

역사적인 식물병의 대발생과 식물병 역학(Epidemiology)의 학문 발전

이순구 · 황의홍

안동대학교 농생물학과

공부하는 사람들은, 항상 "어깨 너머로" 나마, 자기들이 전공하고 있는 학문이, 도대체 어디로부터 왔고, 또 어디를 향해 가고 있는지를 알고자 하는, 도저히 억제할 수 없는 욕망을 가지고 있다. J. C. Zadoks & L. M. Koster. 1976.

이 글은 '식물병 역학 개론'(植物病 疫學 概論, Campbell, C. L., and L. V. Madden. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons, New York. 532 pp.)의 제2장인 '식물병 역학(疫學)의 발전(發展)' (Development of Plant Disease Epidemiology)을 완역한 것이다. 여기에 덧붙여 우리에게 가장 중요한 병인 도열병에 대한 항목을 삽입하였고, 기타 몇 군데에 걸쳐 독자들의 관심을 불러일으킬 의도로 몇 가지 인용문을 역자들 자의대로 간략하게나마 집어넣었다. 최근 북한지역의 식량사정이 매우 어려운 것도 그 근원(近原)이 1993년도의 냉해와 겹친 목도열병의 대발생에 있음을 주목하는 의미에서, 우리들 식물병 전공자들에게는 시사하는 바가 매우 클 것이다. 아울러 식물병 역학(Plant Disease Epidemiology)의 내용과 그 학문적 성립 발전의 역사를, 최근세에 이르기까지 인류에게 막대한 영향을 미친 식물 병의 대발생 사건과 더불어, 동학(同學) 여러분들에게 소개하는 의미에서 미력하나마 번역을 시도해 보았다. 왜냐하면 최근 미국을 중심으로 한 선진국의 식물병리학에서 역학(plant disease epidemiology) 분야가 식물병의 유전 공학적 접근과 더불어 단연코 가장 많은 발전을 거듭하는 경향이지만, 아직 우리 나라에서는 서울대와 몇몇 연구소를 제외하고는 거의 이 분야를 천착하지 않기 때문이다.

식물병의 발생을 통계적 방법을 이용하여 수리생태학적(數理生態學的)으로 분석하고 이에 대한 모델링 작업과 발생 예찰과 피해 해석을 학문적 목적으로 하는 식물병 역학은 작물이 성장하고 있는 현장인 포장에서 조사한 데이터에서 출발하여 이에 대한 실험설계 및 통계분석, 모델링 작업을 주로 컴퓨터를 도구로 해서 수행하기 때문에, 특히 나이 젊은 우리 학계의 신참자들의 주의를 이 분야에도 모아 줄 필요가 큰 것이다. 참고로 저자의 한 사람인 C. Lee Campbell 교수는 차기 미국식물병리학회 회장으로 선임된 분이며, 책의 많은 부분에서 저자들은 식물병리학에 대한 해박한 지식과 학문적 긍지와 신념들을 행간(行間) 도처에 드러내고 있다. 아울러 이 책은 통계분석, 실험 설계 및 통계 모형 구축에 대한 지식과 기상학 및 대기(大氣)미생물학을 이용한 비산포자 조사 등을 비롯한 식물병 역학의 일반적인 텍스트로써 독자들에게 많은 분석적 및 종합적 식물병 예제(例題)를 가지고 친절하게 접근해 오고 있다. 특히 대학원 컬리큘럼에 이 과목이 있다면 이 책은 다시없는 좋은 교재가 될 수 있을 것이다.

역사적인 식물 병의 대발생

'식물병의 대발생'(역사적인 혹은 현대에 있어서의)과 식물병 역학(疫學)의 발전은 전혀 다른 일이나, 이 둘은 서로 밀접한 관련을 갖고 있다. 식물병의 대발생은 한정된 지역에서 혹은 경우에 따라서는 광범위한 지역에 걸쳐 인간 역사를 변화시켰다. 이러한 식물병의 대발생을 더욱 세밀하게 들여다보면, 이들 식물병의 엄청난 결과가 식물병에 대한 사람들의 관심을 불러 일으켜서 하나의 학문으로서의 '식물병리학'의 성립과 그 발전을 가져오게 한 것이다. 그러므로 식물병 역학의 발전을 살펴보기에 앞서, 근세의 인류 역사에 지대한 영향을 주었던 몇 가지 식물병을 다시 한번 더 상기할 필요가 있다. 대개 식물병리학의 학문적 발전은 어떤 특출한 인물과 그 인물 뿐만 아니라 다른 인간에게도 심각한 영향을 준 어떤 특별한 계기(契機, moments)에 의해 보통 일어난다(Ainsworth, G. C. 1981).

1. 벼 도열병

"1978년 이른 봄부터 남부지방에 가뭄이 계속되어 못자리가 마르고 모내기가 늦어졌는데 통일계 벼 품종 중에서 가장 미질이 좋다는 노풍(魯豐)과 내경(來敬)이라는 신품종을 대대적으로 보급하였으나 1978년 8월에 태풍이 지나가고 난 다음에 노풍벼가 목도열병으로 큰 피해를 보게되어 전국적으로 흉작이 되고 말았다. ... 기록상으로는 경북의 쌀 생산이 무려 7,535천석, 단수(段收)가 535 kg으로 되어 있는데 이것은 좀 과장된 통계임에 틀림없다. 그 이유는 전남북 지방에 노풍의 목도열병이 심하여 흉년이 들자 농수산부에서 정책적으로 피해가 상대적으로 적었던 경남북에 통계를 과장되게 만들지 않았나 하는 의견과 그때 정부에서 증산 시책을 잘 추진하고 식량생산을 많이 한 도지사에게 봉황기를 수여하는 시상제도가 있었는데 이 상을 타기 위해서 통계 책정 공무원에게 부탁하여 예상한 것 보다 훨씬 더 많은 숫자가 나왔다고도 한다. ... 경북도의 목도열병 피해면적은 2,749 ha로서 식부면적의 2%에 달하며 감수량은 조사결과 4만석으로 집계되었는데 이는 다소 과소평가 되었을 것으로 보인다. 피해를 품종별로 보면 노풍벼가 2,550 ha로서 가장 많고 밀양23호가 56 ha, 내경벼는 44 ha에 불과하였으며, 피해가 많은 지역은 태풍이 통과한 성주군과 고령군이다. 50% 이상 피해농가 1,124호에 대해서는 124백만원의 농협 융자금 상환 연기와 중고생 838명에 대한 2학기 학자금 감면 조치를 한 바 있었다. ... 경북도는 미곡증산상으로 상금 2백만원을 받았는데 식량증산 최우수 도는 경남도로 선정되어 봉황기가 수여되고 경북도는 2위에 그친 것이 아쉬웠다(박진규, 1995)."

벼농사를 주로 하는 일본의 도호꾸(東北) 지방에서는 1920년대 후반부터 만성적으로 농촌 공황이 계속되어 농촌의 피폐(疲斃)가 심하였다. 설상가상으로 1931년과 34년에 냉해가 잇따랐다. 농가는 자기들이 먹을 쌀마저 얻을 수가 없었다. 당시 이와테 현(岩手縣)의 농촌지역 초등학교에서는 도시락을 가져올 수 없는 아동이 3만명에 달했다고 한다. 그리고 농가의 처녀들은 집안의 생계를 위해 도회지에 팔려갔다. 도호꾸 지방 6개 현으로부터 돈벌이하러 나간 여성의 수(數)는 작부, 여급 등 5,800명에 달했다고 보고되어 있다. 당시 일본 육군에는 농촌 출신의 군인들이 많았는데, 그들을 통하여 알려진 농촌의 비참한 생활에 일부 장교가 동정(同情)한 것이 그후의 군국주의화에 하나의 계기가 된 1936년 2월 26일 군사봉기사건의 저류(低流)가 되었다고 한다. 이 도호꾸 지방의 흉작도 냉해와 함께 수반된 도열병에 의한 피해가 컸던 것이다(양창술 1980). 도열병은 *Pyricularia grisea*(*P. oryzae*)보다 더 선명(先名)학명으로 최근에는 이 학명이 더 보편적으로 쓰이고 있다. 완전세대는 *Magnaporthe grisea*에 의해 일어나는 벼 병으로서, 보통 잎도열병과 목도열병의 두 가지 매우 다른 패턴의 pathosystem을 가지고 있다. 전세계 벼 재배지역에서 어느 곳 할것 없이 항상 상발(常發)하며 벼의 병 중에서도 수량에 가장 큰 영향을 주는 병이다.

