

유기농 감자재배지에서 감자역병에 의한 병 진전 및 수량감소

류경열* · 지형진 · 최두희 · 천정욱¹ · 김종태¹ · 김병섭²농업과학기술원 친환경농업과, ¹고령지농업연구소 환경보전과, ²강릉대학교 응용생물과학과Disease Progress and Yield Loss of Potato Late Blight Caused by *Phytophthora infestans* in Organic Farming FieldsKyoung-Yul Ryu*, Hyeong-Jin Jee, Du-Hoi Choi, Jeong-Uk Cheon¹,
Jong-Tae Kim¹ and Byung-Sup Kim²

Organic Farming Technology Division, NIAST, RDA, Suwon 441-707, Korea

¹Lab. of Crop Protection, NIHA, RDA, Pyungchand 232-950, Korea²Dept. of Applied Plant Science, Kangneong National University, Gangneung 210-702, Korea

(Received on November 3, 2005)

Late blight of potato caused by *Phytophthora infestans* is one of the most destructive disease in organic farming as well as in the conventional cultivation in Korea. Incidence and progress of the disease largely depend on climatic conditions around the fields. However, the disease completely destroys whole leaves of the plant within two weeks in organic farming fields. While, potato leaves in conventional farming fields remain healthy for 5 weeks after the first symptom appearance, because fungicides were applied four times in average to control the disease. Area under disease progress curve (AUDPC) of organic farming fields ranged from 2314 to 2421 and quickly expanded compare to that of conventional farming fields. The tuber yield in the organic farming fields ranged from 0.96 ton per 10a to 1.5 ton per 10a, while it was 2.7 ton per 10a in conventional farming fields. Tuber yields were reduced to 42~63% by the infection of late blight and the reduction rate was closely related with the time of first occurrence of the disease in organic farming fields. Physiological races of the pathogen were diversified with R0,1,3,4,5,7,10,11 in organic farming fields at Hongchun area. Pathogen races were distributed with similar pattern at different areas of organic farming fields.

Keywords : Disease progress, Organic farming, *Phytophthora infestans*

감자가 재배되는 지역에서 가장 큰 피해를 유발하는 역병은 해마다 발생하며 엄청난 경제적 손실을 일으키고 있다. 전 세계적으로 감자역병에 의한 수량감소는 국제감자연구소 연구보고(2004)에 따르면 약 25억 달러에 이르며 이를 해결하기 위하여 다양한 약제와 품종이 개발되고 있지만 그 피해는 아직도 계속되고 있다.

감자 역병균은 원산지인 멕시코와 남미의 안데스 지역에서 발생하던 병원균이 다양한 경로를 통하여 감자 재배지에 확산되었으며 새로 정착한 지역에서 병원성이 강해지거나 방제약제에 대한 저항성이 급증하는 것으로 보고되었다(Zhang 등, 2005). 병원균은 유성생식형에 따라 교

배형 A1과 A2로 구분되며 1980년대 이전에는 감자재배지에서 분리되는 병원균이 A1교배형으로 알려져 있었으나 유럽에서 A2교배형이 존재한다는 보고가 있는 이후 병원성이 강하고 약제에 대한 저항성이 발달한 교배형 A2 분포가 확인되고 있다(Kim 등, 2000; Koh 등, 1994; Ryu 등, 2003).

최근까지 감자역병 저항성 품종은 병원균의 생리적인 특성에 민감하게 반응하는 저항성 유전자를 가지고 있는 육종재료를 도입하여 특이적인 저항성 반응을 촉진하였다. 그러나 병원균 특징에 대응하는 다양한 유전자원을 확보하지 못하는 경우 단일자 저항성에 유래한 품종은 저항성을 지속적으로 유지하지 못하고 쉽게 감수성으로 변화되기 때문에 지속 저항성을 유지할 수 있는 품종육성 전략이 필요하다(Derie와 Inglis, 2001; Peters 등, 1999).

