asf-impact-on-chinese-meat-consumption/>.

221 USDA. Op. cit.

222 Zhou C. African swine fever: China's chicken farmers feeling the pinch as pork crisis takes toll on poultry industry. South China Morning Post. 2019 25 December 2019.

- 아시아 지역이 동물 단백질 산업에서 가격 상승을 예상하는 반면, 이것은 향후 10년 동안 60% 이상의 1인당 소득 증가로 누그러 뜨려질 것임. 이들 상승하는 소득이 역사적으로 돼지고기 또는 닭고기만큼 대중적이지 못했던 소고기를 포함한 지역 내 모든 육류에 대한 더 높은 수요를 동기 부여할 것임.²²³ ASF로 인한 공급 부족과 증가된 풍요의 결합이 4개국 중 3개국에서 증가된 소고기 소비 예측으로서 많은 사람들이 소고기를 지향하게 하였음.
- 필리핀은 이례적으로 중국으로부터 증가된 수요 경쟁으로 유발된 높은 가격의 결과로서 예측된 소고기 소비가 7% 하락할 것으로 전망됨.²²⁴ 또한 이 지역에서 단기적으로 양, 계란 및 해산물의 공급에서 소규모 증가가 예상되었음.²²⁵ 우리는 중국 내 백색 육류 부족이 많은 사람들이 개고기도 섭취하도록 했다는 보고를 확인하였음.²²⁶
- 베트남 소비자들은 육류의 주요 원천이 수입된 냉장 또는 냉동 육류이기 때문에, 금방 도축되어 냉장되지 않고 전통적으로 시장에서 판매되는 경향이 있는 신선하거나 따뜻한 돼지고기에 대한 강력한 문화적 선호를 지니고 있음. 따라서 베트남에서 생산되는 거의 모든 돼지고기는 신선하고 따뜻한 육류로 판매됨. 베트남 정부는 수입된 돼지고기와 국내 비축물들 모두 냉동되기 때문에 베트남 소비자들의 소비 관습에 비추어 잘 선택되지 않을지도 모른다는 것을 우려하고 있음.²²⁷
- 이것은 베트남에서 최근 수년 간 증가하는 식품 안전 문제에 직면해 왔다는 사실에 의해 더 악화되도록 만들 뿐임. ASF의 최근 발병이 일부 소비자들을 닭고기와 다른 가금류와 같은 대체육으로 전환하도록 이끌어 왔으며, 다른 사람들은 사람 건강에 대한 위험이 전혀 없다는 사실에도 불구하고, 모든 육류와 함께 돼지고기 제품 소비를 줄이거나 중단해 왔음.

223 OECD-FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028. OECD-FAO Agricultural 'Outlook.

224 USDA. Op. cit.

225 Rivas P. Op. cit.

226 Zhou C. Op. cit.

227 Bui N. African Swine Fever in Vietnam. Global Agricultural Information Network ('GAIN'). 2019;VM9027:1-6.

- 많은 기업들과 학교들이 직원들과 학생 급식에 돼지고기 제품 이용을 중단하였음.²²⁸
그러나 일부 소비자들에게 ASF 발병은 전통적인 시장과 상반되는 현대적인 소매 아웃렛과 슈퍼마켓에서 더 높은 가격의 돼지고기 및 돼지고기 제품에 대한 구입 선호를 야기하였음. 베트남의 현대적 소매업체들은 ASF 이전 기간에 비해 돼지고기의 매출에서 약간의 증가를 보고하고 있음.
- 변화하는 소비자 행태들이 정부로 하여금 소비지 안식 제고와 돼지고기를 거부하지 않도록 권고하기 위하여 대중 교육 캠페인을 출범하도록 했음. 정부가 우려하는 것은 ASF에 대한 소비자 반응이 베트남의 양돈 및 돼지고기 산업에 장기적으로 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 것임.²²⁹
- OECD 전망들은 EU 지역 돼지고기 소비가 육류 가격이 이미 상승하고 라이프스타일 변화와 함께 중기적으로 추가적인 증가 예상과 함께, 가금류와 육류가 아닌 단백질원을 선호하는 식단에 영향을 미치는 인구 구조의 변화에 크게 기인하여 향후 10년 동안 하락할 것으로 예상하고 있음을 보여주고 있음.²³⁰ 해산물과 육류가 아닌 대체육과 같은 대체 단백질 원들이 수요 증가를 보일 가능성이 있음.

6.5.2. 농장/농장주 동태와 생계

6.5.2.1. 정신 건강 웰빙

- 양돈 산업과 연계된 많은 농장주들과 사람들이 동물들이 ASF로 인하여 살처분되어야만 할 때 감정적으로 고통을 겪음.

²²⁸ Bui N. Ibid.

²²⁹ Bui N. Ibid.

²³⁰ OECD-FAO. Op. cit.

- ASF 발병은 양돈 농장주들이 매일 씨름해야만 하는 압력들을 증가시켜 왔음. 농장주들은 동물건강 질병들, 변동하는 가격들, 정치적 결정 및 기후를 포함하는 그들이 통제할 수 없는 많은 요소들에 대처해야만 하는 사람들로, 종종 정신 건강 악화로 고통을 겪는 것으로 간주됨. 상승하는 정신 건강 우려들이 현재 ASF와 후속 생산 손실 및 하락하는 돼지고기 가격에 직면하고 있는 전 세계 양돈 농장주들과 관련됨.²³¹
 - FAO의 수석 수의관 Juan Lubroth 박사는 나쁘게 영향을 받는 국가들에서 많은 농민들이 질병으로 전체 돼지 집단을 상실했으며, ASF 발병의 사회경제적 영향으로부터 회복하기에 수년간 소요될 것이라고 주장했다.²³²
- 동물들이 역시 통제 목적으로 살처분된 구제역과 정신건강 질병 사안들을 기록하는 비교연구들이 동물건강 질병 발병이 농민의 동태와 생계에 어떻게 영향을 미칠 수 있는가를 드러내왔음.
- 2000년대에 아일랜드 농장 공동체들의 구제역에 관한 연구는 일부 농장주들이 발병 종료 후 6년 동안 수익이 없었기 때문에 발병 농장주들 사이에서 우울증과 자살률이 높았지도록 유발했음을 보고했음.²³³ 이 발견은 2001년에 구제역에 의해 부분적으로 영향을 받은 영국 농장주들이 다른 직업들의 사람들에 비해 자살을 고려할 가능성이 2배 이상 높았다는 보고서에 의해 확인되었음.²³⁴ 추가적으로 2003년 조사는 FMD에 영향을 받은 3개국의 425 농장주들 중 10%가 재정 문제로 고통을 겪었다는 것에 주목하였음. 6%는 취약한 정신 건강 보유를 인정했고, 3%는 인생이 살 가치가 없다고 생각했으며, 1%는 자살에 대해 생각했다고 밝혔음.
 - 이 연구는 많은 농민들이 정신 건강을 오명으로 낙인찍고 질병으로서 그들의 대응을 보이지 않음에 따라 그들의 반응들에서 완전하게 진실하지 않았다고 의심되었음. 영국의 FMD 영향을 탐구하는 한 연구는 FMD 발생에 의해 심리적 질환 비율이 증가했음을 발견하였음.

²³¹ Canadian Pork Council. Op. cit.

²³² Canada Pork International. Op. cit.

²³³ Robinson MHaA. Op. cit.

²³⁴ Robinson MHaA. Op. cit.

- 감염되지 않은 지역들과 대조적으로 FMD가 발병된 농촌 노동자들 및 농장주들에서 심리적 질환 비율이 현저하게 높은 것으로 파악되었음(스코틀랜드 고원지대 33%에 반하여 컴브리아(Cumbria) 73%). 이 수준들은 살처분 정도 및 제한과 상관관계가 있는 것으로 밝혀졌음.²³⁵
- 이 문제들은 확인된 고립과 금전 문제들로 농장주들을 벗어나 가족들과 더 큰 지역사회까지 확대되는 경향이 있음. 이들 지역 내 가족들, 친구들과 수의사는 자립 요소들과 컴퓨터 기반 치료와 같은 지역 지원시스템들 또는 익명의 시스템들을 찾아내는 것을 선호하는, 더 폭 넓은 건강 또는 (이 서비스들이 존재하는 곳에서) 사회적 서비스들에 접근하는 것에 많은 사람들이 주저함에 따라 정서적 지지를 농민들과 노동자들에게 제공하는데 노력해야만 함.
- ASF 영향의 규모와 강도가 계속 증가함에 따라, 이것은 정신 건강 질환의 증가 위험에 처한 글로벌 양돈 농장주들, 특히 정부의 보상을 받을 수 없을 것 같은 저소득 국가들의 수백만 (자급자족) 농장주들과 그들의 생계가 돼지 집단에 전적으로 의존하는 농장주들에 제공함.

6.5.2.2. ASF 보험

- 일부 국가들에서 농장주들이 ASF에 대한 보험에 가입할 수 있음. 수요 증가에 따라 2019년 4월에 영국의 전국돼지협회(NPA)는 국내 농장주들을 위한 최초의 ASF 보험 계획 개발을 위해 공적 자금 투입을 요청하였음.²³⁶ 독일정부는 질병 발생 시 죽은 동물, 제거 및 청소와 소독에 대한 보상을 제기할 의무 보험 계획 유지를 발표하였음.

²³⁵ Cecco L. Op. cit.

²³⁶ Editor TPS. First African swine fever insurance scheme for UK producers 2019. Available from: <https://thepigsite.com/news/2019/04/first-african-swine-fever-insurance-scheme-for-uk-producers>.

- 동물들이 ASF 양성으로 검진되거나 통제 구역에 위치한 농장주들은 시장 가격의 최대 50%까지 보험금을 수령할 수 있고, 나머지 50%는 공적 기금을 받을 것임.²³⁷ 3개의 국내 민간 보험회사들 역시 농장주들에게 추가 옵션을 제공하기로 알려졌다.
- 미국 회사들도 이 상황을 활용하여, 민간 보험회사들이 모든 시장가격에 대한 사망 정책과 함께 농장 소득 및 특정 비용들을 아우르는 ASF 보험 보상을 제공하고 있음.
- 보험 출시 2주 후인 2019년 4월, 50,000두의 돼지를 사육하는 10개 농장들이 보험 상품에 이미 가입하였음.²³⁸
- 덴마크 농장주들은 대안적인 경로를 선택하였음. 2019년 1월 16만5,000두의 모돈을 관리하는 15명의 농업 생산자 집단이 보험 청약을 확보하기 위한 기초로 백서를 작성하기 위해 5,000 유로(5,500달러)를 지불하였음. 이는 초기에 해외 덴마크농민(Danish Farmers Abroad) 회원들에게만 적용될 수 있을 보험 청구권을 인수하기 위하여 글로벌 전문 서비스기업인 AON에 지불하기 위한 20만 유로(22만 달러)가 수반되었다고 보도되었음.²³⁹
- 아시아와 아프리카에서 ASF 관련 보험에 관한 정보는 전혀 확인되지 않았음.

6.5.3. 동물 권리

- 유럽과 아시아의 여러 국가들에서 정부가 시행하는 살처분과 멧돼지 수렵이 ASF 확산을 통제하려는 시도로서 일어났음.

237 Snelson H. Delegation explores African swine fever prevention efforts. National Hog Farmer. 2019 11 April 2019.

238 Hess WR, Endris RG, Lousa A, Caiado JM.

239 Common ASF insurance on the way 2019 [cited 2019 7 November 2019]. Available from: <https://www.goodvalley.com/en/news/common-asf-insurance-on-the-way/>.

- 이 조치들의 성공에도 불구하고, 환경보호와 동물권리 활동가들은 이 조치들을 불법적이고 비인간적이며 사육돼지 집단을 말살하는 것이라고 비난해 왔음.
- 2019년 1월에 수백 명의 환경보호 활동가들이 임신한 암컷을 포함한 폴란드의 멧돼지 집단 일부 살상을 목표로 삼은 일련의 대규모 수렵을 재정 지원하는 정부 계획에 항의하여 바르샤바에서 시위를 전개하였음.
- 멧돼지 사냥은 EU 국가들에 의해 취해진 규제 및 권고들과 일치함.²⁴⁰ 그러나 지역 활동가들은 그러한 조치들이 멧돼지 집단을 단지 분산시켜 오염되지 않은 지역으로 질병 확산을 가져올 것이라고 주장하였음. 또한 멧돼지들이 지역 토양에 공기를 공급하고, 설치류 및 곤충 유충을 섭식하기 때문에 동물들을 살상하는 것이 폴란드의 생태계를 위협할 것이라고 주장하였음. 2019년 1월 환경보호 활동가들이 정부의 동물 살상 금지를 촉구하는 온라인 청원으로 30만 명의 서명을 받았다고 보도되었음.²⁴¹
- 2019년 5월 중국에서 수천 마리의 돼지들이 비인도적 취급을 받고, 대규모 상업 농장들에서 불법 공동묘지에서 살처분 및 고통으로 괴로워하는 것을 보여주는 미확인 비디오들이 소셜 미디어에 등장했다고 보도되었으며, 이는 ASF가 국내 농장들을 통해 확산됨에 따라 수천 마리의 돼지들이 산채로 매장되고, 강에 투기되며, 불법적으로 처분되고 있다는 보도들에 대해 추가된 것이었음.²⁴² 필리핀과 한국 등 아시아 국가들에서도 비슷한 보도들이 잇따랐음.²⁴³ 이 주장들은 동물들이 질병 통제 목적으로 살상될 경우, 적용 방법들이 즉사 또는 사망까지 지속되는 의식을 즉각 상실로 결과해야만 한다는 것을 단언하는 질병 통제 목적을 위한 동물 살상에 관한 국제 OIE(세계동물보건기구) 기준 위반이라고 주장하는 다양한 국제동물권리그룹의 비난을 유발하였음.²⁴⁴

240 The European Commission supports the Polish plan for hunting boars. Rzeczpospolita. 2019, 11 January 2019.

241 Walker S. Planned wild boar cull in Poland angers conservationists 2019. Available from: <https://www.theguardian.com/environment/2019/jan/11/planned-wild-boar-cull-in-poland-angersconservationists>.

242 Birtles JDaB. China struggles to contain African swine fever, resorts to mass live-pig burials, millions of culls. ABC News. 30 May 2019.

243 Tabios H. Int'l animal welfare group urges government to enforce guidelines in reducing the risks of ASF. Manila Bulletin. 2019 23 September 2019.

244 Schreijer-Pierik A. An inhumane and dangerous practice. The Parliament EU. 2019 25 April 2019.

- 한국과 중국에서는 불법적이고 비인도적인 돼지 살처분 절차들에 대해 항의하는 시위들이 전개되었음.²⁴⁵ 한국 신문들도 들고양이들이 농장에 들어오기 전에 오염된 육류를 섭취하거나 밟아 ASF를 확산시켰을 수 있다고 대중들에게 오보한 것으로 비난을 받고 있음. 국제동물권리그룹 Care는 ASF 예방 조치로 그런 동물들을 안락사해야 한다는 신문들의 제안을 비난했음.

²⁴⁵ Bloomberg. South Korea will send snipers to northern border to shoot pigs infected with African swine fever. South China Morning Post. 2019.

제7장 진단 동향

7.1 진단 검사 방법

7.1.1. 적합성과 표준 실험실

- ASF 바이러스에 의한 감염의 임상 증상과 사후 증상은 매우 다양하며, 임상 증상들이 다른 질병들과 유사할 수 있음. 따라서 실험실 확인이 결정적 역할을 수행함. 신속한 진단이 질병 방지와 통제에 중요함. ASF 진단은 통상 공식적인 국가 혹은 표준 실험실에 의해 실시됨. OIE 및 FAO ASF 표준 실험실들과 일부 국가의 ASF 실험실을 아래 표에 제시하였음.
- 실험실 검사는 동물 질병예방 및 관리 중 매우 중요한 단계로 역학조사, 임상 증상, 부검 소견 등 지표를 통하여 질병 감염이 의심되면 실험실 검사를 통하여만 병원체를 최종 확진할 수 있음.

〈 표 7-1 〉 국제 ASF 표준 실험실들

구분	실험실	국가	담당자
OIE	Onderstepoort Veterinary Institute	남아공	Dr Livio Heath HeathL@arc.agric.za
	Centro de Vigilancia Sanitaria Veterinaria (VISAVET)	스페인	Dr José Manuel Sánchez-Vizcaíno jmvizcaino@visavet.ucm.es
	The Pirbright Institute	영국	Dr Linda Dixon linda.dixon@pirbright.ac.uk
FAO 및 EU	Animal Health Research Centre - Centro de Investigación en Sanidad Animal (CISA)	스페인	Dr. Marisa Arias arias@inia.es

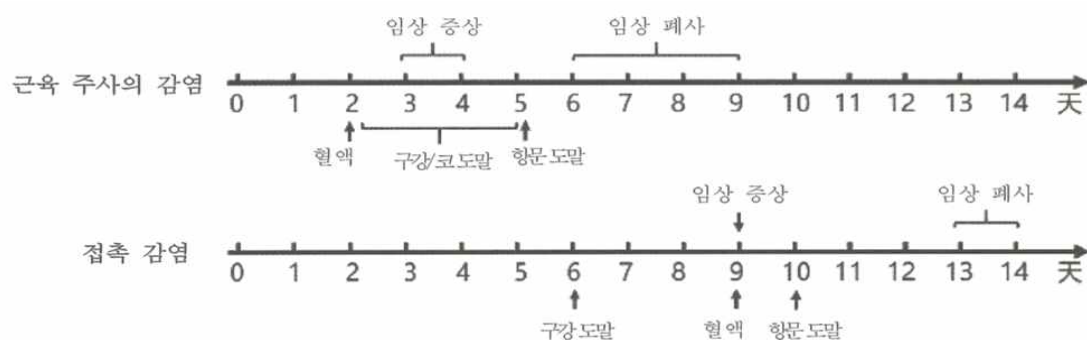
자료 : Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서

〈 표 7-2 〉 일부 선정국가들의 ASF 실험실

구분	실험실	홈페이지
호주	Australian Animal Health Laboratory (AAHL)	https://www.csiro.au/en/Locations/Vic/Geelong-AAHL
브라질	Laboratórios Federais de Defesa Agropecuária	https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/laboratorios/lanagros
중국	China Animal Health and Epidemiology Centre(CAHEC), Qingdao	https://www.cahec.cn/
러시아	National Research Institute for Veterinary Virology and Microbiology of Russia (NRIVaMR)	http://ficvim.ru/en/
미국	Foreign Animal Disease Diagnostic Laboratory (FADDL)	https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/animalhealth/lab-info-services

자료 : Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전게서 재인용

- ASF의 조기 예방의 경우, 『ASF 긴급 시행 프로토콜(2019)』에서 채택한 과학적 위험 평가, 정확한 박멸 범위 등 조치에 근거하여 실험실의 진단검사에 대폭 의존함.
- 중국 최초 ASF 바이러스 분리 군주의 바이러스 공격접종 실험을 통해, 돼지가 ASF 바이러스에 자연 감염된 상황에서 6일차에 구장에서 바이러스를 발견하였고, 이때 ASF 바이러스 양성 돼지가 보유한 바이러스 양은 적으며 외부로 대량 배출되지 않았다는 사실을 발견하였음.



자료 : DongmingZhao et al.(2020)., 한국베링거인겔하임동물약품(주). 2020., 아프리카돼지열병 예방 및 관리지침, 재인용

〈 그림 7-1 〉 ASF 바이러스 근육주사 감염 및 접촉 감염돼지의 임상증상 및 바이러스 변화

- 9일차 및 10일차에 각각 혈액 및 배설물에서 바이러스가 발견되었으며 이때 임상증상도 동시에 나타났음.
 - 검출된 바이러스 양 또한 많았으며 감염 환경과 기타 돼지군의 위험이 대폭 커졌음.
 - 따라서 만일 돼지군의 구강 타액을 조기 모니터링할 경우 최단 시간 이내에 ASF 바이러스 감염 돼지군을 확인할 수 있으며 정확한 박멸 범위를 확정할 수 있음. 이를 통해 ASF로 인한 손실을 대폭 감소시킬 수 있음.
- OIE는 진단 및 국제 무역에 관한 표준을 설정하고 있음. 지역 동물을 위한 진단 검사 및 백신 매뉴얼이 ASF 바이러스 감염들을 다루고 있음. FAO는 ASF 검출 및 진단에 관한 종합 매뉴얼을 만들었으며, 매뉴얼은 진단, 표본추출, 샘플 포장 및 수송, 실험실 진단을 포함하고 있음.
- EU의 the Commission Decision 2003/422/EC of 26 May 2003는 부록에 포함된 아프리카 돼지열병 진단 매뉴얼을 승인하고 있음. 그러나 유럽에서 확인된 차이 중 하나는 검증된 검사 리스트 필요성임. ASF에 대한 미 농무부 질병대응 전략은 ASF 의심이 있을 때 어떤 검사들이 실시되어야 하는지와 보내야만 되는 샘플을 정의하고 있음.

7.2. ASF 진단검사

- 동물이 ASF 바이러스에 최초로 감염된 경우, 임상 증상이 나타나기 약 2일 전에 바이러스를 배출하기 시작하고, 바이러스 배출은 균주 독성과 같은 다수의 요인들에 따라 상당 시간 동안 계속될 것임. 돼지들이 생존할 경우, 일부 생존 돼지들은 최대 30-40 일 동안 혈액 중에 바이러스가 있는 상태일 것이고(바이러스 DNA가 더 장기간 검출될 수 있지만), 일부 다른 생존 돼지들은 정기적으로 혈액 중에 바이러스가 있을 수 있음. 항체들은 감염 후 약 7-9일경에 나타나며 수개월 동안 지속됨.
- ASF 실험실 진단은 바이러스 검출 및 항체 검출을 위한 기법들을 포함함. 동물들이 질병의 다른 단계에 있을 수 있기 때문에 질병이 의심되는 경우, 바이러스 및 항체 검출 검사 모두 실시되어야 함.
- ASF에 대한 EU 표준 실험실 EURL-ASF는 권한의 일부로, 실험 및 현장 감염들로부터 추출된 다른 독성의 바이러스를 보유한 샘플들과 다양한 유형들의 샘플들을 포함하는 광범위하고 포괄적인 샘플들을 통해 획득할 수 있는 모든 상업적 검사들을 평가 및 판정함.

7.2.1. 바이러스 검출 검사

- ASF 발생 후, 양돈장은 엄격한 세척, 소독, 건조를 거쳐야 하며, 최소 42일간 울타리를 비워둔 후에 해당 양돈장에 재입식 조건 부합여부 평가가 가능함. 평가 조치 중 가장 중요한 점은 실험실에서 양돈장 내에 ASF 바이러스 핵산 존재 여부를 검사하는 것임.
- 양돈장 및 주변의 각 중요 위치에 대하여 샘플링 검사를 시행함으로써 매회 세척 및 소독 효과를 평가하고 최종 1회의 ASF 바이러스 핵산 양성 검사를 최종 목표로 함.

- 양돈장 내외의 모든 중요 위치 ASF 바이러스 핵산 검사가 음성이 된 이후에야 감시돈 (Sentinel)에 대한 테스트 및 이후 재입식 시행이 가능함.
- 따라서 실험실 검사는 ASF 바이러스의 확진, 정확한 검사, 차단방역검사 보완, 재입식 과정에서 중요한 역할을 하며 ASF 예방 및 관리에 매우 중요한 의의가 있음.

〈 표 7-3 〉 시험 검사의뢰서

발송인 정보:					
발송 기관		주소			
의뢰인		연락처			
의뢰인 전자 우편 :		의뢰 일자			
검체 및 검사 정보 :					
축산 및 가금 종류	검체명칭	번호	수량	검사항목	비고
검체 수량					
검체 접수 정보 :					
접수 수량		검체 상태			
접수인		일자			
비고 :					

- 항체가 생산되기 전 바이러스 탐지가 조기 진단을 위해 필요하며, 따라서 통제 조치들이 가능한 한 조속히 시행될 수 있음. 바이러스 탐지를 위한 검사들은 다음을 포함함.

7.2.1.1. ASF 바이러스 유전체 탐지

- 중합효소연쇄반응(PCR; Polymerase chain reaction) 검사들이 높은 민감도와 명확성으로 조기 진단을 위한 최적 표준으로 간주됨.

- 전통적이고 실시간 모두 포함한 많은 PCR들이 발표되었고 개발되었으며, 일부는 연구소 내부 검사로 그리고 일부 다른 것은 상업적으로 적용 가능함.
- 다른 PCR들 간에 민감도와 명확도에 대한 편차들이 있으며, 예를 들어 OIE-추천 전통적 PCR은 유럽에서 순환하는 기존 유전자형 II 균주에 대해 예상보다 더 낮은 민감도를 가지고 있음.
- 다중 PCR 뿐만 아니라 등온선 검사도 개발되었지만 그것들은 더 낮은 민감도를 가지고 있음. 어떤 유형의 PCR이 선택된다 해도, 적절하게 평가되었고 입증되었는가가 중요함.

○ EURL-ASF에 의해 승인된 상업적 실시간 PCR들

- Tetracore²⁴⁶ : PCR 시약이 USDA에 의해 허가되지 않았으며, 미국 외부에서만 판매와 사용됨.
- INgene q PPA²⁴⁷ : Eurofins Ingenasa 생산.
- Virotype ASF PCR kit²⁴⁸ : Indical Bioscience 생산.
- LSI vetMAX ASF²⁴⁹ : Thermofisher 생산. 2019년 7월 Thermofisher사에서 중국질병예방 통제센터가 중국의 ASF 검출을 위한 실시간 PCR-기반 작업을 승인했다고 발표했음.
- IDDEX RealPCR ASF DNA mix²⁵⁰
- ID Gene African swine fever Duplex²⁵¹ : ID.Vet 생산.
- ADIAVET ASFV real time 100R²⁵² : BioX Diagnostics 생산.

246 <https://www.tetracore.com/molecular-reagents/foreign.html>

247 <https://ingenasa.eurofins-technologies.com/home-es/productos/diagn%C3%B3stico-veterinario/porcino/ppa-pestes-porcina-africana/ingene-q-ppa/>

248 <https://www.indical.com/asfv/>

249 <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/A28809?SID=srch-hj-A28809#/A28809?SID=srch-hj-A28809>

250 <https://www.idexx.co.uk/en-gb/livestock/livestock-tests/swine-tests/realpcr-asfv-dna-mix-10ml/>

251 <https://www.id-vet.com/produit/id-gene-african-swine-fever-duplex/>

252 <https://www.biox.com/en/adi551-100-adiavet-asfv-real-time-100r-p-460/>

7.2.1.2. 바이러스 분리와 적혈구흡착(HAD) 검사

- 바이러스를 배양하고 세포변성 효과와 적혈구흡착 반응(HAD)을 탐지하려는 시도는 높은 바이러스 DNA 값의 존재에도 불구하고, 항상 성공적인 것은 아님. 이는 수령된 샘플의 불량한 상태 때문이거나 일부 필드 균주들이 적혈구흡착 반응(HAD)을 생성하지 않기 때문일 수 있음.
- 적혈구흡착 반응 검사는 일차 발병에서 확인 검사로서 추천되고 있지만, 검사들이 비싸고 시간이 소요됨.
- OIE 절차들은 적혈구흡착 반응검사가 의심되는 돼지로부터 추출된 혈액 또는 조직 현탁액을 건강한 돼지의 혈액으로부터 추출된 일차 백혈구 배양 혹은 폐포 대식 세포 배양으로 접종하여 실시됨을 표시하고 있음. 돼지 혈액이 이용가능하지 않을 경우, 일차 골수 세포 배양이 대안으로 사용될 수 있음. 일차 대식 세포 배양을 대체할 수 있고 그 기법 표준화에 도움이 될 수 있는 세포주가 ASF 진단에서 높은 우선순위의 값으로 확인되었음.

7.2.1.3. 항원 검출

- 이들은 직접면역형광(DIF; Direct Immune Fluorescence)과 항원 ELISA(효소면역측정법; 효소 결합 면역 흡착 검사)를 포함함. 직접면역형광(DIF) 또는 형광항체 검사는 조직의 저온유지 부분 또는 압박도말(impression smears)에서 실시되는 신속 검사로 좋은 민감도와 정확도를 지니고 있음. 그러나 민감도는 항체가 감염 후 1주일 만에 나타날 때 크게 떨어짐. 이 검사는 또한 적혈구흡착 반응(HAD)이 전혀 관찰되지 않을 때, 백혈구 배양에서 ASF 바이러스 항원 탐지에 이용될 수 있음.