1978년 늦여름 8월말경 비가 한창 익어갈 때 우리 나라에서 목도열병이 대발생한 것은 당시 한창 기세를 더 높였던 녹색혁명의 열기에 찬물을 끼얹은 것은 말할 것도 없고, 당시까지도 농과대학에서 작물보호를 전공(응용곤충학 및 식물병리학을 중심 컬리큘럼으로하는 학과로서)하는 농생물학과의 유일하게 있었던 대학은 서울대 농대 뿐이었는데, 이후 경향 각지역의 국공립 및 사립대학에서도 현재와 같은 농생물학과의 신설되어야 할 필요를 일깨운 중요한 동인(動因)이 되기도 했다. 전년도인 1977년은 통일계 신품종의 재배확대로 해방이후 처음으로 주곡인 쌀 3,000만석 자급달성의 대업을 이룬 해로서, 당시 수출주도형 공업화 경제개발에 몰두해 있던 위정자들에게 식량수입의 걱정을 덜게 해 주었고 온 국민을 기쁘게 해 준 것이었다. 이듬 해인 1978년은 당시 농정 당국자들이 무리하게 통일계 신품종의 재배 확대를 기해서 우리 나라 논 면적의 거의 70% 이상을 인디카-자포니카 삼원교잡종(Indica-Japonica 三原 交雜種)인 IR667(통일)을 근간으로 한 신품종들(특히 노풍, 내경을 많이 보급하였음)로 식부했던 것이다. 당시 농촌진흥청 작물시험장의 어떤 벼 육종가는 당시까지 전북 진안 무주 지역을 제외하고는 도열병 발생이 없었던 점을 고려하여 통일계 신품종이 우리 나라 도열병의 우점 레이스에 완전히 저항성이지 않느냐면서 우리 나라 전역에 모두 통일계 품종을 식부하여 도열병의 씨를 말려야 한다고 공언한 적도 있었다. 당시 농촌진흥청 병리과에 신참 연구원으로 근무하고 있었던 필자는 1978년 8월말에서 9월초순경에 전북 김제 만경강 인근 호남평야에서 목도열병 발생조사에 참여했던 바, 우리 나라에서 가장 넓은 그 평야(주로 노풍(魯豐)벼만으로 식부되었음)가 모두 목도열병으로 하얗게 죽어있는 '백수(白穗)현상'을 보고 무참한 충격을 받았던 일은 잊을 수 없다. 이 사건은 당시 농수산부장관이었던 장덕진씨를 사퇴시켰을 뿐만 아니라, 당시 식물병 연구 일선의 야전 사령관격인 농촌진흥청 병리과장인 정 봉조(鄭 鳳朝)박사를 과로로 몰고가게 했으며, 급기야 이듬해 서거하게 만든 것이다. 더욱이 이듬해 일어났던 충격적인 정치적 격변(10·26사건, 박정희 대통령 시해사건과 잇달은 쿠데타 사건들)의 원인(遠因)이 되기도 했다. 당시 경향 각지의 중앙 및 지방 신문에서도 목도열병의 대발생이 9월중의 주요기사로 많이 실고있지만 공식적인 기록은 과장 혹은 과소로 믿을 수 없는 것이 앞서 서두에 인용한 글과 마찬가지로. 그러나 이해 1978년을 기점으로 우리 나라 식량생산 추이는 완만한 멈춤에 이르렀으며, 이어서 계속 하강하는 곡선의 시발점이 되었다.

1978년 당시의 노풍·내경벼의 목도열병 대발생은 가장 성공적인 녹색혁명의 나라인 한국에서 일어난 일이었기에, 세계적으로도 유명해져서 지금도 많은 외국의 식물병리학 교과서(Merrill, W. 1980)에서 언급되고 있다. 당시의 이 일을 도열병 대발생(이은용·박순직 1979), 통일계 품종의 도열병 이병화(罹病化)(山田·이은중 1978), 혹은 통일계 품종의 저항성(抵抗性) 역전(逆轉)(정후섭 등 1995)으로 보고 있으며, 이 현상은 1976년, 77년부터 전북 진안·임실 등지에서 일어나고 있었으며, 한국에서는 저항성반응을 보인 통일계 품종들이 필리핀에서는 이병성을 보이는 것과 새로운 레이스의 검출 등의 증거를 가지고, 여러 가지로 신품종 보급확대를 식물병 전공학자들(정봉조 과장 및 정후섭 교수 등)은 우려하고 반대해 왔던 것이었다. 1978년의 우리 나라에서의 목도열병 대발생은 도열병 병원균의 새로운 변이균의 출현에 의해 '수직저항성'이 무너진 'Vertifolia Effect'(저항성 품종이 무너지면 감수성 품종보다 더 피해를 많이 보는 현상)의 한 모범 사례라 할 수 있다. 이후

우리 나라에서는 도열병 연구가 더욱 심화되어 육종 벼 계통의 저항성검정을 강화하는 동시에, 레이스 판별품종을 일본 구판별 품종에서 한국형 판별품종으로 바꾸었다. 아울러 도열병에 대한 예찰 연구와 발병 기작 및 역학 연구에도 큰 발전이 있게 된 것이다.

1993년은 우리 나라 뿐만 아니라 동북아 전체에 벼 생육기간인 7-8월에 냉습하고, 일조량이 부족한 이상(異常)기후의 해였다. 우리 나라는 다행히 출수기가 다소 늦은 일부 경남지방에 목도열병이 많았으나(강수웅 등, 1994), 대체로 나라 전체적으로는 목도열병 발병이 다소 적은 편이었다. 그러나 일본과 북한은 치명적인 목도열병 피해를 보았다(內藤, 1994). 국제 곡물무역에서 제외된 북한은 이와 더불어 다음해 연속해서 홍수, 가뭄 등의 기상재해를 입었고, 이로 인해 최근 국제적인 관심을 불러일으키는 기근(饑饉)을 겪고 있는 것이다. 1980년까지만 하더라도 쿠바와 더불어 사회주의권 국가 중에서도 가장 농업구조가 튼튼하다(赤松, 川田, 1983)는 북한이 이렇게 식량문제와 기근으로 고통받는 것의 하나의 근인(近因)도, 바로, 1993년의 도열병 대발생인 것이다.

2. 맥각(麥角, Ergot)과 맥각증세(麥角症勢, Ergotism)

귀리의 맥각병은 *Claviceps purpurea*에 의해 발생한다. 이 곰팡이(菌類)는 귀리나 밀 곡립(穀粒)에 침입해서 소위 맥각이라 불리는 커다란 자주 빛이 도는 검은 균체의 고체 덩어리를 만든다. 맥각 균의 내구생존체(耐久生存體, survival structure)인 맥각은 환각제로 쓰이는 매우 순도 높은 LSD를 포함하고 있는 알칼로이드들을 함유하고 있다. 맥각이 귀리 곡립과 함께 가루로 빵아지면 알칼로이드가 빵으로 구어진다. 이리하여 문제가 발생된다. 오염된 귀리 빵을 먹는데서 원인이 된 사람의 증상은 맥각에 포함된 알칼로이드의 함량과 먹은 빵의 양에 따라 다양하다. 이 알칼로이드의 적은 양만 사용하더라도, 인간과 가축에게 유산(流産)을 유도할 수 있다(더 나아가서, 이것은 자궁이완, 수축, 증진 작용을 하므로, 오랫동안 민간의 산파(産婆)들이 이를 극소량 사용하여 아이들의 출산(出産)을 도아 왔다). 만약에 많은 양이 섭취된다면 손가락과 발가락이 쭈시기 시작하고, 다시 고열(高熱)로 발전되어서 이것이 계속 지속되면서 정신적인 발광(發狂)이나 사망의 원인이 된다. 환각 상태가 인간 몸 전체적으로 진행되고 난 다음에는, 심한 괴저(壞疽, gangrene)현상도 일어난다.

환경조건(多雨·多濕)이 이 병의 발생에 적합하고 또 그 전염원이 많을 때, 귀리 작물의 맥각병이 심각하게 많아질 수 있는데, 이 맥각이 사람에게 빵과 함께 섭취된다면 어떤 증세(맥각증세)를 일으킨다. 맥각증세의 역사상 첫 기록은 서기 857년 유럽의 라인(Rhine)강 연안에서, 이로 인해 수천명이 죽었다는 것이다. 사람에게 대한 이러한 증상 때문에 당시에는 *sacer ignis*(‘聖火’)라 불려지기도 했다. 서기 1039년 프랑스에서 St. Anthony 교단의 한 사제가 이 병(맥각중독증)의 여러 증상을 치료 시켰기 때문에, 이 증상을 ‘聖 안토니우스의 불’(St. Anthony’ fire)이라고도 불리어졌다. 그것은 그 사제의 정신적 원력(願力)이었든 혹은 그 사제가 환자에게 먹여서 증상이 경감되었던 맥각이 섞이지 않은 밀빵 때문이었든, 그 중 한가지일 것이다. 맥각 중독증은 11, 12, 13세기에 걸쳐, 프랑스 독일의 귀리 재배 지역에서 계속해서 일어났다. 또한 맥각중독증은 1722년 러시아 피터(Peter) 대제(大帝)의 스웨덴과의 (不凍港을 쟁취하기 위한)전쟁에서 패전의 결정적 원인이 되었고, 그로 인해 피터 대제는 북해를 포기하고 대신 흑해로 진출하여 부동항을 얻는데苦心하였다(Carefoot and

Sprott, 1967). 1692년 귀리 맥각병이 미국 동부지역인 Massachusetts의 Salem마을(및 그 인접지역들)과 Connecticut의 Fairfield郡에 만연했기 때문에 魔女 사냥(the accusation of witchcraft)을 일으키게 했던 원인이 되기도 했다(최근 우리 나라에서도 번역된 로빈 쿡의 과학 소설인 '울트라'에 1692년 셸렘지방의 마녀 사냥에 대한 역사적 사실이 잘 묘사되어 있다). 그것은 英國에서 마녀 박해의 마지막 절정기를 넘기고 난지, 47년이 지난 다음의 일이다(Caporeal, 1976; Matossian, 1982).