병원균과 기주와의 상호작용에 있어 외부적인 투입에 의

*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0558, Fax) +82-31-290-0507

E-mail) kyryu@rda.go.kr

하여 병발생을 감소시키기 위해서는 환경보존 측면에서 한계가 있으며, 특히 자연 순환을 근간으로 경작이 이루어지는 유기농업에서는 큰 장벽에 마주하게 한다(Miller 등, 1998). 유기농업은 병해충을 관리하기 위하여 인공적 합성에 의한 화학물질의 사용을 배제하고 자연계에서 유래한 물질을 이용하기 때문에 일정량의 수량감소를 감수하지 않을 수 없는 현실에 있다. 최근 농업에서 농산물의 안정성과 환경보존 가치가 급증하면서 유기농업에 대한 관심이 상당히 커졌지만 농산물을 생산하는 과정에서 발생하는 병해충의 피해 및 그에 의한 수량감소에 대하여 연구가 부족한 실정이다. 따라서 유기농업 방식에 의하여 감자를 생산할 때 발생하는 병해충은 관행재배지와 비교할 때 어떠한 발생 특징이 있는지를 파악하여 그에 대한 관리대책을 수립하는 것은 친환경 유기농업을 위해서 매우 중요하다. 그리고 감자역병에 대한 지속저항성 품종육종 전략을 수립하는데 있어 유기농업 지역에서 수집한 병원균의 특성을 근거로 다양한 적응성을 평가하는데 활용하기 위하여 감자 주산지로 알려진 강원지역에서 얻어진 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료 및 감자재배. 본 실험에 사용한 감자 품종은 우리나라에서 재배면적이 가장 많은 보급종 ‘수미’와 ‘대서’를 이용하였고 4월 하순에 파종하고 약 110일 경과 후 수확하여 수량 및 병 발생을 조사하였다. 감자 재배는 강원도 고랭지에 적합한 작부방식과 농촌진흥청 감자재배 표준영농교본(2003)에 근거하여 관리하였다. 감자 유기재배는 농약과 비료를 사용하지 않고 돈분과 자가 제조 부숙 퇴비를 이용하여 토양유기물을 3.0% 이상 수준으로 조절하였고 비닐멀칭을 하였으며 재배 중에는 칼슘제와 목초액을 2회 살포하였다. 그러나 관행 재배구는 표준재배법에 따른 시비와 약제 살포를 하였으며, 약제는 파종 전·후에 토양해충, 진딧물과 잡초를 구제하기 위하여 사용하였고 파종 30일 이후에는 해충과 병 방제를 위하여 체계적으로 약제를 살포하였다.

병해충 발생 및 병반면적 진전조사. 병해충 발생조사는 정식하여 지상부에 감자가 출현한 이후 7주일 간격으로 수확기까지 병해충 발생을 조사하였다. 감자역병은 초발생이후 병징 진전 정도를 분석하고자 6주 동안 병반면적진전(AUDPC, Area Under Disease Progress Curve)을 동일포장에서 조사하였다. 감자역병 병징 진전도는 $AUDPC = \sum [(X_i + X_{i+1})/2](T_{i+1} - T_i)$ 에서 X_i 는 첫 번째 병반면적율, X_{i+1} 은 첫 번째 이후의 증가한 병반면적율, $T_{i+1} - T_i$ 은 두 조사 시점의 경과 일수를 말한다.

병원균의 생리형 판별. 병원균 생리형은 국제감자연구소에서 분양받은 판별품종 11개(R0~R11)를 실험에 사용하였다. 판별품종은 대부분 실험관 에서 보존 하고 있는 어

린 식물로 온도 습도가 조절되는 환경에 옮겨 심고 약 1주일 동안 경화하여 실험에 사용하였다. 그리고 균일한 실험결과를 얻기 위하여 정식한지 6~8주가 경과한 판별품종의 상위 4~6위에 해당하는 잎을 채취 하여 병원균을 접종하였다. 유기농 및 관행감자 재배지역에서 수집한 병든 식물에서 감자역병균 분리는 감자절편을 이용하여 활성이 높은 병원균을 분리하였고 생리형을 판별하기 위해 감자절편에서 충분한 유주자낭을 형성시켰다. 그 후 멸균 증류수를 이용하여 감자절편에 형성한 유주자낭을 회수하고 8점의 거어조로 균사 및 잔재물을 제거하였다. 그 후 milipore filter(pore size 20 μ m)를 이용하여 여과한 후 필터위에 남아 있는 유주자낭을 수거하여 병원균 생리형 판별을 위한 접종원으로 사용하였다. 접종원의 유주자낭 농도는 1.0×10^4 sporangia/m로 조절하여 물 한천배지에 놓여진 감자 잎 뒷면에 각각 10 μ l씩 접종하였다. 병원균이 접종된 감자 잎은 실온에서 24시간 동안 정지 배양한 후 표면이 위쪽으로 향하게 돌려놓은 다음 20°C 항온기에서 4일 동안 배양하였다. 그 후 감자잎 표면에 발생한 병원균 포자 발아 및 유주자낭 형성량을 광학현미경을 이용하여 조사하였고 이를 저항성 여부를 판단하는 지표로 사용하였다. 또한 병원균의 침입능력을 비교하기 위하여 관행재배와 유기재배 포장에서 분리한 병원균을 감자 잎에 접종하여 병원균의 포자형성여부를 비교하였고 동시에 괴경을 이용하여 병원균의 침입능력을 평가하였다.