- 여러 유형의 항원 효소면역측정법들이 단일클론 항체와 다중클론 항체로 개발되어 왔지만, 더 이상 사용되지 않음. Eurofins Ingenasa는 신속하고 규모 확대에 용이한 상업적 키트 INgezim PPA DAS를 생산하지만, 민감도가 약 77.2%임.
- 2개의 검사들 모두 집단검사로 고려되며, 다른 검사들과 결합되어야 함.

7.2.2. 항체 검출 검사

- OIE에 의하면, ASF 혈청 분석들이 간편성, 비교적 낮은 비용 및 전문설비 또는 장비를 거의 필요로 하지 않기 때문에 가장 보편적으로 사용되는 진단검사임. 그러나 항체가 생성되기 전에 유독성 분리로 감염된 돼지들이 폐사할 수 있음. ASF 백신이 없기 때문에, 항체 존재가 항상 감염을 나타냄,
- 항체를 검출하기 위해 가장 보편적으로 사용되는 검사는 효소면역측정법(ELISA)이며, OIE는 간접형광항체검사(IFAT), 간접면역과산화효소검사(IPT), 면역이적(IFT; immunoblotting)과 같은 대안적 검사들에 의해 ELISA-양성 표본에 대한 확인 검사 사용을 권장하고 있음.

7.2.2.1. 항체 효소면역측정법(ELISA)

- 항체 효소면역측정법(ELISA)은 국제무역을 위해 OIE에서 규정한 검사임. OIE 내부 검사, 제조합형 단백질 효소면역측정법(ELISA) 및 상업용 효소면역측정법(ELISA) 등 여러 유형들의 효소면역측정법(ELISA)이 있음. EURL-ASF에 의해 승인된 상업적 효소면역측정법(ELISA)들은 다음을 포함함.

- INgezim PPA COMPAC²⁵³ : p72 단백질에 기초하고 Eurofins Ingenasa에 의해 생산된 경쟁 ELISA
- ID Screen ASF indirect 효소면역측정법(ELISA)²⁵⁴ : 3개의 재조합 단백질인 p32, p62, p72에 기초하고 ID.Vet에 의해 생산됨.

7.2.2.2. 확인 항체 검출 검사

- 이들 검사에 의한 주요 문제들 중 하나는 검사들이 상업적으로 이용가능하지 않다는 것임²⁵⁵. IBT는 빠르고 민감하며, 감염 후 7-9일에 그리고 이후 수개월 동안 항체를 검출함. 그러나 단지 혈청만 사용될 수 있고, 만성적으로 감염되는 동물 또는 무증상 감염들이 존재하는 경우 해석이 어려울 수 있음. IFAT과 IPT는 적응된 ASF 바이러스에 의해 감염된 특정 세포 주를 필요로 하고 해석이 주관적일 수 있음.

²⁵³<https://ingenasa.eurofins-technologies.com/home-es/productos/diagn%C3%B3stico-veterinario/porcino/ppa-pestes-porcina-africana/ingezim-ppa-compac/>

²⁵⁴ <https://www.id-vet.com/produit/id-screen-african-swine-fever-indirect/>

²⁵⁵ Arias M, Jurado C, Gallardo C, Fernandez-Pinero J, Sanchez-Vizcaino JM. Gaps in African swine fever: Analysis and priorities. *Transbound Emerg Dis*. 2018;65 Suppl 1:235-47. Epub 2017/09/25. doi: 10.1111/tbed.12695. PubMed PMID: 28941208.

〈 표 7-4 〉 ASF 실험실 진단 기법들

바이러스 검출을 위한 분석	시간	민감도	특이도	샘플 유형	비용	비 고
중합효소연쇄반응 (PCR) 검사 *	5-6시간	XXX	XX	조직, 혈액, 진드기 또는 세포 배양	\$\$	- 가장 흔한 방법 - 오염에 민감함 - 살아있거나 죽은 바이러스 검출
적혈구흡착(HAD) 검사	7-21일	XX	XXX	돼지 대식세포	\$\$\$\$	- 최적 표준 - 소수의 표준 실험실에서만 사용됨
직접 형광항체 검사 (FAT)	75분	XXX (조기 검출용)	XXX	냉동 절편, 압박 도말, 매세라이트 (macerates) 256의 세포 배양	\$\$\$	- PCR이 이용가능하지 않거나 경험이 부족할 경우 권고 - 형광 현미경 필요 - 감염 후 1주 이후 민감도 부족
효소결합 면역 흡착 검사 (ELISA)	3시간	X (조기 검출용)	XX	혈청, 매세라이트	\$	- 일상적으로 사용되지 않음 - 감염 후 1주 이후 민감도 부족
항체 검출을 위한 분석	시간	민감도	특이도	샘플 유형	비용	비 고
효소면역 측정법 (ELISA)*	3시간	X	X	혈청	\$	- 선별 검사 - 내부 및 상업용 키트 이용가능
면역블로팅 (단백질분석기법)	3시간	X	X	혈청	\$\$\$\$	- 확인 검사 - 상업용 키트 없음
간접형광 항체 검사 (IFAT)	4시간	XXX	XX	조직 삼출물, 혈청, 혈장	\$\$\$	- 확인 검사 - 상업적으로 이용가능한 시약 없음 - 형광 현미경 필요

주. * : 가장 흔히 사용됨

자료 1. African swine fever: detection and diagnosis - A manual for veterinarians. FAO Animal Production and Health Manual No.19.

자료 2. Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

256 매세라이트(macerate)는 서양 버찌와 같은 과일을 알코올에 담가 알코올이 과일에 스며들어 맛을 부드럽게 하는 것으로 식품에 알코올의 풍미를 흡수시키기 위한 것이 목적이다. 매세라이트에는 브랜디(brandy), 럼(rum), 리큐어(liqueur)와 같은 독한 술이 일반적으로 사용된다.

7.3 최근의 개발성과

7.3.1. 미국 USDA의 자발적 돼지고기 산업인증 프로그램 개발 프로젝트

- 2020년 들어 USDA에서 두 개의 중요한 돼지질병 모니터링을 위한 자발적 돼지고기 산업 인증 프로그램 개발 프로젝트를 시작하였으며, USDA 산하 동물및식물건강검사국 (APHIS; Animal and Plant Health Inspection Service)이 아프리카돼지열병(ASF)과 돼지 열병(CSF)에 대한 돼지고기 산업 시범 프로그램을 도입하고 있음.
- APHIS는 이번 계획이 미국의 상업용 가금류 사업을 위한 국가가금류개선계획(NPIP; National Poultry Improvement Plan) 프로그램의 기본 원칙을 모델로 삼을 것이라고 밝혔다. NPIP는 1930년대에 시작된 협력산업, 주 및 연방 검사제도로, 가금류 가축을 감시해 다양한 조류 질병이 없는 것을 인증하는 데 초점을 두고 있음.
- ASF/CSF 시범프로그램은 전국적으로 효과적이고 적극적인 예찰과 질병이 탐지될 경우 감염지역을 신속하게 구획할 수 있는 능력을 보장함으로써 산업을 더욱 안전하게 보호할 수 있는 프레임워크와 지원 인력을 제공할 것임.
- 발병을 신속하게 구획할 수 있는 역량은 지역화 협정(regionalization agreements)의 발전을 촉진하는 데 도움이 될 수 있음. 협정들은 무역 동반자들이 발병 영향을 받는 지역들에서 수입을 중단하는 것과 동시에 국가의 영향을 받지 않는 지역에서 교역이 계속 흘러갈 수 있도록 해줌.
- 미국 돼지고기 산업의 기술 및 전문가들이 시범에 대한 표준 초안에 대해 협력할 것이며, 이들 표준은 프로그램 내용, 방향 및 인증 요건을 확립하기 위한 표준을 최종적으로 결정할 산업 이해관계자들과 규제 당국자에 의해 검토 및 수정될 것임. 일단 실행되면, 시범 프로그램은 주 및 연방기관, 진단 실험실들 및 산업 이해관계자들이 규제 및 진단 우선순위를 확립하기 위해 직접 협력하기 위한 포럼을 제공할 것임.

- APHIS는 더 효율적이고 참여 과정과 국가적 돼지 질병 통제 노력에 더 많이 참여하는 것을 목표로 하고 있다고 밝혔다.
- 시범 프로그램 등록은 자발적이며, 특정 프로그램 요건들을 충족하는 참여 주들의 돼지고기 생산자들과 포장 시설들에 개방될 것임. 시범기간 동안, APHIS는 동시에 미국 돼지의 건강을 인증하기 위해 더 공식적인 진행 중인 국가 계획으로의 전환 가능성을 평가할 것임.

7.3.2. OIE 승인 Thermo Fisher사의 ASF 진단키트

- 타당성이 인정된 아프리카돼지열병(ASF) 키트가 2020년 6월, OIE에 최초로 등록되었음. OIE는 Thermo Fisher Scientific사의 Applied Biosystems VetMAX ASF 바이러스 진단키트를 승인했으며, 키트는 OIE 진단키트 등록명부에 포함될 예정임.
- Thermo Fisher는 VetMAX 키트가 돼지와 멧돼지의 혈액, 혈청 및 조직에서 ASF 바이러스 검출에 대해 제3자 전문가에 의해 ‘목적 적합’으로 검증됐다고 밝혔다.
- 이 기술은 현재 번지고 있는 것으로 알려진 모든 ASF 바이러스 유전자형을 검출할 수 있음.
- California주 Carlsbad에 본사를 둔 Thermo Fisher사는 VetMAX ASF Virus PCR 검사가 Applied Biosystems MagMAX CORE 핵산 추출 키트와 QuantStudio PCR 기기를 포함한 표본에서 회신까지 ASF 검출에 대한 전체 작업흐름의 일부로 검증되었으며, 전 세계에서 검사된 150만 개 임상 ASF 표본들보다 더 많이 유용하다는 것이 입증되었다고 밝혔다.
- 키트는 또한 현재 중국에서 발생한 ASF 발생에서 선호되는 검출 기술이기도 함.
- PCR 기반 검사는 바이러스에 대항해 생성되는 항체가 아닌 DNA를 검출해 바이러스를

- 식별하며, 따라서 다른 진단방법들에 비해 감염주기 초기에 바이러스 검출을 제시함.
- 키트는 혈청(serum), 전혈(whole blood) 또는 조직(tissue)을 이용해 바이러스 DNA를 검출할 수 있으며, 사용자가 빠른 결과를 전달하면서 최대 10개의 표본 풀에서 검사할 수 있음.
 - 이 검사는 육류 샘플들과 비강 면봉에도 효과가 있다는 것을 보여주는 검증이 실시되었음
- Thermo Fisher사의 농산업 부문장 Peter Vuong은 OIE 매뉴얼에 ASF 탐지 키트를 추가함으로써 고객들의 전염병 해결을 돕기 위한 노력에 중요한 이정표가 될 것이며, 수의당국과 실험실들이 이제 감염을 신속하게 추적하고, ASF 바이러스의 추가 확산에 대해 각국이 적절한 조치를 취할 수 있도록 도울 수 있는 검증된 진단 도구에 접근할 수 있게 되었다고 주장함.
- 감염·비감염 국가들이 ASF 방역차단을 강화하고 있지만, ASF 백신이 없음. 그러나 진단이 감염되지 않은 돼지 집단들의 발생으로부터 보호 및 모니터에 중요한 역할을 할 수 있음.

7.3.3. DNA 검사 플랫폼을 통한 ASF 진단

- 2020년 3월 미국의 MatMaCorp사에서 자사의 DNA 검사 플랫폼이 조리되지 않은 돼지고기에서 ASF 바이러스를 검출할 수 있다고 주장하였음. 이 회사는 자사의 기술이 가공 공장들이 돼지고기 제품을 수출하기 전 바이러스 오염 모니터에 도움을 줄 것이며, 수입품이 시장에 도달하기 전에 점검하는 데에도 검사가 적용될 수 있다고 주장하고 있음.
- MatMaCorp 즉, Materials and Machines Corporation은 미국 국토안보부(DHS) 과학기술(S&T)국 프로그램을 위해 자사의 유전자 검사에 대한 성공적인 평가를 실시했음.

- 이 계획은 국내 식품공급을 강화하고 식품수입 및 수출을 모니터링하는 기술을 확인하는 것이 목표임.
 - Plum Island 동물질병센터 DHS S&T 과학자들은 바이러스-감염 실험실 돼지들로부터 추출된 구강 체액, 혈액, 고기 조직, 골수 및 비장 샘플들을 평가했음. MatMaCorp의 검사는 모든 이들 샘플 유형들에서 바이러스를 검출할 수 있었음.
- Nebraska주 Lincoln 기반 이 회사의 맞춤형 플랫폼은 바이러스든 박테리아든 여부에 관계없이 어떠한 새로운 감염원도 신속하게 검출할 수 있는 게놈 서열(genomic sequence)로부터 진단 검사들을 개발하고 있음. 이 회사는 자신의 검사들이 수일 이내에 제시될 수 있다고 주장하고 있음.
- 동 사는 “MatMaCorp의 맞춤형 플랫폼은 어떤 장소의 어떤 생물학적 체제이든 이들로부터 단일염기 다형성(변이)들(single nucleotide polymorphisms; SNPs)을 포함하여, 유전자 정보를 신속하게 분석하도록 설계되어 있습니다. 이 플랫폼은 단일 DNA/RNA 분리키트 및 소형 휴대용 기기에서 운용되는 맞춤 분석을 포함합니다. ASF 바이러스에 대한 MatMaCorp의 플랫폼 및 검사는 많은 실험실 장비 및 기술을 필요로 하지 않고, 수 시간 내에 현장에서 결과를 산출할 수 있기 때문에 비용-효과적이고 사용하기에 용이합니다.” 라고 설명했음.
 - MatMaCorp의 최고경영자 Phil Kozera는 “ASF 바이러스 검사는 2020년 4월 중에 상업적으로 이용 가능할 것입니다. 각국은 자체 승인 과정을 가지고 있습니다. 우리는 현재 유럽 기회들에 대해 작업하고 있고, ASF에 의해 영향을 받은 세계 다른 지역들에서 동반자관계들을 탐색하고 있습니다.” 라고 말했음.
- 이 회사는 인체 진단, 동물 보존 및 식품 안전 부문들을 위한 휴대용 유전자 검사들을 개발했음. 동 사의 기술은 분자생물학 및 진단기법들을 더 용이하게 접근할 수 있게 하는 원심분리기, 피펫들(pipettes) 및 냉장고와 같은 대형 장비 필요성을 제거함.
- MatMaCorp은 과거 소 울혈성 심부전(bovine congestive heart failure)용 유전자 검사 개발에 참여해 왔음.

- 세계 최대의 돼지고기 수출국인 미국은 아직 ASF 발병이 없었음. 미국은 연간 1억 1,500만 마리 이상의 돼지를 사육하고 있으며, 연간 240억 달러의 가치로 환산됨. 미국 돼지질병 세계예찰프로젝트(The US Swine Disease Global Surveillance Project)는 발병이 1년 이내에 최대 100억 달러의 경제적 손실을 초래할 수 있다고 추정함.
- DHS는 ASF가 수입 돼지고기제품과 동물 사료 또는 감염된 국가들로부터 오염된 돼지고기 제품을 불법 반입하는 국제 관광객들에 의해 미국으로 유입될 수 있다고 밝혔음.
- Kozera CEO는 “ASF 발병은 국내 돼지고기 수출시장을 황폐화시킬 수 있는 매우 실제적인 위협이며, 과학농업을 위한 진단 기술 개발자로서 우리는 돼지고기 공급을 보호하는 데 잠재적으로 도울 수 있는 유전자 검사를 이용가능하게 하는 것이 매우 중요하다는 것을 알았습니다. MatMaCorp 플랫폼은 ASF 바이러스의 신속한 진단을 위한 비용-효과적이고 간편한 검사를 제공하며, 식품 수입 및 수출을 모니터링하기 위해 현장에서 쉽게 실행될 수 있습니다.” 라고 주장했음.
- MatMaCorp 창립자이자 대표 Abe Oommen 박사는 “우리는 ASF 및 기타 새롭게 부상하는 월경성(transboundary) 동물 질병들로부터 세계의 식품 공급을 보호하기 위해 이 검사를 즉시 이용가능하게 할 준비가 되어 있습니다.” 라고 덧붙였다.

7.3.4. 진료시점(Point of care) 검사

- 진료시점 또는 축사 검사들이 현장에서 사용될 수 있고, 매우 유용하고 강력한 도구임. 일부 측면 유동검사(LF) 기기가 상업적으로 이용가능함.
- INgezim ASF CROM Ag²⁵⁷ : Eurofins Ingenasa에 의해 생산되고, 단백질 p72에 대항하는 단일클론 항체를 사용하는 항원 검출용

257 <https://ingenasa.eurofins-technologies.com/home-es/productos/diagn%C3%B3stico-veterinario/porcino/ppa-pesto-porcina-africana/ingezim-asf-crom-ag/>

- INgezim PPA CROM : Eurofins Ingenasa에 의해 생산되는 항체 검출용
 - ASF LTFLOW AB²⁵⁸ : LT Biotech에 의해 생산되는 항체 검출용
- Eurofins Ingenasa 검사를 사용하는 여러 연구발표들이 있음. 항원 LF는 상업적 항원 ELISA와 유사한 민감도를 나타냈고, 항체 LF 검사는 상업적 항체 Ingenasa 검사에 비해 82%의 민감도와 96%의 특이도를 나타냈음.
- LF 검사들의 더 낮은 민감도로 인하여 검사들이 비상 상황에서 매우 유용할 수 있지만 단독으로 사용되어서는 안 됨.



< 그림 7-2 > ASF LTFLOW AB

- 또한 PCR 기법들을 현장에 더 가까이하려는 노력들이 존재함. 그리고 적합한 샘플 준비 방법들의 개발, 억제 조절에 의한 견고한 내열성 실시간 PCR 분석, 중간 처리량에 의한 배터리-구동 휴대용 유전자 증폭기가 우간다에서 ASF에 대해 평가되어 왔음²⁵⁹.

258 http://www.ltbiotech.lt/?page=more_prod&id=62

259 Liu L, Atim S, Leblanc N, Rauh R, Esler M, Chenais E, et al. Overcoming the challenges of pen-side molecular diagnosis of African swine fever to support outbreak investigations under field conditions. *Transbound Emerg Dis*. 2019;66(2):908-14. Epub 2018/12/17. doi:10.1111/tbed.13103. PubMed PMID: 30554469.

- 스페인 기업 Algenex사는 영국 신속검사 전문기업 Global DX와 손잡고 Herdscreen ASFV 항체검사(Herdscreen ASFV Antibody Test)를 개발했음. Algenex는 진단 시약을, Global DX는 테스트 개발 및 제조에 대한 기술적 전문성을 제공했음.
- ASF에 대해 개발 중인 진료 시점 신속검사(point-of-care rapid test) 결과 분석과정에서 100% 특이성이 나타났음.
- 스페인의 ASF를 위한 EU 표준 실험실(reference laboratory)에서, 진단은 또한 현장의 특정 항체(specific antibodies) 및 감염된 동물의 실험 샘플 검출에 대한 상업용 ELISA 테스트보다 더 높은 민감도를 나타냈음.
- CISA(the Centro de Investigación en Sanidad Animal)의 연구는 ASF 바이러스 양성 동물의 혈청 및 혈액 샘플 282개를 사용했으며, 연구 결과 헤르스크린 테스트(the Herdscreen test)는 100%의 분석 특수성과 86%의 분석 민감도를 가지고 있음이 나타났음. 현재 연구는 종료되었다.
- Herdscreen은 신중하게 선택된 ASF 바이러스 단백질을 사용함. 이 항원의 재조합 버전은 Algenex의 CrisBio를 이용하여 생산되며, 자연 생물반응기(bioreactor)로 곤충을 이용하는 바쿨로바이러스 벡터 매개 발현 플랫폼(baculovirus vector-mediated expression platform)임.
- Algenex는 이 테스트가 사용하기 쉽고 복잡한 기술훈련이나 정교한 장비가 필요하지 않다고 주장했다. 파트너들은 Pen-side 진단(pen-side diagnostic)이 2020년에 상용화될 것이라고 주장하며, 현재 다양한 지역에서 잠재적 유통업자들과 논의가 진행 중임.
- Algenex 설립자 및 CSO(chief scientific officer) José Escribano는 “다른 전염병처럼 감염동물의 신속한 검출이 이 위험한 바이러스의 글로벌 확산을 방지하고 완화하기 위해 필수적이며, 감염이 확정되었을 때 위생당국이 신속한 결정을 내리도록 돕는다.”고 주장했다.

- Escribano 박사는 CISA 연구팀이 Herdscreen을 바이러스 검출 테스트와 결합해야 함을 제안했으며, 이는 명백한 권고사항으로, COVID-19로 수행할 수 있는 것과 유사하다고 말했다.
 - 그는 Herdscreen을 검증하는 다음 단계는 진단학자들의 신뢰를 얻고, 잠재적으로 이 검사를 이용하여 현장 연구를 과학 저널에 게재하기 위해 여러 주요 국가의 다른 진단 연구소로 샘플을 보내는 것이라고 설명했다. Escribano 박사는 상용화 경로가 국가마다 검사에 대해 다를 것이라고 언급했다.
- 마드리드에 본사를 둔 Algenex는 또한 동물약품 분야에서 재조합 생물학적 제제도 개발하고 있음. 이 회사의 CrisBio 기술을 이용한 최초의 수의 백신이 2019년 유럽 승인을 위해 제출됐음.
- 독일기업 Indical Bioscience는 ASF를 위한 진료시점 PCR 진단을 출시했음.

7.3.5. 대안적 표본추출

- 분변과 같은 대안적 샘플 사용이 예를 들어 멧돼지에 대해서는 가치가 있을 수 있음. 그러나 Gallardo에 의해 검토된 것처럼²⁶⁰, 그러한 방법이 충분히 민감하지 않다는 증거가 제시되고 있음.
- 상업 양돈농장에서 구강 유체검사가 이미 돼지생식기호흡기증후군(PRRS)과 같은 일부 질병들의 감시에 실시되고 있음.

260 Gallardo C, Fernandez-Pinero J, Arias M. African swine fever (ASF) diagnosis, an essential tool in the epidemiological investigation. Virus Res. 2019;271:197676. Epub 2019/07/31. doi: 10.1016/j.virusres.2019.197676. PubMed PMID: 31362027.

- 최소 직경 1.5cm 원면 빗줄이 돈사에 부착되거나 돈사 위에 매달려 있기 때문에 돼지들이 약 20분 동안 그 빗줄을 씹을 수 있음. 구강 유체가 비닐봉지 내에서 빗줄을 끌어당기거나 압착하여 추출됨. 그런 다음 그 구강 유체는 적응된 검사를 사용하여 검사됨.
- 지금까지 Gallardo와 이후 발표들²⁶¹에 의해 검토된 것처럼 이 방법이 가치 있는 것일 수 있다고 평가하였음.
- 그러나 표본추출, 보관, 처리, 검사를 위한 표준화된 프로토콜들이 여전히 적절하게 검증될 필요가 있음.

7.3.6. DIVA 검사

- 백신 부재로 인하여 감염된 돼지를 백신 접종된 돼지로부터 구별할 수 있는 검사가 시급한 것은 아니지만, 검사가 백신 개발과 병행하여 고려되어야 하는 개발임.
- 미국기업 Silver Lake Research에서 축사-근접 ASF 진단기기를 개발하였음.

²⁶¹ Beemer O, Remmenga M, Gustafson L, Johnson K, Hsi D, Antognoli MC, 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. Epub 2019/07/17. doi: 10.1371/journal.pone.0219532. PubMed PMID: 31310643; PubMed Central PMCID: PMC6634402.

제8장 백신 개발 동향

8.1 방어 면역

- ASF 감염에서 생존한 돼지들은 강력하고 방어적인 면역을 개발하여, 관련된 바이러스 들로 재감염 또는 문제에 대해 방어하며, 장기 보균돼지가 되지 않음. 이 방어면역 반응이 세포 및 항체매개 면역 모두 포함한다고 입증됨.
- Arias et al.²⁶²가 ASF 바이러스에 대한 면역 반응들, 면역 회피와 방어항체반응유도 및 T-세포 매개면역 유도에 포함된 바이러스 단백질에 대한 문헌들을 검토하였음. 요약하면, 항체매개면역의 방어 역할이 입증됨. 그러나 중화 항체만으로 완벽한 방어를 하지 못함. 많은 연구들이 매개세포 용해(mediated cell lysis) 또는 항체의존 세포매개 세포 독성(antibody-dependent cell-mediated cytotoxicity; ADCC)을 포함한 메카니즘 추가로 잠재적 방어역할을 할 수 있다고 가리킴.
- 적혈구흡착검사(HAD) 억제 항체의 존재와 체내 ASF 바이러스 공격에 대한 부분 방어 능력 간 상관관계가 수립되어 왔음.
- 또한 방어에서 NK-세포와 특정 T-세포 반응들에 대한 핵심 역할을 가리키며, CD8+ T 세포들이 중요한 역할을 한다는 강력한 증거가 있음.
- ASF 바이러스는 특정 표적 유전자의 활성화를 포함하여, 숙주의 방어를 침해하는 여러 전략들을 이용함.
- A238Lp, A179Lp와 같은 숙주 침해 유전자들과 단백질들의 특성에 대해 진전이 있었고, 다른 것들이 식별되었음.
- 중화를 위한 일부 바이러스 표적들 예를 들어 p72/B646Lp, p54/E183 Lp 및 방어면역을 위한 일부 혈청학적 결정요인들도 파악되었음²⁶³.

262 Arias M, de la Torre A, Dixon L, Gallardo C, Jori F, Iadomada A, et al, Approaches and Perspectives for Development of African Swine Fever Virus Vaccines. Vaccines (Basel). 2017;5(4). Epub 2017/10/11. doi:10.3390/Vaccines5040035. PubMed PMID:28991171;PubMed Central PMCID:PMCPMC5748602.

263 Arias M et al, 전제서

- 그러나 면역을 매개하는 특정 메카니즘들의 파악은 충분히 되지 않았고, 여전히 방어와 관련 면역 연관성이 없음²⁶⁴.
- 교차방어와 관련, Arias et al.의 연구결과 독성이 약한 세포를 주입했을 때 살아남은 돼지들은 비슷한 바이러스로부터 방어능력이 생길 수 있다는 것을 보여주었음.
- 또한 일부 유전자형 간 일정 수준의 교차방어 기능이 있음이 알려졌다.
 - 교차 방어에 중요한 바이러스 항원들이 비록, 바이러스 CD2v 유사 단백질이 포함된 것을 제시했음에도 불구하고, 완전히 특성화되지 않았음.

²⁶⁴ Rock DL. Challenges for African Swine fever vaccine development- “... perhaps the end of the beginning.” . Vet Microbiol. 2017;206:52-8,Epub 2016/10/21. doi:10.1016/j.vetmic.2016.10.1003.Pubmed PMID:27756505.