귀리 맥각병은 또한 최근에도 발생했다. 1951년 남부 프랑스에서 귀리 재배시 계속 지속된 과습상태가 맥각병을 발생하게 했다. 1951년 가을에는 농부와 제분업자, 제빵업자의 팔고, 갈고, 굽는 과정에서 부주의로 인해서 맥각이 사람이 먹는 빵에 섞이게 되었고, 이로 인해 200명이 심한 병에 걸리고, 32명이 미치고, 4명이 죽는 일이 프랑스의 Provence 지방에서 일어났다. 1977~1978년 이디오피아에서 심한 가뭄으로 인하여 대부분의 곡물재배가 어렵게 됨에 따라, 사람들이 맥각에 감염된 야생 귀리라도 채취해서 먹게 되었는데, 그로 인한 맥각 증세는 최악의 기근 상황을 더욱 더 악화시키는 결과를 가져왔다.

3. 감자 역병(疫病, Late Blight of Potato)

"7월 27일, 나는 코-크에서 더블린까지 기차를 타고 갔다. 차창 밖으로 보이는 이 숙명의 식물은 풍작을 나타내 보이는 자세로 한창 개화기를 지나고 있었다. 8월3일, 돌아오는 길의 차창 밖 풍경, 광대한 감자밭 전체의 모든 식물이 썩어버린 엄청난, 너무나 황량한 광경을 나는 비참한 기분이 되어 쳐다보지 않을 수 없었다."
어느 아일랜드 감자기근 목격자의 일기, 1846

감자 역병의 병원균은 *Phytophthora infestans*이다. 이 병은 서늘하고, 습한 기후를 좋아한다. 이 병은 여러 면에서 유럽과 미국의 역사에 지대한 영향을 주었고, 그리고 단일병으로는 다른 어떤 병보다 식물병리학을 하나의 학문으로 발전하는데 공헌하였다. 감자가 유럽에 전래된 것은 1570년경이다. 감자는 작물중에서도 단위면적당 수량이 가장 많은 작물이기 때문에 유럽 각지의 국왕이나 영주들은 자국내의 정착 인구를 불리기 위해 감자 심기를 적극 권장했는데 특히 독일 프로이센 지방에서는 감자를 식부하지 않는 농민을 영주들이 처형한 것을 발단으로 그후의 독일 육군에서 장교가 사병에게 기합을 주는 전통이 생겼을 정도이다. 아일랜드에는 1750년경에서 1840년간에 주로 감자가 도입되었는데 감자의 대표적인 품종 '남작(男爵)'은 바로 'Irish Cobler'를 번역한 이름인 것이다. 그리고 보통 감자를 'Irish potato'라고 칭할 정도로 아일랜드의 친숙한 대표적인 작물이 된 것이다. 감자가 도입되고 대부분 인구의 주식(主食)으로 바뀐 이래로 아일랜드 인구는 3배로 증가하였다(1800년에서 1845년 사이에 아일랜드는 그 인구가 400만에서 800만으로 2배나 증가했음). 19세기에 감자는 빵과 베이컨을 얻을수 있는 극소수를 제외한 거의 대부분 아일랜드 농민들의 주식이었다. 많은 아일랜드 농민들도 알곡(穀粒)작물과 돼지를 재배 사육하기는 했지만, 이는 모두 지주에게 지세(地稅)로 바치기 위한 것이고, 자기들은 순전히 감자만 먹고 살아야 했던 것이다. 대부분의 보통 아일랜드 농민들은 하루에 보통 8-14파운드의 감자를 섭취했다. 1845년 아일랜드에 감자 재배 시기인 봄과 여름은 따뜻했으나 가을은 춥고 습했다. 찬 비가 계속되어 감자의 일부분이 말라죽었다. 저장된 감자 또한 1845-1846년 사이의 겨울동안에 많은 양이 썩어 버렸다. 아일랜드 농부들은 심한 기근(饑饉)이 다가올 것을 느끼기 시작했고, 1846년 봄에는, 1845년의 감자역병 만연의 효과가 완전히

나타났던 것이다. 일부 건전한 감자는 다음 해 재배를 위한 것 뿐이었고 많은 감자들이 역병으로 인해 썩어서 그냥 버려졌다. 또한 심었던 감자 작물은 잘 자라지 못했고, 감자역병은 더욱 만연하여, 1846년의 감자 재배는 완전히 실패로 끝나고 아일랜드의 많은 사람들은 굶어 죽어 갔다.

감자역병은 1840 연대의 아일랜드에만 국한된 것은 아니었다. 이 병은 이 시기에 미국 북부 지역과 북부 유럽으로 퍼져 나갔다. 이 병에 대한 보도는 해당 지역 신문의 공통의 관심사였다. 다른 지역과 달리 아일랜드에서 감자역병에 의한 기근이 일어나게 된 데는 식량원(食糧源)으로 감자에만 너무 의존했기 때문이다. 아일랜드의 식민지적인 정치적인 상황(억압-착취 구조)도 이런 면에서 매우 불리했다. 감자가 아일랜드에 도입된 이후, 1800년에서 1845년 사이에 4백만명에서 8백만명으로 인구가 급증했다. 그러나 감자역병이라는 식물병의 결과로 아일랜드는 다시 인구 300만명을 잃어버리게 되었는데, 백만명은 굶주림과 그에 관련된 병으로 죽고 이백만명은 미국과 캐나다 및 기타 지역으로 이민을 떠나야 했다. 당시 미국으로 이민갔던 사람들은 대부분 중서부 개척시대에 철도노동과 개간농업 및 그밖에 목축하는 카우보이(cow boy) 일을 하며 미국 사회의 중하층민으로 정착하였다.

그뿐만 아니라 감자 역병은 세계 제1차대전 종식의 원인이 되기도 했다. 1916년 독일의 감자 작물 생육기의 날씨는 1846년의 북부 유럽(아일랜드 포함)의 날씨와 거의 흡사해서, 감자역병이 만연하게 되었다. 1882년에 프랑스에서 개발된 석회보르도액은 감자역병 방제에도 매우 효과적이었다. 그러나 독일 군부는 전쟁 수행의 필요에 의해서 석회 보르도액 제조에 필요한 유산동(황산구리)을 농민에게 줄 수가 없었다. 1916년과 1917년 사이에 대부분의 감자와 곡물이 군수용으로 공급되어 군인들은 굶주리지 않았으나, 그들의 가족들은 굶어 죽었다. 이리하여 군인의 사기는 저하되었고, 1918년 독일군 붕괴의 가장 확실한 원인이 되었다.

4. 커피녹병(Coffee Rust)

병원균 *Hemileia vastatrix*에 의한 커피녹병은 실론(지금의 스리랑카) 커피 재배를 꺾어버린 병으로서, 커피 주산지를 실론에서 중남미로 옮기게 만든 주범이다. 지금도 커피 재배 지역인 중남 아메리카에서 문제를 일으키고 있는 식물병이다. 실론에서의 커피 생산량의 대성공과 실패는 어떤 지역에 유전적으로 단일한 작물만의 대규모 식재(monoculture)의 위험성을 증명했으며, 이런 경우 식물병이 작물을 급속하게 파괴할 수 있음을 증명해 준다. 그 결과로서 사회적 관습(그때부터 영국인들은 흥차를 마신다)까지 변화시켰다(Large, 1940; Carefoot and Sprott, 1967).

1835년 실론에서 영국인의 커피 재배 면적은 200ha 정도 밖에 되지 않았던 것이, 1870년경에는 커피 재배면적은 거의 200,000ha에 이르러서 매년 5천만kg의 원두 커피를 수출할 정도로 늘어났다. 이로 인해 영국의 東洋銀行(The Orient Bank)은 번창했고, 영국인은 커피를 애호하는 국민이 되었다. 그러나, 그전(1869년)에 이미 당시 유명한 군학자인 M. J. Berkeley(牧師)는 성숙전 조기 낙엽 현상을 보이는 병든 커피나무에서 병원균인 *Hemileia vastatrix*라는 녹병균을 새로 발견하여, 명명(命名)하고 기술(記述)하였다. Berkeley는 병든 잎속에 균사(菌絲)를 가지고 있고 잎뒷면에서 포자(여름胞子)를 형성하는 이 병원균은 일단 그 병균이 퍼져 나가면 박멸하는 것이 대단히 어렵기 때문에 즉

각적인 황제(黃劑)의 시용(施用)을 권고하였다. 그러나 그당시 정부 및 커피 재배자 모두 이를 등한히 하다가 뒷늦게 1874년에는 커피 잎병('coffee leaf disease'=커피 녹병)이라 불리어지는 병이 섬의 커피 나무 전체로 퍼져 나갔다. 이 병은 나무를 죽이지는 않으나(절대기생균이므로), 허약하게 해서 생산량을 기대할 수 없게 하였다. 1878년에는 커피 생산량이 55% 이하로 줄어들었다. 안톤 드 바리(Anton de Bary)에게서 식물병리학을 배우고 영국에 돌아온 워드(Henry Marshall Ward)는 1880년에 실론에 가서 커피녹병의 생활사를 연구하였다. 그는 커피 나무에 걸어 놓은 슬라이드 그래스에서 포자 샘플을 모아 주의 깊게 관찰하여 이 균의 생활사를 기술(記述)하였고, 석회유황합제를 병든 나무에 살포하여 그 효과에 대한 시범을 보이기도 했다(Ward, 1882). 그러나 이 생각은 이미 너무 늦었고, 파산 상태의 재배 업자에게는 너무 많은 비용이 소요되었다. 동양은행은 문을 닫고 파산했으며, 거의 파산 상태의 커피 재배업자들은 커피나무를 베고 대신 그곳에 차(茶)밭을 조성했다. 홍차는 얼마후 영국에서 기호 음료로 각광을 받았다(커피 한 파운드로 30-40컵의 커피를 마실수 있는데 반하여, 홍차 한 파운드로는 300컵쯤 마실수 있다). 실론에서의 커피의 퇴조로 이제는 홍차가 더 대중적으로 된 것이었다. 커피 녹병은 동남아시아, 인도 전역에 다시는 커피재배를 못하게 하였다. 그리고 커피에 관련된 모든 커피 제조산업까지 문을 닫게 만들었다.