결과 및 고찰

유기농 감자포장의 병해발생. 유기농 감자 재배지에서 발생하는 병해를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 감자에는 12개 병해가 발생하였으며 관행재배지에서 발생하는 병해 종류는 차이가 없었으나 발병율은 큰 차이가 있었다.

역병은 유기농 감자재배지에서 가장 심하게 발생하는 병이며, 일부포장에서는 발병주율 및 발병도가 100%에 도달할 만큼 극심하게 발생하였다(Fig. 1). 따라서 유기농 감자재배는 역병에 대한 다른 예방적 조치 없이 감자를 재배하는 것이 엄청난 수량 감소를 가져올 것으로 판단되었다. 유기농 감자 포장에서는 한 가지 병해가 발생하여 극심한 피해를 유발하면 감자의 지상부가 완전히 파괴되기 때문에 상대적으로 다른 병해충의 발생 기회가 감소하여 낮은 발병률을 보였다. 유기농 감자 재배지에는 발생 정도의 차이가 있지만 여러 병해가 발생하였고 특히 강원도의 대부분 감자재배지에서 발생하는 감자가루더덩이병의 발생이 1% 이하로 매우 낮은 발병률을 보였고 발병정도도 미약하였다(Kim 등, 2003). 이와 같이 토양전염성 병해 발생이 낮은 원인은 여러 가지 있겠으나 유기감자 재배농가는 해마다 포장을 바꿔서 감자를 재배하는 영농방식과 다양한 유기물을 투입하여 토양환경을 개선한 결과로 생각

된다. 감자가루더렁이병 발생은 저온, 다습한 조건에서 발생이 심하고 유기물의 함량이 낮은 경우 생육이 부진하여 다른 병해와 더불어 가루더렁이병 발생이 증가하는 것으

로 알려져 있어 본 실험에서 조사한 결과와도 유사하였다. 또한 국내에서 재배하는 감자는 감자가루더렁이병에 대하여 감수성 품종으로 알려져 있음에도 불구하고 유기

Table 1. Distribution of potato diseases in organic farming fields at Gangwon province

Disease (pathogen)	Incidence		Severity ^a
	Diseased plant (%)	Diseased tuber (%)	
Black scurf (<i>Rhizoctonia solani</i>)	1.0		0.2
Early blight (<i>Alternaria solani</i>)	0.5		0.1
Fusarium wilt (<i>Fusarium oxysporium</i>)	0.3~5.0		0.2
Late blight (<i>Phytophthora infestans</i>)	100		4.0
Pink rot (<i>Phytophthora erythroseptica</i>)	-	1.0	0.1
Sclerotinia rot (<i>Sclerotinia sclerotium</i>)	0.3		0.1
Powdery scab (<i>Spongospora subterranae</i>)	-	1.0	0.1
Common scab (<i>Streptomyces scabis</i>)	-	2.0	0.1
Soft rot (<i>Erwinia carotovora</i>)	0.3~5.0		0.5
Mosaic (PVY, PVX)	1~20		1.0
Leaf roll (PLRV)	2.0		0.1

^a0, No symptom; 1, 1~25% symptom area; 2, 26~50%; 3, 51~75%; 4, 76~100%.