8.2. ASF 백신 접근방법과 연구

- 지금까지 원칙적으로 백신접종이 사망 예방이나 질병 감소를 통해 동물 및 인체 바이러스성 질병들을 통제하는 가장 효과적인 방법임. 불행히도 ASF를 예방하거나 통제에 이용 가능한 백신이 전혀 없음.
- ASF를 위한 약독화 생백신(LAV; 변형된 생백신, MLV로도 알려짐)이 스페인과 포르투갈에서 1960년대에 사용되었지만, 그 백신들은 ASF 만성형 출현을 유발했음. 불활성화 바이러스 백신, 재조합형 단백질 백신, DNA 백신을 포함한 모든 다른 백신들은 아직 효능적이고 안전한 ASF 백신을 산출하지 못했음.
- ASF 백신 탐색에서 그러한 백신 요건들을 고려하는 것이 중요함. 기존에 발표된 목표 제품 사양(TPP)이 없고, 요구 사양이 목표 집단 또는 용도에 따라 다를 수 있음. TPP는 백신을 만들 수 있는 기초가 되며, 백신 속성을 제시하고, 종종 이상적인 백신 특성뿐만 아니라 최소한의 특성이 무엇인지 여부로 표현됨.
- 풍토병 국가에서는 전통적인 자급자족 돼지 생산이 많으며, 상업적 생산자들에게 효능이 낮다고 간주될 수 있는 백신이 없는 것보다는 낮기 때문에 수용될 수 있음. 그들의 생계를 위해 돼지에 의존하는 전통적인 자급자족 양돈농가들은 돼지 일부를 방어하는 백신 보유에 만족할 것이 예상될 수 있음. 동일한 수용이 만약 주사 부위 반응과 같이 상업적 양돈농장이 받아들일 수 없는 일부 경미한 부작용이 있는 경우 받아들일 수 있을 것임. 그러한 농장주들 경우, 작은 또는 돼지 생명을 구하고 돼지 가격이 예를 들어 자녀 학비 지불에 이용할 수 있는 것에 비하여 작은 불편으로 간주될 수 있음.
- 유라시아의 최근 발병 전, 멧돼지 백신은 후순위였음. 그러나 멧돼지가 질병에 미치는 영향력이 높으므로 일반돼지와 다른 접근방법의 필요성이 인식되었음. 현재 발병상의 역할을 고려하면 멧돼지 백신이 일반 돼지백신과 상이한 형태/외양(예컨대 미끼로 제형된 것을 필요로 할 수 있지만)을 한 백신이 올바른 특성을 보유할 경우 많은 정부, 돼지 협회 및 기타 단체들이 그러한 백신에 접근하는 데에 만족할 것임.

- 질병 제거 희망 국가들의 경우, 감염동물과 백신 접종된 동물을 구별(DIVA)할 수 있는 가능성이 핵심 요건이 될 것임. 풍토병 국가들의 경우, 질병을 제거할 수 있는 현실적인 가능성이 수년을 소요할 것이기 때문에 제한 요인이 아님.
- 백신의 상이한 요건들을 고려하면, ASF를 위한 TPP는 아래 표에 제시된 속성들을 가질 수 있음. 속성들의 일부는 사용 사례와 DIVA 등 상호 관련되어 있음. TPP는 출발점으로서 사용될 수 있지만 지식이 축적됨에 따라 재검토될 필요가 있는 동적인 도구임.
- 본 절은 안전하고 효능적인 ASF 백신 탐색에서 이루어진 다른 접근방법들과 주요 연구들 및 공개적으로 알려진 가장 유망한 연구와 후보물질들을 설명함.
- 최종 결과에 기초하여 바이러스 수의 백신은 (1) 복제 또는 생 백신, (2) 비-복제 또는 복제-제한 백신, (3) DNA-기반 백신 3가지 범주로 분류될 수 있음.
 - 복제, 즉, 생백신
 - (a) 전통적인 약독화 생백신
 - (b) 유전자-제거 약독화 생백신
 - (c) 재조합 매개체 생백신
 - 비-복제 혹은 복제 제한 백신
 - (a) 전통적인 불활성화 사백신
 - (b) 보조단위(subunit)²⁶⁵ 백신
 - DNA-기반 백신

²⁶⁵ 생체입자(고분자)를 이루는 기본 단위

< 표 8-1 > 돼지 ASF 백신에 대해 제안된 목표제품 사양(TPP)

	속성	최소치	이상치
1	항원	ASF 바이러스 방어 항원에 의한 면역원	ASF 바이러스 방어 항원에 의한 면역원
2	사용 사례	ASF 바이러스 또는 특정 지리적 영역에서 순환하는 우세한 ASF 바이러스의 최소 1개 유전자형으로부터 돼지 방어	ASF 바이러스의 모든 유전자형들로부터 돼지 방어
3	추천 종	사육 돼지	사육 돼지와 멧돼지
4	추천 투여량	2ml	1ml
5	약품 제형	환원형 주사 용액/현탁액	용액/현탁액 사용 준비가 됨
6	투여 경로	근육 내	근육 내 혹은 무침 (경구용 미끼 혹은 IN 포함)
7	요법 - 최초 백신접종	4주 간격 2회 투여	1회 투여(평생)
8	요법- 추가접종	최초 백신접종 후 6개월에 1차 추가접종에 이어 1회 연례 추가접종	최초 백신접종 이후 평생 면역
9	역학적 적절성	ASF 제거 목표로 하지 않는 환경에서 사용	ASF 제거 목표 환경에서 가능한 사용
10	최초 백신접종 시 추천연령	2월령부터	1-2월령부터(가능한 조기)
11	면역 개시	최초 백신접종 후 2-3주경	최초 백신접종 후 1주
12	면역 지속기간	제1차 추가 백신접종 후 1년	평생 면역
13	예상되는 효능	질병 예방과 사망 방지를 위해. 백신 접종된 동물에서 50% 효능	감염 예방 위해. 독성 공격 후 백신 접종된 동물에서 질병 부재 및 사망 부재
14	예상되는 안전성	백신 접종 동물의 최대 30%에서 14일 미만 지속되는 경증 주사 부위 부작용 및 발열	백신 접종 동물의 최대 10%에서 7일 미만 지속되는 경증과 일시적인 주사 부위 부작용 및 발열. 임신한 동물에게 안전
15	휴약 기간	육류에 대해 4주 미만	없음
16	동물을 위한 특별 요건	건강하지 않은 동물에 백신접종하지 말 것	건강하지 않은 동물에 백신접종하지 말 것
17	사람을 위한 특별 요건	없음	없음
18	포장 크기	50회 투여량	10회 투여량부터 복합 포장 크기
19	최종 사용자 가격	?	?
20	판매를 위해 포장된 상태 유효 기간	4-8도°C에서 12개월	외부 환경에서 안정적 (멧돼지 미끼)
21	사용 중 안정성	1시간	24시간 이하
22	DIVA 능력	없음	있음

자료 : Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전게서 재인용

8.3. 복제 또는 생백신

- ASF 약독화 생백신(LAV)은 세포와 체액면역 모두 자극할 것으로 예상될 것임. 그러나 이 백신들은 만성감염 또는 지속감염을 초래하고 독성으로 되돌아갈 가능성 때문에 안전성에 대해 신중하게 평가될 필요가 있음.

8.3.1. 전통적 약독화 생백신

- 1960년대 초 자연적으로 발생하는 독성 균주의 약성 변종의 약독화로 생산된 LAVs가 스페인과 포르투갈에서 사용되었음. 불행히도 이것은 ASF의 만성형 출현을 유발했음. 그 백신들은 주로 이들 안전성 문제들 때문에 더 이상 사용되지 않고 있음.
- 자연적으로 약독화된 유전자형(genotype) I, OURT88/3 및 NH/P68 균주들을 포함한 다른 후보 균주들이 평가되었음. 이 균주들은 관련된 균주들에 의한 공격으로부터 방어하고 이중 바이러스들에 대해 부분적인 교차-방어를 보여줌. 실험단계에서, 방어 수준들이 공격 바이러스, 전달 경로 및 용량에 따라 최대 100%까지 다양하게 나타났음. 그러나 부작용이 나타나 채택 불가능한 것으로 간주되었음.
- 최근 2017년에 라트비아에서 분리된 유전자형(genotype) II 바이러스(Lv17/WB/Rie1)가 백신으로 잠재성을 보였음²⁶⁶.

266 1) Gallardo C, Soler A, Rodze I, Nieto R, Cano-Gomez C, Fernandez-Pinero J, et al. Attenuated and non-haemadsorbing(non-HAD) genotype II African swine fever virus(ASFV) isolated in Europe, Latvia 2017. Transbound Emerg Dis. 2019;66(3):1399-404, Epub 2019/01/23. doi: 10.1111/tbed.13132. PubMed PMID: 30667598.

2) Barasona JA, Gallardo C, Cadenas-Fernandez E, Jurado C, Rivera B, Rodriguez-Bertos A, et al. First Oral Vaccination of Eurasian Wild Boar Against African Swine Fever Virus Genotype II. Front Vet Sci. 2019;6:137. Epub 2019/05/21. doi:10.3389/fvet.201900137. PubMed PMID:31106218; PubMed Central PMCID: PMC6498142.

- 이 분리체는 혈구흡착 반응이 없는 균주로 표현형은 EP402R 유전자에서 CD2-유사 코딩 시퀀스로부터 생성된 절삭 단백질과 관련됨.
 - 개념 증명이 악성 유전자형 II 분리체 공격에 대해 92% 정도 도달함으로써, 멧돼지 경구용 백신 사용에 대해 증명되었음.
 - 동물에게 경구백신을 적용할 경우, 바이러스를 배출하여 적용범위를 확대할 수 있으며, 이것이 멧돼지 집단들을 다루는 데에 유용할 수 있음. 그러나 회복된 동물들이 보균성 동물이 될 수 있음을 주목해야 함.
 - 장기적 성과, 유전적 안정성 입증 및 과다용량 등 구체적으로 안전성을 평가하기 위하여 후속 연구가 필요함.
- 러시아는 혈청형(serotype) 2 균주(strain) RU2452511을 사용한 약독화 백신 특허를 보유하고 있음. 이 균주는 50개 계대들에 맞는 PPK-666의 적응화로 만들어 낸 후, 배양 세포와 CMS 세포의 희석을 제한한 바이러스를 선택하여 만들어짐.
- LAV 생산의 기술적 문제는 바이러스 복제를 위해 현재는 일차세포(primary cell)가 필요하다는 데에 있음. 일부 ASF 바이러스 분리체들은 상이한 세포계에 적응되었으나 방어능력을 상실한 바이러스를 초래할 수 있음.
- 돼지 단핵구(porcine monocytes)의 여러 세포계들이 개발되었지만, 약독화 독성 ASF 바이러스 균주들 모두의 증식성 감염을 유발시킬 수 있는 지속적인 돼지 세포계(porcine cell lines)는 개발되지 않았음.
 - 일차세포 배양을 대체하기 위한 적응 세포계가 이 영역 진전을 계속하는데 제일 우선적임.

8.3.2. 유전자 제거 약독화 생백신(Live gene-deletion attenuated vaccine)

- 특정 유전자들의 제거 또는 불활성화가 LAVs의 안전성 프로파일을 증가시킬 수 있음. 숙주 면역 반응의 악성 및 폐색과 관련된 특정 유전자들의 제거들이 전통적인 ASF LAVs를 개선시키는 데 사용되고 있는 전략임. 적혈구 흡착(단백질 CD2v의 코드 EP402R), 독성(바이러스 복제에 관련된 9GL) 또는 면역반응의 규제(I형 인터페론 반응 억제제 MGF 360/505)와 같은 유전자들이 ASF 악성 균주들을 약독화하기 위해 제거되었음. 현재까지 성과는 성공적이지 못함.
- 이들 후보물질로 부터 학습된 교훈들이 일정 수준의 바이러스 복제의 필요성을 확인 하였음. 여러 균주들의 동일한 유전자 제거가 항상 동일한 결과를 보이지 않음. 따라서 다중 기능 유전자 제거가 필요할 수 있으며, 2차 독성 인자 연속 제거 및 다양한 돌연변이 간 조합이 더 안전한 재조합 형질을 만들 수 있는 가능성이 있음.
- 제거들이 부작용을 최소화하기 위해 독성 균주와 OURT88/3, NH/P68과 같은 자연약독화한 균주들에 시도되었음. 자연약독화한 균주들의 일부 제거가 동종(homologus) 공격에 성공적이었으나, 이중 공격에 대해서는 그러하지 않았음. 기타 유전자 제거들은 방어 기능 상실로 이끌었음.
- 현재까지 제한된 성공 또는 일관적이지 못한 결과들이 있었으며, 상업적 백신 개발을 위한 유전자 제거 접근방법들이 성공적이지 못했음. 2개의 유전자 제거 백신들에 대해 중국에서 특허 출원되었음.

8.3.3. 매개체 백신(vectored Vaccine)

- 유전자가 조작된 박테리아나 바이러스를 매개체(vector)로 사용하는 방법으로 면역반응을 유발하는 유전적 물질이 그 안으로 복제됨.
- 벡터들을 관리하여 벡터의 자연 면역반응을 촉발하고, 그 안에 복제되어 있는 유전물질도 면역 반응을 일으킴.

- 벡터를 사용하여 보조단위 백신으로 될 뻔한 변형된 생백신의 장점을 증가시켰으며, 체액-매개 및 세포-매개 면역반응 모두를 촉발할 수 있음. 벡터는 복제-결핍(replication deficient) 또는 단일 주기(single cycle) 형태로 만들어질 수 있음. 또한 결실된 유전자에만 반응하는 검사를 도입하여 감염된 동물을 백신 접종된 동물(DIVA)과 구별하는데 사용하는 것이 적합함.
- 현재까지 다양한 표적 단백질들을 지닌 많은 벡터들이 개발되었음.
- sHA/p54/p30 융합 단백질 발현 BacMam(바쿨로바이러스(baculovirus)-기반 벡터)
 - p30, p54, p62 및 p72 발현 아데노바이러스(adenovirus)²⁶⁷
 - 항원들의 혼합체 발현 아데노바이러스; p72, CD2v 및 C형 렉틴(lectin) 발현 우두(vaccinia) 바이러스 양카라
 - p30, p54, p72, sHA/72 발현 알파바이러스 레플리콘(alphavirus replicon) 입자들
- 매개체 중 BacMam만 치사량에 미치는 수준으로 동물실험을 실시하였으며, 부분적 방어를 달성했으나, 다른 것들은 악성 ASF 바이러스 돼지 실험을 하지 않았음²⁶⁸.
- 중국은 p72를 발현하는 재조합형 뉴캐슬병바이러스(rNDV)가 생산되어 쥐를 면역시키는데 사용됨, 항체반응과 T 세포 증식 및 IEN- γ 및 IL-4 물질 발현 결과가 나타났음. 그러나 돼지에서 평가에 관한 정보가 전혀 없음.
 - 최근 Netherton 등은 바이러스성 단백질이 세포면역 반응을 촉발시킬 수 있는지 확인하기 위하여 감마 인터페론 ELISPOT을 사용하여 세포성 면역반응을 촉발할 수 있는 바이러스성 단백질이 lymphocytes를 관찰할 수 있는지 분석하였음²⁶⁹. 아데노바이러스와 조작된 우두 양카라 탑재 18개 후보물질들을 파악했지만, 유전자들을 발현시키는 바이러스 벡터 집단이 중증 질병들로부터 동물 방어에 실패했음.

267 호흡기 질환을 일으키며 실험 동물에 종양을 만듦.

268 Gaudreault NN, Richt JA. Subunit Vaccine Approaches for African Swine Fever Virus. Vaccines(Basel). 2019;7(2). Epub 2019/06/28. doi:10.3390/vaccines7020056. PubMed PMID:31242632; PubMed Central PMCID:PMCPMC6631172

269 Netherton CL, Goatly LC, Reis AL, Portugal R, Nash RH, Morgan SB, et al. Identification and Immunogenicity of African Swine Fever Virus Antigens. Front Immunol. 2019;10:1318-.doi:10.3389/fimmu.2019.01318.PubMed PMID:3127307

8.4. 비복제 또는 복제 제한 백신

8.4.1. 전통적 불활성화 사백신

- 비복제 및 복제제한 백신들 중 비활성화시킨 백신들은 방어면역반응 생성에 실패함. 왜냐하면 바이러스의 복잡성, 바이러스 세포내외 감염형태 등의 영향이 있고, 중화항체는 ASF 바이러스를 억제하지 못하였기 때문임. Polygen™ 또는 Emulsion®-D와 같은 현대적 보조제들(adjuvants)이 사용되었지만 실패하였음.

8.4.2. 서브유닛 백신

- ASF 바이러스는 최대 167개 단백질을 부호화하며, 좋은 후보물질 선택을 어렵게 함²⁷⁰. 최근의 서브유닛 및 DNA 백신 현황 리뷰가 Gaudreault와 Richt에 의해 발표되었음²⁷¹.
- 서브유닛 백신의 초기 방법들은 중화항체들을 유도하는 항원을 확인하는 것임. 적혈구응집소 단백질 CD2v가 평가된 최초 항원 중 하나이지만 면역성의(immunogenic)가 강력하지 않았음. 이후 구조 단백질 ASF 바이러스 p54와 p30이 표적화되었으나 어느 것도 방어 제공에 충분치 않았음. 두 바이러스 조합 또는 융합 단백질(fusion protein) p54/p39가 바이러스 감염을 감소시킴. 돼지도 E75 균주에 의한 감염에서 보호되었음.
- 바쿨로바이러스(baculovirus)(단백질 p30, p54, p72, p22 발현) 조합은 악성 유전자형 I (genotype I) 균주의 영향을 받아 효과가 없었음. 이들 후보물질 중 일부는 벡터 백신 후보물질(vectored vaccine candidates)로도 발현되었음.

270 Arias M, de la Torre A, Dixon L, Gallardo C, Jori F, laddomada A, et al, 2017 전게서

271 Gaudreault NN, Richt JA. 2019 전게서

8.5. DNA-기반 백신

- DNA기반 백신 장점은 세포독성 T 림프구 면역반응(cytotoxic T lymphocyte immune responses)을 유도할 수 있다는 것이며, 이 반응은 세포-매개 면역의 중요한 성분임. 현재까지 여러 다른 후보물질들이 평가되었음.
- 플라스미드(plasmid)²⁷²는 구조 단백질을 코딩하였지만, p54/p39 융합 단백질(fusion protein)은 좋은 면역반응을 촉발하지 못하고, 보호기능이 없었음.
- 돼지 백혈구 항원 SLA-II와 p54/p39 간 융합은 특정 항체와 T 세포를 촉발하였으나, 역시 보호기능이 없음.
- 적혈구응집소(hemagglutinin protein) CD2v(sHA로 설계)와 p54/p39 키메라(chimera)²⁷³ 간 융합으로 B세포와 T세포의 반응을 유도했으나 보호기능이 없음. 유비퀴틴(ubiquitin)²⁷⁴ 추가는 적은수의 동물에서만 방어 기능을 보였음.
- DNA 발현 라이브러리(library)²⁷⁵ 80 ORF 단편(fragment)은 유전자형(genotype) I Ba71v 균주와 유비퀴틴 융합으로 만들어짐. E75 균주로부터 60% 정도 동물 보호기능이 있음.

272 박테리아와 이스트에서 나타나듯이 자기 복제로 증식할 수 있는 유전인자

273 동일개체 중에 유전자형을 다르게 하는 조직이 서로 접촉해 있는 현상

274 Ub라고 약기. 원핵세포(原核細胞)나 진핵세포(眞核細胞)에 보편적으로 함유되어 있는, 아미노산 76잔기로 된 단백질. 종에 따른 아미노산 배열(1차 구조)의 차이가 거의 없음. 2종류의 유전자가 있으며, 세포성 단백질 분해에 관여함.

275 (1) 한 생물체의 전체 유전체를 모두 나타내는 재조합 DNA의 모임. 즉 유전체의 도서관,

(2) 주어진 균주 세포의 집단으로부터 분리된 여러 개의 아데닌이 첨가된 mRNA의 혼합물로부터 파생된 cDNA분자의 모임으로 구성된 또 다른 종류의 도서관. 이 도서관은 그 균주의 전체 유전체를 나타내지는 않음.

8.6 상이한 접근방법들의 조합

- 더 나은 면역반응들을 유도하기 위하여 프라임-부스트(prime-boost) 전략들의 사용 역시 연구되어 왔으며, ASF 바이러스 항원결정인자(epitopes)에 대한 인식을 확대했다는 평가를 받았음.
- 이 전략은 예를 들어 ASF 바이러스 p30, p54 및 p72를 발현하는 알파바이러스 벡터 백신(alphavirus vectored vaccine)들에 이어 약독화 생백신 후보물질 OURT88/3을 사용하였음.
- 이 접근은 ASF 바이러스-특정 단백질들(specific proteins)과 c-DNAs(이중 프라임-부스트(prime-boost) 백신) 방법도 시도하였지만, 성과가 없었음.

8.7. ASF 백신의 미래 전망

- 안전하고 효능있는 ASF 백신을 생산하려는 모든 노력들에도 불구하고, 현재 전혀 성과가 없으며, 어떤 유형의 ASF 백신도 가까운 미래에 적용될 가능성이 없을 것 같음.
- 한국도 민관공동협력으로 노력 중이며, 이의 일환으로 조기진단키트를 개발하였음²⁷⁶.
- 일부 ASF 백신들이 중국 시장에 등장하였지만, 모두 불법이고, 중국 당국에 의해 승인되지 않았음²⁷⁷. 중국 농업부 또한 ASF 백신이 개발되었다고 주장하는 Highsun Group Co. Ltd. 도 부정하였음²⁷⁸.
- ASF 백신 개발을 저해하는 많은 장애물이 있음. 유럽연합집행위원회는 보건식품안전총국(the Directorate General for Health and Food Safety)을 통해 ASF 백신 개발 가능성에 대한 청사진과 로드맵 Working Document(SANTE-2017-10272)를 발표했음. 이것은 이론적 백신 개발 프로그램 간트 차트(Gantt chart)를 포함하며, 약 6년간 일정으로 50%와 80% 사이 성공 가능성을 제시하였음²⁷⁹.
- 단기적으로 LAVs가 가장 유망한 후보물질인 것 같지만, 더 적은 면역원성 항원과 새로운 중화 ASF 항원 또는 항원결정인자들(neutralised ASF antigen or epitopes) 부분으로 집중하는 것도 유익할 수 있음.
- 최근 중요한 투자 중 하나는 Horizon 2020 프로그램 하에 스페인 Sanchez-Vizcaino 박사가 총괄하는 VACDIVA 프로젝트 ‘아프리카돼지열병을 위한 안전한 DIVA 백신’으로, 천만 유로 지원이 2019년 5월 유럽연합 집행위원회에서 발표되었음.

276 농림축산부 보도자료. 2020.05.20. 인용

277 Euromeat News. China warns about illegal vaccines against ASF. 2019.

278 Caixing Global. Agriculture Ministry Rejects Claimed Swine Fever Vaccine Fix. 2019.

279 European Commission, Directorate General for Health and Food safety. Blueprint and roadmap on the possible development of a vaccine for African Swine Fever prepared by the African Swine Fever EU reference laboratory on Commission request. Brussels 2017.

- VACDIVA의 목표는 다음과 같음.
 - (1) 멧돼지와 집돼지를 위한 안전하고 효능 높은 3가지 시험적 백신 개발과 등록
 - (2) 타당화된 동반 DIVA 검사들(companion DIVA tests)
 - (3) 리투아니아와 케냐 필드 시험과 비용-편익, 효과적 예찰 및 통제-백신접종 전략 수립

- 프로젝트 멤버는 민간 기업들(Intervet International BV(현 MSD)와 Eurofins/Ingensa), 2개의 세계 ASF 표준 실험실(OIE 및 FAO), EU 표준 실험실(EURL), 6개 EU 국가 표준 실험실 및 4개의 권위 있는 ASF 연구소들임.
- 러시아, 중국 및 아프리카로부터 참여자들이 있음.
- 프로젝트는 2019년 10월 1일 시작하여 2023년 9월30일 종료 예정임.

- 또한 EU Horizon 프로그램의 일환으로 ASF와 괴상피부병(lumph skin disease; LSD)을 목표로 DEFEND 컨소시엄이 구성됨. 약 600만 유로를 지원받고 있음.
- 목표는 새로운 진단기기 실증 결과와 ASF 균주에 대한 바이러스 벡터 백신 개발임. 프로젝트는 Pirbright연구소가 주도하며, 2018년 6월에 시작하여 2023년 5월 종료 예정임(자세한 사항은 Defend 웹사이트 <http://defend2020.ed/> 참조).

- 중국 연구자들은 바이러스가 중국에 유입된 최근까지 ASF 바이러스 연구가 허용되지 않았음. 그러나 중국 정부도 약 1억 위안(1,500만 달러)을 할당하여 ASF 연구를 진행 중임.
- 중국에서 비롯되는 높은 수의 ASF-관련 특허 출원을 반영함.
- 현재 중국 내 ASF에 관해 연구하는 기관들이 많음.
- 중국농업과학원은 최근 이중 유전자 약독화 생백신에 중요한 진전이 이루어졌다고 발표했음. 이 백신은 실험실 안전성 평가와 효능 실험을 완료했고, 적용들이 임상실험을 하고 있음.

--Research Institutes

- Harbin Veterinary Research Institute (**HVRI**), @Harbin
- China Animal Health and Epidemiology Center (**CHAHEC**), @Qingdao
- Lanzhou Veterinary Research Institute (**LVRI**), @Lanzhou
- Institute for Animal Sciences (**IAS**), @Beijing
- Institute for Military Veterinary (**IMV**), @Changchun, etc.

--Colleges/Universities

- Yangzhou University (**YZU**), @Yangzhou
- Huazhong Agricultural University (**HZAU**), @Wuhan
- Nanjing Agricultural University (**NJAU**), @Nanjing
- Fudan University (**FDU**), @Shanghai, etc.

--Biologicals Producers

- Yebio, @Qingdao
- Tecon, @Urumqi
- Pulike, @Luoyang
- China Animal Health Industrial Co. (**CAHIC**), @Beijing, etc.



연구소

- 하얼빈수의연구소(HVRI), 하얼빈시
- 중화 동물위생유행병센터(CHAHEC), 칭다오시
- 란저우수의연구소(LVRI), 란저우시
- 동물과학연구소(IAS), 베이징시
- 군사수의연구소(IMV), 장춘시 등
- 대학교
- 양주대학교(YZU), 양주시
- 후아중대학교(HZAU), 우한시
- 난징농업대학교(NJAU), 난징시
- 푸단대학교(FDU), 상하이 등
- 생물학적 제재 생산자
- Yebio, 칭다오시
- Tecon, 우루무치시
- Pulike, 뤼양시
- China Animal Health Industrial Co.(CAHIC), 베이징시 등

자료 : QIU Hua-Ji, 2019, African swine fever vaccines:: current situation and perspectives. Harbin Veterinary Research Institute. CAAS. Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전제서 재인용
 < 그림 8-1 > 중국의 ASF 백신관련 연구기관들

- 2019년 8월 6일 “Genetic attenuated ASFV and its application as a vaccine” 특허가 등록되었음. 하얼빈수의연구소에서 2개의 ASF 후보물질을 개발하였으며, 출원자들은 Bu Zhigao, Chen Weiye, Zhao Dongming, He Xijun, Liu Rengqiang 및 Liu Jinxiong임.
- 중국에 유행하는 균주들에 대해 100% 방어력이 있다고 발표하였음.

- 안전하고 효과적이며, 생체내외의 강력한 유전자 안정성을 보유한다고 발표하였음.
 - 후보물질들은 ASF 균주 Pig/CN/HLJ/2018에 기저하며, 악성 유전자 MGF360-505R을 제거하도록 유전자 조작되었고, 동일 유전자가 CD2V 제거로 결합되었음.
 - 이 특허에 대해 임상실험이 시작될 예정임²⁸⁰.
- 2020년 5월 홍콩 Pacific GeneTech(PGT)가 ASF 백신을 개발하기 위하여 미국의 EpiVax와 협력한다고 밝혔다. PGT는 동물약품의 충족되지 않거나 부족한 니즈를 위해 차세대 백신을 개발하고 상업화하는 생물학적 제제 기업임. 이 회사의 Aegis 백신 플랫폼은 복합 균주들과 여러 종류의 전염병에 대한 광범위한 보호를 위해 매개동물들에 교차방어 항원들과 면역강화제들을 결합한 것임.
- Rhode Island의 Providence에 본사가 있는 EpiVax는 정보학 및 면역학을 전문으로 함. 이 회사는 T 세포 항원 결정기(epitope) 예측, 면역 조절(immune modulation) 및 신속한 백신 설계뿐만 아니라 면역원성(免疫原性)²⁸¹ 위험도 평가와 컴퓨터를 사용한 새로운 백신 개발 및 생산(vaccinology) 기술로 인체와 돼지 모두에 대해 백신 개발을 지원한 경험이 있음. 이 회사의 수단들은 백신 제조에 가장 적합한 순환하는 바이러스 균주들을 선별하는 데 이용되어 왔음.
- 두 동반자들은 ASF에 대항해 강력하면서 교차 방어 효능을 모두 제공할 가능성이 가장 높은 독점적 바이러스성 항원 결정기(epitope)에 기초한 백신을 개발하고 있음. 이 접근방식은 유력한 세포 매개 반응과 강력한 체액 항체 반응을 생성하도록 설계된 이중 조직의 최고의 상승 백신접종 요법의 조합을 포함함. PGT는 ASF 백신을 위해 계획된 개념 증명 연구를 하고 있음.