커피 생산은 신대륙으로 옮겨졌고, 커피 나무의 엄청난 재배 증가가 중남미에서 이루어졌다. 처음 한 때 그곳의 커피 나무는 커피녹병에 피해를 당하지 않았으나, 오늘날에는 전 아메리카 대륙을 통털어서 어디에서나 발생하는 식물병이 되었다. 그러나 최신식의 약제 방제 기술과 커피녹병에 대한 역학연구 결과로 이 병은 어렵지않게 방제되고 있다. 그러나 커피녹병은 아직도 여전히 커피 생산에 있어서 가장 중요한 위협 요인으로 남아있다.

5. 밤나무 동고병(胴枯病, Chestnut Blight)

미국의 중요한 산림 수종(樹種)인 미국 밤나무의 동고병(병원균: *Cryphonectria parasitica* 전에는 *Endothia parasitica*로 불리었음)에 의한 케멸적인 피해는 미국에서 식물병의 가장 잘 알려진 대발생병일 것이다(Hepting, 1974). 미국 남부 애플래치아(Appalachian)산맥지방에서 100여종이 넘는 상업성 경목(硬木)중에서 밤나무는 한때 용재(用材)의 4분의 1 이상을 차지하였다. 밤 열매는 인간이나 야생 동물에게나 모두 좋은 식량원(食糧源)이었다. 나무는 가구, 집, 울타리, 빨감 등으로 사용되었다. 또한 전신대 및 전화선의 지주로 또한 철도 침목으로 사용되었고, 밤나무 수피(樹皮)는 피혁제조에 필요한 탄닌의 주요 원료이다.

1904년 H. W. Merkel은 뉴욕의 Bronx 동물원의 밤나무가 죽은 것을 보았다. 미국에 밤나무 동고병을 일으킨 병원균은 동아시아에서 미국에 들어 왔다. 극동의 밤나무들은 이 병이 있는 상태에서 오랫동안 진화해 왔으므로 저항성이 있다. 그러나 미국의 밤나무 숲은 이 병이 없는 상태로 오랫동안 동아시아와는 서로 격리되어 있었기 때문에 새로 이 지역에 들어 온(導入된), 이 병원균에 완전히 감수성(感受性)이었다. 1911년 밤나무 동고병은 New Jersey전역, 뉴욕의 일부, Connecticut, Massachusetts, Rhode Island, Delaware, Virginia, West Virginia로 퍼져 나갔으며 계속해서 확산되어 갔다. 밤나무동고병은 밤나무를 한 때에 미국의 주력 수종(樹種)에서 드문 수종으로

전락시켰다. 베어낸 그루터기에서 겨우 새 가지가 올라오는 정도의 나무로 된 것이다.

밤나무 동고병으로 인해 거의 모든 밤나무들이 죽었고 더 이상 밤나무를 탄닌의 원료로 사용할 수 없게 되었다. 여지껏 밤나무벌목으로 생계를 유지해 오던 Appalachia 산맥 인근의 마을 주민들은 살 길을 찾아 뿔뿔이 흩어져서 다른 직업으로 전환하였다. 재목의 손실은 300억 board ft로 평가되었다 (Carefoot and Sprott, 1967). 거대한 방부제(creosote) 공장들이 새로 지어졌다. 철도 침목과 전주 용으로는 썩기 쉬운 소나무에 방부제를 주입해야 하기 때문이다. 또한 많은 에너지를 소요하는(高에너지 요구성) 유기합성 대체 화합물이 탄닌대신 가죽(皮革)을 무두질하는데 사용되게 된 것이다.

6. 옥수수 깨씨무늬병(Southern Corn Leaf Blight)

1970년 여름, 전에는 발생한 적이 없는 옥수수 깨씨무늬병이 미국 동부 지역의 옥수수 재배 지역 전역에 걸쳐서 발생했다. 처음에는 플로리다 주에서(1970년 2월), 이전에는 *Bipolaris maydis*균에 저항성이었던 잡종강세(雜種強勢, 하이브리드) 옥수수에 이 병이 새로 발견된 것이었다. 병 증상은 심한 잎의 말라죽음(枯凋, leaf blight)과 줄기가 썩는 것(stalk rot)과 더불어 예상치 않게 이삭까지 썩는 것(ear rot)이었다. 감염된 옥수수의 계통(系統)들은, 모두가 한결같이 '세포질로 유전하는 용성불임'(cytoplasmic male sterility)기술을 사용해서 육성된 잡종들이었다. 그리고 이것들은 이전에 모두 저항성 반응을 보였던 것들이었다. Texas cytoplasmic male sterility(Tms)를 사용해서 교배된 잡종에서의 옥수수 깨씨무늬병의 새로운 이병화(罹病化)는 옥수수 재배 농업 전체로 병에 대한 두려움을 주었다. 왜냐하면 미국에서 옥수수 재배 면적의 85%가 Tms 방식에 의한 하이브리드 옥수수 품종들이 심어졌기 때문이다. Tms방식의 잡종 옥수수에 대한 *B. maydis*의 감수성에 대한 관찰은 이미 1961년 필리핀에서 부터였다(Mercado and Lantican, 1961). 1960년 이전에는 이 병이 미국에서 중요한 문제가 되리라고 전혀 고려되지 않았었다. 어쨌든 1969년 Tms 방식의 옥수수의 극단적인 감수성은 Iowa, Illinois, Indiana, Minnesota에서 8월과 9월에 발견되었다(Ullstrup, 1970). 병원균(*B. maydis*)의 새로운 레이스(race T)는 옥수수 곡창 지역에 침투한 것이었다. Race T라는 병원균의 레이스는 Tms방식의 옥수수에 병원성이 매우 강하지만 정상적 세포질의 옥수수에 병원성이 약했다. 1955년에서 1966년 사이에 이루어진 광범위한 지역에 걸친 *B. maydis*에 대한 군주 수집 조사에서 race T는 광범위한 지역에 존재하나 주로 옥수수가 아니라 포아풀과에 속하는 기주에서 주로 존재한다는 것도 밝혀졌다.

1970년 5월 이 병은 미국 남부에 완전히 정착되었다. 그리고 전염의 북쪽으로는 이동에 적합한 날씨조건이 1970년 6월에서 8월 사이에 적어도 6번이나 있었다. 적도의 폭풍은 7월에 기류(氣流)를 멕시코만에서 Midwest로 이동시킨다. 'Race T'의 접종원이 옥수수 곡창지역의 중심에 도착했을 때 날씨 조건이 병원균의 식물체 침입 뿐만 아니라 병원균의 증식에도 매우 적합했다. 또한 재식된 옥수수의 85% 이상이 감수성이었던 까닭에 이 병은 엄청나게 대발생하였다. 이 병에 의한 감수(減收)는 남부 어떤 지역에서는 100%에 접근했고, 인디애나와 일리노이에서는 평균 20-30%에 이르렀다. 그러나 북부와 동부 어떤 지역에서는 減收가 거의 없었다. 추측이지만, 미국 옥수수의 15%, 量으로는 옥수수 2000 metric 톤, 값으로는 10억불의 손실로 평가되었다(Horsfall, 1972).

1970년의 破壞的인 이 病의 大發生 이후에 종묘 회사는 다음해 1971년을 위하여 Tms 방식이 아닌 옥수수 종자를 공급하기 위해서 가능한 한 많은 옥수수 품종들을 저항성 검정하였다. 1971년 봄에 보통 세포질(normal cytoplasm) 종자는 옥수수 재배면적의 25% 정도 밖에 심을 수 없는 양이었고, 보통 종자와 Tms 종자의 잡종 종자가 또 다시 40% 정도의 면적에 심겨질 수 밖에 없었다. *B. maydis*의 race T 계통은 미국 남부에서 월동했고 기후는 작물 생육의 초기의 병 진전에 적합했고 대부분의 지역에서도 병발생이 약간 있었다. 다행히 기후 조건이 전염원(傳染源)의 급속한 북쪽으로의 이동에 적합하지 않았으며, 날씨는 특이하게도 7,8월에 서늘했다. 그리하여 1970년의 넓은 지역에 걸친 파괴적인 대발생의 확산은 1971년에는 재현되지 않았다. 어쨌던 1970년의 대발생의 결과로, 우리는 비로소 주요 작물의 식물병에 대한 유전적 취약성(vulnerability)에 강한 의문을 갖게 되기 시작하였다.