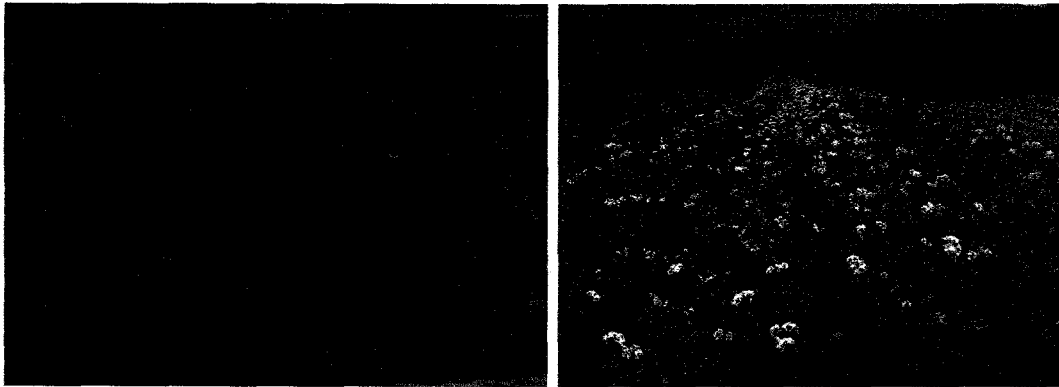


Fig. 1. Diseased potato in organic farm (left) and healthy potato in conventional farm (right). Most of potato leaves in diseased fields were blighted by *Phytophthora infestans*.

Table 2. Response of the differential hosts against *Phytophthora infestans* collected from different farming fields in Gangwon province

Differential host	Response of differential hosts ^a				
	Conv-1 ^b	Conv-2	Conv-3	Conv-4	Organic-1
R0	+(2)	++(1)	+(1)	+(1)	+(1)
R1	++(7)	++(3)	+++ (2)	+++ (2)	+++ (1)
R2	-	-	-	-	-
R3	-	+++ (1)	+++ (1)	+++ (2)	+++ (2)
R4	+(1)	+++ (3)	+++ (3)	+++ (1)	+++ (2)
R5	-	-	-	-	+(1)
R6	-	-	-	-	-
R7	-	+++ (1)	+++ (1)	+++ (1)	+++ (1)
R8	-	-	-	-	-
R9	-	-	-	-	-
R10	-	-	++ (1)	+++ (1)	+++ (1)
R11	-	+++ (1)	+++ (1)	+++ (2)	+++ (1)
No. race	3	6	7	7	8

^a-, No sporulation; +, Poorly sporulated; ++, Intermediately sporulated; +++, Vigorously sporulated.

^bConventional farm.

감자 재배지에서 발병율이 극심하지 않은 것은 효과적인 토양병해 관리를 위하여 고려해야 할 것으로 생각된다.

병원균 레이스 분포 비교. 감자재배지에서 분리한 역병원균의 레이스 분포를 분석한 결과(Table 2) 병원균 레이스 분포는 감자역병이 발생한 포장에서 분리한 10개 균주를 대상으로 병원균을 분석하였을 때 관행 재배와 유기농 재배지역간에 큰 차이가 없었으며, 6~8개 레이스가 동일 포장에서 분포하고 있었다. 그러나 다른 관행 재배포장에서는 3개 레이스만 존재하는 포장도 있어 레이스가 극단적으로 단순화되어 있었고 이는 병원균이 바람, 물 등에 따라 이동이 쉽게 이루어진다는 점에서 매우 특이한 경우라고 생각할 수 있다. 병원균 레이스는 기주에 대한 반응을 근거로 평가하는 것이지만 감자품종 간 저항성 반응이 차이가 없는 포장에서 병원균 레이스가 단순하게 존재하는 것은 감자역병 발생이 매우 극심하였음을 설명하는 것이다.

우리나라에서 감자역병원균 레이스 분포는 10개 레이스가 존재한다고 보고하였으며 그 이후는 레이스에 대한 보고가 없었다(Hahm 등, 1974). 병원균 레이스 10개가 존재한다는 것은 단일레이스가 다양한 분화를 거쳐 복합레이스로 변화하였거나 감자유전자원이 도입될 때 동시에 유입되는 것으로 판단할 수 있다. 그 당시 병원균은 주로 육종 포장에서 채집하여 레이스 판별에 이용하였다고 설명하고 있어 새로운 유전자원 도입과 같이 유입되었을 것으로 판단되었다. 최근에는 기상환경과 병원균의 기주가 되는 감자품종이 다양화됨에 따라 레이스가 더욱 복잡하게 분화하고 있음이 보고되었다(Derie와 Inglis, 2001). 그러므로 병원균 다양성은 판별기주를 4개 단일레이스와 12개 복합레이스를 조합하여 16개 레이스는 병원균의 다양성을 충분히 반영할 수 없어 새로운 단일레이스 7개를 추가하여 복합레이스를 고려하지 않고 11개 레이스로 판별하고 있다(Black 등, 1953). 병원균 레이스는 지속적으로 다양한 변화를 하고 있으므로 앞으로도 새로운 병원균 특성을 반영하는 판별기주는 개발되어야 이를 이용한 저항성 품종육성에 효율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