280 (1) YICAI. Breaking the 100-year curse: How long does it take for China to produce African swine fever vaccine? 2019.

(2) ScienceNet. China's African swine fever vaccine will enter the clinical trial stage. 2019.

(3) Sina. The announcement of the African swine fever vaccine is still far from water and thirst! 2019.

281 면역반응을 자극할 수 있는 능력을 가지고 있는 물질 또는 성질

- PGT사에서 ASF 백신의 개발 일정을 추정하기에는 너무 이르다고 말한 반면, EpiVax 협업이 파이프라인에 있는 다른 프로젝트들을 늦추지 않을 것이라고 주장했다. 또한 협업은 글로벌 동물약품 동반자들로 구성된 PGT의 네트워크로부터 혜택을 볼 것이며, 이 네트워크는 ASF 바이러스의 복합 유전자형에 대해 여러 곳에서 이루어지는 시험 프로그램 진행에 이용될 것임. PGT는 또한 동반자를 활용하여 ASF 백신을 시장에 출시할 것임.
- 현재까지 PGT는 두 개의 주력 가금 백신들을 기술 이전했음. 2020년 4월에는 Kemin Industries와 가금용 살모넬라(Salmonella) 백신을 포함하는 독점 상용화 동반자관계에 들어갔음.
- PGT가 개발한 백신들은 경구 투여 또는 생(live) 및 불활성 형태들로 주사될 수 있음. 이 회사는 이전에 공개되지 않은 동반자에게 경제적으로 중요한 위장병 병원체에 대한 가금 백신들 중 또 다른 것을 기술 이전하였음.
- 동 회사는 또한 불활성 백신들의 향상된 효능을 제공하는 the Hercules 보조제 (adjuvant)/전달 시스템도 생산했으며, Hercules는 제3자 백신 사용을 위해 기술 이전되었음.
- 2019년 6월 영국 Pirbright연구소 과학자들이 돼지에게 면역반응을 유발할 수 있는 아프리카돼지열병(ASF) 바이러스 단백질을 발견했으며, 이 단백질이 백신 개발에 사용되기를 바란다고 밝혔다. 전문가들은 일부 돼지가 확인된 단백질을 포함한 백신을 접종한 후 맹독성 ASF로 도전을 받았을 때 혈액 내 바이러스 수치가 감소했음을 보여주는 연구를 수행했음.
- 연구팀은 백신에 어떤 ASF 단백질들을 사용해야 하는지 구별하기 위해 이전에 약화된 형태의 ASF 바이러스에 감염되었던 돼지의 면역세포를 활성화시킨 단백질을 찾아냈음. 가장 강력한 면역세포 반응을 일으킨 18개의 단백질이 바이러스 벡터로 옮겨졌으며, 바이러스들은 ASF 단백질을 돼지세포에 전달하지만 돼지에게는 해롭지 않음.

- 비록 추가적인 연구가 필요하지만, 연구원들은 그들의 발견에서 이러한 백신 접종 방법이 돼지를 효과적으로 보호할 수 있다는 것을 보여준다고 말했다.
 - Pirbright의 ASF 백신그룹 책임자 Chris Nederton 박사는 “ASF 바이러스는 150개 이상의 단백질을 가지고 있습니다. 이들 중 어떤 것이 면역 반응을 일으키는지 이해하기는 어렵지만 이런 종류의 백신을 만드는데 매우 중요합니다. 이제 돼지 면역세포를 활성화시키는 단백질을 밝혀냈으니 돼지가 독성이 강한 ASF 변종으로부터 보호받을 수 있도록 백신 성분 최적화에 힘쓸 수 있을 것입니다.”라고 언급했음.
- ASF는 현재 세계 각지에서 유행하고 있으며, 중국, 아시아 여타 지역 및 유럽 지역들에 큰 영향을 끼쳐왔음. Pirbright에 따르면, 중국에서 약 110만 마리의 돼지와 베트남에서 약 250만 마리의 돼지가 현재까지 도살되었음.
- 질병은 전염성이 매우 높으며 사망률이 100%에 이름. ASF의 심각성에도 불구하고, 현재 이용할 수 있는 백신이 없음.
- Pirbright는 여러 종류의 백신이 개발되고 있다고 설명했지만 바이러스에 대해 알려진 바가 거의 없고 면역체계가 백신에 어떻게 반응하는지에 대해 거의 알려져 있지 않기 때문에 R&D 진행이 어려움. 연구소는 불활성바이러스 백신이 돼지를 보호하지 못하며, 비록 살아있는 약독화백신이 가능성을 보여주지만, 더 많은 안전성 테스트가 필요하다고 말했다. 따라서 Pirbright는 벡터 백신이 효과적인 대안이 되기를 바라고 있음.
- Pirbright와 벨기에 회사 ViroVet은 이전에 그들이 ASF에 대항하여 최초의 항바이러스제를 개발하는데 협력하고 있다고 밝혔음. ASF는 돼지들의 임상 징후를 제한하고 질병에 대한 백신이 없을 때 바이러스 복제를 낮추는 것을 도울 것임.
- 스페인 생명공학 회사 Algenex와 영국기업 Global DX도 최근 ASF에 초점을 맞춘 진단 연구개발 협약에 서명했으며, 2019년 말까지 빠른 진료 시점 테스트가 출시될 것으로 예상됨.

- 2019년 5월 미 농무부의 한 관리는 가능한 ASF 백신이 현실화로부터 8년까지 걸릴 수 있다고 말했음. 그럼에도 중국기업 Guangdong Highsun Group은 최근 중국 연구팀이 개발한 ASF 백신을 상용화할 것이라고 주장했다. 그러나 중국 농업부는 이 회사가 어떤 동물약품 등록도 신청하지 않았고,약품생산 면허도 취득하지 않았으며, 백신이 과학적 근거가 없음을 시사하는 등 이 선언을 즉각 비난했음.
- 2020년 5월 영국 Pirbright Institute가 ASF에 실험 가능한 백신 개발에 한 걸음 더 나아갔다고 밝혔음. 새로운 연구는 연구소에서 개발된 백신으로 면역된 돼지들의 100%가 ASF 바이러스의 치사량으로부터 보호되었음을 보여주었음.
- 백신은 전략적으로 선정된 ASF 바이러스 유전자 8개를 무해한 매개 바이러스에 삽입해 만든 것임. 연구 결과, 면역된 돼지는 임상적 질병 징후가 관찰되었지만 치명적인 ASF 균주와 충돌 후 심각한 질병으로부터 보호되었음.
- Pirbright는 매개된 백신이 ASF에 대한 보호 효과를 입증한 것은 이번이 처음이라고 언급했음. 연구소는 추가적인 개발이 필요하지만 만약 성공한다면, 이 백신이 감염된 동물과 백신을 접종한 동물을 구별할 수 있을 것이라고 말했음. 이것은 교역을 위축시키지 않고 백신 접종 프로그램이 시행될 수 있다는 것을 의미함.
- OIE는 ASF가 부분적으로 백신 부족으로 인해 전 세계 돼지 개체수의 4분의 1을 없앨 수 있다고 경고했음. Pirbright는 “ASF가 동유럽과 아시아 전역에 계속 확산되면서 2019년 세계적으로 700만 마리가 넘는 돼지가 폐사하고, 돼지고기 산업과 얽혀 있는 모든 무역 시스템을 교란시키고 있습니다. 상업용 백신이 없다면 엄격한 생물보안치료와 취약한 동물의 도살만이 ASF를 통제할 수 있는 유일한 방법입니다.” 라고 밝혔음.
- Pirbright의 ASF 백신 개발 및 생산 그룹의 대표 Chris Netherton박사는 “우리의 백신이 ASF로부터 돼지를 완벽하게 보호할 수 있는 잠재력을 가지고 있음이 입증되었습니다. 우리는 이미 백신에 포함된 유전자들을 정제해 효과를 높이고 더 많은 보호를 제공하는 작업을 시작했습니다.” 라고 말했음.

- 2020년 2월에 Pirbright와 런던대학(University College London)은 그들이 ASF의 전체 유전체(게놈, genome) 지도를 만들고 새로운 유전자들을 파악했다고 발표했다.
- 뉴욕 Plum Island의 백신 후보 또한 이전에 유망한 결과를 보여주었음. 한 연구에서 나온 결과는 낮은 투여량과 높은 투여량 모두 돼지들이 포획 후 28일 동안 도전되었을 때 바이러스에 100% 효과적이었다는 점을 시사했음.
- 2020년 3월 중국의 하얼빈수의연구소(Harbin Veterinary Research Institute)가 ASF에 대항하는 잠재적 백신을 개발했다고 발표했다. 신규 연구논문에서 연구소는 돼지의 약독화 생백신(live attenuated vaccine)으로 안전하고 효과적인, 7개 유전자 제거 ASF 바이러스를 생산했다고 제시함.
- 연구소는 백본(backbone)으로 중국 ASF 바이러스 HLJ/18을 사용하여 일련의 유전자-제거 바이러스들을 만들었다고 밝혔으며, ASF에 대해 돼지의 완전한 방어를 제공했다고 주장함. 연구소는 “우리 연구는 HLJ/18-7GD가 ASF 바이러스에 대항하는 안전하고 효과적인 백신임을 보여주고, ASF 바이러스 확산을 통제하는 데 중요한 역할을 수행할 것으로 예상됩니다.” 라고 설명했다.
- 연구는 중국의 국가중점 R&D프로그램(National Key R&D Program), 헤이룽장성(Heilongjiang Province) 응용기술연구개발프로젝트(Applied Technology Research and Development Project), 광둥성(Guangdong Province) 중점-영역 연구개발프로그램(Key-Area Research and Development Program)의 연구비 지원과 중국 국가수의생명공학중점실험실프로그램(State Key Laboratory of Veterinary Biotechnology Program)으로 부터 보조금으로 진행되었음.
- 상업적 ASF 백신 개발에 최대 5년이 걸릴 수 있다는 것이 널리 인정되는 반면, 전문가들은 예방제(preventative)가 중국에서 얼마나 더 신속한 기간에 개발될 수 있는지 여부에 관심을 두고 있음.

- 중국의 양돈산업은 2019년 이후 ASF에 의해 황폐화되어, 중국이 백신 R&D에 많이 투자하도록 유도했음. 그러나 이러한 백신이 실험 수준에서 작용할 수 있지만, 잠재적 예방제의 대량생산을 위해 규모를 확대하는 데 필요한 기술을 개발하는 것은 더 많은 것들이 수행되어야 함.
- 하얼빈연구소는 “기존 연구들에서 ASF 백신들이 세포주(cell lines)에 적응된 후에 그들의 면역원성(immunogenicity)을 쉽게 상실하여, 돼지에서 동종 바이러스 공격(homologous virus challenge)에 대항하여 방어를 제공할 수 없음을 나타냈기 때문에, ASF 백신은 1차 세포(primary cells)에서 생산되어야 하며, 이는 대규모 생산을 제한할 수 있다는 것을 제시합니다.” 라고 개진했음.
- “돼지 골수(PBM; the porcine bone marrow) 세포들이 ASF 바이러스 복제를 지원하는 것으로 보고되었습니다. 우리는 PBMs가 HLJ/18-7GD 성장을 잘 지원하고, 적어도 200,000도스(doses)의 백신들이 특정병원체가 없는 자돈(specific-pathogen-free piglet) 1마리로부터 유래한 PBMs에서 생산될 수 있음을 발견했습니다. 게다가 HLJ/18-7GD가 6단계에 대해 PBMs가 순차적으로 통과된 후에 면역원성(immunogenicity)을 유지함을 발견했습니다. 따라서 HLJ/18-7GD의 대규모 생산을 위해 1차 PBMs를 사용하는 것이 실행가능하고 비용-효과적입니다.”
- 2020년 6월, 중국의 하얼빈수의연구소(Harbin Veterinary Research Institute)는 ASF 백신 실험이 진전을 보였다고 주장하였음. 하얼빈은 2020년 3월 실험실 테스트에서 안전하고 효과적인 7개 유전자가 제거된(seven-gene-deleted) ASF 백신을 생산했다고 발표했으며, 실험은 중국 ASF 바이러스 HLJ/18을 백신의 중추로 사용했음.
- 이 백신의 최근 실험은 중국농업과학원(the Chinese Academy of Agricultural Sciences)이 실험실에서 후보를 위해 시범 생산하는 방식으로 진행됐음.
- 이 백신은 2020년 4월부터 6월까지 신장(Xinjiang) 북서부, 허난성(Henan) 중부 및 헤이룽장성(Heilongjiang) 북동부 지역 돼지 3,000마리를 대상으로 필드 테스트에 활용됐음.

- 하얼빈에 따르면 백신 접종 돼지가 잘 자라 임상적 이상이 없었고, 대부분의 모돈들이 유산을 피했음. 돼지들이 예방접종 후, 사망률은 1% 미만이었음.
 - 이미 백신 군주가 2019년 12월 국가 심의를 통과했으며, 하얼빈에서는 2020년 3월 환경배출검사를 실시했음. 중국 농업농촌부는 환경 배출 테스트가 순조롭게 진행돼 극저온과 COVID-19 대유행을 극복했다고 밝혔음.
 - 연구소는 현재 더 많은 백신 검사가 진행 중이라고 주장했으며, 연구개발에 박차를 가할 계획이지만 상업용 생산방법에 대한 시간적 여유를 갖지 못했다고 밝혔음. 중국농업과학원은 ASF 예방 및 관리에 관한 연구를 통해 백신 개발에 도움을 줄 것임.
- 중국 내 첫 ASF 발생사례는 2018년 8월에 보고됐음. 그 이후, 이 질병은 세계적으로 돼지고기의 최고 소비국이자 생산국인 중국에서 돼지 무리를 황폐화시켰음.
- OIE는 ASF가 실질적인 백신이 없기 때문에 잠재적으로 세계 돼지 사육두수의 4분의 1을 전멸시킬 수 있다고 경고했음. 동물약품산업 내 기업들의 과거 추정치는 상업용 ASF 백신이 개발되려면 최대 5년이 걸릴 수 있다는 것을 시사하고 있음.
- ASF는 2019년 사료 생산국가 1위에서 미국에 밀리는 등 중국의 돼지 사료 생산량에 연쇄적으로 영향을 미쳤음. 중국의 생산 수준은 이 기간 동안 거의 2천만 톤 급감했음.
- The Pirbright Institute 또한 조직에서 개발된 후보로 면역된 돼지의 100%가 바이러스 치사량으로부터 보호되었다는 최근의 연구결과에 따라 최초의 ASF 백신을 성공적으로 개발하기 위해 노력하고 있음.
- USDA의 Plum Island Disease Center 연구원들이 생존력의 초기 징후를 보이는 실험적인 ASF 백신을 개발했음. 한 연구에서는 후보의 낮은 복용과 높은 복용 모두 돼지들이 접종 후 28일 동안 도전을 받았을 때 100% 바이러스에 효과가 있었다고 제시했음.

- 미국 Iowa의 돼지건강정보센터(Swine Health Information Center; SHIC)가 ASF 관리 및 통제에 관한 연구를 진행하고 있으며, 베트남에서 이루어질 예정임. 연구는 미농무부 외국동물서비스보조금(USDA Foreign Animal Service Grant)의 지원을 받았음.
- 이 연구는 진단 검사 사용을 통해 ASF가 개별적으로 수용된 동물들의 열을 따라 퍼진 정도를 조사하는 것을 목적으로 함. SHIC에 따르면, 이 검사 결과는 베트남에서 검사 및 제거 프로토콜(test-and-remove protocol)의 성공률 향상으로 이어질 수 있음. SHIC는 국가의 검사 및 제거 전략의 과거 실패가 ASF 양성 동물들에 대한 불충분한 도태와 관련이 있다고 주장했다.
- SHIC는 “ASF가 미국에 진입할 경우 이 연구와 다른 연구로부터 얻은 교훈이 가치가 있을 것” 이라고 말했다. 이 프로젝트는 ASF에 감염되었을 때 돼지들을 음성 상태로 움직이도록 개별 수용된 모돈들의 표적 제거에 대한 프로토콜을 검증하고 있음. 검사 및 제거 프로토콜(test-and-remove protocol)은 ASF가 전염성은 높지만 전염 속도가 비교적 느리다는 전제를 기초로 함.
- 실험들은 중요한 표본 세트를 형성하기 위해 PCR(polymerase chain reaction, 중합효소 연쇄반응)과 POC(Point-of-Care) 검사 분석에 의해 테스트될 770개의 ASF 샘플 확보를 목표로 할 것임. 이 샘플은 베트남에서 ASF의 제어를 위한 테스트 및 제거 프로토콜에서 현장 적용과 POC 테스트의 효용성을 더 잘 측정하는 것을 목표로 함.
- 표적 제거과정은 ASF 임상징후를 보이는 모든 모돈들을 즉시 제거를 포함하며, PCR에 의한 질병 감지를 위해 혈액 제출이 후속으로 뒤따름. 만약 동물이 양성으로 판명되면, 여물통에서 위 둘 및 아래 두 동물들도 제거될 것임. 또한 실험은 상업적으로 적용할 수 있는 4개의 ASF POC 검사를 통해 의심 동물들과 비-임상 이웃 동물 모두에서 질병을 감지하기 위한 진단 성능을 시험할 것임.
- SHIC는 중국 내 많은 상업농들이 검사 및 제거 입장을 채택하고 있다고 말했다. 베트남 내 ASF 영향을 받은 모돈 농가의 약 20%가 감산 및 유입을 통한 ASF 제거에 실패한 후 목표 제거로 전환했음.

- 연구에 참여하는 연구원들은 Boehringer Ingelheim Animal Health, Iowa주립대학교 및 호치민 시에 있는 Nong Lam대학교 대표자들을 포함하고 있음.
- GARA(Global ASF Research Alliance)도 글로벌 수준에서 ASF 연구를 진행 중이며, 여러 민간 기업들이 독자적 또는 연구조직 및 기관들과 협력하여 ASF 백신을 개발하고 있음. 많은 진전들이 발표되었지만, 민간 기업들이 관련된 경우, 대부분의 진전들이 공개될 수 없다고 믿는 것이 적절함.
- 미국 기업 Phibro Animal Health Corporation은 2019년 7월 ASF에 대한 백신 기준을 형성하기 위한 강한 잠재성을 나타내는 면역원성 항원결정인자 및 단백질들의 파악을 통해 지속적인 ASF 백신 개발에 중요한 진전을 이룩했다고 발표했다.
- 펩타이드(peptide)²⁸²들과 단백질들 그룹 파악이 이 파괴적 질병에 대한 솔루션을 추구하는 Phibro의 추구에서 중요한 이정표임. Phibro회장, 대표 및 CEO Jack Bendheim은 여전히 많은 연구를 남겨두고 있지만, 목표에 도달하기 위해 중요한 진전을 이룩했고, 잠재적으로 절박한 문제에 대한 솔루션의 일부여서 자랑스럽다고 밝혔음²⁸³.
- 2020년 7월 현재, 미국 Kansas주립대학교에서 ASF 퇴치를 위한 단일주기 아데노바이러스(SCAd; single-cycle adenovirus) 백신 플랫폼을 개발하고 있음.
- 연구원들은 이 기술이 살아있는, 불활성화된, 서브유닛(live, inactivated and subunit) 백신들보다 더 강하고 끈기있게 면역반응(immune response)을 안전하게 유발할 백신을 만들 수 있다고 믿고 있음. 수의과대학 진단병리학 교수 Waithaka Mwangi는 SCAd 기술이 관심있는 유전자를 코드화하는 재조합형(recombinant) 바이러스가 복제 경쟁(replication-competent) 바이러스와 유사한 방식으로 감염 세포의 단백질 발현을 중재할 수 있게 하지만, 전염병 결과(infectious progeny)를 만들지 않는다고 주장하였음.

282 2개 이상의 α -아미노산이 펩티드결합으로 연결된 화합물. 10개 이하의 펩티드결합은 올리고펩티드(oligopeptide)라고 하고, 다수의 펩티드결합은 폴리펩티드(polypeptide)라고 한다.

283 Euromeat News. Everyone is searching for an ASF cure. 2019.

- Mwangi 교수는 우리가 활용하고 있는 기술이 인체 아데노바이러스 혈청형 6(human adenovirus serotype 6)에서 개발된 새로운 아데노바이러스 근간(novel adenovirus backbone)에 바탕을 둔 것으로 전염성 바이러스를 생성하지 않고도 감염된 세포에서 1만 복제 본(copies)까지 이식 유전자(transgene)를 증폭시킬 수 있다고 설명하면서, 이것이 안전하고 효과적인 백신을 전달하는 방법이 될 것이라고 믿고 있음.
- Kansas대학은 연구소 기술사업화 사업자 K-State Innovation Partners와 한국 동물약품 기업 MEDIAN Diagnostics(MDx)가 후원하는 연구협약을 통해 개발업무를 수행하고 있음.
- 한국의 MDx는 R&D 프로젝트를 통해 백신 후보물질의 제형(formulation) 및 테스트가 완료되기를 기대하고 있으며, 2023년까지 계속될 것으로 기대하고 있음.
- 이 회사는 한정된 지역들에서 생성되는 모든 실행 가능한 백신 판매 권리를 가질 것임.
- 오진식 MDx 대표는 ASF 바이러스 백신을 상용화하기 위해 해결해야 할 문제들이 많으며, 그 중 하나가 안전이라고 하면서, 안전성이 보장된 바탕 위에서 백신 효능을 높여야 한다고 주장하였음. 이와 관련, SCAd 기술이 차세대 ASF 백신 후보 개발을 위한 가장 진보되고 유망한 플랫폼 중 하나이며, Kansas주립대학교가 수의학 연구 개발 분야에서 협력할 수 있는 최고의 파트너라고 확신하여 MDx가 이 프로젝트에 투자하기로 결정했다고 말했음.
- 2020년 3월 영국 Pirbright Institute가 유전자 조작 소 헤르페스 바이러스가 다양한 돼지 질병들을 위한 백신 생산에 적용될 수 있을 것이라고 주장하였음. 동 연구소는 Nipah 바이러스²⁸⁴에 대항하는 2개의 잠재적 백신들이 돼지에서 유망한 강력 면역 반응을 창출했다고 제시하였음.

284 주로 박쥐가 숙주동물이 되어 돼지나 사람에게 전염되는 바이러스성 전염병. 오염된 음식을 통해 사람과 사람 사이에서도 전염된다. 돼지에게는 심각한 전염성 질환을 유발하며, 사람이 이 바이러스에 감염되면 급성 호흡기질환이나 치명적인 뇌염으로 발전하기도 한다. 1998-9년 말레이시아와 싱가포르의 돼지 사육농가에서 처음 발견된 후 2001년 인도와 방글라데시에서 재발견되었고 이후 인도 동부 등 동남아시아 일대에서 매년 발생하고 있다.

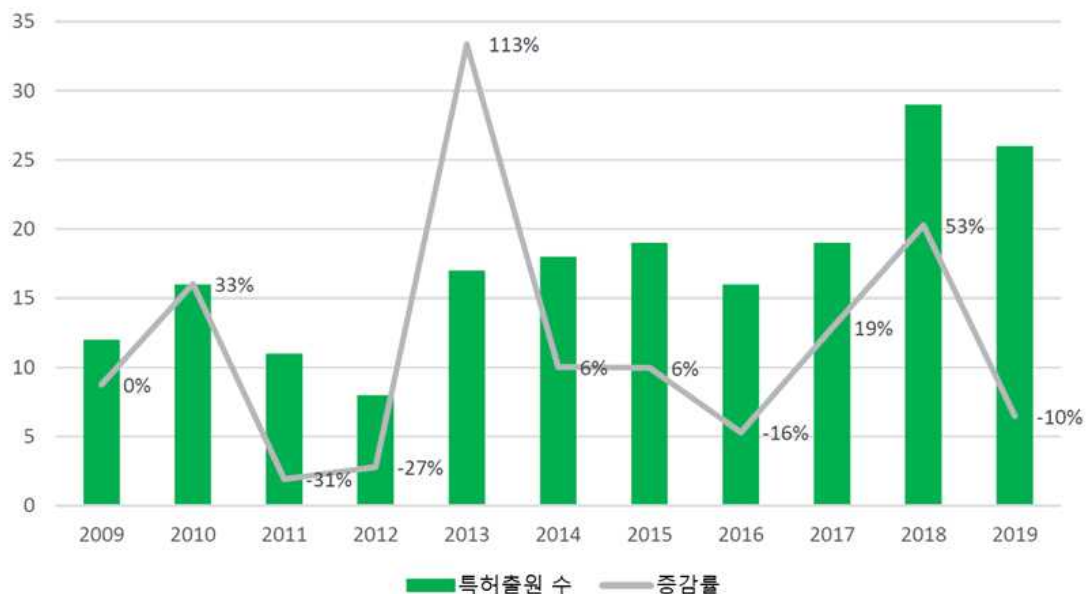
- 이 백신들은 이탈리아의 Parma대학교(the University of Parma)에 의해 개발되었음.
Pirbright에 의해 수행된 새로운 연구는 이 백신 후보물질들이 돼지에서 강력한 항체 및 세포성 면역 반응을 생성했음을 보여주었음.
- Parma대학교는 돼지에게 니파 바이러스 단백질을 전달하기 위해 소 헤르페스 바이러스(BoHV-4)를 유전자 조작했음. 니파 바이러스가 사용하는 것으로 알려진 G 및 F 단백질이 세포에 진입하고 세포 간 확산을 촉진하기 위해 선발되었음. 이들 단백질이 면역체계에 나타날 때 반응을 촉발시켜 숙주로 하여금 감염에 대항하도록 준비시킴.
- Pirbright 돼지생식기 및 호흡기증후군 면역 책임자 Simon Graham 교수는 “우리는 BoHV-4 백신에 의해 자극된 면역 반응 특히 T 세포 반응의 크기에 깊은 인상을 받았습니다. 결과들은 예를 들어 ASF 바이러스와 같이, T 세포 반응이 방어에서 중요한 역할을 수행하는 것으로 간주되는 다른 돼지 질병들을 위한 백신 제조에 BoHV-4가 역시 사용될 수 있음을 제시합니다. 이것은 이러한 백신 전달체계의 미래에 대한 커다란 잠재력을 나타내고 있습니다.” 라고 주장했다.
- 연구자들의 다음 단계는 돼지들이 이 백신을 접종받은 후에 니파 바이러스에 의해 감염된 경우, 그들의 방법이 돼지들을 방어할 것인지 여부를 평가하는 것이 될 것임.
- Pirbright는 보완적인 진단 검사 역시 개발될 것이라고 주장했다. 이 검사는 백신들이 비축되고 발병 기간 사용될 수 있도록, 감염된 동물들과 백신 접종된 돼지들을 구별할 수 있는 능력을 보유할 것임.
- 니파 바이러스는 돼지와 인간에서 호흡기 질환들과 치명적인 뇌염을 초래할 수 있음. Pirbright는 돼지로부터 인체로 이 바이러스의 전파가 1998-1999년에 말레이시아에서 최초이자 가장 극심한 인체 니파 발병의 원인이 되었으며, 여기에서 약 200명의 양돈 농가들이 감염된 돼지로부터 이 바이러스에 전염된 후 사망했음.

- 이 연구소는 “말레이시아에서 돼지로부터의 니파 박멸은 위험하고 고비용이었으며, 군으로 하여금 전국 돼지 두수의 거의 절반을 도태시키도록 요구하면서, 5억8,200만 달러의 추정 비용을 초래했다.” 고 덧붙였다.
- 이 연구는 VetBioNet 프로젝트, EU Horizon 2020 연구 및 혁신 프로그램, 영국 생명공학 생물학적 제제 과학연구위원회(Biotechnology Biological Sciences Research Council), the Erasmus+ Programme 및 영국의 보건사회부(Department of Health and Social Care)에 의해 펀드되었음.
- Pirbright는 한때 잠시 신규 니파 백신들에 관해 연구했고, 2017년에 이 부문에 대한 정부 펀딩을 받았음.

