농약과학회지 (Korean J. Pestic. Sci.)
Vol. 23, No. 4, pp. 371-378 (2019)
Open Access https://doi.org/10.7585/kjps.2019.23.4.371
ORIGINAL ARTICLES

Online ISSN 2287-2051
Print ISSN 1226-6183

20일 무를 이용한 감자 더뎅이병의 생물검정

김민정 · 심창기* · 김 주 · 고병구 · 윤지영 · 박종호 · 한은정
농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부 유기농업과

Bio-Assay for Potato Common Scab Disease using 20-Day Radish

Min-Jeong Kim, Chang-Ki Shim*, Ju Kim, Byeong-Gu Ko, Ji-Young Yoon, Jong-Ho Park and Eun-Jung Han
Organic Agriculture Division, National Academy of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 565-851, Korea

(Received on November 14, 2019. Revised on December 11, 2019. Accepted on December 12, 2019)

Abstract In order to improve a technique for the development of potato common scab bioassay, 20-day radish instead of potato was used to test the development of the disease in soils naturally infested with *Streptomyces scabies*. The soils of Jeju had higher pH, EC, organic matter, K, Ca, Mg, and other substitutional cations than those of Wonju. All of three radish varieties, Comet, Cherry One, and Modum reduced their fresh weight in the both diseased soil compared to the healthy soil. The shoot and root fresh weight of three radish varieties were decreased by 69.7~79.7% and 55.6~76.9%, respectively in the diseased soils in Jeju than that of Wonju. The disease incidence was more severe in the order of Cherry One, Modum, and Comet in both infested soil collected from Jeju and Wonju. Among the three varieties, Cherry One tested in the infested soil of Wonju showed 7.3% to 22% of disease incidence of common scab higher than that of Jeju. Comet varieties developed 0.7% to 6.6% lower in infested soils of Wonju than Jeju diseased soils. Thus, among the three radish varieties, the Cherry One and Comet varieties are highest disease incidence of common scab, while the Modum variety is lower disease incidence of common scab than two radish varieties. This bioassay based 20-day radish would be very effective in testing the pathogenicity and developing evaluation for the efficacy of environment-friendly agricultural materials for control of potato common scab.

Key words *Streptomyces scabies*, organic potato, 20 day radish, bioassay

서 론

감자(*Solanum tuberosum*)는 구황작물이며 세계적으로 중요한 4대 식량작물 중의 하나이다. 우리나라에서도 2018년 기준 식량작물 중 콩이 6만 2,826 ha, 고구마는 2만 1,941 ha이며, 다음으로 감자가 2만 1,994 ha로 많이 재배되고 있는 것으로 보고되었다(KOSIS, 2019).

우리나라에서 감자에 발생하는 병은 약 16종이 있는 것으로 보고되었다(KSPP, 2009). 그 중에서 감자 더뎅이병은 전 세계적으로 분포하는 토양 전염성 병원균인 *Streptomyces scabies*에 의해 발생한다(Lerat et al., 2009). *S. scabies*는 사상 형태의 그람 양성 세균으로 식물의 뿌리 또는 괴경에 더뎅이, 썩음 및 뿌리혹을 유발하는 것으로 보고된 바 있다(Stevenson et al., 2001).

감자는 우리나라에서 강원도와 제주도가 주산지로 환금작물로서 농업인들에게 주목을 받고 있기 때문에 매년 연작재배를 함으로써 토양전염성 병원균인 *S. scabies*에 의한 피해가 늘어나고 있는 실정이다(Hong et al., 2003; Kim et al., 1998). 제주도의 경우 가을감자 재배 시 더뎅이병 포장 발병률이 50%가 넘고 있어 상품율을 크게 떨어뜨리고 있어 문제가 더 심각하다(Hong et al., 1999).