7. 역사적인 식물병 대발생에 대한 고찰

앞서 설명한 6가지 식물병은 表 1에 나타난 수많은 식물병의 일부분일 뿐이다. Large(1940), Carefoot and Sprott(1967), Klinkowski(1970), Horfall and Cowling (1978), 등은 중요하고도 역사적인 식물병 대발생의 연대기를 기록했다.

인류는 이러한 몇가지 식물병의 대발생을 통해 무참한 변고(變故)를 치루었다; 아일랜드의 감자 역병이나 실론에서 커피녹병의 경우에는 무지한 상태에서, 아니면 1970년 옥수수 깨씨무늬병의 경우처럼 과거의 교훈을 배우는데 게을리한 것에서, 맥각과 맥각중독증의 경우처럼 인류는 완전히 무식한 희생자였거나, 적어도 밤나무 동고병의 경우에는 그저 무지한 구경꾼 밖에 되지 못했다. 과거의 파괴적인 식물병의 예로부터 얻어낸 역사적, 사회적 경험 덕택으로 이들 식물병들에 대한 다양한 환경적·생물학적 정보와 지식을 얻을 수 있었다. 그것이 바로 우리들에게 미래의 식물병을 예방할 수 있는 정보와 대처방안을 알게 해 준다. 이러한 생물학적, 환경적 지식과 그 이해를 통해 얻은 원리와 실천이 비단 한 농장에서 뿐만 아니라, 지역, 나라, 세계에 걸쳐 이 식물병들에 더 현명하게 대처해 갈 수 있게 해 줄 것이다. 이것이야말로 식물병 역학이 추구하는 모든 것이다.

식물병 역학의 발전

식물병 역학(Plant Disease Epidemiology)은 1960년대까지만해도 식물병리학의 분과학문으로 인식되지 않았다. 많은 요인들이 식물 병역학의 발전을 유도했는데 그중에서도 이 분야가 하나의 學問으로서의 발전에 큰 촉매 역할을 한 것은 1963년 J. E. Vanderplank의 "植物病的 發生과 防除" (Plant Diseases; Epidemics and Control)이라는 책의 출판이었다. 그것은 적당한 시기에 나타난 올바른 책이었기에 새로운 과학의 초점으로 부각되었다. 식물병역학 발전에 공헌했던 사람들과 그 업적은 표 2에 요약하였다. 식물병 역학에 대한 최근의 역사를 알아 보기 전에, 식물병 역학의 초창기 단계에 대해서 간략하게나마 재 조명할 필요가 있다. Zadoks와 Kosten(1976)은 이 분야에 대해서 핵심적으로 언급하고 있다.

表 1. 세계적인 주요 식물병 대발생의 기록(Some major epidemics of plant diseases)

연도	식물병 大發生과 그 여파(Epidemic and consequence)
857	최초의 麥角 症勢 報告: 라인(협곡)에서 수천명 死亡.
1039	프랑스에서의 麥角 症勢: 성 안토니우스 종단의 사제들에 의해 치유되었다는 기록.
1722	아스트라칸에서 麥角症勢: 러시아 피터 大帝의 패배
1845-1846	아이랜드 감자역병: 감자 饑饉으로 100백만이 餓死 혹은 그로 인한 질병으로 사망.
1845-1860	영국과 프랑스에서 포도 흰가루병: 경제적 손실과 북미에서 <i>Phylloxera</i> 나무이 導入되는 契機.
1882-1885	프랑스에서 포도 노균병: 경제적 손실 및 보르도액 발명
1870-1880	실론에서 커피 녹병: 경제 손실 및 영국인 들의 홍차 翫食
1904-present	북미(동북) 밤나무 동고병: 미국의 주요 산림 수종인 밤나무 枯死로 인한 경제손실.
1913	피지섬 시가토가 峽谷에서 바나나(<i>Gros Michaels</i> 품종)에 잎 반점병 만연으로 인한 경제손실.
1915-1923	Costarica, Panama, Colombia,
1930-1935	Guatemala 등에서 바나나의 파나마(Panama) 병 발생으로 경제손실
1916-1917	독일에서의 감자역병: 국민들의 식량부족, 1차세계대전에서 독일군 사기저하, 전쟁 패배.
1930-present	미국에서 느릅나무 마름병(Dutch elm disease): 가로수 나무들이 많은 地域에서 죽음.
1942-1943	벵갈에서의 벼 깨씨무늬병(Leaf blight of rice): (도열병?) Bengal famine: 饑饉으로 200만명 餓死.
1951	프랑스 Pont-St-Esprit에서 맥각중독: 4명 사망, 32명 미침, 많은 사람이 幻覺經驗.
1970	옥수수 깨씨무늬병: 미국에서 발생 옥수수 生産 15% 減少.
1977-1978	Ethiopia에서 麥角 중독증 발생.
1979-1980	담배노균병(Blue mold of tobacco): 미국 동부지역과 캐나다에서 發生

1. 學問의 이름(學術用語) 문제

"疫學(epidemiology)은 集團的인 植物病에 관한 學問(the science of disease in populations)이다"(Vanderplank, 1968). 집단에 관한 사항은 식물의 집단을 의미한다. 의학이나 수의학에서 말하는 역학에서는 인간과 동물의 집단을 의미한다. 식물병역학의 많은 전문 학술용어들은 이러한 인접 학문에서 빌려온 것이다.

Epidemic 이란 단어는 고대 희랍의 현인이며 의학의 시조이자 그리이스 에게海 Cos섬의 승양받았던 의사인 히포크라테스[Hippocrates(460-380B.C)]가 처음 사용했다(Jones, 1972). 그리스어 형용사로 "사람들에 사이에 있는 것(what is among the people)"이라는 뜻이다. *Epidemic* 이란 용어는 Ramazini에 의해 식물병과 관련된 어떤 논문에서 1691년에 사용되었고, 1728년 Duhamel의 보고서에서도 사용되었다. Unger는 식물전염병(epidemics of plants)에 대하여 독일어로 *Epi-phytozie*라는 용어로 소개하였다. Unger의 책은 1976년 Zadoks와 Koster에 의해 번역되었는데, Unger는 독일어로 인간의 질병에 대해서는 "epidemics"로, 동물의 경우 "epizootics", 식물의 경우 "epiphytotics" 라는 용어를 사용해야 된다고 하였다. Von Martius는 1842년에 *Fusarium spp.*에 의

한 감자 건부병(potato dry rot)에 관한 논문 제목에서 "epidemics"란 용어를 사용했다. 이 용어는 비중은 다르지만 K hn(1858), Von Tubeuf(1895), Ward(1901) 등의 교과서에서도 나타나 있다. Ward(1901)의 고전적 교과서에는 '植物病의 發生 要因들'(the factors of an epidemics)에 대한 내용이 책의 한 章으로 들어 있다. 1900년대 이후에는 "epidemic" 이란 말이 더욱 자주 등장한다.

表 2. 植物病疫學의 발전과 그 里程碑(Selected landmarks in the development of plant disease epidemiology)

年度	學問先驅者들의 주요 研究업적과 주요 Event
1728	H. L Duhamel de Monceau: saffron선인장의 'Death'病的 感染性(contagious epidemics) 記述,
1833	Franz Unger: 植物病發生(plant disease epidemics)에 'Epiphytozie' 用語 사용.
1858	Julius Kühn: 최초의 植物病理學교과서에서 사람 및 가축의 전염병과 식물병의 전염에 대한 比較를 언급.
1901	Henry Marshall Ward: '植物의 病'(Disease in Plants)에서 "병의 전파와 大發生"(Spreading Disease and Epidemics)과 "大發生의 要因"(The Factors of an Epidemic)에 對한 章을 敘述.
1913	Lewis Ralph Jones: 植物病 進展에서 環境의 重要성 力說.
1946	Ernst Gäumann: "植物의 感染(Pflanzliche Intektionslehre)"이라는 教科書에서 植物 疫學을 強調, 植物病 發生要因의 數量化 및 감염고리(infection chains) 개념을 敘述
1960	Jonathan Edward Vanderplank: 植物病理學(Plant Pathology), 叢書 제3권(edited by J. G. Horsfall and A. E. Dimond)에 "植物病의 分析(Analyses of Epidemics)"이라는 한 章을 집필, 이 책의 다른 章에는 植物病 豫察, 傳染源-포텐셜(inoculum-potential), 飛散 孢子 등이 다른 集필자에의해 서술되어 있음.
1961	Phillip Harries Gregory: "空氣微生物學(Microbiology of the Atmosphere)" 간행.
1963	NATO高等學術研究모임(NATO-Advanced Study Institute) 주최: '菌類에 의한 植物病 疫學'(Epidemiology of Fungal pathogens), 프랑스 Pau에서 학술발표.
1963	Vanderplank: 진정한 現代的의미의 植物病疫學의 출발점이라고 評價되는 책인 "植物病의 發生과 防除(Plant Diseases: Epidemics and Control)" 刊行.
1966	최초의 植物病疫學심포지움 "植物病發生의 分析과 그 應用(Plant Disease Epidemics-Analysis and implication)." 이라는 주제로 미국식물병리학회에서 開催됨.
1968	제1회 國際植物病理學會(ICPP 런던회의)에서 "疫學(Epidemiology)" 分科(제6분과) 結成.
1969	Paul E. Waggoner and James G. Horsfall: 최초의 컴퓨터시뮬레이션 發病豫測模型 EP-IDEM 構築
1974	Jürgern Kranz: "植物病 發生의 數學的 分析과 모델링(Epidemics of Plant Diseases: Mathematical Analysis and Modelling)" 제1판 간행
1976	Raoul Robinsen가 "植物病系(Plant Pathosystems)" 간행
1979	Jan C. Zadok and Richard D. Schein: 疫學교과서 "植物病疫學과 植物病管理(Epidemiology and Plant Disease Management)" 간행
1989	Michael J. Jeger: "植物病發生의 理論(The Theory of Plant Disease Epidemics)" 간행.