제9장 최근 특허 동향

9.1. ASF 관련 특허 활동 개관

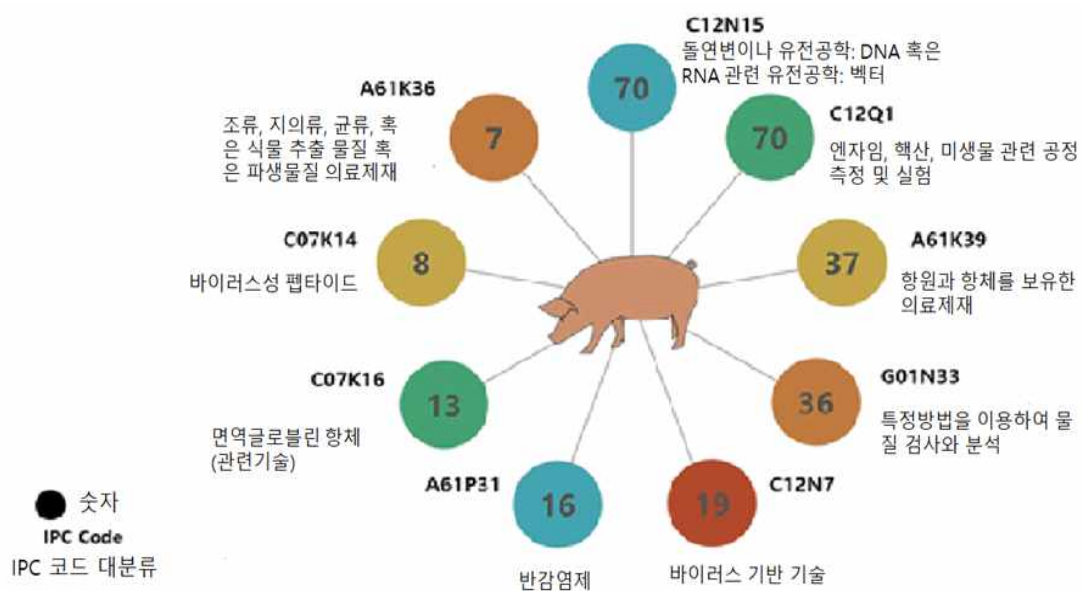
- 지난 10년 동안 전 세계적으로 특허 출원은 평균 13%의 증가율을 보이고 있음. 이러한 추세에 기초하여 특허 출원과 관련 R&D에 대한 민간 및 공공부문 자금조달 모두 증가가 지속될 것으로 전망됨.
- 최근 5년 간, ASF에 관한 대부분의 특허들은 DNA 또는 RNA 벡터 시스템, 바이러스 백신 기술, ASF 바이러스 검출을 위한 진단기술 등과 소수이지만 항바이러스 치료제 및 동물 사료를 위한 부영양소 등이 주로 출원되었음.
- 오염된 사료를 통한 ASF 확산이 심각한 문제로 간주되어 사료첨가제가 집중 연구되고 있음.



자료 : Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전게서 재인용

< 그림 9-1 > 세계적으로 출원된 ASF관련 특허

- 최근 5년 동안 ASF-관련 R&D 중점분야가 상당히 변화하고 있음.
- 분석 및 진단분야가 감소하는 추세임. 특히 항원 기반 면역분석 기술과 단일클론/다중클론 항체에 기초한 기술 등이 줄고 있음.
- 반면에 신약품종으로서 동물육종과 동물사료 분야 기술들이 증가하고 있음.
- 유전공학, 벡터와 관련, 조작된 세포주, DNA 또는 RNA-기반 특허가 지속되고 있음.

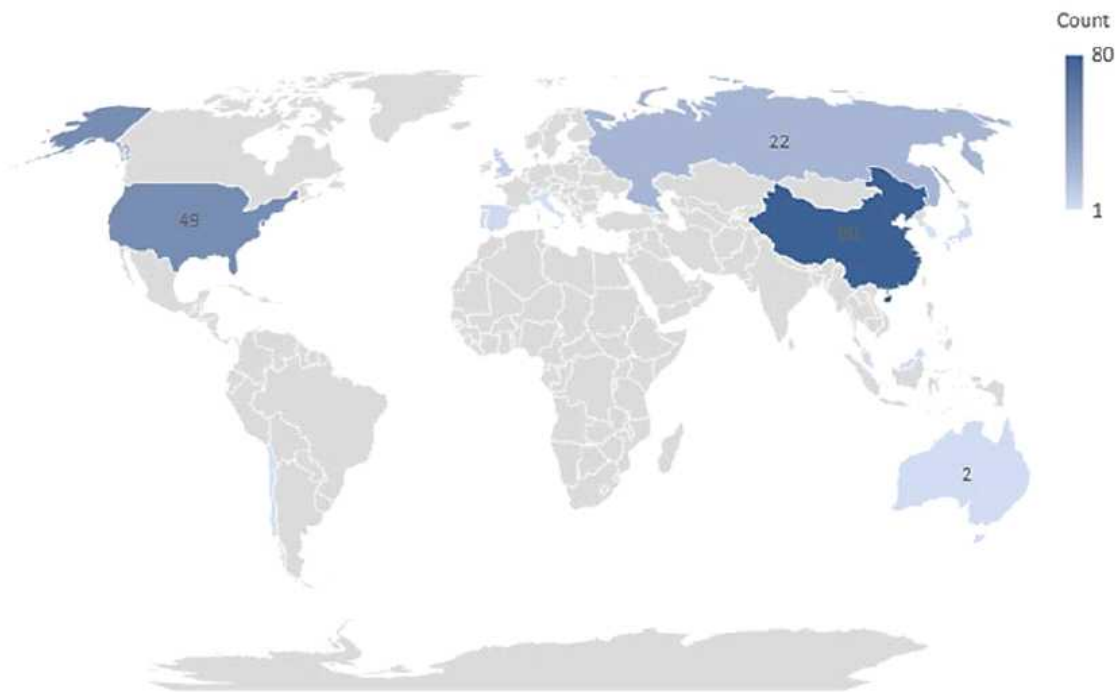


자료 : Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전게서 재인용

< 그림 9-2 > 지난 10년간 IPC 상위 기술 분야 특허 출원

- 특허 우선국은 특허 출원이 제출된 최초의 관할권을 의미함. 출원인은 우선 모국에서 출원한 후, 다른 관할권에 출원함.
- 우선순위국의 특허출원을 보면 R&D가 이루어진 기관과 해당국의 연구목표들이 파악 가능함.
- 지난 10년간 ASF 특허출원은 주로 중국에서 이루어졌으며, 미국, 유럽(주로 영국), 러시아 순으로 나타났다.

- ASF관련 상위 10대 특허출원 기관은 Yangzhou대학교(중국), Harvard대학교(미국), Massachusetts Institute of Technology(미국), Broad Institute(미국), Qingdao Agricultural 대학교(중국), USDA 및 Boehringer Ingelheim Betmedca(DE)임.
- 기관 단독 출원보다 기관 간 협업이 많이 이루어졌음.



자료 : Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 전계서 재인용

< 그림 9-3 > ASF 관련 특허 출원의 지리적 분포

9.2. 상위 특허 출원 및 양수

9.2.1. 중국

- 중국은 Yangzhou대학교, Qingdao 농업대학교, Shenzhen출입국 검사 및 검역국의 동식물검사와 검역기술센터(Animal and Plant Inspection and Quarantine Technology Center) 등이 주로 출원하였음.
- Yangzhou대학교는 Jiangsu성 공립대학으로 중국 및 세계에서 ASF 특허출원이 가장 많음. 2000년대 중반부터 ASF 관련 연구에 집중했으며, 대부분의 특허 출원이 중국 국내에서만 이루어졌음.
- 주로 특정 ASF 바이러스 유전자들을 발현시키도록 설계된 재조합 아데노바이러스 벡터 시스템들(recombinant adenovirus vector systems)과 ASF 바이러스 진단키트(PCR과 ELISA)에 초점을 둔 발명들을 출원하였음.
- 특허 출원은 B6461(CN108342414), Cp2041(CN108441514), Ep402r(CN108504687), El831(CN108531511) 등 다양한 ASF 바이러스 유전자 발현 재조합 아데노바이러스 벡터(recombinant adenovirus vector) 효용화에 집중하고 있으며, 백신 개발을 목표로 함.
- 진단 특허 CN101921878, CN103278627이 가장 많이 인용되고 있음.
- 최근 특허 출원한 CN109836478은 진단을 위해 P11.5 특정 다중클론 항체들(specific polyclonal antibodies) 생산 및 적용에 집중함.
- Qingdao농업대학교는 산둥성 공립학교로 중국 내 두 번째로 많은 특허출원을 함.
- 주로 진단기술(PCR, ELISA)이 주를 이룸.
- 2016년에 출원한 가장 최근의 특허는 ELISA 적용을 위해, 곤충에서 ASF 바이러스 P30 단백질 발현을 위한 재조합형 바큘로바이러스 표현 벡터(recombinant Baculovirus Expression Vector)를 출원하였음(CN 105647971).

- Shenzhen 출입국 검사 및 검역국의 동식물검사와 검역기술센터(Animal and Plant Inspection and Quarantine Technology Center)는 중국 정부기관으로 항상 단독 특허출원을 하였음. 주로 ASF바이러스에서 유래되는 조작된(modified) Vp73과 p54 단백질의 진단 및 백신 출원 모두에 대해 집중하고 있으며, 주로 2014년에 출원하였음.
- 특히 조작된 Vp73 단백질(modified Vp73 protein)(CN 104267181)을 통해 ASF를 진단하는 형광나노 검사지(fluorescent nanocrystallin test strip)와 재조합 p54 단백질(recombinant p54 protein)(CN 104497137)을 기반으로 하는 단일클론 항체(monoclonal antibody) 조제물질(preparation)이 주 관심사임. 해외특허로 CN' 137이 유일함.

9.2.2. 유럽

- 유럽은 Boehringer Ingelheim Vetmedica GMBH, Consejo Superior Investigacion Cientificas/ CSIC(스페인국립연구위원회), Hipra, Intervet International(MSD) 및 Oxford Genetics Ltd.에서 주로 출원하였음.
- Boehringer Ingelheim Vetmedica GMBH는 유럽에서 가장 많은 수의 특허를 출원하였음. 그러나 전반적으로 플랫폼을 구성할 수 있는 기술출원이 목적으로 ASF만을 목적으로 하고 있지 않음.
- 정밀 축산농장 즉, 음향 분석을 통한 ASF와 돼지생식기호흡기병 검출 관련 출원(WO 2018/091382)이 주요 포트폴리오이며, SoundTalks® Pig Respiratory Distress Package와 밀접하게 관련된 것처럼 보임.
- 다른 특허 포트폴리오로 삼입부위 UL43 및/또는 특정 비활성화 부위(WO2019/179966, WO2019/179908)를 이용한 말 알파헤르페스바이러스 벡터 시스템(Equid Alphajerpesvirus vector system)과 관련된 새로운 백신 플랫폼과 보조기술을 출원하였음.

- 스페인국립연구위원회(CSIC)가 유럽에서 ASF 관련 특허를 가장 많이 출원하였으며, 이는 스페인이 아프리카 외부에서 최초로 ASF 발병국가로 당연함.
- 소수의 스페인 연구자들이 세계적으로 ASF를 선도하는 전문가로 인정받고 있음.
- CSIC가 Centro Biología Molecular Severo Ochoa, Centro Nacional de Biotecnología 및 CReSA-IRTA 등 스페인 전역의 다양한 대학과 연구소에서 개발된 발명들에 대한 특허 출원인으로 보이는 것에 주목해야 함. ASF 관련 CSIC 지원 연구는 영국 Pirbright Institute와 Boehringer와 공동연구를 통해 주로 이루어짐.
- CSIC 특허 포트폴리오는 라우릴 갈산염 유도체(lauryl gallate derivatives)에 기초한 항 감염제/치료제(WO 2009/150281)에서 Boehringer와 공동 출원한 CD2 제거 ASF 바이러스(CD2 deficient ASFV(WO 2015/091322)에 기초한 백신기술까지 다양한 스펙트럼으로 구성되어 있음.
- 기타 유럽 특허출원 조직으로 Hipra, Intervet International(MSD), Oxford Genetics Ltd. 등이 있음. ASF 바이러스 성분 적용 및 ASF 관련 특허 출원이 이루어지고 있으나 관련된 기술 개념 증명(proof-of-concept)이 불분명한 상태임.

9.2.3. 미국

- Recombinetics Inc., Connecticut대학교, USDA 등이 대표적인 특허출원기관임.
- 유전자 편집 기업 Recombinetics사는 Acceligen™이라는 브랜드 이름으로 정밀 가축육종에 특허됨. 보유 특허 출원은 잠재적 질병-저항성 동물 관련 특허들임.
- 구체적으로 대립형질, 유전자 삼투를 통해(ASF의 경우 P65/RELA)(US 2018/0051298) 또는 전사 활성인자-유사 반응기 뉴클레아제(transcription activator-like effector nuclease)(TALEN) 매개 편집(AU 2013/277214) 특허를 출원하였음.

- Connecticut대학교, USDA는 주로 ASF 바이러스 조지아(GEORGIA) 2007 분리체(Isolates)와 관련된 ASF 백신기술에 대해 특허를 출원하였음.
- 특허들은 국제적으로 지적재산권을 보호받기 위하여 여러 국가에 출원되었고, USDA와 민간 부문 간 사전 기술이전 논의 대상이었음.

9.2.4. 러시아

- 러시아 국립수의바이러스미생물연구소(National Research Institute for Veterinary Virology and Microbiology of Russia)와 Kuban주립대학교에서 특허를 보유하고 있음.
- 국립수의바이러스미생물연구소는 러시아 농업과학부 산하기관으로 러시아 내 ASF 관련 특허 상위 출원자임.
- 연구소의 모든 특허 출원은 러시아 국내에서만 이루어졌음.
- 특허 포트폴리오는 약독화 혈청형 2 균주(attenuated serotype 2 strain) (RU 2452511), F-32 ASF 바이러스 균주로부터 선택된 유전자들을 차단하는 재조합 백신 기술(recombinant vaccine technology containing selected genes from the F-32 ASFV strain) (RU 25718580) 및 면역우세 단백질을 생성하기 위한 시동물질(primers for generating immunodominant proteins)을 포함하는 조작된(modified) ASF 바이러스 균주들에 집중되어 있음.
- 이들은 백신으로 배포될 수 있고, (RU2452511), F-32 ASF 바이러스 strain 으로부터 선택된 유전자를 보유하는 재조합백신기술(RU 25718580), 면역우세 단백질 생성 시발체를 보유하고 있음.
- 연방국가예산고등교육기관에 해당하는 Kuban주립대학교는 남부러시아에 기반을 두고 있음.

- 러시아 국내에서만 소규모 특허 포트폴리오를 보유하고 있음.
- ASF 바이러스에 대한 RT-PCR 진단(RT-PCR detection for ASFV)과 검사샘플 조제용 물질(preparation of test samples)에 관한 특허를 출원하였음.

9.2.5. 한국

- 최근 민관공동협력으로 한국생명공학연구원 감염병연구센터 정대균박사 연구팀과 고려대학교 약학대학 송대섭교수 연구팀이 ASF 바이러스를 구성하는 단백질 특성을 분석하여 진단 항원을 효과적으로 생산하는 시스템을 마련, 조기 진단이 가능한 진단키트를 개발하는데 성공하였음.
- 2020년 2월 특허출원 후 휴벳바이오사에 기술이전 계약을 체결하였음²⁸⁵.

²⁸⁵ 농림축산부 보도자료. 2020.05.20. 인용

9.3. 우수 사례와 관련 거래

- 최근 10년 동안 출원된 ASF-관련 특허 대부분 출원 상태로 아직 등록되지 않고 있음.
- 특허들이 전략적 사유로 종종 실행 시 축소되거나 개념증명을 못한 발명의 다양한 보조적 구현 및/또는 적용을 청구하는 것을 이해하는 것이 중요함. 특히 특허가 플랫폼 기술을 청구할 때 그러함.
- 많은 ASF-관련 특허 출원들이 실제로 ASF에 대해 효과적일 수 있거나 또는 효과적이지 못할 일종의 플랫폼 기술을 청구하고 있음을 주목해야 함.
- 아래 특허 출원들은 관심의 대상이 되거나 거래 대상이 될 수 있는 것들임.
- WO 2014/141327과 family 특허 : “유전자 편집 동물(Genetically Edited Animal)”
- 2012년 영국 Edinburgh대학교에서 특허를 출원하였으며, 2019년에 미국에서 특허 보호를 부여받았음.
- p65활성이 조작되어 ASF 바이러스에 대한 저항력을 보유한 유전자 편집 돼지를 출원하였음.
- 현재 동물유전 기업이 기술이전 협상 사전단계를 수행하는 것으로 추정됨.
- US 2013/0117870/ US 2018/006298 : “유전자 조작동물과 그 동물을 생산하는 방법 (Genetically Modified Animals and Methods for Making the Same)” / “효율적인 비-감수분열 대립유전자 이입(Efficient Non-meiotic Allele Introgression)”
- Recombinetics, Inc.에서 특허를 출원하였으며, 현재 ASF에 강한 돼지들의 상업화에 노력하고 있지 않음.
- 유전자 조작 동물과 관련, 북미와 유럽에서 Hendrix Genetics, DNA Swine Genetics 및 기타 기업 등 제3자 기업들과 관계를 맺고 있음.
- 최근 2년 간 가축 건강 및 복지(welfare)에 관한 기술 개발에 집중하고 있음.

- WO 2015/193685 : “약독화 ASF 바이러스 백신(Attenuated African Swine Fever Virus Vaccine)”
 - 영국의 선도적인 ASF 연구소 Pirbright Institute에서 2014년 최초 출원하여 2018년 유럽에 등록되었음. 주요 해외 시장에서는 계류 중임.
 - 특허는 약독화 ASF 바이러스(attenuated ASF virus)에 기초하며, 특정 기능적 유전자들이 제거되어 있음.

- US 9,528,094 및 기타 “MGF 유전자 제거 약독화 아프리카돼지열병 바이러스 백신(Attenuated African Swine Fever Virus Vaccine Based on the Deletion of MGF Genes)”
 - USDA는 코네티컷대학과 협력하여 백신기술을 출원했으며, 기술사업화 조치를 취함.
 - Zoetis Inc.는 2019년 9월, 미국 특허 US 9,528,094 : “MGF 유전자 제거 약독화 아프리카돼지열병 바이러스 백신(Attenuated African Swine Fever Virus Vaccine Based on the Deletion of MGF Genes)” 와 US 9,808,502 : “합리적으로 개발된 아프리카돼지열병 약독화 바이러스 균주가 모체 바이러스 조직아 2007 분리체에 의한 공격에 대해 보호한다. (Rationally Developed African Swine Fever Attenuated Virus Strain Protects Against Challenge with Parental Virus Georgia 2007 Isolates)” 청구 기술을 바탕으로 ASF 백신 생산과 개발을 위한 비-독점 라이선스 계약을 체결하였음.

- USDA는 2019년 5월 불가리아 동물약품 기업 Huverpharma EOOD와 미국 특허번호 US 9,463,234 “약독화 아프리카돼지열병 바이러스 균주가 동종 악성 모체 바이러스 조직아 2007 분리체에 의한 공격에 대해 방어를 유도한다.(Attenuated African Swine Fever Virus Strain Induces Protection Against Challenge with Homologous Virulent Parental Virus Georgia 2007 Isolates)” 에서 청구된 실험적 ASF 백신에 대해 독점적 라이선스를 부여하는 의향서를 발표했음²⁸⁶.

²⁸⁶ <https://www.federalregister.gov/documents/2019/04/22/2019-08019/notice-of-intent-to-grant-exclusive-license>

- USDA는 국내외적으로 고등교육기관, 약품기업, 기타 정부부서들과 공동 연구 프로젝트를 계속 추구하고 있음.
- 특히 스페인의 Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries, Kansas주립대학교, Mississippi주립대학교, Connecticut대학교, Wisconsin System대학교 및 미국 국토안보부와 공동연구를 진행 중임.

- WO 2019/169256, “ASF 바이러스 및 돼지열병 바이러스의 화학적 완화(Chemical Mitigation of ASFV and Classical Swine Fever Virus)” .
- 오염된 사료에 의한 ASF 확산이 통제와 예방업무를 담당하는 국가기관에 중요한 문제로, 사료통제 방법 관련 특허 출원이 증가해 왔음.
- Kansas주립대학교에서는 중쇄 지방산(medium chain fatty acid)을 기반으로 한 사료첨가제 기술 관련 특허를 청구하였음.

- 기타 사료첨가제 기술들
- 무기염류 기반 사료첨가제(feed additive based on medium chain fatty acids) (CN 109965120, Changsha Lvye Biotechnology Co.)
- 사료첨가제로도 이용될 수 있는 돼지 유래 이중 표적장기 복합항체(pig-derived double target compound antibody)(CN 109734810, Shenzhen Jason Intelligent Bioengineering Co.).

- Kemin Industries가 사료에서 ASF 바이러스를 완화시키는 솔루션을 다루는 미국 특허 출원을 구매했음. 확보된 특허 출원은 Kemin이 제조한 병원체 제어 제품 Sal CURB Liquid Antimicrobial을 이용한 사료와 사료성분들 내 ASF 바이러스 통제와 연계되어 있음.
- 거래 재무내역은 공개되지 않았음.

- Kansas주립대학교 Megan Niederwerder 교수가 주도한 최근 연구는 Sal CURB가 사료에서 효과적으로 ASF 바이러스를 불활성화한다는 것을 보여주었음.
 - K-State 데이터는 2020년 Transboundary와 Emerging Diseases에 게재된 '항바이러스 화학첨가제로 사료에 있는 아프리카돼지열병 바이러스 위험 완화(Mitigating the Risk of African Swine Fever Virus in Feed with Antiviral Chemical Additives)'라는 특허 출원을 지지하고 있었음.
 - Kemin사는 Sal CURB가 곰팡이 통제 외에도 완전 사료와 사료 성분들의 살모넬라 음성 상태를 최대 21일까지 유지하는 것으로 알려진 항균 솔루션이라고 설명했다. 곰팡이와 병원균을 제거하는 것으로 알려진 포름알데히드(formaldehyde)와 프로피온산(propionic acid) 혼합용액을 사용함으로써 Sal CURB는 방역차단 위험을 줄이는 데 중요한 역할을 함.
- 사료가 ASF 바이러스의 유일한 전염경로는 아니지만, 이 벡터에 대한 높은 동물 노출 횟수가 많으면 감염 가능성이 급격히 높아짐. 이 연구를 사료의 화학적 처리로 전환하는 것이 중요한 다음 단계였으며, 이는 Sal CURB를 이 강렬한 영향을 주는 바이러스를 불활성화하는 효과적인 방법으로 파악했음.
- Kansas주립대 수의대 진단학 및 병리학 Megan Niederwerder 조교수는 새로운 연구보고서에서 시험관내 세포배양모델(in vitro cell culture model)과 사료 성분의 대양횡단 수송모델(transoceanic shipment model)에서 ASF 바이러스 불활성화에 대한 사료첨가제 효능을 평가하는 새로운 데이터를 보고한다고 밝혔다. 이것은 사료와 성분들을 통한 ASF 바이러스 유입과 전염의 잠재적 경로 위험을 완화하는 것과 관련하여 양돈 산업에 귀중한 정보를 제공할 것임.
- 이제 Kemin사는 사료에 ASF 바이러스에 대항하는 Sal CURB 적용을 더욱 탐구하고, 이 경로 개발에 투자할 것임.

- 이 회사는 K-State와의 오랜 관계가 미국의 특허 출원을 뒷받침할 더 많은 데이터를 산출할 것으로 기대된다고 밝혔다.
- 2020년 초 K-State 연구는 환태평양 운송 조건에 노출된 사료 수입을 통해 돼지 질병들이 전염될 위험성을 강조했다.

참 고 문 헌

- Achenbach JE, Gallardo C, Nieto-Pelegrin E, Rivera-Arroyo B, Degefa-Negi T, Arias M, et al. 2017, Identification of a New Genotype of African Swine Fever Virus in Domestic Pigs from Ethiopia. *Transbound Emerg Dis.* 2017;64(5):1393-404. Epub 2016/05/24. doi: 10.1111/tbed.12511. PubMed PMID: 27211823.
- Alonso C, Borca M, Dixon L, Revilla Y, Rodriguez F, Escribano JM, et al. ICTV Virus Taxonomy Profile: Asfarviridae. *Journal of General Virology.* 2018;99:613-4.
- Arias M, de la Torre A, Dixon L, Gallardo C, Jori F, Iadomada A, et al, Approaches and Perspectives for Development of African Swine Fever Virus Vaccines. *Vaccines (Basel).* 2017;5(4). Epub 2017/10/11. doi:10.3390/Vaccines5040035. PubMed PMID:28991171; PubMed Central PMCID:PMCPMC5748602.
- Arias M, Jurado C, Gallardo C, Fernandez-Pinero J, Sanchez-Vizcaino JM. Gaps in African swine fever: Analysis and priorities. *Transbound Emerg Dis.* 2018;65 Suppl 1:235-47. Epub 2017/09/25. doi: 10.1111/tbed.12695. PubMed PMID: 28941208.
- ASF Vietnam: Commercial farms hit; higher pork import prices. *Pigs333.*
- Barasona JA, Gallardo C, Cadenas-Fernandez E, Jurado C, Rivera B, Rodriguez-Bertos A, et al. First Oral Vaccination of Eurasian Wild Boar Against African Swine Fever Virus Genotype II. *Front Vet Sci.* 2019;6:137. Epub 2019/05/21. doi:10.3389/fvet.201900137. PubMed PMID:31106218; PubMed Central PMCID: PMCPMC6498142.
- Bastos AD, Penrith ML, Cruciere C, Edrich JL, Hutchings G, Roger F, et al. 2003, Genotyping field strains of African swine fever virus by partial p72 gene characterisation. *Arch Virol.* 2003;148(4):693-706. Epub 2003/03/29. doi: 10.1007/s00705-002-0946-8. PubMed PMID: 12664294.
- Beemer O, Remmenga M, Gustafson L, Johnson K, Hsi D, Antognoli MC, 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. Epub 2019/07/17. doi: 10.1371/journal.pone.0219532. PubMed PMID: 31310643; PubMed Central PMCID: PMC6634402.
- Bellini S, Rutili D, Guberti V. Preventive measures aimed at minimizing the risk of African swine fever virus spread in pig farming systems. *Acta Vet Scand*. 2016;58(1):82. Epub 2016/12/03. doi: 10.1186/s13028-016-0264-x. PubMed PMID: 27899125; PubMed Central PMCID: PMC5129245.
- Birtles JDaB. China struggles to contain African swine fever, resorts to mass live-pig burials, millions of culls. *ABC News*. 30 May 2019.
- Blome S, Gabriel C, Beer M. Modern adjuvants do not enhance the efficacy of an inactivated African swine fever (ASF) vaccine strategy incorporating priming with an alpha virus-expressed antigen followed by boosting with attenuated ASF virus. *Arch Virol*. 2019;164(a2):359-70. Epub 2018/10/28. doi:10.1007/s00705-018-4071-8. PubMed PMID: 30367292.
- Bloomberg. South Korea will send snipers to northern border to shoot pigs infected with African swine fever. *South China Morning Post*. 2019.
- Boshoff CI, Bastos AD, Gerber LJ, Vosloo W. 2007, Genetic characterisation of African swine fever viruses from outbreaks in southern Africa (1973-1999). *Vet Microbiol*. 2007;121(1-2):45-55. Epub 2006/12/19. doi:10.1016/j.vetmic.2006.11.007. PubMed PMID: 17174485.
- Bui N. African Swine Fever in Vietnam. *Global Agricultural Information Network ('GAIN')*. 2019;VM9027:1-6.
- Burkard C, Opriessnig T, Mileham AJ, Stadejek T, Ait-Ali T, Lillico SG, et al. Pigs Lacking the Scavenger Receptor Cysteine-Rich Domain 5 of CD163 Are Resistant to Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus 1 Infection. *J Virol*. 2018;92(16). Epub 2018/06/22. doi: 10.1128/JVI.00415-18. PubMed PMID: 29925651; PubMed Central PMCID: PMC6069206.

Canada Pork International. Canadian Pork Exports 2019 [cited 2019 30 October 2019]. Available from: <http://www.canadapork.com/en/industry-information/canadian-pork-exports>.

Canadian Pork Council. Canadian pork exports to China 2019 [cited 2019 31 October 2019]. Available from: <https://www.cpc-ccp.com/canadian-pork-exports-in-china>.