*S. scabies*는 잡초 뿐만 아니라 다른 많은 뿌리작물의 다육 뿌리를 가해하는 것으로 보고되었다. 국내에서는 *S. scabies*에 의한 더뎅이병은 주로 감자에만 발생하는 것으로 보고되어 있으며 무에 대한 보고는 없다(KSPP, 2009). 그러

*Corresponding author
E-mail: ckshim@korea.kr

나 외국의 경우 *S. scabies*의 기주는 감자(*S. tuberosum*) 이외에 사탕무(*Beta vulgaris* var. *saccharifera*), 순무(*Brassica rapa*), 스웨덴 순무(*Brassica napus*), 무(*Raphanus sativus*), 당근(*Daucus carota*), 서양우엉(*Tragopogon porrifolius*) 및 양방풀 나물(*Pastinaca sativa*)을 가해하는 것으로 보고 되었다(Goyer and Beaulieu, 1997; Lerat et al., 2009; Loria et al., 2006). 더뎅이병균(*S. scabes*)은 여러가지 작물 중에서 무에 더 감수성이며 순무와 서양우엉도 토양 조건이 건조하거나 pH 6.0 이상일 경우, 매우 감수성인 것으로 보고되었다(Loria et al., 2006; Qingxiao et al., 2013).

유기농 감자재배 지역에서도 매년 감자 더뎅이병으로 인하여 경제적인 피해가 증가하고 있으나 효과적인 방제기술 개발이 미흡한 실정이다. 감자 더뎅이병은 토양전염성병으로 토양이나 식물의 잔재물에 살면서 지속적으로 기주 식물을 가해하고 땅속에 수년 동안 생존할 수 있기 때문에 방제하기가 어려운 병이다(Strand et al., 1992). 콩과 알파파로 윤작을 하면 심하게 발생하는 더뎅이병이 감소(Rich, 1993)하며, 3년에서 6년간 양파, 콩, 옥수수, 휴경의 윤작 체계로 운영을 한다면 감자 연작재배 지역에서보다 더뎅이병이 감소하는 것으로 보고되었다(Hooker, 1956). 감자 재배지에서 윤작의 기간과 감자 재배 빈도는 감자의 병 발생뿐만 아니라 토양의 질과도 관련이 있으며(Geels et al., 1986), 윤작으로 토양의 유용한 미생물 활성에 영향을 주고 토양 병원균의 밀도 감소에도 영향을 준다(Celetti et al., 1990). 유용 미생물인 *Bacillus amylioliquefaciens* ba03을 이용한 생물적 방제기술이 성공적으로 감자와 무의 더뎅이병을 방제할 수 있는 것으로 보고한 바 있다(Qingxiao et al., 2013).

본 연구는 감자 더뎅이병 생물검정 기술을 개발하고자 감자 대신에 20일 무를, 제주도와 강원도의 더뎅이병이 상습적으로 발생하는 포장의 토양에 심고, 더뎅이병 발병 정도를 비교함으로써 생물검정 재료로 활용이 가능한 지 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

공시작물 및 토양

본 시험에서 더뎅이병 시험재료로 사용할 감자를 대신하여 hybrid 무 품종인 20일 무는 아시아종묘㈜에서 판매하고 있는 품종인 '코메트(Comet)', '체리원(Cherry one)' 및 '모듬(Modum)' 등 총 세가지 품종을 사용하였다.

본 시험에서 사용한 토양은 강원도 원주시와 제주도 제주시의 감자 연작 재배 지에서 2018년에 봄감자와 가을감자를 재배할 때, 감자에 더뎅이병이 심하게 발생한 토양(severe), 중간 정도로 발생한 토양(moderate) 및 전혀 발생하지 않은 토양(healthy)을 각각 나누어 채취하고 각각의 토양을 시험토양으로 사용하였다.

공시토양의 화학성

본 시험에 공시한 제주지역과 원주지역의 감자 더뎅이병 발병 토양에 대한 pH, EC, 유기물 함량, 유효인산, 양이온 함량 등을 농촌진흥청 토양이화학분석법에 준하여 분석하였다(NIAST, 2010). 토양의 pH와 EC는 건조 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 측정하였고, 유기물은 Walkley-Black 법, 유효인산은 Bray. No-1법, 치환성 칼리, 칼슘, 마그네슘 등이 양이온은 1 N NH_4OAc (pH7.0) 침출법을 이용하여 분석하였다.