감자역병 침입에 따른 병반면적 진전도. 유기농 감자재배지에서 역병은 초 발생한 이후 병 진전을 분석한 결과(Table 3과 4) 감자역병은 초 발생한 이후 급속도로 진전하여 2주일 이내에 81.7~91.7% 지상부 잎이 대부분 고

Table 3. Disease progress of potato late blight in organic farming fields in Gangwon province

Location	Symptom area (%)				
	1wk ^a	2wk	3wk	4wk	5wk
Organic farm-1	5.6	88.0	100	100	100
Organic farm-2	8.3	91.7	100	100	100
Organic farm-3	8.0	81.7	95	100	100
Conventional farm	3.0	4.7	7.0	9.7	25.7

^a Weeks after disease appearance.

Table 4. Comparison of yield loss and AUDPC by potato late blight between organic and conventional farming fields

Location	Variety	Yield (ton/10a) ^a	AUDPC
Organic farm-1	Atlantic	1.01 (38%)	2383.5
Organic farm-2	Superior	0.96 (37%)	2421.0
Organic farm-3	Superior	1.50 (58%)	2314.0
Conventional farm	Superior	2.70 (100%)	268.0

^aPotato tubers were harvested at 110 days after plant in the fields.

사하였고 3주일이 경과하였을 때는 지상부의 잎은 낙엽이 되거나 시들어버렸으며, 그 후는 줄기만 남고 말라죽었다.

그러나 관행재배 감자는 감자역병이 발생한 2주일 이후에도 4.7% 병반면적을 보였고 3주일 경과 하였을 때에도 병반면적이 7.0%이었다(Table 3). 관행재배 감자는 역병 발생 예측결과에 따라 주기적으로 살균제를 처리하였기 때문에 병반면적은 크게 증가하지 않았으나 조사기간 동안 4회 살균제를 처리하고 그 이후는 어떤 처리를 하지 않았기 때문에 초 발생 이후 5주에는 병반면적이 크게 증가하였다. 그러나 감자는 파종 후 90일이 경과하면 노화가 시작되어 더 이상의 살균제 처리가 필요하지 않았다.

또한 감자역병 초 발생은 유기재배지와 관행재배지 사이에 차이가 없었으며, 대체로 파종 후 55~60일 사이에 지상부가 충실하게 성장하였을 때 발생하였다. 감자역병이 초 발생한 이후 시간경과에 따른 병반면적 증가를 표시하는 병반면적진전(AUDPC)은 유기농 감자재배지에서 크게 증가하여 2314.0~2421.0을 기록하였으나 관행재배지에서는 268.0으로 현저한 차이를 보였다. 병반면적 증가는 수량과 깊은 관계를 보였으며, 유기농 재배감자는 10a 당 0.96~1.50 톤을 생산하였는데 비하여 관행재배 감자는 2.70톤을 생산하여 42~62%의 감소율을 기록하였다(Table 4).

감자역병에 의한 수량감소는 병 발생시기와 초 발생 이후 기상조건에 따라 달라질 수 있으며 본 연구의 결과와 같이 파종 후 55~60일이 경과하였을 때를 근거로 고려한다면 초 발생이 빠르면 그에 의한 수량감소는 더 크게 증가할 것으로 판단되었다. 그러나 감자역병에 대하여 저항성 반응이 탁월한 품종은 병진전이 지연되거나 병징 발달이 억제되어 수량감소를 줄일 수 있으며, 농약 및 외부투입을 제한하는 유기농 감자재배에 시급하게 육종 및 보급되어야 할 것으로 생각되었다. 또한 감자역병 저항성 품종은 단일 저항성 인자에 의하여 지배되는 품종보다는 다양한 병원균 특성에 반응을 하는 다인자 저항성 품종이 지속성을 유지할 수 있을 것으로 판단되었다.