Caixing Global. Agriculture Ministry Rejects Claimed Swine Fever Vaccine Fix. 2019.

Cecco L. Canada officials misled Huawei executive, lawyers argue. The Guardian. 2019 24 September 2019.

Chen X, Yang J, Ji Y, Okoth, E, Liu B, Li X, et al. Recombinant newcastle disease virus expressing African swine fever virus protein 72 is safe and immunogenic in mice. Virol Sin. 2016;31(2):150-9. Epub 2016/03/17. doi:10.1007/s12250-015-3692-2. PubMed PMID:26980334

CNN Philippines Staff. Group urges Department of Agriculture to impose total ban on pork imports. CNN. 2019 17 September 2019.

Commission Implementing Decision of 9 October 2014 concerning animal health control measures relating to African swine fever in certain Member States and repealing Implementing Decision 2014/178/EU (notified under document C(2014) 7222) (Text with EEA relevance) (2014/709/EU), (2014).

Common ASF insurance on the way 2019 [cited 2019 7 November 2019]. Available from: <https://www.goodvalley.com/en/news/common-asf-insurance-on-the-way/>.

Costard S, Mur L, Lubroth J, Sanchez-Vizcaino JM, Pfeiffer DU. Epidemiology of African swine fever virus. Virus Res. 2013;173(1):191-7. Epub 2012/11/06. doi: 10.1016/j.virusres.2012.10.030. PubMed PMID: 23123296.

Costard S, Wieland B, de Glanville W, Jori F, Rowlands R, Vosloo W, et al. African swine fever: how can global spread be prevented? Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2009;364(1530):2683-96. Epub 2009/08/19. doi: 10.1098/rstb.2009.0098. PubMed PMID: 19687038; PubMed Central PMCID: PMC2865084.

- Council Directive 2002/60/EC of 27 June 2002 laying down specific provisions for the control of African swine fever and amending Directive 92/119/EEC as regards Teschen disease and African swine fever, (2002).
- Cwynar P, Stojkov J, Wlazlak K. African Swine Fever Status in Europe. *Viruses*. 2019;11(4). Epub 2019/04/03. doi: 10.3390/v11040310. PubMed PMID: 30935026; PubMed Central PMCID: PMC6521326.
- Dee SA, Bauermann FV, Niederwerder MC, Singrey A, Clement T, de Lima M, et al. Survival of viral pathogens in animal feed ingredients under transboundary shipping models. *PLoS One*. 2018;13(3):e0194509. Epub 2018/03/21. doi: 10.1371/journal.pone.0194509. PubMed PMID: 29558524; PubMed Central PMCID: PMC5860775.
- Denmark builds anti-pig border fence amid swine fever fears. *BBC News*. 2019.
- Department for Environment, Food and Rural Affairs,. African swine fever in Europe (Eastern Europe & Belgium). 2019.
- Dixon LK, Chapman DA, Netherton CL, Upton C. 2013, African swine fever virus replication and genomics. *Virus Res*. 2013;173(1):3–14. Epub 2012/11/13. doi: 10.1016/j.virusres. 2012.10.020. PubMed PMID: 23142553.
- Dixon LK, Islam M, Nash R, Reis AL. 2019, African swine fever virus evasion of host defences. *Virus Res*. 2019;266:25–33. Epub 2019/04/09. doi: 10.1016/j.virusres. 2019.04.002. PubMed PMID: 30959069; PubMed Central PMCID: PMC6505686.
- Dixon LK, Sun H, Roberts H. African swine fever. *Antiviral Res*. 2019;165:34–41. Epub 2019/03/06. doi: 10.1016/j.antiviral.2019.02.018. PubMed PMID: 30836106.
- Dongming Zhao, Renqiang Liu, Xianfeng Zhang, Fang Li, Jingfei Wang, Jiwen Zhang, Xing Liu, Lulu Wang, Jiaoer Zhang, Xinzhou Wu, Yuntao Guan, Weine Chen, Xijun Wang, Xijiun He, Zhigao Bu, 2019. Replication and virulence in pigs of the first African swine virus isolated in China.

Driver A. Belgian pork exports banned in 13 countries following ASF outbreaks 2018 [cited 2019 10 October]. Available from: http://www.npauk.org.uk/Belgian_pork_exports_banned_in_13_countries_following_ASF_outbreaks.html.

Editor TPS. First African swine fever insurance scheme for UK producers 2019. Available from: <https://thepigsite.com/news/2019/04/first-african-swine-fever-insurance-scheme-for-uk-producers>.

Euromeat News. Everyone is searching for an ASF cure. 2019.

_____. China warns about illegal vaccines against ASF. 2019.

European Commission. Animal Disease Notification System(ADNS) 2019. accessed on 4th January 2020. https://ec.europa.eu/food/animals/animal-diseases/not-system_en

European Commission, Directorate General for Health and Food safety. Blueprint and roadmap on the possible development of a vaccine for African Swine Fever prepared by the African Swine Fever EU reference laboratory on Commission request. Brussels 2017.

European Commission. Ministerial Conference on the “Eradication of African swine fever in the EU and the longterm management of wild boar populations” . In: Directorate G – Crisis management in food aap, editor. Brussels, Belgium: European Commission; 12 December 2018.

Eurostat. Agriculture, forestry and fishery statistics. 2018;(2018 edition).

Export Statistics (2019) [Internet]. 2019 [cited 8 October 2019]. Available from: <https://www.usmef.org/newsstatistics/statistics/>.

Flanders’ Agricultural Marketing Board (VLAM)/Belgium Meat Office. Belgium Successfully Keeps Its Pork VirusFree. PR Newswire UK. 2019 10 July 2019.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), African Union – Inter African Bureau for Animal Resources (AU-IBAR), International Livestock Research Institute (ILRI). Regional strategy for the control of African swine fever in Africa. Accra 2017. Available from: <http://www.auibar.org/component/jdownloads/viewdownload/77-sd/3026-sd-20170731-control-strategy-africa-en>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ASF situation in Asia update – 7 November 2019. 2019.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Disease transmission. Available from: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/empres/Gemp/cont-plan/cp-asf/asf1243-disease.htm>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Global Framework for the Progressive Control of Transboundary Animal Diseases.

Forth JH, Forth LF, King J, Groza O, Hubner A, Olesen AS, et al. 2019, A Deep-Sequencing Workflow for the Fast and Efficient Generation of High-Quality African Swine Fever Virus Whole-Genome Sequences. *Viruses*. 2019;11(9). Epub 2019/09/14. doi: 10.3390/v11090846. PubMed PMID: 31514438.

Forth JH, Forth LF, King J, Groza O, Hubner A, Olesen AS, et al. A Deep-Sequencing Workflow for the Fast and Efficient Generation of High-Quality African Swine Fever Virus Whole-Genome Sequences. *Viruses*. 2019;11(9). Epub 2019/09/14. doi: 10.3390/v11090846. PubMed PMID: 31514438.

Fortune A. China lifts Canadian beef and pork trade suspension. *Global Meat News*. 2019 5 November 2019.

Gallardo C, Blanco E, Rodriguez JM, Carrascosa AL, Sanchez-Vizcaino JM. Antigenic properties and diagnostic potential of African swine fever virus protein pp62 expressed in insect cells. *J Clin Microbiol*. 2006;44(3):950–6. Epub 2006/03/07. doi: 10.1128/JCM.44.3.950–956.2006. PubMed PMID: 16517882; PubMed Central PMCID: PMC1393094.

Gallardo C, Fernandez-Pinero J, Arias M. African swine fever (ASF) diagnosis, an essential tool in the epidemiological investigation. *Virus Res*. 2019;271:197676. Epub 2019/07/31. doi: 10.1016/j.virusres.2019.197676. PubMed PMID: 31362027.

Gallardo C, Soler A, Rodze I, Nieto R, Cano-Gomez C, Fernandez-Pinero J, et al. Attenuated and non-haemadsorbing(non-HAD) genotype II African swine fever virus(ASFV) isolated in Europe, Latvia 2017. *Transbound Emerg Dis*. 2019;66(3):1399–404, Epub 2019/01/23. doi: 10.1111/tbed.13132. PubMed PMID: 30667598.

- Gallardo MC, Reoyo AT, Fernandez-Pinero J, Iglesias I, Munoz MJ, Arias ML. African swine fever: a global view of the current challenge. *Porcine Health Manag.* 2015;1:21. Epub 2015/12/23. doi: 10.1186/s40813-015-0013-y. PubMed PMID: 28405426; PubMed Central PMCID: PMC5382474.
- Gaudreault NN, Richt JA. Subunit Vaccine Approaches for African Swine Fever Virus. *Vaccines(Basel).* 2019;7(2). Epub 2019/06/28. doi:10.3390/vaccines7020056. PubMed PMID: 31242632; PubMed Central PMCID: PMC6631172
- Ge S, Li J, Fan X, Liu F, Li L, Wang Q, et al. Molecular Characterization of African Swine Fever Virus, China, 2018. *Emerg Infect Dis.* 2018;24(11):2131-3. Epub 2018/08/25. doi: 10.3201/eid2411.181274. PubMed PMID: 30141772; PubMed Central PMCID: PMC6199985.
- Global African Swine Fever Research Alliance. Disease Response Strategy 2019. Available from: https://www.aphis.usda.gov/animal_health/emergency_management/downloads/asf_strategies.pdf.
- Gordon RK, Kotowski IK, Coulson KF, Link D, MacKenzie A, Bowling-Heyward J. The Role of Non-animal Origin Feed Ingredients in Transmission of Viral Pathogens of Swine: A Review of Scientific Literature. *Front Vet Sci.* 2019;6:273. Epub 2019/09/12. doi: 10.3389/fvets.2019.00273. PubMed PMID: 31508430; PubMed Central PMCID: PMC6714588.
- Guberti V, Khomenko S, Masiulis M, Kerba S. African swine fever in wild boar - ecology and biosecurity. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), World Organisation for Animal Health (OIE) and European Commission. ; 2019. Available from: <http://www.fao.org/3/ca5987en/CA5987EN.pdf>.
- Guinat C, Gogin A, Biome s, Keil G, Pollin R, Pfeiffer D U, Dixon L, Transmission routes of african Swine fever virus to domestic pigs: corrent knowledge and futere research directions, *The Veterinary record* 178(11), 262-267, 2016.

- Guinat C, Reis A L, Netherton C L, Goatley L, Pfeiffer D U, Dixon L, Dynamics of african swine fever virus shedding and excretion in domestic pigs infected by intramuscular inoculation and contact transmission, *Veterinary Research* 45(1): 93, 2014.
- Guinat C, Vergne T, Jurado-Diaz C, Sanchez-Vizcaino JM, Dixon L, Pfeiffer DU. Effectiveness and practicality of control strategies for African swine fever: what do we really know? *Vet Rec.* 2017;180(4):97. Epub 2016/11/18. doi: 10.1136/vr.103992. PubMed PMID: 27852963; PubMed Central PMCID: PMC5293861.
- Hess WR, Endris RG, Lousa A, Caiado JM. Clearance of African swine fever virus from infected tick (Acari) colonies. *J Med Entomol.* 1989;26(4):314-7. Epub 1989/07/01. doi: 10.1093/jmedent/26.4.314. PubMed PMID: 2769711.
- Higgins J. Insurance companies offer policies for African swine fever. UPI. 2019 16 September 2019.
- Hudson Lockett LHAZ. Pork prices set to soar on China swine fever outbreak. *Finance Times.* 29 May 2019.
- Ikalo J, Zani L, Huhr J, Beer M, Blome S. Pathogenesis of African swine fever in domestic pigs and European wild boar - Lessons learned from recent animal trials. *Virus Res.* 2019; 271:197614. Epub 2019/04/07. doi: 10.1016/j.virusres.2019.04.001. PubMed PMID: 30953662.
- Ingentium Limited, 2020, African Swine Fever 2020 : Characteristics; Epidemiology; History and Geography; Control Methods; Disease Impact; Vaccines; Diagnostics; Patents; Future Scenarios, Agribusiness/Animal Pharm, IHS Markit.
- INTL FCStone. PIG EPIDEMIC CONTINUES TO SPREAD THROUGH CHINA AND BEYOND. 2019.
- Ison L. Agri chief assures funds for ASF-affected hog raisers. *Philippines News Agency.* 2019.
- Jamie McGeever JS, Ana Mano. UPDATE 3-China clears 25 Brazil meat plants for export, lifting shares. *Reuters.* 2019 9 September 2019.
- Jori F, Bastos AD. Role of wild suids in the epidemiology of African swine fever. *Ecohealth.* 2009;6(2):296-310. Epub 2009/11/17. doi: 10.1007/s10393-009-0248-7. PubMed PMID: 19915917.

- Jori F, Vial L, Penrith ML, Perez-Sanchez R, Etter E, Albina E, et al. Review of the sylvatic cycle of African swine fever in sub-Saharan Africa and the Indian ocean. *Virus Res.* 2013;173(1):212-27. Epub 2012/11/13. doi: 10.1016/j.virusres.2012.10.005. PubMed PMID: 23142551.
- Jurado C, Fernandez-Carrion E, Mur L, Rolesu S, Laddomada A, Sanchez-Vizcaino JM. Why is African swine fever still present in Sardinia? *Transbound Emerg Dis.* 2018;65(2):557-66. Epub 2017/10/14. doi: 10.1111/tbed.12740. PubMed PMID: 29027378.
- Lillico SG, Proudfoot C, King TJ, Tan W, Zhang L, Mardjuki R, et al. Mammalian interspecies substitution of immune modulatory alleles by genome editing. *Sci Rep.* 2016;6:21645. Epub 2016/02/24. doi: 10.1038/srep21645. PubMed PMID: 26898342; PubMed Central PMCID: PMC4761920.
- Liu L, Atim S, Leblanc N, Rauh R, Esler M, Chenais E, et al. Overcoming the challenges of pen-side molecular diagnosis of African swine fever to support outbreak investigations under field conditions. *Transbound Emerg Dis.* 2019;66(2):908-14. Epub 2018/12/17. doi:10.1111/tbed.13103. PubMed PMID: 30554469.
- Loeb J. Defra taking action to prevent African swine fever in the UK. *Veterinary Record.* 2019 1 August 2019.
- Mallapaty S. Spread of deadly pig virus in China hastens vaccine work. *Nature.* 2019;569:13-4.
- Malogolovkin A, Burmakina G, Titov I, Sereda A, Gogin A, Baryshnikova E, et al. Comparative analysis of African swine fever virus genotypes and serogroups. *Emerg Infect Dis.* 2015;21(2):312-5. Epub 2015/01/28. doi: 10.3201/eid2102.140649. PubMed PMID: 25625574; PubMed Central PMCID: PMC4313636.
- Mano A. UPDATE 2-Brazil poised to get more meat plant approvals from China - minister. *Reuters.* 2019.
- McKercher PD, Yedloutschnig RJ, Callis JJ, Murphy R, Panina GF, Civardi A. Survival of viruses in Prosciutto di Parma (Parma Ham). *Can Inst Food Sci Technol J.* 1987;20:267-72.
- Meat and Livestock Australia. African Swine Fever continues to spread. In: *Markets Pa, editor.* Australia2019.

- Mebus C, Arias M, Pineda JM, Tapiador J, House C, Sanchez-Vizcaino JM. Survival of several porcine viruses in different Spanish dry-cured meat products. *Food Chemistry*. 1997;59(4):555–9.
- Montgomery RE. On a form of a swine fever occurring in British East Africa (Kenya colony). *Journal of Comparative Pathology and Therapeutics*. 1921;34:159–91.
- Mugido W. The South African Pork Market. Global Agricultural Information Network Report. 2017.
- Mulumba-Mfumum LK, Saegerman C, Dixon LK, Madimba KC, Kazadi E, Mukalakata NT, et al. African swine fever: Update on Eastern, Central and Southern Africa. *Transbound Emerg Dis*. 2019;66(4):1462–80. Epub 2019/03/29. doi: 10.1111/tbed.13187. PubMed PMID: 23142552.
- National Pork Producers Council. Pork Facts. Available from: <https://nppc.org/pork-facts/>.
- Net X. Cambodia imports 1,500 pigs from Thailand per day amid ban of import from Vietnam. *The Cambodia Daily*. 2019 22 May 2019.
- Netherton CL, Goately LC, Reis AL, Portugal R, Nash RH, Morgan SB, et al. Identification and Immunogenicity of African Swine Fever Virus Antigens. *Front Immunol*. 2019;10:1318-.doi:10.3389/fimmu.2019.01318.PubMed PMID:3127307
- O'Donnell VK, Grau FR, Mayr GA, Sturgill Samayoa TL, Dodd KA, Barrette RW. 2019, Rapid Sequence-Based Characterization of African Swine Fever Virus by Use of the Oxford Nanopore MinION Sequence Sensing Device and a Companion Analysis Software Tool. *J Clin Microbiol*. 2019;58(1). Epub 2019/11/07. doi:10.1128/JCM.01104-19. PubMed PMID: 31694969.
- Palgrave CJ, Gilmour L, Lowden CS, Lillico SG, Mellencamp MA, Whitelaw CB. Species-specific variation in RELA underlies differences in NF-kappaB activity: a potential role in African swine fever pathogenesis. *J Virol*. 2011;85(12):6008–14. Epub 2011/04/01. doi: 10.1128/JVI.00331-11. PubMed PMID: 21450812; PubMed Central PMCID: PMC3126315.

- Pastor MJ, Laviada MD, Sanchez-Vizcaino JM, Escribano JM. Detection of African swine fever virus antibodies by immunoblotting assay. *Can J Vet Res.* 1989;53(1):105-7. Epub 1989/01/01. PubMed PMID: 2914218; PubMed Central PMCID: PMCPMC1255524.
- Patton D. China plans subsidies for large pig farms to boost output. 2019. Epub 9 September 2019.
- Penrith ML, Thomson GR, Bastos AD. African swine fever. In: Coetzer JAW, Tustin RC, editors. *Infectious Disease of Livestock*. two. 2nd edition ed. South Africa: Oxford University Press; 2004. p. 1088-119.
- Penrith ML, Vosloo W. Review of African swine fever: transmission, spread and control. *J S Afr Vet Assoc.* 2009;80(2):58-62. Epub 2009/10/17. doi: 10.4102/jsava.v80i2.172. PubMed PMID: 19831264.
- Penrith ML, Vosloo W, Jori F, Bostos AD. Africa swine fever virus eradication in Africa. *Virus Res.* 2013;173(1): 228-46. Epub 2012/11/13. doi:10.1016/j.virusres.2012.10.011. PubMed PMID: 23142552.
- Perez-Sanchez R, Astigarraga A, Oleaga-Perez A, Encinas-Grandes A. Relationship between the persistence of African swine fever and the distribution of *Ornithodoros erraticus* in the province of Salamanca, Spain. *Vet Rec.* 1994;135(9):207-9. Epub 1994/08/27. doi: 10.1136/vr.135.9.207. PubMed PMID: 7998382.
- Penrith ML, Thomson GR, Bastos AD. African swine fever. In: Coetzer JAW, Tustin RC, editors. *Infectious Disease of Livestock*. two. 2nd edition ed. South Africa: Oxford University Press; 2004. p.1088-119.
- Petrini S, Feliziani F, Casciari C, Giammarioli M, Torresi C, De Mia GM. Survival of African swine fever virus (ASFV) in various traditional Italian dry-cured meat products. *Prev Vet Med.* 2019;162:126-30. Epub 2019/01/10. doi: 10.1016/j.prevetmed.2018.11.013. PubMed PMID: 30621891.
- Philpott T. A Nasty Swine Virus in China Means Big Trouble for US Farmers. *MotherJones.* 2019.

Pig Pross. Brazil grabs pork export momentum due to ASF. Pig Progress. 2019 3 June 2019.

Pikalo J, Zani L, Huhr J, Beer M, Blome S. Pathogenesis of African swine fever in domestic pigs and European wild boar - Lessons learned from recent animal trials. Virus Res. 2019;271:197614. Epub 2019/04/07. doi: 10.1016/j.virusres.2019.04.001. PubMed PMID: 30953662.

Pol Marquer TR, Roberta Forti. Pig farming in the European Union: considerable variations from one Member State to another. Statistics in focus 2014(15).

Quembo CJ, Jori F, Vosloo W, Heath L. 2018, Genetic characterization of African swine fever virus isolates from soft ticks at the wildlife/domestic interface in Mozambique and identification of a novel genotype. Transbound Emerg Dis. 2018;65(2):420-31. Epub 2017/09/19. doi:10.1111/tbed.12700. PubMed PMID: 28921895; PubMed Central PMCID: PMC5873395

QIU Hua-Ji, 2019, African swine fever vaccines: Current situation and perspectives, Harbin Veterinary Research Institute, CAAS.

Rahimi P, Sohrabi A, Ashrafihelan J, Edalat R, Alamdari M, Masoudi M, et al. Emergence of African swine fever virus, northwestern Iran. Emerg Infect Dis. 2010;16(12):1946-8. Epub 2010/12/03. doi: 10.3201/eid1612.100378. PubMed PMID: 21122227; PubMed Central PMCID: PMC3294588.

Reuters. China plans subsidies for large pig farms to boost output. 2019.

Rivas P. Lawmaker wants higher compensation for ASF-hit farmers. Rappeler. 2019 October 2019.

Robinson MHaA. China's Halt on Canadian Meat Threatens to Roil World Protein Market. 2019 26 June 2019 (col. 2019).

Rock DL. Challenges for African Swine fever vaccine development- "... perhaps the end of the beginning." . Vet Microbiol. 2017;206:52-8, Epub 2016/10/21. doi:10.1016/j.vetmic.2016.10.1003. PubMed PMID: 27756505.

Rusk F. EU signs Trade Agreement with Vietnam. AHDB News. 2019 July 2019.

Sanchez-Vizcaino, J. M., Mur, L., Martinez-Lopez, B., 2012. African swine fever: an epidemiological update. *Transboundary and emerging diseases* 59 Suppl 1, 27-35.

Sanchez-Vizcaino JM, Mur L, Gomez-Villamandos JC, Carrasco L. 2015, An update on the epidemiology and pathology of African swine fever. *J Comp Pathol.* 2015;152(1):9-21. Epub 2014/12/03. doi: 10.1016/j.jcpa. 2014.09.003. PubMed PMID: 25443146.

ScienceNet. China's African swine fever vaccine will enter the clinical trial stage. 2019.

Schneider Gdltoam, The politics of flexing soybeans in china and beazil, Think Piece series on flex crops & commodities. 2017;3.

Schreijer-Pierik A. An inhumane and dangerous practice. The Parliament EU. 2019 25 April 2019.

Scott A. Dee, Fernando V. Bauermann, Megan C. Niederwerder, et al. Survival of viral pathogens in animal feed ingredients under transboundary shipping models, March 20, 2018, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194509>.

Shaun Turton YS. African swine fever wipes out Asia's backyard pig farmers. *Asia Nikkei*. 2019 11 October 2019.

Shike J. ASF Claims More Pigs in Cambodia as China Bans Imports. *Farm Journal's Pork*. 2019 20 April 2019.

Sina. The announcement of the African swine fever vaccine is still far from water and thirst! 2019.

Snelson H. Delegation explores African swine fever prevention efforts. *National Hog Farmer*. 2019 11 April 2019.

Spickler AR. Factsheet African Swine Fever June 2019 [cited 2019 21 September 2019]. Available from: <http://cfsph.iastate.edu/DiseaseInfo/factsheets.php>.

Spickler AR. Factsheet African Swine Fever June 2019 [cited 2019 21 September 2019]. Available from: <http://www.cfsph.iastate.edu/DiseaseInfo/factsheets.php>.

Spotlight on ASF: Impact on Chinese meat consumption. 2019 [cited 5 November 2019]. Available from: <https://pork.ahdb.org.uk/prices-stats/news/2019/january/spotlight-on-asf-impact-on-chinesemeat-consumption/>.

- Staff UMEF. ASF pork trade impact reaches beyond China 2019 [cited 2019 23 October 2019]. Available from: <https://www.nationalhogfarmer.com/animal-health/asf-pork-trade-impact-reaches-beyond-china>.
- Stahl K, Sternberg-Lewerin S, Blome S, Viltrop A, Penrith ML, Chenais E. Lack of evidence for long term carriers of African swine fever virus – a systematic review. *Virus Res.* 2019;272:197725. Epub 2019/08/21. doi: 10.1016/j.virusres.2019.197725. PubMed PMID: 31430503.
- Strak J. Trade wars and ASF: The global pork market mid-2019 2019 7 October 2019. Available from: <https://www.pigprogress.net/World-of-Pigs1/Articles/2019/7/Trade-wars-and-ASF-The-global-pork-market-mid2019-444778E/>.
- Swine fever costs Belgium at least 700 million euros. In: Flemish Information Center for Agriculture and Horticulture, editor. 2019.
- Tabios H. Int'l animal welfare group urges government to enforce guidelines in reducing the risks of ASF. *Manila Bulletin.* 2019 23 September 2019.
- The Bureau for Food and Agricultural Policy. BFAP Baseline Agricultural Outlook 2019–2028. 2019.
- The European Commission supports the Polish plan for hunting boars. *Rzeczpospolita.* 2019, 11 2019.
- The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). GIEWS Update East and Southeast Asia 2019. Available from: <http://www.fao.org/3/ca5273en/ca5273en.pdf>.
- Thomson GR. The epidemiology of African swine fever: the role of free-living hosts in Africa. *Onderstepoort J Vet Res.* 1985;52(3):201–9. Epub 1985/09/01. PubMed PMID: 3911134.
- USDA Foreign Agricultural Service. African Swine Fever (ASF) Confirmed in the Philippines. Global Agricultural Information Network Report. 2019.
- _____. China – People's Republic of Oilseeds and Products Update. Global Agricultural Information Network Report. 2019.
- _____. Animal and Plant Health Inspection Service. Canada, Mexico and U.S. plan North American strategy for African swine fever prevention and preparedness. . 2019. Available from: https://www.aphis.usda.gov/aphis/newsroom/stakeholder-info/sa_by_date/2019/sa-08/afs-joint-statement

- _____. Literature Review: Non-animal Origin Feed Ingredients and the Transmission of Viral Pathogens of Swine ; March 2019. p. 1-62. Available from: https://www.aphis.usda.gov/animal_health/downloads/animal_diseases/swine/non-animal-origin-feed-ingredientstransmission-of-viral-pathogens.pdf
- African Swine Fever (ASF): Asia Outlook for 2020. USA 2019.
- _____. China's Share of World Meat Imports to Expand in 2019. In: Service FA, editor. 2019. p. 8-13.
- Van Eenennaam AL, Wells KD, Murray JD. Proposed U.S. regulation of gene-edited food animals is not fit for purpose. *NPJ Sci Food*. 2019;3:3. Epub 2019/07/16. doi: 10.1038/s41538-019-0035-y. PubMed PMID: 31304275; PubMed Central PMCID: PMC6550240.
- Vietnam's govt warns ASF slowdown may not last as pork price climbs [Internet]. 17 October 2019 [cited 23 October 2019]. Available from: <https://www.agricensus.com/Article/Vietnam-s-govt-warns-ASF-slowdown-maynot-last-as-pork-price-climbs-8975.html>.
- WAHIS Interface [Internet]. 2019. Available from: https://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Diseaseinformation/statuslist.
- Walker S. Planned wild boar cull in Poland angers conservationists 2019. Available from: <https://www.theguardian.com/environment/2019/jan/11/planned-wild-boar-cull-in-poland-angersconservationists>.
- Wells KD, Bardot R, Whitworth KM, Tribble BR, Fang Y, Mileham A, et al. Replacement of Porcine CD163 Scavenger Receptor Cysteine-Rich Domain 5 with a CD163-Like Homolog Confers Resistance of Pigs to Genotype 1 but Not Genotype 2 Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus. *J Virol*. 2017;91(2). Epub 2016/11/17. doi: 10.1128/JVI.01521-16. PubMed PMID: 27847356; PubMed Central PMCID: PMC5215333.
- Whitworth KM, Prather RS. Gene editing as applied to prevention of reproductive porcine reproductive and respiratory syndrome. *Mol Reprod Dev*. 2017;84(9):926-33. Epub 2017/04/09. doi: 10.1002/mrd.22811. PubMed PMID: 28390179.