공시토양의 더뎅이병 밀도 조사

본 시험에 사용한 제주지역과 원주지역의 감자 더뎅이병 발병 토양의 *Streptomyces* sp.의 밀도를 검정하고자 Kim et al. (1998)의 방법을 변형하여 시험하였다. 제주와 원주지역에서 채취한 건조 토양으로부터 5 g을 개량하여 45 ml 살균수가 들어 있는 멸균된 250 ml 삼각플라스크에 넣고, 50°C 항온수조에서 1시간 동안 교반 하였다. 상등액을 취하여 평판희석법에 의해 10배 희석하여 NPPC Agar배지(nystatin 50 mg, polymixin B sulfate 5 mg, sodium penicillin-G 1 mg, cycloheximide 50 mg, Agar 20 g, 증류수 1,000 ml)에 도말하여 30°C 항온 배양기에서 7일 간 배양한 후 방선균 균총의 수를 조사하였다.

더뎅이병 생물검정

더뎅이병 발병 토양을 이용한 20일 무 품종 별 더뎅이병 발병 정도를 알아보고자 Comet, Cherry one 및 Modum 품종의 무 종자 10개씩을 3반복으로 제주와 원주 감자 더뎅이병 이병토양을 담은 화분(Ø300×250 mm)에 파종하였다. 파종 30일 후, 무 품종 별로 지상부와 지하부 생체중을 조사하였으며, 뿌리를 세척하여 더뎅이병 발병 정도는 정도를 조사하여, 다음과 같이 육안으로 더뎅이병 발병율을 계산하였다.

더뎅이병 발병괴경률 (%) = 발병 괴경수 / 총 조사 괴경수 ×100

무 더뎅이병 이병조직의 전자현미경 관찰

20일 무에 발생한 더뎅이병 이병조직의 원인 병원균의 형태와 발병 양상을 관찰하고자 Park et al. (2016)이 제시한 전자현미경 전처리 방법에 따라 시료를 처리하여 전자현미경으로 관찰하였다.

더뎅이병이 발생한 Comet, Cherry One 및 Modum 무의 조직을 5×5 mm^2의 크기로 잘라 2% glutaraldehyde를 포함한 0.05 M phosphate buffer solution (PBS; pH 7.2)에 담아 실온에서 2시간 동안 고정한 후, 2% osmium tetroxide로 4°C에서 2시간 동안 2차 고정한 후 멸균된 3차 증류수로 3회 세척하였다. 세척된 시료들은 ethanol 농도(10~100%)에

따른 단계별 처리를 통해 탈수를 하였다. 각 시료들은 critical point drier (CPD 030; BAL-Tec, CA, USA)를 사용하여 임계점에서 건조시킨 후 시료 표면을 금으로 코팅(~100 A)하였다. 코팅한 후 주사전자현미경(JSM-6700F; JEOL Ltd., Tokyo, Japan)을 통해 20 kV에서 처리구 당 3개의 시료의 더뎅이 병원균의 형태와 생육을 관찰하였다.

자료정리 및 통계처리

본 실험은 처리별로 3반복으로 진행하였으며, 수집된 자료의 정리는 MS-EXCEL 2010으로 하였으며 실험에서 얻어진 모든 자료들의 통계분석은 Statistical Analysis System (SAS release ver 9.1, 2004)의 General Linear Model (GLM) procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리구간에 대한 유의성은 5% 수준에서 DMRT 검정을 하였다.

결과 및 고찰

공시토양의 화학성 비교

시험에 공시한 토양의 이화학적 특성을 분석한 결과, 제주지역 토양은 원주지역 토양에 비해 유효인산 함량을 제외하고 pH, EC, 유기물 함량, 치환성 칼리, 칼슘, 마그네슘 등 양이온 함량이 높은 것으로 조사되었다(Table 1). 제주지역의 감자 더뎅이병 발병 토양의 pH 값과 EC 값은 8.4와 2.6으로 염기성 토양이면서 EC가 다소 높았고, 원주지역의 감자 더뎅이병 발병 토양의 pH 값과 EC 값은 6.1과 1.5로 산성 토양이면서 EC가 적정한 것으로 조사되었다(Table 1). 치환성 양이온 중 칼슘 함량이 제일 높게 조사되었는데 제주와 원주 토양의 칼슘 함량은 각각 19.8 cmol/kg, 3.3 cmol/kg으로 조사되었다(Table 1).