*epidemiology*이란 말은 세 部分으로 구성된 하나의 조립어(組立語)이다: *epi*(upon) + *demio* (people) + *logy*(treatise)가 바로 그것이다. Zadoks와 Koster(1976)는 적어도 1873년 이래 이 용어가 의학(醫學)에서는 보편적으로 사용된 말이란 사실을 알아내었다(Parkin, 1873). Whetzel (1929)은 "epiphytotic" ("어떤 시간 및 공간에 걸쳐 식물군락(植物群落) 내 植物病 발생 強度의 변화"를 뜻할 때: the change in disease intensity in a population of plants over time and space)를 Unger가 처음 제안했듯이 계속 사용하면서, 이 용어는 식물병리학적으로 선점권(先占權)이 있으므로 이 표기로서 용어 사용해야한다고 주장하였다. 그런 이유로 그는 식물에 집단적으로 발생하는 식물병 연구분야를 *epiphytology*라고 하였다. 그러나 이 용어는 결국 식물병리학자들(Ryam과 Birch, 1978; Millar, 1978) 사이에 정당한 인정을 받지 못하고 또다시 이상하게 正定되어졌다. 마치 epidemic에서 epidemiology가 유래된 것 처럼 epiphytology가 되고 말았다. 우리는 여기서 epidemic과 epidemiology가 완전히 유사한 말이고 거기에 매우 적합한 용어라고 생각한다. 또 Vanderplank(1963)가 그의 책에서 제안한 것처럼, 이 말이 현재, 보편적으로 누구에게나 잘 통용되는 바, 식물병 역학을 의미하는 말(학술용어)로 Plant Disease Epidemiology를 사용할 것이다.

2. 學問의 出發과 그 發展動向 · 學會모임 · 研究者 및 學術出版

식물병리학(Phytopathology)은 19세기 후반까지 학문으로도 존재하지 않았다. 그것이 또 역학 쪽으로 발전하는 경향은 실제적으로 20세기까지는 없었다. 18세기에 이루어진 Duhamel의 연구는 식물병리학 혹은 역학의 발전에 뚜렷한 영향을 주지 않았더라도 어쨌든 언급할 가치가 있다. 그런데 여태껏 식물병리학의 초창기 선구자들은 아무도 그의 연구에 대해서 모르고 있었다. Z. C. Zadoks (Zadoks과 Koster, 1976)에 의해 처음으로 재발견된 후에서 그의 연구에 대해 현대 식물 병리학자들은 겨우 알게 된 것이다.

Duhamel(1728)은 "죽음"(death)이라고 불리우는 *Saffron*屬의 *crocus*(선인장)식물의 이 病을 疫學的인 관점에서 논했었다. 그는 그 원인 인자가 생물학적인 것이라고 밝혔으며(*Rhizoctonia violacea* 균에 의한 것임), 그것을 식물에서의 전염병으로 인식하고, 이 식물의 전염병을 동물의 전염병과 비교도 하였으며, 이 병들에 대한 방제 방법을 제시하였다. 그는 다음과 같이 썼다(as translated by J. C. Zadoks).

"나는 그것이(선인장) 우연히 내가 놓아둔 곳(화분)에서 병에 감염되어 피해를 입는 것을 보고 크다란 충격을 받았다. 그리고 일단 한번 병에 침입받은 식물은 다시 같은 種의 또 다른 식물들을 죽인다는 것을 알 수 있었다. 그런데 지금껏 어느 누가 이러한 현상, 즉 전염성식물병(contagious epidemics of plants)을 목격했던 말인가? 바로 *Saffron* 선인장의 bulb(구근)를 침입하여 병들게 했던 그것이 다른 이웃 구근을 또 병들게 하는 것, 그것은, 마치 동물의 경우 페스트가 바로 그런 것처럼, 갑자기 급속하게 번져 나가는 성격을 가지고 있는 것이었다".

어쨌든 이것은 여태껏 출판된 문헌 중 식물병 역학에 대한 첫 기록임에는 틀림없다(Zadoks and Koster, 1976). 그러나 이것은 학계에서 아무런 주목을 받지 못했고, 그래서 식물병의 기생성 병원설(寄生性 病原說)에 관한 거의 한 세기간의 논쟁(the debate on the parasitic origin of plant diseases)에도 아무런 영향도 주지 못했다.

식물병리학의 초창기인 1850년대에, 당시의 epidemics의 개념은 Julius Kühn(1858)의 식물병에

관한 역사상 최초의 교과서를 보면, 다음과 같이 예시되었다. "사람과 동물에서의 전염병이 갑자기 그리고 예측불허하게 나타나서 한 순간에 전지역에 퍼지며 파괴시켜 버리고, 그리고는, 서서히 소멸 되는데 식물의 전염병(plant epidemics)도 이와 마찬가지로." 이 개념은 1845년에서 1846년 사이에 북부유럽(아일랜드 포함)에서의 감자역병에서 목격된 것과 같이, 넓은 지역에 걸쳐 갑작스럽게 대발 생하여 나타난다는 것이었다. H. Marshall Ward가 1901년에 출판한 식물병 교과서, '植物의 病'(Diseases in Plants)에서 'epidemics'(大發生하는 植物病)에 관한 인식을 한층 더 고양시켰다. 식물 병의 생태학적 접근의 성격이 물론 배어 있는 "식물병과 그 대발생의 전파"(Spreading of Disease and Epidemics)와 "植物病 大發生의 要因들"(The Factors of an Epidemic)의 章들이 그 책에 들어 있다. 그는 다음과 같이 서술했다.

"농작물, 과수원, 정원, 혹은 산림에서, 어떤 기생체들이 이들 기주 식물에 심각하게 갑작스런 침입을 하여, 어떻게 그것이 대발생하는 식물병(an epidemic disease)으로서의 可恐할 특징을 갖게 되는지 알려고 할 때, 우리는 한 생물체와 다른 생물체간에, 혹은 이 두 생물 要因 사이에 이미 立證되어진 非生物的인 환경과 이들 生物體들 間에, 일련의 서로 복잡하게 뒤얽힌 關係의 實體를 발견하게 된다. 이로써 식물병의 원인은 어느 한 單一 因子만의 작용이 아니라는 結論을 이끌어 낼 수 있다."

식물병역학 발전의 또 다른 하나의 경향은 식물병 진전에 있어서 '환경역학의 강조'였다. 식물병에 대한 환경 영향의 중요성에 대한 첫 주창자였던 위스컨신 대학의 L. R. Jones 교수는 1913년에 다음과 같이 역설했다. "寄生體(병원균)의 病原性(virulence)도 물론 중요하지만, 이에 못지않게 寄主植物의 素因(predisposition)에 바로 영향을 주는 환경과의 관계도 매우 중요하다." Jones의 환경 효과에 대한 추구의 열정과 열기는 많은 可視的인 연구성과를 가져 왔고 그의 열기는 대단한 영향력이 있었다. 연구에 대한 열정과 그 성과(his enthusiasm and productivity)로 인해 1926년에 E. J. Butler는 다음과 같은 결론을 지을 수 밖에 없었다(in Keitt and Rand, 1946).

"식물병리학의 역사에는 세 가지 측면의 단계적인 시기가 있다. 첫 번째로는 병원균인 곰팡이(菌類)가 가장 중요했던 Debary의 단계였고, 두 번째로는 寄主(植物)가 가장 注目을 받았던 시기이고, 마지막으로 세 번째는 현시기의 단계로서, 식물병이란 환경의 영향을 받는 기주-기생자 간의 상호작용이라는 것이다. 현시기 단계의 선구자는 당연히 Jones 교수다."

환경에 대한 강조는 식물병에 대한 저항성 육종이 농업에 상당한 충격을 주기 시작할 무렵부터 이미 시작되었다. Gregor Mendel의 재발견에 뒤이어 10년내에 많은 식물병 저항성 품종이 육성되었다. 식물병 발병 환경에 대한 연구와 저항성품종 육종연구노력은 식물병리학 전체적으로 관련된 분야의 가장 적절하고('relavant'), 실용적인 연구의 측면에서 커다란 비중을 갖는 것이 되었다. 이때 '疫學 연구'(epidemiological studies)가 실용적이면서도 방제를 위한 식물병리학 연구에 가장 핵심적인 살아있는 정보를 제공해야 한다는 관점이 Blunck(1929년)의 논문 한 節에 이미 반영되어 있다:

"요즘들어 수년동안 서로 다른 背景을 가진 연구자들이 한결같이 강조해서 주장하는 것은 작물보호학 안에 있는 植物病 疫學的인 지식의 缺如(gap)이다. 특히 植物病 發病因子들(disease causing factors)의 돌발적인 대발생(outbreak)과 그 進行(course), 그리고 그것의 소멸 과정(decline)에 관한 연구가 꼭 필요한 것이다."