감자 괴경 및 잎에 대한 병원균의 침입능력. 병원균은 감자의 지상부와 지하부의 괴경에 침입하여 병 발생을 유발하기 때문에 병원균의 침입능력을 평가하기 위하여 다른 지역에서 분리한 병원균을 잎과 괴경에 접종하여 병 발생 정도를 분석하였다. 감자 지상부에 존재하는 잎에 대한

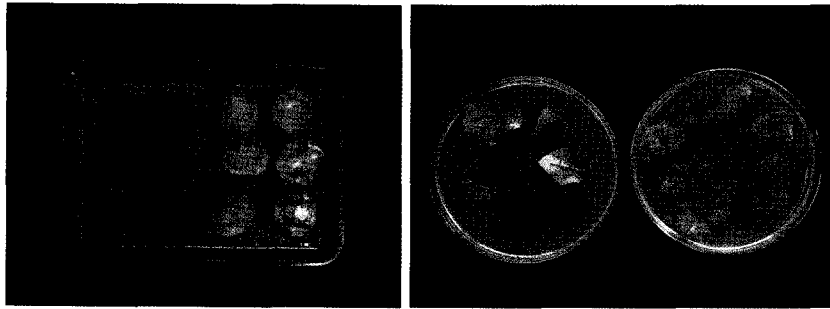


Fig. 2. Assay of sporulation on *Phytophthora infestans* to potato tuber (left) and foliar (right). The sporangia were abundantly produced on the tuber and foliar at 5 days after inoculation.

Table 5. Comparison of aggressiveness on tuber blight of the pathogen isolated from the conventional farming field

Variety	Aggressiveness		Response
	Whole tuber	Slice tuber	
Superior	4/6 ^a	6/6	Susceptible
Jopong	3/6	6/6	"
Atlantic	6/6	4/4	"
Shepody	5/9	6/6	"
Jashim	25/25	6/6	"
Irish cobbler	6/10	6/10	"

^aNo. of sporulated tuber/inoculated tuber.

저항성 반응은 포장 및 실내검정을 통하여 확인하고 품종의 저항성 반응을 평가하지만 괴경을 대상으로 한 실험은 없었다. 병원균은 감자절편에 10⁴ 유주자낭/ml로 접종하고 20°C에서 5일 동안 배양한 경우 대부분 괴경 절편은 특징적인 병징을 유발하고 대량의 유주자낭을 형성하였다 (Fig. 2). 그러나 괴경 절편에 접종한 병원균은 통감자에 접종하는 경우 병 발생에 차이가 없었다 (Table 5). 감자역병은 생육 후기에 강우나 과습한 조건에서 괴경을 심하게 부패시켜 포장에서 수확되지 않고 버려지게 하는 원인이 되며, 다음해의 전염원으로 작용할 가능성이 높다. 따라서 감자는 지상부와 지하부 모두가 역병에 저항성 반응을 보이는 품종육성이 필요하다고 생각된다.

한편, 감자품종별 동일균주에 대한 괴경의 반응을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 병원균을 접종하고 평가하는 방법은 괴경 실험과 동일하게 수행하였을 때 우리나라 장려품종의 반응은 모두 감수성 반응을 보였다. ‘조풍’ 품종은 감자역병 저항성 반응이 탁월한 품종으로 오랫동안 알려져 왔으나 최근에는 다른 품종들과 차이를 발견할 수 없이 감수성 반응을 보였다. 이는 그 동안 병원균이 다양한 요인에 의하여 변화되고 기주에 대한 침입능력이 강화된 결과로 판단된다.

병원균은 분리지역에 따라 약제에 대한 저항성, 교배형 분포 및 레이스가 다양하게 존재하는 특징이 있다 (Kim 등, 2000). 대부분 병원균은 강한 침입능력을 가지고 집중한

Table 6. Comparison of infectivity on foliar blight of the pathogen collected from different potato cultivation areas in Korea

Variety	Infectivity				
	Conv-1	Conv-2	Organic-1	Conv-3	Conv-4
Shapody	6/6 ^a	6/6	6/6	6/6	6/6
Chudong	6/6	6/6	6/6	6/6	5/6
Jashim	6/6	6/6	6/6	3/6	6/6
Jopong	0/6	0/6	5/6	6/6	6/6
Jaseo	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6
Irish cobbler	6/6	6/6	6/6	4/6	6/6
Atlantic	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6
Chubeak	3/6	3/6	4/6	0/6	0/6
Shinnamjack	6/6	6/6	6/6	5/6	6/6
Superior	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6
Gawon	6/6	6/6	5/6	6/6	6/6
Namseo	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6
Choweon	3/6	6/6	6/6	6/6	6/6

^aNo. of sporulated leaves/inoculated leaves.