Lambert와 Manzer (1991)은 토양 pH가 높을 때, 토양 중의 Ca함량보다 표피에 Ca의 집적이 많은 괴경에서 더뎅이병이 발생이 많았다고 보고하였다. 또한 우리나라 감자재배 토양에는 알카리성 토양에서 감자 더뎅이병을 일으키는*S. scabies*와 산성토양에서 발병하는 *S. acidiscabiesrk*가 존재한다(Kim et al., 1998; Lambert et al., 2006).

본 실험의 결과로 미루어 볼 때, 시험에 공시한 제주토양과 원주토양은 화학적으로 차이가 있지만, 두 토양 모두 더뎅이병 발병 시험에 적합한 것으로 생각된다.

공시토양의 *Streptomyces scabies* 밀도 비교

본 시험에 사용한 제주지역과 원주지역의 감자 더뎅이병 발병 토양의 더뎅이 병원균(*Streptomyces* sp.)의 밀도를 NPPC배지에 도말하여 조사하였더니, 지역 간에 *Streptomyces* sp.의 밀도는 지역간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 1). 제주 지역과 원주 지역의 감자 더뎅이병이 심하게 걸린 토양의 *Streptomyces* sp.의 밀도는 각각 20.5×10^5

Table 1. Soil characteristics of Jeju and Wonju experimental field for organic potato farming

Locations	Subsoil characteristics	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av. P_2O_5 (mg/kg)	Ex. Cation (cmol+/kg)			EC
					K	Ca	Mg	
Jeju	Stony soil	8.4	45	77	0.68	19.8	2.4	2.6
Wonju	Stony soil	6.1	35	675	0.35	3.3	0.9	1.5

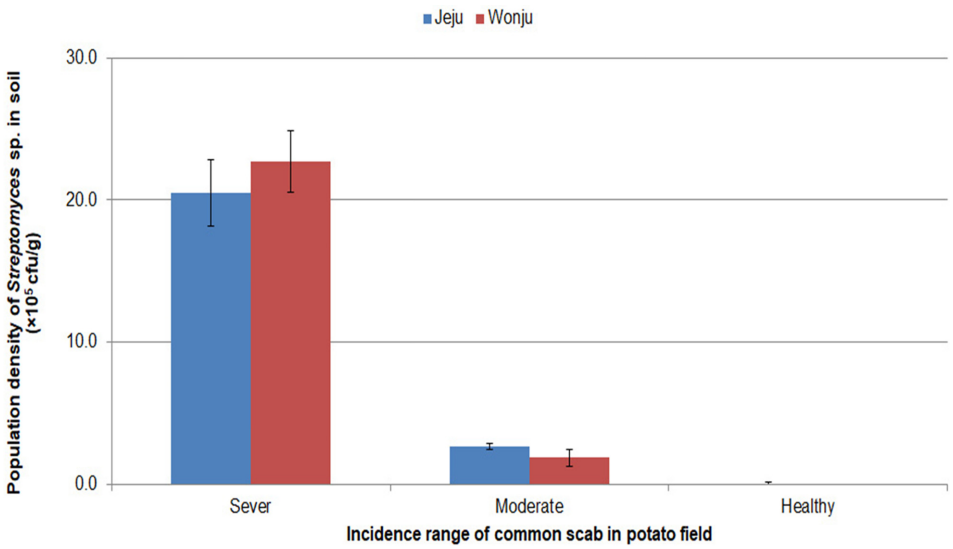

Fig. 1. Population density of *Streptomyces* sp. isolated from Jeju (A) and Wonju (B) healthy soil and severely and moderately infested soils with common scab disease.
Vertical bars labeled with means and standard error.