- Whitworth KM, Rowland RR, Ewen CL, Tribble BR, Kerrigan MA, Cino-Ozuna AG, et al. Gene-edited pigs are protected from porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Nat Biotechnol.* 2016;34(1):20-2. Epub 2015/12/08. doi: 10.1038/nbt.3434. PubMed PMID: 26641533.
- William D McBride NK. U.S. Hog Production From 1992 to 2009: Restructuring, and Productivity Growth. 2013.
- World Organisation for Animal Health (OIE). African swine fever: the OIE launches a global initiative to control the disease 28 May 2019 [cited 2019 15 October 2019]. Available from: <http://oiegeneralsession.com/en/africanswine-fever-the-oie-launches-a-global-initiative-to-control-the-disease/>.
- World Organization for Animal Health (OIE). 2019, Technical disease card: African Swine Fever. World Organization for Animal Health (OIE).
- _____. African swine fever (infection with African swine fever virus). 2019. In: OIE Terrestrial Manual [Internet]. World Organization for Animal Health (OIE). Available from: https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/3.08.01_ASF.pdf.
- _____. Infection with African swine fever virus. 2019. In: OIE Terrestrial Animal Health Code [Internet]. World Organization for Animal Health (OIE). Available from: https://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_asf.htm.
- _____. Technical disease card: African Swine Fever. World Organization for Animal Health (OIE), 2019.
- YICAI. Breaking the 100-year curse: How long does it take for China to produce African swine fever vaccine? 2019.
- Yongtong Shao ML, Wendong Zhang, Yongjie Ji, Dermot Hayes. World's Largest Pork Producer in Crisis: China's African Swine Fever Outbreak. *Card Agricultural Policy Review.* 2018.
- Zhang W, Hayes DJ, Ji Y, Li M, Zlong T. African Swine Fever in China: An Update. *Agricultural Policy Review.* 2019;2019(1).

Zhou C. African swine fever: China's chicken farmers feeling the pinch as pork crisis takes toll on poultry industry. South China Morning Post. 2019 25 December 2019.

Zimmerman J J, Karriker L A, Ramirez A, Schwartz K J, Stevenson G W, Zhang J, Diseases of Swine, Eleventh Edition 443-452, 2019.

Zsak L, Borca M V, Risatti G R, Zsak A, French R A, Lu Z, Kutish G F, Neilan J G, Callahan J D, Nelson W M, Rock D L, Preclinical diagnosis of african swine fever in contact exposed swine by a real-time PCR assay. Journal of Clinical Microbiology 43 (1). 112-119. 2005.

권기문, 2019, 아프리카돼지열병 연구동향, BRIC VIEW 동향리포트

아프리카돼지열병 중앙사고수습본부 6.10 보도참고자료 ‘야생멧돼지 아프리카돼지열병(ASF) 발생상황 및 동향분석’

아프리카돼지열병 중앙사고수습본부 6.16 보도참고자료 ‘야생멧돼지 아프리카돼지열병(ASF) 확산차단을 위한 대응강화’

한국베링거인겔하임동물약품(주). 2020., 아프리카돼지열병 예방 및 관리지침.

환경부 2020.05.07. 보도자료 야생멧돼지 아프리카돼지열병 역학조사 중간결과 공개

농림축산식품부 (<https://www.mafra.go.kr>)

Agricultural Outlook 2019. 2019. Available from: https://www.oecd-ilibrary.org/sites/agr_outlook2019-en/1/2/6/index.html?itemId=/content/publication/agr_outlook-2019en&_csp_=4fab97664e9d04bf156440570ccafad&itemIGO=oecd&itemContentType=book.

Department of Agriculture, Water and the Environment (<https://www.environment.gov.au/>)

OECD-FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028. OECD-FAO Agricultural ‘Outlook.

<http://animalia.bio/bushpig>

<https://www.biox.com/en/adi551-100-adiavet-asfv-real-time-100r-p-460/>

<https://www.diana-hunting.com/game/kaempeskovsvin>

<https://educalingo.com/ko/dic-en/warthog>

<https://www.federalregister.gov/documents/2019/04/22/2019-08019/notice-of-intent-to-grant-exclusive-license>

<https://www.idexx.co.uk/en-gb/livestock/livestock-tests/swine-tests/realpcr-asfv-dna-mix-10ml/>

<https://www.id-vet.com/produit/id-gene-african-swine-fever-duplex/>

<https://www.id-vet.com/produit/id-screen-african-swine-fever-indirect/>

<https://www.indical.com/asfv/>

<https://ingenasa.euofins-technologies.com/home-es/productos/diagn%C3%B3stico-veterinario/porcino/ppa-pestes-porcina-africana/ingen-q-ppa/>

<https://ingenasa.euofins-technologies.com/home-es/productos/diagn%C3%B3stico-veterinario/porcino/ppa-pestes-porcina-africana/ingen-zim-ppa-compact/>

<https://www.pigprogress.net/Health/Articles/2020/5/ASF-Europe-more-cases-in-wild-boar-population-in-2020-586137E/>

<https://www.tetracore.com/molecular-reagents/foreign.html>

<https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/A28809?SID=srch-hj-A28809#/A28809?SID=srch-hj-A28809>

ICTV Virus Taxonomy Profile: Asfarviridae

Covadonga Alonso, Manuel Borca, Linda Dixon, Yolanda Revilla, Fernando Rodriguez, Jose M. Escribano and ICTV Report Consortium

Abstract

The family Asfarviridae includes the single species African swine fever virus, isolates of which have linear dsDNA genomes of 170–194 kbp. Virions have an internal core, an internal lipid membrane, an icosahedral capsid and an outer lipid envelope. Infection of domestic pigs and wild boar results in an acute haemorrhagic fever with transmission by contact or ingestion, or by ticks of the genus *Ornithodoros*. Indigenous pigs act as reservoirs in Africa, where infection is endemic, and from where introductions occur periodically to Europe. This is a summary of the International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV) Report on the taxonomy of the Asfarviridae, which is available at www.ictv.global/report/asfarviridae.

African swine fever virus evasion of host defences

L.K. Dixon, M. Islam, R. Nash, A.L. Reis

Abstract

African swine fever virus causes a haemorrhagic fever in domestic pigs and wild boar. The continuing spread in Africa, Europe and Asia threatens the global pig industry. The lack of a vaccine limits disease control. To underpin rational strategies for vaccine development improved knowledge is needed of how the virus interacts with and modulates the host's responses to infection. The virus long double-stranded DNA genome codes for more than 160 proteins of which many are non-essential for replication in cells but can have important roles in evading the host's defences. Here we review knowledge of the pathways targeted by ASFV and the mechanisms by which these are inhibited. The impact of deleting single or multiple ASFV genes on virus replication in cells and infection in pigs is summarised providing information on strategies for rational development of modified live vaccines.

Identification of a New Genotype of African Swine Fever Virus in Domestic Pigs from Ethiopia

J. E. Achenbach, C. Gallardo, E. Nieto-Pelegrín, B. Rivera-Arroyo, T. Degefa-Negi, M. Arias, S. Jenberie, D. D. Mulisa, D. Gizaw, E. Gelaye, T. R. Chibssa, A. Belaye, A. Loitsch, M. Forsa, M. Yami, A. Diallo, A. Soler, C. E. Lamien and J. M. Sañchez-Vizcaíno

Summary

African swine fever (ASF) is an important emerging transboundary animal disease (TAD), which currently has an impact on many countries in Africa, Eastern Europe, the Caucasus and the Russian Federation. The current situation in Europe shows the ability of the virus to rapidly spread, which stands to threaten the global swine industry. At present, there is no viable vaccine to minimize spread of the disease and stamping out is the main source of control. In February 2011, Ethiopia had reported its first suspected outbreaks of ASF. Genomic analyses of the collected ASF virus (ASFV) strains were undertaken using 23 tissue samples collected from domestic swine in Ethiopia from 2011 to 2014. The analysis of Ethiopian ASFVs partial p72 gene sequence showed the identification of a new genotype, genotype XXIII, that shares a common ancestor with genotypes IX and X, which comprise isolates circulating in Eastern African countries and the Republic of Congo. Analysis of the p54 gene also followed the p72 pattern and the deduced amino acid sequence of the central variable region (CVR) of the B602L gene showed novel tetramer repeats not previously characterized.

Comparative Analysis of African Swine Fever Virus Genotypes and Serogroups

Alexander Malogolovkin, Galina Burmakina, Ilya Titov, Alexey Sereda, Andrey Gogin, Elena Baryshnikova, Denis Kolbasov

African swine fever virus (ASFV) causes highly lethal hemorrhagic disease among pigs, and ASFV's extreme antigenic diversity hinders vaccine development. We show that p72 ASFV phylogenetic analysis does not accurately define ASFV hemadsorption inhibition assay serogroups. Thus, conventional ASFV genotyping cannot discriminate between viruses of different virulence or predict efficacy of a specific ASFV vaccine.

Genetic characterization of African swine fever virus isolates from soft ticks at the wildlife/domestic interface in Mozambique and identification of a novel genotype

C. J. Quembo, F. Jori, W. Vosloo, L. Heath

Summary

African swine fever virus (ASFV) is one of the most threatening infectious diseases of pigs. There are not sufficient data to indicate the importance of the sylvatic cycle in the spread and maintenance of the disease locally and potentially, globally. To assess the capacity to maintain ASF in the environment, we investigated the presence of soft tick reservoirs of ASFV in Gorongosa National Park (GNP) and its surrounding villages. A total of 1,658 soft ticks were recovered from warthog burrows and pig pens at the wildlife/livestock interface of the GNP and viral DNA was confirmed by nested PCR in 19% of *Ornithodoros porcinus porcinus* and 15% of *O. p. domesticus*. However, isolation of ASFV was only achieved in approximately 50% of the PCR-positive samples with nineteen haemadsorbing virus isolates recovered. These were genotyped using a combination of partial sequencing of the B646L gene (p72) and analysis of the central variable region (CVR) of the B602L gene. Eleven isolates were classified as belonging to genotype II and homologous to contemporary isolates from southern Africa, the Indian Ocean and eastern Europe. Three isolates grouped within genotype V and were similar to previous isolates from Mozambique and Malawi. The remaining five isolates constituted a new, previously unidentified genotype, designated genotype XXIV. This work confirms for the first time that the virus currently circulating in eastern Europe is likely to have a wildlife origin, and that the large diversity of ASFV maintained in wildlife areas can act as a permanent source of different strains for the domestic pig value chain in Mozambique and beyond its boundaries. Their genetic similarity to ASFV strains currently spreading across Europe justifies the need to continue studying the sylvatic cycle in this African country and other parts of southern Africa in order to identify potential hot spots of ASF emergence and target surveillance and control efforts.

AFRICAN SWINE FEVER(INFECTION WITH AFRICAN SWINE FEVER VIRUS)

Summary

African swine fever (ASF) is an infectious disease of domestic and wild pigs of all breeds and ages, caused by ASF virus (ASFV). The clinical syndromes vary from peracute, acute, subacute to chronic, depending on the virulence of the virus. Acute disease is characterised by high fever, haemorrhages in the reticuloendothelial system, and a high mortality rate. Soft ticks of the *Ornithodoros* genus, especially *O. moubata* and *O. erraticus*, have been shown to be both reservoirs and transmission vectors of ASFV. The virus is present in tick salivary glands and passed to new hosts (domestic or wild suids) when feeding. It can be transmitted sexually between ticks, transovarially to the eggs, or transtadially throughout the tick's life.

ASFV is the only member of the *Asfarviridae* family, genus *Asfivirus*.

Laboratory diagnostic procedures for ASF fall into two groups: detection of the virus and serology. The selection of the tests to be carried out depends on the disease situation and laboratory diagnostic capacity in the area or country.

Identification of the agent: Laboratory diagnosis must be directed towards isolation of the virus by inoculation of pig leukocyte or bone marrow cultures, the detection of antigen in smears or cryostat sections of tissues by fluorescent antibody test and/or the detection of genomic DNA by the polymerase chain reaction (PCR) or real-time PCR. The PCRs are excellent, highly sensitive, specific and rapid techniques for ASFV detection and are very useful under a wide range of circumstances. They are especially useful if the tissues are unsuitable for virus isolation and antigen detection. In doubtful cases, the material is passaged in leukocyte cell cultures and the procedures described above are repeated.

Serological tests: Pigs that survive natural infection usually develop antibodies against ASFV from 7–10 days post-infection and these antibodies persist for long periods of time. Where the disease is endemic, or where a primary outbreak is caused by a strain of low or moderate virulence, the investigation of new outbreaks should include the detection of specific antibodies in serum or extracts of the tissues submitted. A variety of methods such as the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), the indirect fluorescent antibody test (IFAT), the indirect immunoperoxidase test (IPT), and the immunoblotting test (IBT) is available for antibody detection.

Requirements for vaccines: At present, there is no vaccine for ASF

A Deep-Sequencing Workflow for the Fast and Efficient Generation of High-Quality African Swine Fever Virus Whole-Genome Sequences

Jan H. Forth, Leonie F. Forth, Jacqueline King, Oxana Groza, Alexandra Hübner, Ann Sofie Olesen, Dirk Höper, Linda K. Dixon, Christopher L. Netherton, Thomas Bruun Rasmussen, Sandra Blome, Anne Pohlmann and Martin Beer

Abstract

African swine fever (ASF) is a severe disease of suids caused by African swine fever virus (ASFV). Its dsDNA genome (170–194 kbp) is scattered with homopolymers and repeats as well as inverted-terminal-repeats (ITR), which hamper whole-genome sequencing. To date, only a few genome sequences have been published and only for some are data on sequence quality available enabling in-depth investigations. Especially in Europe and Asia, where ASFV has continuously spread since its introduction into Georgia in 2007, a very low genetic variability of the circulating ASFV-strains was reported. Therefore, only whole-genome sequences can serve as a basis for detailed virus comparisons. Here, we report an effective workflow, combining target enrichment, Illumina and Nanopore sequencing for ASFV whole-genome sequencing. Following this approach, we generated an improved high-quality ASFV Georgia 2007/1 whole-genome sequence leading to the correction of 71 sequencing errors and the addition of 956 and 231 bp at the respective ITRs. This genome, derived from the primary outbreak in 2007, can now serve as a reference for future whole-genome analyses of related ASFV strains and molecular approaches. Using both workflow and the reference genome, we generated the first ASFV-whole-genome sequence from Moldova, expanding the sequence knowledge from Eastern Europe.

Keywords: African swine fever virus (ASFV); next-generation sequencing (NGS); whole-genome sequencing; Nanopore sequencing; target enrichment

Rapid Sequence-Based Characterization of African Swine Fever Virus by Use of the Oxford Nanopore MinION Sequence Sensing Device and a Companion Analysis Software Tool

Vivian K. O' Donnell, Frederic R. Grau, Gregory A. Mayr, Tracy L. Sturgill Samayoa, Kimberly A. Dodd, Roger W. Barrette

Abstract

African swine fever virus (ASFV) is the causative agent of a severe and highly contagious viral disease of pigs that poses serious economic consequences to the swine industry due to the high mortality rate and impact on international trade. There is no effective vaccine to control African swine fever (ASF), and therefore, efficient disease control is dependent on early detection and diagnosis of ASFV. The large size of the ASFV genome (180 kb) has historically hindered efforts to rapidly obtain a full-genome sequence. Rapid acquisition of data is critical for characterization of the isolate and to support epidemiological efforts. Here, we investigated the capacity of the Oxford Nanopore MinION sequence sensing device to act as a rapid sequencing tool. When coupled with our novel companion software script, the African swine fever fast analysis sequencing tool (ASF-FAST), the analysis of output data was performed in real time. Complete ASFV genome sequences were generated from cell culture isolates and blood samples obtained from experimentally infected pigs. Removal of the host-methylated DNA from the extracted nucleic acid facilitated rapid ASFV sequence identification, with reads specific to ASFV detected within 6 min after the initiation of sequencing. Regardless of the starting material, sufficient sequence was available for complete genome resolution (up to 100%) within 10 min. Overall, this paper highlights the use of Nanopore sequencing technology in combination with the ASF-FAST software for the purpose of rapid and real-time resolution of the full ASFV genome from a diagnostic sample.

KEYWORDS ASFV, African swine fever virus, MinION, NGS, next-generation sequencing, Nanopore

Antigenic Properties and Diagnostic Potential of African Swine Fever Virus Protein pp62 Expressed in Insect Cells

Carmina Gallardo, Esther Blanco, Javier M. Rodríguez, Angel L. Carrascosa, and Jose Manuel Sanchez-Vizcaino

Abstract

African swine fever (ASF) is an infectious and economically important disease of domestic pigs. The absence of vaccine renders the diagnostic test the only tool that can be used for the control of new outbreaks of the disease. At present, the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) test is the most useful method for large-scale ASF serological studies, although false positives have been detected, mainly on poorly preserved sera. In order to improve the current diagnostic test available for ASF, we have studied the antigenic properties of the ASF virus polyprotein pp62 and its suitability for use in a novel ELISA. Two well-known antigenic proteins of ASF virus, p32 and p54, were also included in this study. These proteins were expressed in the baculovirus expression system and used as antigens in ASF serological tests. Our results indicate that the use of these recombinant proteins as antigens in the ELISAs improves the sensitivity and specificity obtained with the conventional diagnosis test used to detect antibodies against ASF virus. Furthermore, the use of polyprotein pp62 in an ELISA for testing poorly preserved sera allows performance of the diagnosis of ASF without the need to confirm the results by the immunoblot test. These features make pp62 one of the most interesting viral proteins to be used for serological ASF diagnosis.

African swine fever: a global view of the current challenge

Ma Carmen Gallardo, Ana de la Torre Reoyo, Jovita Fernández-Pinero, Irene Iglesias, Ma Jesús Muñoz and Ma Luisa Arias

Abstract

African Swine Fever (ASF) is an important contagious haemorrhagic viral disease affecting swine whose notification is mandatory due to its high mortality rates and the great sanitary and socioeconomic impact it has on international trade in animal and swine products.

This disease only affects porcine species, both wild and domestic, and produces a variety of clinical signs such as fever and functional disorders of the digestive and respiratory systems. Lesions are mainly characterized by congestive-haemorrhagic alterations. ASF epidemiology varies significantly between countries, regions and continents, since it depends on the characteristics of the virus in circulation, the presence of wild hosts and reservoirs, environmental conditions and human social behaviour. Furthermore, a specific host will not necessarily always play the same active role in the spread and maintenance of ASF in a particular area.

Currently, ASF is endemic in most sub-Saharan African countries where wild hosts and tick vectors (*Ornithodoros*) play an important role acting as biological reservoirs for the virus. In Europe, the disease has been endemic since 1978 on the island of Sardinia (Italy) and since 2007, when it was first reported in Georgia, in a number of Eastern European countries. It is also endemic in certain regions of the Russia Federation, where domestic pig and wild boar populations are widely affected. By contrast, in the affected eastern European Union (EU) countries where ASF is currently as epidemic, the on-going spread of the disease affects mainly wild boar populations located in restricted areas and, to a much less extent, domestic pigs. Unlike most livestock diseases, no vaccine or specific treatment is currently available for ASF. Therefore, disease control is mainly based on early detection and the application of strict sanitary and biosecurity measures. Epidemiology of ASF is very complex by the existence of different virus circulating, reservoirs and a number of scenarios, and the on-going spread of the disease through Africa and Europe. Survivor pigs can remain persistently infected for months which may contribute to virus transmission and thus the spread and maintenance of the disease, thereby complicating attempts to control it.

Keywords: African swine fever, Aetiology, Epidemiology, Clinical symptoms, Transmission, Diagnosis, Prevention, Control strategies

Neutralizing antibodies to African swine fever virus proteins p30, p54, and p72 are not sufficient for antibody-mediated protection

J.G. Neilan, L. Zsak, Z. Lu, T.G. Burrage, G.F. Kutish, and D.L. Rock

Abstract

Although antibody-mediated immune mechanisms have been shown to be important in immunity to ASF, it remains unclear what role virus neutralizing antibodies play in the protective response. Virus neutralizing epitopes have been identified on three viral proteins, p30, p54, and p72. To evaluate the role(s) of these proteins in protective immunity, pigs were immunized with baculovirus-expressed p30, p54, p72, and p22 from the pathogenic African swine fever virus (ASFV) isolate Pr4. ASFV specific neutralizing antibodies were detected in test group animals. Following immunization, animals were challenged with 10⁴ TCID₅₀ of Pr4 virus. In comparison to the control group, test group animals exhibited a 2-day delay to onset of clinical disease and reduced viremia levels at 2 days postinfection (DPI); however, by 4 DPI, there was no significant difference between the two groups and all animals in both groups died between 7 and 10 DPI. These results indicate that neutralizing antibodies to these ASFV proteins are not sufficient for antibody-mediated protection.

© 2004 Elsevier Inc. All rights reserved.

Keywords: African swine fever virus; Neutralizing antibodies; Viral proteins

African swine fever (ASF) diagnosis, an essential tool in the epidemiological investigation

Gallardo C., Fernández-Pinero J., Arias M.

Abstract

Since there is no vaccine available, prevention, control, and eradication of African swine fever (ASF) is based on the implementation of appropriated surveillance and strict sanitary measures. Success of surveillance activities depends on the availability of the most appropriate diagnostic tests. Although a number of good validated ASF diagnostic techniques are available, the interpretation of the ASF diagnostic results can be complex. The reasons lie in the complexity of the epidemiology with different scenarios, as well as in the characteristics of the viruses circulating giving rise to a wide range of clinical forms of ASF. This review provides guidance for an accurate interpretation of ASF diagnostic results linked to the different clinical presentations ranging from per-acute to chronic disease, including apparently asymptomatic infections.

Detection of African Swine Fever Virus Antibodies by Immunoblotting Assay

M.J. Pastor, M.D. Laviada, J.M. Sanchez-Vizcaino and J.M. Escribano

Abstract

An immunoblotting assay has been adapted to detect antibodies against African swine fever virus. The electro-phoretic transfer of proteins and the immunoreaction conditions were optimized, using 4mA/ cm² of current intensity and 10 µg of soluble cyto- plasmic antigen of infected cells per strip. Filters of polyvinylidene difluo- ride showed the highest capacity for protein absorption, but nitrocellulose filters showed lower backgrounds. The specificity and the pattern of the proteins induced by African swine fever virus that react with the antisera were determined in immunoblotting assay, IPJO being the most reactive protein.

Lack of evidence for long term carriers of African swine fever virus – a systematic review

Karl Ståhla, Susanna Sternberg-Lewerin, Sandra Blome, Arvo Viltrop, Mary-Louise Penrith, Erika Chenais

Abstract

African swine fever (ASF) was first described in 1921 as a highly fatal and contagious disease which caused severe outbreaks among settlers' pigs in British East Africa. Since then the disease has expanded its geographical distribution and is currently present in large parts of Africa, Europe and Asia and considered a global threat. Although ASF is typically associated with very high case fatality rates, a certain proportion of infected animals will recover from the infection and survive. Early on it was speculated that such survivors may act as carriers of the virus, and the importance of such carries for disease persistence and spread has since then almost become an established truth. However, the scientific basis for such a role of carriers may be questioned. With this in mind, the objective of this study was to review the available literature in a systematic way and to evaluate the available scientific evidence. The selection of publications for the review was based on a database search, followed by a stepwise screening process in order to exclude duplicates and non-relevant publications based on pre-defined exclusion criteria. By this process the number of publications finally included was reduced from the 3664 hits identified in the initial database search to 39 publications, from which data was then extracted and analysed. Based on this it was clear that a definition of an ASF virus carrier is lacking, and that in general any survivor or seropositive animal has been referred to as carrier. It was also clear that evidence of any significant role of such a carrier is absent. Two types of "survivors" could be defined: 1) pigs that do not die but develop a persistent infection, characterised by periodic viraemia and often but not always accompanied by some signs of subacute to chronic disease, and 2) pigs which clear the infection independently of virulence of the virus, and which are not persistently infected and will not present with prolonged virus excretion. There is no evidence that suggests that any of these categories of survivors can be considered as "healthy" carriers, i.e. pigs that show no sign of disease but can transmit the virus to in-contact pigs. However, localized virus persistence in lymphoid tissues may occur to some extent in any of the categories of survivors, which in theory may cause infection after oral uptake. To what extent this is relevant in reality, however, can be questioned given the virus dose generally needed for oral infection.

Review of the sylvatic cycle of African swine fever in sub-Saharan Africa and the Indian ocean

F. Jori, L. Vial, M.L. Penrith, R. Pérez-Sánchez, E. Etter, E. Albina, V. Michaud, F. Roger

Abstract

African swine fever (ASF) is a major limiting factor for pig production in most of the countries in Sub-Saharan Africa and the Indian Ocean. In the absence of vaccine, a good understanding of the ecology and epidemiology of the disease is fundamental to implement effective control measures. In selected countries of Southern and East Africa, the association between *Ornithodoros moubata* ticks and warthogs has been described in detail in the literature. However, for many other countries in the region, information related to the sylvatic cycle is lacking or incomplete. In West African countries, for instance, the role of wild pigs in the epidemiology of ASF has never been demonstrated and the existence and potential impact of a sylvatic cycle involving an association between soft ticks and warthogs is questionable. In other countries, other wild pig species such as the bushpigs (*Potamochoerus* spp.) can also be asymptotically infected by the virus but their role in the epidemiology of the disease is unclear and might differ according to geographic regions. In addition, the methods and techniques required to study the role of wild hosts in ASF virus (ASFV) epidemiology and ecology are very specific and differ from the more traditional methods to study domestic pigs or other tick species. The aim of this review is (i) to provide a descriptive list of the methodologies implemented to study the role of wild hosts in African swine fever, (ii) to compile the available knowledge about the sylvatic cycle of ASFV in different regions of Sub-Saharan Africa and the Indian Ocean in addition to the one that has been described for East and Southern Africa, and (iii) to discuss current methodologies and available knowledge in order to identify new orientations for further field and experimental surveys.

THE EPIDEMIOLOGY OF AFRICAN SWINE FEVER: THE ROLE OF FREE-LIVING HOSTS IN AFRICA

G. R. THOMSON, Veterinary Research Institute, Onderstepoort OllO

Abstract

THOMSON, G. R., 1985. The epidemiology of African swine fever: The role of free-living hosts in Africa. Onderstepoort Journal of Veterinary Research, 52, 201-209 (1985).

The known distribution of African swine fever (ASF) virus in Africa is reviewed in relation to the distributions of its free-living hosts as are the infection rates of these species in different localities in southern Africa. Mechanisms by which ASF virus is maintained in its sylvatic state and ways in which the infection may enter domestic pig populations are discussed.

Review of African swine fever: transmission, spread and control

M-L Penrith and W Vosloo

Abstract

African swine fever is one of the most important and serious diseases of domestic pigs. Its highly contagious nature and ability to spread over long distances make it one of the most feared diseases, since its devastating effects on pig production have been experienced not only in most of sub-Saharan Africa but also in western Europe, the Caribbean, Brazil and, most recently, the Caucasus. Unlike most diseases of livestock, there is no vaccine, and therefore prevention relies entirely upon preventing contact between the virus and the susceptible host. In order to do so it is necessary to understand the way in which the virus is transmitted and spreads. By implementing strict biosecurity measures that place barriers between the source of virus and the pigs it is possible to prevent infection. However, this has implications for free-ranging pig husbandry systems that are widespread in developing countries. Attempts to produce a vaccine are ongoing and new technology offers some hope for the future, but this will not remove the necessity for implementing adequate biosecurity on pig farms.

Keywords: African swine fever, biosecurity, control, prevention, transmission.

Pathogenesis of African swine fever in domestic pigs and European wild boar – Lessons learned from recent animal trials

Jutta Pikalo, Laura Zani, Jane Hühr, Martin Beer, Sandra Blome

Abstract

Over the last decade, African swine fever (ASF) has changed from an exotic disease of Sub-Saharan Africa to a considerable and serious threat to pig industry in Central Europe and Asia. With the introduction of genotype II strains into the European Union in 2014, the disease has apparently found a fertile breeding ground in the abundant wild boar population. Upon infection with highly virulent ASF virus (ASFV), a haemorrhagic fever like illness with high lethality is seen in naïve domestic pigs and wild boar. Despite intensive research, virulence factors, host-virus interactions and pathogenesis are still far from being understood, and neither vaccines nor treatment exist. However, to better understand the disease, and to work towards a safe and efficacious vaccine, this information is needed. The presented review targets the knowledge gained over the last five years with regard to ASF pathogenesis in the broader sense but with a focus on the pandemic genotype II strains. In this way, it is designed as an update and supplement to existing review articles on the same topic.