앞에서 균사신장과 대량의 유주자낭을 형성하였다. 특히, 유기농 포장에서 분리한 감자 역병균은 실험에 사용한 13개 장려품종에서 전형적인 감자역병 증상이 발달하고 대량의 유주자낭을 형성하였다. 그러나 특이하게 두개 균주는 두개 지역에서 상반되는 결과를 보였다. 조풍은 오랫동안 우리나라 감자역병균에 대하여 저항성 반응을 보였던 것이었으나 대관령지역의 관행재배 감자포장에서 감수성 반응이 나타난 품종이다. 그러나 조풍은 남부 관행재배 지역의 병원균(Conv-1, 2)에 대하여 뚜렷한 저항성 반응을 보였으며 남부지역이 2기작용으로 육종되어 보급된 ‘추백’ 품종은 대관령지역의 병원균(Conv-4, 5)에 대하여 저항성 반응을 보였다 (Table 6).

감자역병균은 동일포장에서 여러 가지 레이스가 끊임없이 분리되기 때문에 현재에 나타난 저항성 반응이 얼마나 오랫동안 지속할지는 계속하여 모니터링을 하는 것이 필요하다. 병원균에 대한 기주의 저항성 반응은 변치 않는 것이 아니라 병원균과 기주가 환경조건에 따라 생리적인 특성이 변화되므로 동시에 그 반응도 변화될 것으로 판단

된다. 이런 결과는 감자품종 선택에 있어서 지역적인 병원균 분포를 고려하여야 함을 설명하고 그에 따른 병해충 관리 전략이 필요함을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

- Black, W., Mastenbroek, C., Mills, W. R. and Peterson, L. C. 1953. A proposal for an international nomenclature of races of *Phytophthora infestans* and of genes controlling immunity in *Solanum demissum* derivatives. *Euphytica* 2: 173-178.
- Derie, M. L. and Inglis, D. A. 2001. Persistence of complex virulences in populations of *Phytophthora infestans* in Western Washington. *Phytophthology* 91: 606-612.
- Hahm, Y. I. and Kang, E. H. 1974. Physiological races of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary at alpine area Korea during the period from 1971 to 1973. *Korean J. Pl. Prot.* 13: 227-231.
- International Potato Center. 2004. Annual report. Late blight-new development. pp. 9-13.
- Kim, B. S., Choi, J. H., Chun, W. H., Ryu, K. Y., Hahm, Y. L. and Lee, Y. S. 2000. Mating type and metalaxyl sensitivity of *Phytophthora infestans* isolated from Kangwon area in Korea. *Korean J. Pesticide Sci.* 4: 59-63.
- Kim, J. S., Ryu, K. Y., Kim J. T., Lee, Y. G. and Cheon, J. U. 2003. Occurrence of potato powdery scab caused by *Spongospora subterranea* in Korea. *Plant Pathol. J.* 19: 284-287.
- Koh, Y. J., Chung, H. J. and Fry, W. E. 1994. Changes in frequencies and distribution of A2 mating types and metalaxyl resistant isolates of *Phytophthora infestans* in Korea. *Korean J. Pl. Pathol.* 10: 92-98.
- Miller, J. S., Johnson, D. A. and Hamm, P. B. 1998. Aggressiveness of isolates of *P. infestans* from the Columbia Basin of Washington and Oregon. *Phytophthology* 88: 190-197.
- 농촌진흥청. 2003. 감자재배(표준영농교본-31). 331 pp.
- Peters, R. D., Platt, H. W., Hall, R. and Medina, M. 1999. Variation in aggressiveness of Canadian isolates of *Phytophthora infestans* as indicated by their relative abilities to cause potato tuber rot. *Plant Dis.* 83: 652-661.
- Ryu, K. Y., Lou, W. F., Yang, Y. L., Guo, L. Y., Guo, H. C., Wang, L. and Chen, H. R. 2003. Mating type, fungicide sensitivity and physiological race of *Phytophthora infestans* collected from Yunnan province. *Acta Phytopathologica Sinica* 33: 126-131.
- Zhang, X. Z., Ryu, K. Y., Kim, J. S., Cheon, J. U. and Kim B. S. 2005. Changes in the sensitivity to metalaxyl, dimethomorph and etaboxam of *Phytophthora infestans* in Korea. *Plant Pathol. J.* 21: 33-38.