cfu/g, 22.7×10^5 cfu/g으로 원주지역의 토양이 *Streptomyces* sp.의 밀도가 조금 높은 경향을 보였다. 그러나 제주 지역과 원주 지역의 감자 더뎅이병이 중간 정도 걸린 토양의 *Streptomyces* sp.의 밀도는 2.3×10^5 cfu/g, 2.2×10^5 cfu/g으로 통계적인 유의 차는 보이지 않았다. 다만, 감자 더뎅이병이 심하게 걸린 토양과 중간 정도 걸린 토양의 *Streptomyces* sp.의 밀도는 평균 10배 정도 차이를 보였으며 건전한 토양에서는 전혀 두개 지역 모두 *Streptomyces* sp.의 균총이 나타나지 않았다(Fig. 1).

Ryan과 Kinkel (1997)은 감자 더뎅이병을 방제하기 위한 생물적 방제인자를 개발하기 위하여 인위적으로 감자 더뎅이병을 일으키기 위한 토양 내 *S. scabies*의 밀도는 2.63×10^5 ~ 4.1×10^6 cfu/g soil인 것으로 보고하였다. 본 연구에서 사용한 토양은 Ryan과 Kinkel (1997)이 보고한 밀도와 큰 차이를 보이지 않아 더뎅이병 시험을 위한 자연 발병 토양으로 충분할 것으로 생각된다.

더뎅이병 이병 토양에 따른 무 품종의 생육비교

2018년 봄감자와 가을감자를 재배하여 감자에 더뎅이병이 발생했던 토양에 더뎅이병 발병 정도에 따라 Comet, Cherry One, Modum 등 3개의 무 품종을 파종하고 30일 후, 무 품종 별 지상부와 지하부의 생체중을 조사하였더니, 무 품종 모두 건전토양에 비해 발병 토양에서 생체중이 감소하였다(Table 2, Fig. 2). 토양의 더뎅이병 발생 정도에 따른 무 품종의 생체중을 비교하였을 때, 원주지역의 건전 토양에서 재배한 무보다 제주지역의 건전 토양에서 재배한 무의 지상부와 지하부의 생체중이 각각 2.4~9.5%와 14.1~60.3%씩 증가하였다(Table 2, Fig. 2). 더뎅이병이 심하게 발생했던 원주지역의 발병토양에서는 제주지역의 발병토양보다 3개의 무 품종, 모두 지상부와 지하부의 생체중이 각각 69.7~79.7%와 55.6~76.9% 씩 감소했지만, 더뎅이병이 중간 정도로 발생했던 토양에서는 원주지역 토양보다 제주지역 토양에서 재배한 3개의 무 품종 모두에서 지상부와 지하부의 생체중이 각각 12.9~16.2%와 9.3~64.7% 감소하였다(Table 2, Fig. 2).

Richardson (1952)은 감자 더뎅이병은 괴경이 성장하면서 병징이 심해진다고 하였고 성숙한 괴경은 더 이상 병징이 심해지지 않는다고 하였다. 본 실험에서 더뎅이병 발병 토

Fig. 2. Growth Comparison of 20 day radish, Comet (CO), Cherry One (CH), and Modum (MO) cultivated in Jeju (A) and Wonju (B) healthy soil and severely and moderately infested soils with common scab disease.

Table 2. Growth Comparison of 20 day radish varieties, Comet, Cherry One, and Modum cultivated on soils infested with potato common scab disease in Jeju and Wonju