African swine fever: Update on Eastern, Central and Southern Africa

Léopold K. Mulumba-Mfummu, Claude Saegerman, Linda K. Dixon, Kapanga C. Madimba, Eric Kazadi, Ndeji T. Mukalakata, Chris A. L. Oura, Erika Chenais, Charles Masembe, Karl Ståhl, Etienne Thiry, Mary Louise Penrith

Abstract

Control of African swine fever (ASF) in countries in Eastern, Central and Southern Africa (ECSA) is particularly complex owing to the presence of all three known epidemiological cycles of maintenance of the virus, namely an ancient sylvatic cycle involving the natural hosts and vectors of the disease as well as domestic cycles with and without involvement of natural vectors. While the situation is well documented in some of the countries, for others very little information is available. In spite of the unfavourable ASF situation, the pig population in the sub-region has grown exponentially in recent decades and is likely to continue to grow in response to rapid urban growth resulting in increasing demand for animal protein by populations that are no longer engaged in livestock production. Better management of ASF will be essential to permit the pig sector to reach its full potential as a supplier of high quality protein and a source of income to improve livelihoods and create wealth. No vaccine is currently available and it is likely that, in the near future, the sub-region will continue to rely on the implementation of preventive measures, based on the epidemiology of the disease, to avoid both the devastating losses that outbreaks can cause and the risk the sub-region poses to other parts of Africa and the world. The current situation in the ECSA sub-region is reviewed and gaps in knowledge are identified in order to support ongoing strategy development for managing ASF in endemic areas.

K E Y W O R D S

African swine fever, Central Africa, Eastern Africa, epidemiology, knowledge gaps, management, pig production, socio-economic impact, Southern Africa

African swine fever virus eradication in Africa

Mary-Louise Penrith, Wilna Vosloo, Ferran Jori, Armanda D. S. Bastos

Abstract

African swine fever was reported in domestic pigs in 26 African countries during the period 2009 – 2011. The virus exists in an ancient sylvatic cycle between warthogs (*Phacochoerus africanus*) and argasid ticks of the *Ornithodoros moubata* complex in many of the countries reporting outbreaks and in two further countries in the region. Eradication of the virus from the countries in eastern and southern Africa where the classic sylvatic cycle occurs is clearly not an option. However, the virus has become endemic in domestic pigs in 20 countries and the great majority of outbreaks in recent decades, even in some countries where the sylvatic cycle occurs, have been associated with movement of infected pigs and pig meat. Pig production and marketing and ASF control in Africa have been examined in order to identify risk factors for the maintenance and spread of ASF.

These include large pig populations, traditional free-range husbandry systems, lack of biosecurity in

semi-intensive and intensive husbandry systems, lack of organisation in both pig production and pig marketing that results in lack of incentives for investment in pig farming, and ineffective management of ASF. Most of these factors are linked to poverty, yet pigs are recognised as a livestock species that can be used to improve livelihoods and contribute significantly to food security. The changes needed and how they might be implemented in order to reduce the risk of ASF to pig producers in Africa and to the rest of the world are explored.

Keywords: African swine fever; Asfivirus; domestic pigs; management; sub-Saharan Africa; sylvatic cycle

African swine fever: how can global spread be prevented?

Solenne Costard, Barbara Wieland, William de Glanville, Ferran Jori, Rebecca Rowlands,
Wilna Vosloo, Francois Roger, Dirk U. Pfeiffer and Linda K. Dixon

African swine fever (ASF) is a devastating haemorrhagic fever of pigs with mortality rates approaching 100 per cent. It causes major economic losses, threatens food security and limits pig production in affected countries. ASF is caused by a large DNA virus, African swine fever virus (ASFV). There is no vaccine against ASFV and this limits the options for disease control. ASF has been confined mainly to sub-Saharan Africa, where it is maintained in a sylvatic cycle and/or among domestic pigs. Wildlife hosts include wild suids and arthropod vectors. The relatively small numbers of incursions to other continents have proven to be very difficult to eradicate. Thus, ASF remained endemic in the Iberian peninsula until the mid-1990s following its introductions in 1957 and 1960 and the disease has remained endemic in Sardinia since its introduction in 1982. ASF has continued to spread within Africa to previously uninfected countries, including recently the Indian Ocean islands of Madagascar and Mauritius. Given the continued occurrence of ASF in sub-Saharan Africa and increasing global movements of people and products, it is not surprising that further transcontinental transmission has occurred. The introduction of ASF to Georgia in the Caucasus in 2007 and dissemination to neighbouring countries emphasizes the global threat posed by ASF and further increases the risks to other countries.

We review the mechanisms by which ASFV is maintained within wildlife and domestic pig populations and how it can be transmitted. We then consider the risks for global spread of ASFV and discuss possibilities of how disease can be prevented.

Keywords: African swine fever; molecular epidemiology; transmission; arthropod vectors; pigs

부록

OIE and FAO, 2020, Global control of African swine fever
: A GF-TADs initiative 2020-2025.

Published by
the Food and Agriculture Organization of the United Nations
and
the World Organization for Animal Health

2020

Global control of African swine fever

A GF-TADs initiative



2020-2025



Required citation:

FAO and OIE. 2020. *Global control of African swine fever: A GF-TADs initiative*. 2020-2025. Paris.

The designations employed and the presentation of material in this information product do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) or World Organisation for Animal Health (OIE) concerning the legal or development status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. The mention of specific companies or products of manufacturers, whether or not these have been patented, does not imply that these have been endorsed or recommended by FAO or OIE in preference to others of a similar nature that are not mentioned.

The views expressed in this information product are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views or policies of FAO or OIE.

FAO ISBN: 978-92-5-132653-4

OIE ISBN: 978-92-95115-61-3

© FAO and OIE, 2020



Some rights reserved. This work is made available under the Creative Commons Attribution-Non Commercial-ShareAlike 3.0 IGO licence (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode>).

Under the terms of this licence, this work may be copied, redistributed and adapted for non-commercial purposes, provided that the work is appropriately cited. In any use of this work, there should be no suggestion that FAO and OIE endorse any specific organization, products or services. The use of the FAO or OIE logo is not permitted. If the work is adapted, then it must be licensed under the same or equivalent Creative Commons licence. If a translation of this work is created, it must include the following disclaimer along with the required citation: "This translation was not created by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) or the World Organisation for Animal Health (OIE). Neither FAO nor OIE are responsible for the content or accuracy of this translation. The original English edition shall be the authoritative edition."

Disputes arising under the licence that cannot be settled amicably will be resolved by mediation and arbitration as described in Article 8 of the licence except as otherwise provided herein. The applicable mediation rules will be the mediation rules of the World Intellectual Property Organization ~~HYPERLINK "http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules"~~ <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> and any arbitration will be in accordance with the Arbitration Rules of the United Nations Commission on International Trade Law (UNCITRAL).

Third-party materials. Users wishing to reuse material from this work that is attributed to a third party, such as tables, figures or images, are responsible for determining whether permission is needed for that reuse and for obtaining permission from the copyright holder. The risk of claims resulting from infringement of any third-party-owned component in the work rests solely with the user.

Sales, rights and licensing. FAO information products are available on the FAO website ~~HYPERLINK "http://www.fao.org/publications"~~ <http://www.fao.org/publications>) and can be purchased through ~~HYPERLINK "mailto:publications-sales@fao.org"~~ publications-sales@fao.org. Requests for commercial use should be submitted via:

~~HYPERLINK "http://www.fao.org/contact-us/licence-request"~~ <http://www.fao.org/contact-us/licence-request>

www.fao.org/contact-us/licence-request. Queries regarding rights and licensing should be

submitted to: ~~HYPERLINK "mailto:copyright@fao.org"~~ copyright@fao.org. OIE information products are

available on the OIE website (www.oie.int) and can be purchased through web.oie.int/boutique.

Contents

- Call for action 1
- Strategic challenges to the global control of ASF 2
- Governance 5
- Monitoring and evaluation 6
- Theory of change 7
 - Goal and purpose 7
 - Key factors for success 7
 - Objectives 8
 - Outcomes and outputs 8

Acknowledgements

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the World Organisation for Animal Health (OIE) gratefully acknowledge the contributions to the development of this initiative of the following individuals:

Core writing team: Jee Yong Park, Gregorio Torres, Budimir Plavsic and Andriy Rozstalnyy.

Contributors: Karim Tounkara, Patrick Bastiaensen, Luis Barcos, Caitlin Holley, Laure Weber-Vintzel, Fabien Schneegans, Lorenz Nake, Bellini Silvia, Akiko Kamata and Zhen Yang.

Monique Éloit (OIE Director General) and Matthew Stone (OIE Deputy Director General for International Standards and Science), who provided valuable insights for the initiative.

Call for action

African swine fever (ASF) is an infectious disease of domestic and wild pigs. The number of countries or territories affected by ASF has increased in recent years, with notifications from countries in Sub-Saharan Africa, Europe and Asia.

Recognising the current heightened global risk to all countries, and the significant impact of the disease on animal health and welfare, food security, national and global economies, rural development and social and political behaviour, an appeal was made at the 87th General Session of the World Assembly of Delegates of the World Organisation for Animal Health (OIE) for a global initiative to control ASF.

Resolution No. 33 of the 87th General Session recognised the complexity of ASF, the response to which requires multi-sectoral and multi-institutional cooperation. It also noted the long-standing collaboration between the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the OIE in supporting their membership in the management of animal health related risks. The Resolution identified the key roles to be played by countries, the FAO and the OIE in the global control of ASF. This included the need for ASF to be considered as a disease that requires adequate risk management through development and refinement of national control programmes, and the need to

recognise risk communication as a crucial component of effectively addressing risk pathways and high-risk practices. Countries were also encouraged to maintain transparency through timely disease notification and manage risks by implementing the international standards in relation to zoning, compartmentalisation and applying commodity-based trade measures.

The Resolution tasked the OIE with working in collaboration with FAO to launch an initiative for the global control of ASF. The FAO/OIE Global Framework for the Progressive Control of Transboundary Animal Diseases (GF-TADs) was identified as the appropriate platform to develop and promote national, regional and global partnerships, to strengthen prevention and preparedness measures, and to minimise the adverse impacts of ASF on the health and welfare of pigs and on international trade.

The FAO and the OIE are to identify and define, in compliance with the relevant international standards and guidelines, the guiding principles and success factors required for the global control of ASF. This will include support mechanisms to improve the capability of countries to control ASF, improve coordination and cooperation of key stakeholders from the private and public sector, and minimise the consequences of ASF through business continuity.



Strategic challenges to the global control of ASF

African swine fever has never been so wide-spread and the scale of the national and regional challenges to control¹ ASF should not be under-estimated. It will require long-term commitment by all involved to tackle this global threat.

Despite this daunting and complex challenge, **the global control of ASF is feasible**, but unlikely to be successful and sustainable without determined national efforts. Control measures should be coordinated at the regional and global levels and embedded into supra-national frameworks that consider the diverse socio-cultural, geographical, political and economic needs and characteristics of

each region. This should be achieved through engagement with a broad range of international, regional and national agencies, as well as stakeholder organisations, with the public and private sectors working in close coordination and with aligned objectives.

International standards for the control of ASF already exist, as does expertise to support implementation. However, the major gap that has, to date, prevented effective and efficient international, regional and national control is the difficulty of implementing these international recommendations under the diverse and challenging scenarios that countries face.

The major factors that increase the risk of spread are livestock management systems with inadequate biosecurity measures, and human behaviour.

¹ "Control" is defined as to either prevent, respond or eradicate, depending on the national or regional situation.





Access to adequate and sustainable resources to implement the recommended measures on **preparedness, prevention, detection and control**, will be a challenge to many countries and will require support from development partners.

The major factors that increase the risk of spread in such scenarios are livestock management systems with inadequate bio-security measures, and human behaviour. Many countries struggle to effectively implement control measures for livestock diseases due to shortcomings of their Veterinary Services. On many occasions, this is linked to a lack of political support and long-term investment, inadequate consideration of the perspectives of diverse stakeholders, and policies based on insufficient crisis management strategies that are unable to effectively implement, coordinate and sustain the required activities and resources. Support is needed to enable effective operational implementation of existing standards by these countries and to provide expert knowledge using multi-disciplinary approaches adapted to the national situation.

Failure or inability to adapt to varying epidemiological scenarios increases the importance of research and development activities to provide not only new or improved tools and methods, but also knowledge and information that can help to better control ASF, or lead to fresh approaches to tackle problems in long-standing endemic scenarios.

The lack of an effective vaccine is another well-recognised gap in the control of ASF and coordinated research and development programmes are needed for the development of safe and efficient vaccines. Other needs include improved diagnostic tests, and the production of appropriate technical guidelines to tackle new and growing issues that are being identified as countries struggle to respond to ASF outbreaks.



Knowledge gaps in several critical areas will have to be addressed through studies for which assistance and support need to be provided. Important gaps include: the epidemiology of ASF in wild pigs; the role of ticks; understanding national and regional pig value chains; the effects of ASF in different pig production systems; and the socio-economic impact of the disease and control measures.

Identifying regional specificities and differences within the pig sector (e.g. highly industrialised, small holders, free ranging, etc.) and timely exchange and dissemination of information and best practices are crucial to building and implementing science-based national and regional control strategies. Establishing regional Standing Groups of Experts on ASF (SGEs-ASF) under the umbrella of GF-TADs can promote such exchange among risk managers and international and national experts and facilitate regional and global coordination of disease control policies and strategies. The emphasis on the reliance of all Members on international and regional solidarity and cooperation in the face of transboundary diseases is supported through such mechanisms.

Access to adequate and sustainable resources to implement the recommended measures on preparedness, prevention, detection and control, will be a challenge for many countries and will require support from development partners.

The GF-TADs initiative for the global control of ASF aims to tackle the strategic challenges to effectively address the mandate given to the OIE and FAO by defining the objectives and providing the structure for specific outputs and outcomes to be achieved for the global control of the disease.

Governance

The GF-TADs is an effective framework to fight transboundary animal diseases such as ASF, as it fosters regional alliances by providing guidelines, direction and coordination among Members and partners. GF-TADs could also provide opportunities for synergies with existing global and regional control and eradication strategies for other TADs that are already in place under this framework, such as on-going activities on surveillance, biosecurity and outbreak response.

At the global level, the GF-TADs Global Steering Committee will provide guidance on the initiative for the global control of ASF and on related activities of global relevance to be implemented by the GF-TADs Global Secretariat through the joint FAO/OIE GF-TADs ASF Working Group and under the supervision and agreement of the GF-TADs Management Committee.

The GF-TADs Global Steering Committee provides strategic direction to the GF-TADs Regional Steering Committees and facilitates collaboration and cooperation between the global and regional levels. At the regional level, the GF-TADs Regional Steering Committees ensure coordination of the work plan activities with the support of the GF-TADs Regional Secretariats. The GF-TADs Regional Steering Committees provide a strategic link to national Veterinary Services and their national control programmes, as well as to regional stakeholder and expert networks that must be enlisted as implementation partners for successful regional and national control.

The Regional and Sub-Regional FAO and OIE Representations will be critical in overseeing, coordinating and advancing the implementation of the GF-TADs initiative for the global control of ASF and related regional strategies and operational plans.



Monitoring and evaluation

Objectives of the proposed interventions form the basis for the Global Initiative's monitoring and evaluation (M&E) efforts. Indicators at the output and outcome levels are developed and used to measure progress and level of achievement, and to provide assurance to the developing partners and countries.

Monitoring of indicators at the output level will be continually ensured by FAO and OIE, with bi-annual M&E reports. The plausibility of output–outcome relations will be critically reviewed and progress along outcomes will be assessed before the annual reporting of the Global Initiative. Evaluations of the Global Initiative along the Organisation for Economic Co-operation and Development's (OECD) Development Assistance Committee (DAC) Evaluation Criteria² will be conducted on a triennial basis. Recommendations from the evaluations will, among others, inform revision of the Global Initiative's Theory of Change and [Logic Framework](#).

² Relevance, Effectiveness, Efficiency, Impact, Sustainability.

Monitoring of progress and determination of performance indicators adapted to the regional situation will be provided by the GF-TADs Regional Steering Committees to the Regional and Global Secretariat for effective field, laboratory and epidemiological evaluation of disease events and control efforts.

The GF-TADs website will be used as a centralised reporting mechanism, linking to activities reported on FAO and OIE websites as necessary. An ASF webpage on this website will be created, with a structure reflecting the objectives, outcomes and outputs listed in the Theory of Change, ensuring all the associated resources produced through this GF-TADs initiative are readily accessible, including plans and progress reports.



Theory of change

The Theory of Change states the problem, defines the goal, identifies the key success factors, and outlines the objectives and corresponding outputs. African swine fever is a global threat to animal health and food security with negative socio-economic impacts. Although control is feasible with the current risk mitigation tools, success will inevitably require strong national leadership supported by regional and global coordination.

Goal and purpose

The goal is defined as achieving global control of ASF, which would be determined based on the combination of the following criteria:



No new countries affected by ASF



Decline in the number of ASF cases



Decline in the number of countries affected by ASF



Reduced losses due to ASF

Achieving the goal requires a long-term national and international commitment. Although meeting all the criteria may not be possible in the short term, continuing to meet some of these criteria annually would indicate improvement of the global situation, which would in turn provide the necessary motivation and justification to maintain commitment to the initiative.

The global control of ASF will protect the health and ensure the welfare of both domestic and wild pigs, will ensure business continuity and will contribute to the achievement of the Sustainable Development Goals, in particular the alleviation of poverty (SDG 1) and hunger (SDG 2).

Key factors for success

The following key success factors need to be carefully considered for sustainable global control of ASF:

An intelligence framework that enables gathering and management of disease intelligence data and information to address gaps in understanding ASF;

Operational and technical capability to implement the international standards and guidelines;

Risk communication to strengthen commitment and cooperation of stakeholders;

Resources that are adequate and sustainable.

These cross-cutting factors will be addressed through the objectives, outcomes and outputs defined in the theory of change.

Objectives

Three objectives are defined to achieve outcomes that could be described as pre-conditions for achieving the goal of global control of ASF. These objectives form the logic framework under which the outcomes and outputs are defined, and the operational plan of activities is established.



Objective 1. Improve the capability of countries to control (prevent, respond, eradicate) ASF using OIE standards and best practices that are based on the latest science.



Objective 2. Establish an effective coordination and cooperation framework for the global control of ASF.



Objective 3. Facilitate business continuity.

Outcomes and outputs

The outputs from the activities that will lead to intermediate and final outcomes are defined as follows.

Figure 1. Outcome 1: Capability of countries to control ASF is improved

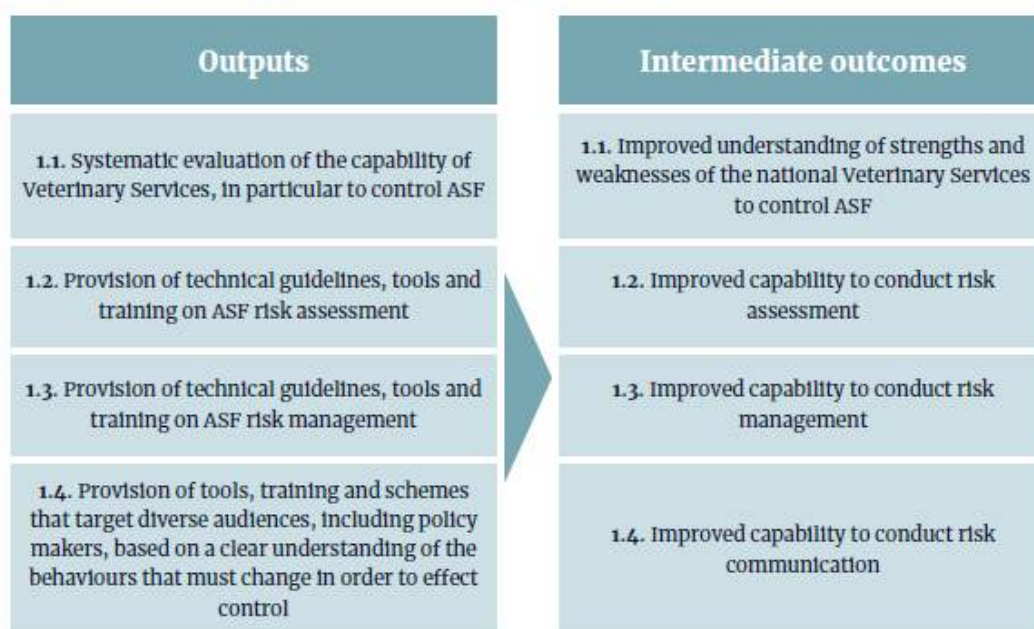


Figure 2. Outcome 2: Regional and global coordination and cooperation to control ASF is improved

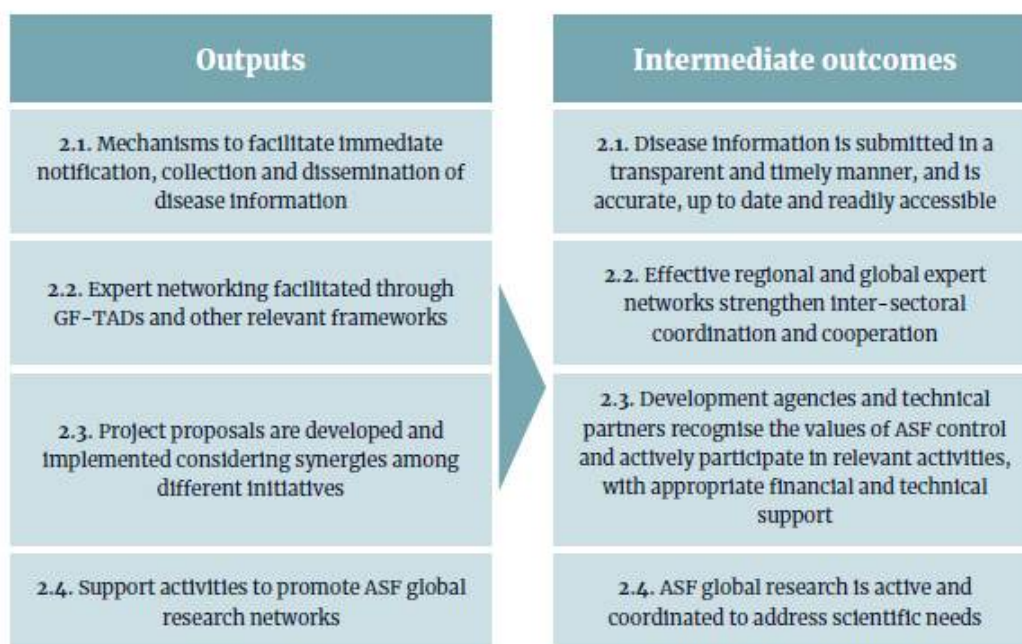
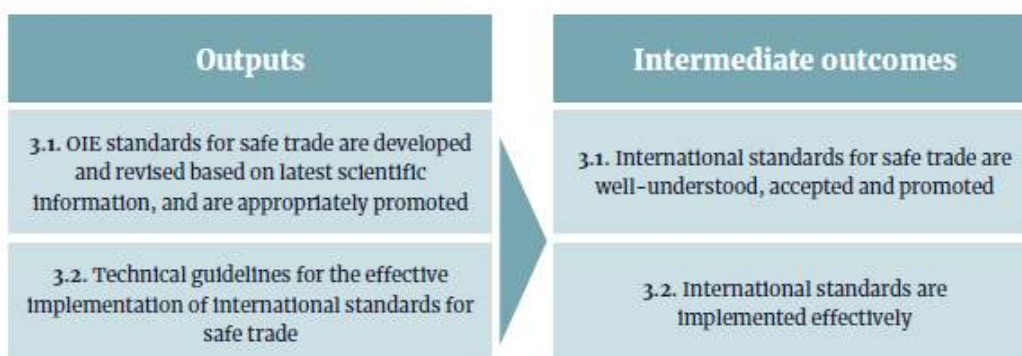
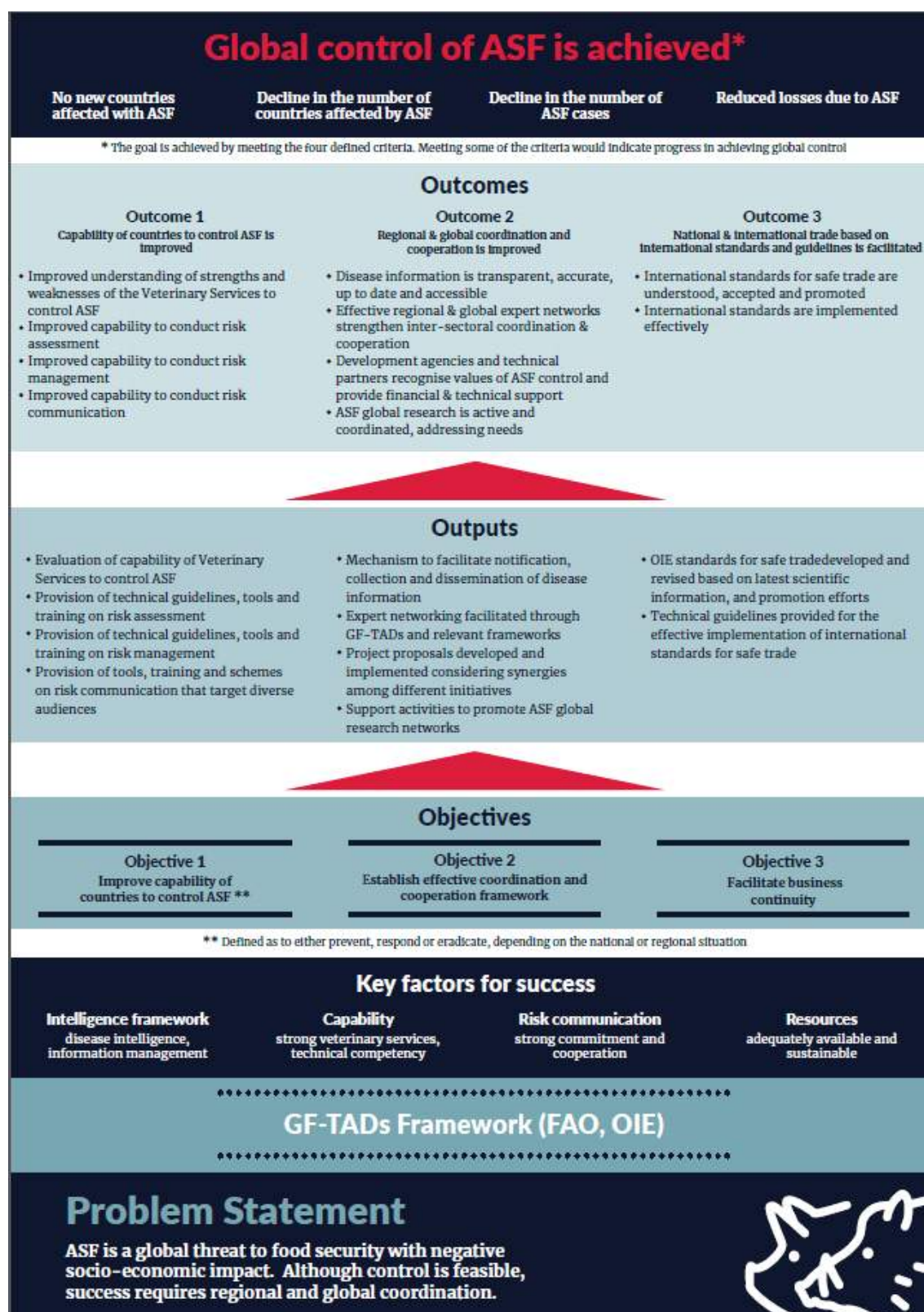


Figure 3. Outcome 3: National, regional and international trade of pigs and their products, based on international standards and guidelines, is facilitated



The steps in the theory of change are translated into a [Logic Framework](#) that describes the outputs and indicators, which will lead to the intermediate and final outcomes for each of the objectives.

The Operational Plan defines the specific activities implemented under the GF-TADs, which will enable the various outputs that lead to the intermediate and final outcomes to be achieved. The operational plan will be updated biannually in coordination with FAO and the OIE.





제4차년도
수출전략기술개발사업

동물용의약품 수출연구사업단