식물병리학 분야에서, 처음으로 포괄적이면서도 식물의 역학(botanical epidemiology)을 특별히 강조한 저술은 스위스의 Ernst Gäumann에 의해 쓰여진 "植物感染學講義(Pflanzliche Infektionslehre)"였다. 1946년 독일어로 출판되었고, 1950년에 영어로 번역되었다(Principle of Plant Infection). Gäumann은 각각의 식물병마다 나름대로의 고유한 특성(고유성)이 있음(the

uniqueness of each plant disease epidemics)을 강조했다. 그는 다음과 같이 썼다. "모든 식물병은 그 자체의 독특한 방식으로 발전하며 병의 성격도 변화한다. 즉 병이 퍼져서 악성이 되기도 하고 쇠퇴해서 완화되기도 한다. 각각의 식물병은 그 병 자체의 특이한 표현양식을 형성하는, 그 병 고유의 植物病 造型素(genius epidemicus: 혹은 병발생의 特異性을 만드는 것)를 가지고 있다."

植物病 造型素(genius epidemicus: 혹은 병발생의 特異性을 만드는 것): 만약 어떤 한 기주 식물 A에 B라는 병원균에 의해 C정도의 식물병발생(one epidemic)이 일어났는데, 그것과 동일한 기주 식물 A에 똑 같은 B병원균에 의해 일어났지만 前者와는 다른 樣相의 식물병발생(other epidemic) D가 일어났다면, 이들 C와 D를 分別할 수 있는 어떤 전형적 특징을 알 필요가 있다. 이것이 바로 植物病 造型素(genius epidemicus)인 것이다. 이들 C와 D의 성격과 그 차이를 구분하는 手段으로 Gäumann(1946)은 다음과 같은 9가지 조건을 열거 했는데 만약에 어떤 식물병이 발생하려면 이들 조건들이 동시에(simultaneously) 충족되어야 한다. 식물병 발생·성립의 조건들(the conditions for the establishment of an epidemic)은 다음과 같다.

寄主植物에 대한 부분으로는, 感受性식물 개체의 풍부한 공급이 필요한데, 이를 위한 조건은

- (1) 감수성 개체의 集積(accumulation)
- (2)기주의 感受性增大(병에 더 弱해짐: heightened disease proneness of hosts)
- (3)적절한 중간기주의 존재(appropriate alternate hosts)

病原體(pathogen) 부분으로는,

- (4) 높은 침입능력(high infective capacity)이 있어야 하며,

또한 높은 발병 포텐셜(high epidemic potential)이 있어야 하는데, 이를 위한 조건은

- (5) 침입력이 높은 병원체(an aggressive pathogen)의 존재
- (6) 높은 增殖 能力(high reproductive capacity)
- (7) 效率的인 전파 혹은 傳搬(efficient dispersal)
- (8) 병원균의 生長要求조건이 까다롭지 않을 것(unexacting growth requirements)

環境 부분으로는

- (9) 병원균 성장과 증식에 알맞은 氣候 條件

식물병 발생(epidemic)의 이들 성립조건들은 식물병의 여러 가지 발생 양상들의 조사와 구별(examing and classifying epidemics of plant diseases)을 위한 합리적인 근거를 마련해 준다. Gäumann은 또한 식물병의 있어서 감염사슬(感染環 infection chain)의 개념을 논했는데, 이개념은 식물병발생(epidemic)의 구성 요소를 이해하고 그것의 분석을 위한 기초를 제공한다.

Gäumann의 책에 의한 자극을 통해, 또한 "현대 컴퓨터의 발전"에 힘입어, 그리고 일부 식물병리학자들이 1950년대에 들어 수학, 통계학 그리고 생태학의 해박한 지식을 쌓아감에 따라, 計量的인 학문으로서의 식물병 역학이 서서히 모양세를 갖추기 시작하였다. 현대적 인 식물병 역학의 탄생은 J. G. Horfall과 A. E. Dimond에 의해 편집된 식물병리학 총서(Plant Pathology), 제3권의 남아프

리카의 J. E. Vanderplank에 관해 쓰여진 "식물병발생의 分析(Analysis of Epidemics)"란 章에서 이루어졌다. 이 章에서 그는 식물병 발생에 로그 數式(the logistic equation)을 적용하여 체계적으로 計量的인 접근(the quantitative approach)을 하고있다. 특히 이 3권에서 주로 집단적으로 진전되는 식물병에 대해서 다루었고, 그리고 병 진전을 記述하기 위해 數學을 처음으로 적용했다는 데서 큰 의미를 갖는다. 이 3권의 다른 章에서는 孢子傳搬(spore dispersal, Ingold, 1960; Schrödter, 1960)과 접종원 포텐셜(inoculum potential, Garrett, 1960) 및 식물병 예찰(disease forecasting, Waggoner, 1960)에 대해서 각각 논해졌다. 네델란드의 Zadoks(1961)는 밀의 쭈름병(yellow rust: 병원균 *Puccinia striiformis*)에 로그 數式(the logistic equation) 적용과, 병 잠복기의 可變의 길이(variable length)를 정확하게 하기 위한 圖式的 방법(a graphic method)을 처음으로 소개하였다. 1961년 영국의 P. H. Gregory는 空氣生物學의 이정표가 되는 책을 출판했다. 이 책(공기미생물학, The Microbiology of the Atmosphere)은 식물병 역학 특히 孢子傳搬 연구에 큰 寄與를 하였다. 다른 선구적인 연구들이 1960년 이전에도 있었지만, 그러나 이들은 거의 인용되지 않고 있으며, 計量的 식물병 역학의 발전에 거의 아무런 영향을 끼치지 못했다. 그러나 Gilligan(1985)은 식물병리학자들에게 큰 가치가 있는, 다른 분야에서의 이즈음의 주요한 진보(예로, 個體群 生態學 population dynamics, 등)를 알려 주고 있다.

量的 疫學(quantitative epidemiology)의 出發點的인 출판은 Vanderplank의 1963년의 '植物病發生과 그防除'(Plant Diseases: Epidemics and Control)라는 책이었다. 이 책은 식물병 발생에 대한 記述論的이면서도 아울러 量的인 측면을 포괄적으로 다룬 최초의 책이다(the first comprehensive treatment of the description and quantification of plant disease epidemics). 1960년에 발표할때는, 어떤 식물병 발생에만 적용하였던 로그 數式(the logistic equation)을 확장적으로 더 많은 다른 식물병들에 적용했을 뿐만 아니라, 또 指數函數的모델(the exponential model) 및 單分子모델(the monomolecular model)도 적용하였다. 그리고 또한 식물병 발병 분석의 이론적 틀(a theoretical framework for epidemis analysis)을 이 책에서 제시하기도 했다. 1965년, P. H. Gregory는 Vanderplank의 이 책을 리뷰하고서, 다음과 같이 썼다.

"이 책은 식물병리학의 역사에 하나의 크다란 里程碑(landmark)가 되었다. 이것은 최초의 조리있고 발전된 식물병 역학의 이론이라는 주목할 만한 知的 성취를 우리에게 주었다".

식물병 역학의 발전에 "식물병발생과 방제(Plant Diseases: Epidemics and Control)"가 核으로의 작용했지만, 다른 또 중요한 학술모임과 출판도 새로운 이론의 성장과 계속되는 발전을 위한 디딤돌 역할을 했다. 1963년 프랑스의 Pau에서 NATO高等學術研究모임(NATO-Advanced Study Institute)이 '菌類에 의한 植物病 疫學' (Epidemiology of Fungal pathogens)이라는 제목으로, 제 3회 국제생물기상학대회(3rd International Congress of Biometeorology)의 한 분과로써 개최되었다. 이 연구모임은 A. J. P. Oarf와 J. C. Zadoks이 후원하고, R. D. Schein과 J. M. Hirst에 의해 조직되어 14개국으로부터 초대된 40명의 참가자가 모여서 이루어졌는데 식물병 역학에 대한 생각(思考)과 연구를 촉발시켰다(Hirst, 1964). 그리고 이어서, 1971년에는 두 번째 NATO고등학술연구모임: "식물병 역학(Epidemiology of Plant Diseases)"이 개최되었다. 이 회의는 Zadoks와 Schein, Hirst 그리고 H. D. Frinking에 의해서 조직되어, 네델란드 Wageningen에서 5대륙, 24개국, 74명

이 참석하였다.