Soil	Common scab	Fresh weight of 20 day radish (g)					
		Comet		Cherry One		Modum	
		Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
Jeju	Severe	2.0 ± 1.2 c [a)]	0.3 ± 0.2 c	2.0 ± 1.7 c	0.4 ± 0.2 c	1.2 ± 0.3 c	0.3 ± 0.1 c
	moderate	8.1 ± 3.7 b	3.8 ± 1.5 b	6.2 ± 3.4 b	0.6 ± 1.2 b	5.7 ± 3.2 b	6.8 ± 3.9 b
	Healthy	12.7 ± 4.1 a	6.9 ± 1.6 a	10.7 ± 3.6 a	10.1 ± 2.3 a	8.4 ± 2.3 a	17.8 ± 2.4 a
Wonju	Severe	6.6 ± 2.6 c	1.3 ± 1.7 c	6.8 ± 2.9 c	0.9 ± 0.4 c	5.9 ± 1.8 c	1.0 ± 0.6 c
	moderate	9.3 ± 3.8 b	4.6 ± 2.8 b	7.3 ± 2.5 b	1.7 ± 0.2 b	6.8 ± 1.6 b	7.5 ± 3.3 b
	Healthy	11.6 ± 3.1 a	6.0 ± 1.4 a	9.6 ± 2.3 a	6.3 ± 3.4 a	8.2 ± 1.6 a	15.6 ± 2.4 a

[a)] Treatments with same letter in each column are not significantly different at the 0.05 probability level by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

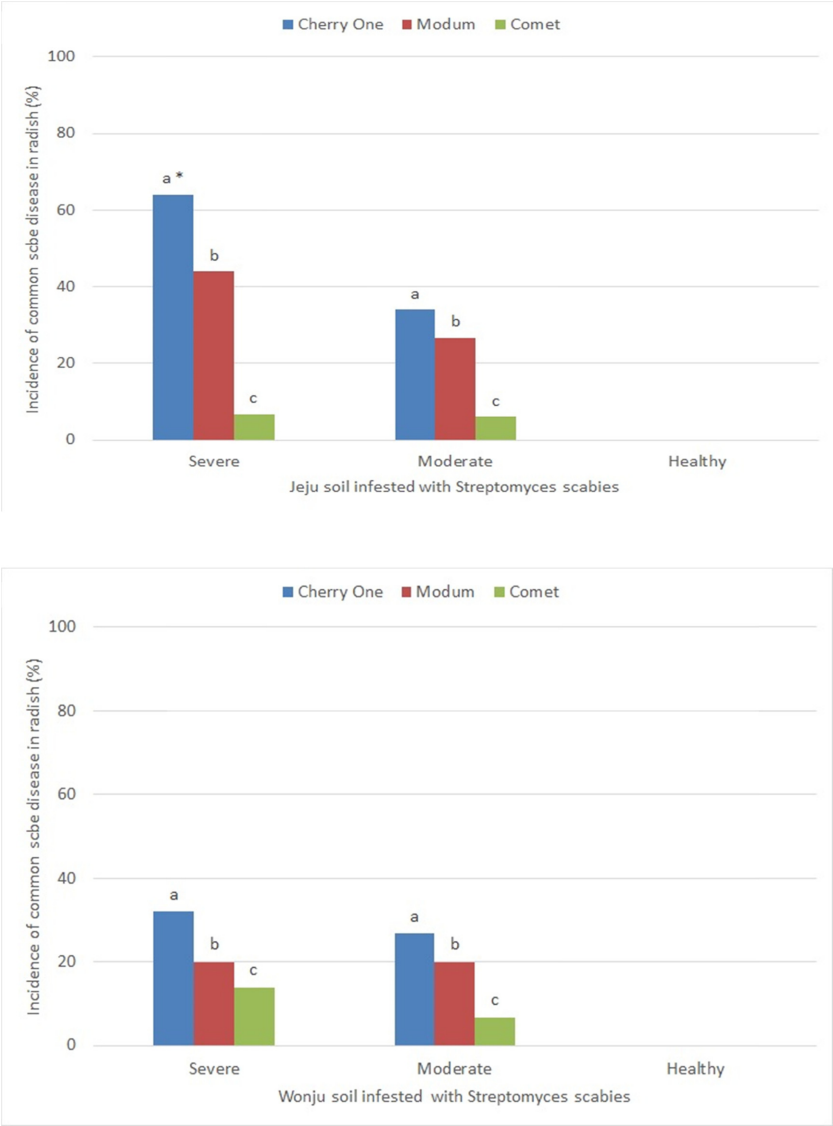

Fig. 3. The incidence of common scab disease of 20 day radish, Cherry One, Comet, and Modum in Jeju (A) and Gangwon (B) soil infested with potato common scab disease.
** Treatments with same letter in each column are not significantly different at the 0.05 probability level by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

양에서 무의 품종마다 생육의 차이를 보이는 것은 건전 토양의 무의 생육과 비교해 보았을 때, 토양의 이화학성의 차이도 있을 수 있으나 토양 중에 존재하는 *Streptomyces* sp.의 밀도를 추정해 볼 때, 무 품종별 생육에 가장 영향을 주는 것은 *Streptomyces* sp.에 의한 생육 감소가 원인인 것으로 생각된다.