表 3. 植物病疫學 研究의 최근 25년동안의 主要(주로 叢書的 성격을 가진)學術業績(Recent collective works in plant disease epidemiology)

출판연도 Year of Publication	書 名 (Title)	편집자 Editor(s)
1974	Epidemics of Plant Diseases: Mathematical Analysis and Modeling (식물병 발병: 수학적 分析과 모델링)	J. Kranz
1977	The Genetic Basis of Epidemics in Agriculture (작물병의 遺傳學)	P. R. Day
1978	Plant Disease: An Advanced Treatise, Vol. 2: How Disease Develops in Populations (식물병 총서 제 2권은 "역학"을 다루고 있음)	J. G. Horsfall and E. B. Cowling
1978	Plant Disease Epidemiology (식물병 역학)	P. R. Scott and A. Bainbridge
1980	Comparative Epidemiology: A Tool for Better Disease Management (比較 疫學: 보다 나은 식물병 관리를 위하여)	J. Palti and J. Kranz
1983	Plant Virus Epidemiology: The Spread of Insect-borne Viruses (식물 바이러스병의 역학: 蟲媒 전염바이러스의 전파)	R. T. Plumb and J. M. Thresh
1985	Advances in Plant Pathology, Vol. 3: Mathematical Modeling of Crop Disease (식물병리학의 진보 제3권: 작물의 수학적 모델 특집)	C. A. Gilligan
1985	Plant Virus Epidemiology: Monitoring, Modeling, and Predicting Outbreaks (식물 바이러스병 역학: 병발생 조사, 모델링, 豫察)	G. D. McLean, R. G. Garrett, and W. G. Ruesink
1986	Plant Disease Epidemiology, Vol. 1: Population Dynamics and Management (식물병 역학 제1권 刊行: 개체군 동태 및 그 관리)	K. J. Leonard and W. E. Fry
1987	Populations of Plant Pathogens: Their Dynamics and Genetics (식물 병원균의 집단분석: 동태과악 및 유전분석)	M. S. Wolfe and C. E. Caten
1988	Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology (식물병 역학 試驗 방법론)	J. Kranz and J. Rotem
1989	Plant Disease Epidemiology, Vol. 2: Genetics, Resistance, and Management (식물병 역학 제2권 간행: 유전, 저항성, 식물병관리)	K. J. Leonard and W. E. Fry
1989	The Spatial Components of Plant Disease Epidemics (식물병 발생의 空間的 요인)	M. J. Jeger
1990	Epidemics of Plant Diseases: Mathematical Analysis and Modeling, 2nd ed. (식물병의 발병: 數學的 분석과 모델링)	J. Kranz

1979년, 세 번째의 국제적인 워크숍(workshop)이 S. P. Pennypacker와 C. H. Kingsolver에 의해서, 펜실베니아 주립대학과 메릴랜드의 식물병 연구소(Plant Disease Research Laboratory)에서 개최되었다. 8개국의 63명의 학자가 참가하여 Protection Ecology誌의 특별호(Vol.2, No.3, 1980)에 그 강연발표록이 실리게 되었다. 네번째 국제워크숍은 1983년 North Carolina의 Raleigh에서 개최되었는데 6개국 92명의 참가자가 참여했다. 이 워크숍은 C. L. Cambell과 R. I. Bruck에 의해서 North Carolina 주립대학의 植物病理學科가 주최하였다. 다섯번째 국제워크숍은 1986년에 이스라엘의 예루살렘에서 12개국 85명의 참가자에 의해 열렸다. 이스라엘 Volcani Centre의 작물보호 연구소(Institute of Plant Protection)에 의해 개최된 이 워크숍은 J. Rotem과 J. Palti에 의해 조직되었다. 이러한 워크숍들은 처음 개최될 때부터 지금까지, 식물병역학 분야의 주요 주제들과 식물병역학의 개척자에 대한 생생하고 깊이있는 토론과 포럼(forum)을 제공하여 왔다. 여기에 더불어, 식물병 역학분야의 토픽(topic)에 대한 많은 심포지움, 토론(discussion), 학술발표(demonstrations) 등이, 매 5년마다 열리는, 그리고 이미 다섯 차례 개최된 바 있는 국제식물병리학대회(International Congress of Plant Pathology)를 통해 이루어졌다(제1회 Lodon, 1968; 제2회 Minneapolis, 1973; 제3회 Munich, 1978; 제4회 Sydney, 1983; 제5회 Kyoto, 1988).

1963년 이래 급속하게 증가한 이 분야의 많은 학자들이 다시 식물병 역학에 의미있는 공헌을 제공하였다. 단지 25년의 시간만으로 이들의 공헌 내용과 그 영향들을 모두 헤아리기에는 어려운 면이 많다. 많은 특정 연구과제들과 출판물들이 최근의 식물병 역학 발전에 음으로 양으로 영향을 미쳤다. 식물병 진전과 그 전파, 및 식물병 예찰에 관한 Jan C. Zadoks과 그의 공동연구자들의 연구는 공기전염성 식물병에 관한 역학의 기초적 지식들의 증가에 엄청나게 기여했다. Ralph Baker와 그의 공동연구자들에 의한 토양병원균의 밀도와 병 사이의 관계에 관한 일련의 논문은 뿌리병을 포함한 토양전염성 식물병분야에서 첫 量的인 연구 노력의 시작이었다. 이후 이것은 토양 및 뿌리 전염병에 대한 많은 토론과 연구를 촉진시켰다. Jürgen Kranz는 식물병 역학의 필수 구성요소인 비교역학을 창시했다. 그의 분야에 관련된 연구는 모델링(modeling), 체계분석(system analysis), 및 식물병분석(epidemic analysis)분야에서 식물병 역학 선각자들을 모두 뒷전으로 내밀어 버렸다. Joseph Rotem과 그의 공동연구자들의 식물병에 대한 기상의 영향에 관한 연구는 식물병 역학의 이 분야의 발전에 필수적인 공헌을 했다. Kranz(1974a)에 의해 편집된 "植物病 發病: 數學的 分析과 모델링"(Epidemics of Plant Diseases: Matematical Analysis and Modeling)의 출판은 Vanderplank의 최초의 이론제시에 대한 논리적인 확장을 제공해서 1963년 이래로 식물병역학에 관한 첫 총서적 성격을 갖는 책이 되었다. 이론 바탕의 첫 교과서는 Zadoks과 R. D. Schein(1979)의 "식물병역학과 식물병 관리(Epidemiology and Plant Diseases Management)"인데 식물병 역학 교육에 또 하나의 이정표가 되었다. 그리고 식물병 역학 이론에 거의 독보적인 최초의 책은 M. J. Jeger에 의해 1989년에 처음으로 출판되었다.

현대 식물병 역학의 전망과 발달은 최근에 이 분야의 많은 연구물의 출판이 잘 대변해 주고 있다(表 3). 1963년에 Vanderplank의 이 분야 첫 책인 "植物病 分析과 防除(Plant Diseases: Epidemics and Control)" 이후, 四半世紀가 지나는 동안 식물 병리학의 새로운 분야가 동태되어 나옴

대로 발전하여 왔다. 현재에 있어서 "식물병 역학" 이아말로 식물병의 이해 및 식물병의 성공적인 관리(방제)를 위해서, 가장 중요한 활력을 주고 있고 가장 진보적인 자리에 있는 식물병리학 분야인 것이다.

참고문헌

- 강수웅·김희규. 1994. 1993년 경상남도지역의 벼도열병 다발생과 그 원인. 한국식물병리학회지 10: 78-82.
- 로빈 쿡(Robin Cook, 1995) (공정희 역, 1997). 소설 "울트라"(원제: Acceptable Risk). 열림 원.
- 박진규. 1995. 가슴으로 쓴 경북 농정사. 동양출판사
- 양창술(譯). 1980. 식물의 병. 전파과학사. 247 pp. [酒井隆太郎. 1976. 植物の病氣. 講談社. 東京. 韓國語本]
- 이은웅·박순직. 1978년도 도열병 대발생의 요인분석. 한국작물학회지 24(1): 1-10.
- 정후섭 등. 1995. 식물균병학 연구. 도서출판 한림원.
- 赤松誠一. 1983. 朝鮮民主主義人民共和國의 農業. 農業技術(1983년도): 271-276.
- 川田信一郎. 1983. 朝鮮民主主義人民共和國農業見聞記. 農業および園藝 58(1): 11-16.
- 山田昌雄·李銀鍾. 1978. 韓國における統一系イネ品種のいもち病罹病化. 植物防疫 32(6): 238-242
- 三浦宏一郎·徳増征二(譯). 1980. 菌類と人間. 共立出版, 東京. 249 pp. [Cooke, R. C. 1977. *Fungi, Man and his Environment*. Longman, London. 日譯本].
- 内藤秀樹. 1994. 平成5年(1993年)のいもち病多發要因の解析. 植物防疫 48(3): 93-97.
- Ainsworth, G. C. 1981. *Introduction to the History of Plant Pathology*. Cambridge Univ.Press, London. 315 pp.
- Campbell, C. L. and Madden, L. V. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley & Sons, New York. 532 pp.
- Carefoot, G. L. and Sprott, E. R. 1967. *Famine on the Wind*. Rand McNally, Chicago. 231 pp.
- Gilligan, C. A. 1985. Introduction. in "Advances in Plant Pathology. Vol. 3: Mathematical Modelling of Crop Disease" (C. A. Gilligan. ed.). Academic, London, pp. 1-10.
- Horsfall, J. G. and Cowling, E. B. 1978. Some epidemics man has known. in "Plant Disease" Vol. 2(J. G. Horsfall and E. B. Cowling. eds.). Academic, New York, pp. 17-32.
- Large, E. C. 1940. *The Advance of the Fungi*. Henry Holt, New York. 488 pp.
- Merrill, W. 1980. *Theory and Concepts of Plant Pathology(2nd ed.)*. Dept. of Plant Pathology, the Pennsylvania State University.
- Zadoks, J. C. and Koster, L. M. 1976. A historical survey of botanical epidemiology. A sketch of the development of ideas in ecological phytopathology. Meded. Land-bouwhoesch. Wageningen 76(12): 1-56.