무 품종에 따른 더뎅이병 발병정도 비교

제주와 원주지역에서 채취한 더뎅이병 발병 토양에 Comet, Cherry One, Modum 등 3개의 무 품종을 파종하고 30일 후, 무 품종별 더뎅이병 발병 정도를 조사하였더니, 2개 지역의 건전 토양에서는 3개의 무 품종이 모두 더뎅이병이 발생하지 않았으나, 발병 토양에서는 Cherry One > Modum > Comet 순으로 더뎅이병 발생이 심하였다(Fig. 3). 더뎅이병이 발생한 Cherry One무의 표면에는 정형적인 더뎅이병 병징인 황갈색이고 움푹패인 병반이 발생하였으며 움품패인 병반은 깊은 곳까지 어두운 색의 침몰이 이루어졌다(Fig. 4). 심하게 감염된 토양(severe)의 무의 뿌리의 경우 Fig. 2에서 보는 바와 같이 뿌리의 발육이 전혀 이루어지지 않았다. Lesile (2004)의 보고에서도 감수성인 20일 무의 경우 떡잎에 감염되어 식물체가 죽거나 뿌리의 발육이 억제되는 것으로 나타났다. 본 연구에서도 감수성인 무 품종의 경우 뿌리의 발육이 정상적인 무 보다 억제되는 것으로 동일한 결과를 보였다.

원주지역의 발병 토양에 파종한 Cherry One 품종은 제주지역의 발병 토양보다 7.3~22% 더 높게 더뎅이병이 발생하였다. 원주지역의 발병 토양에 파종한 Comet 품종은 제주지역의 발병 토양보다 0.7~6.6% 더 낮게 더뎅이병이 발생하였다(Fig. 3). 원주지역에서 더뎅이병이 심하게 발생한 발병 토양에 파종한 Modum 품종은 제주지역의 발병 토양보다 6.0% 더 낮게 더뎅이병이 발생하였다. 제주지역에서 감자 더뎅이병이 중간 정도 발생했던 발병 토양에 파종한 Modum 품종은 원주지역의 발병 토양보다 6.7% 더 높게 발병하였다(Fig. 3, Fig. 4). 제주지역의 감자 더뎅이병 발병이 심했던 발병 토양에서 Cherry One 품종은 54.0%의 더뎅이병 발병율을 보였으며 Modum과 Comet 품종은 각각 14.0%와 6.7%의 더뎅이병 발병율을 보였다(Fig. 3, Fig. 4).

따라서 3개의 무 품종 중, Cherry One과 Comet 품종은 감자 더뎅이병이 심하게 발생하였으나 Modum 품종은 Cherry One과 Comet 품종에 비해 더뎅이병 발생이 낮은 것으로 판단된다.

무 더뎅이병 이병조직의 전자현미경 관찰

Cherry One과 Comet, 2개 품종에 나타난 병징이 감자 더뎅이병을 일으키는 *S. scabies*에 의해 발생한 것인지 확인하고자 발병 조직을 0.2% glutaraldehyde용액에 고정한 후, 전자현미경으로 관찰하였다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 감수성인 Cherry one과 Comet 품종의 이병 조직(Fig. 4 A-D, B-E)에서는 *S. scabies*의 균사생육과 포장 형성이 왕성하여 심한 발병을 보인 반면 Modum품종의 병징(Fig. C-F)에서는 *S. scabies*의 균사생육과 포장 형성이 미약하여 발생이 적었던 것으로 나타났다.

Fig. 4. Scanning electron microscopic observation of *Streptomyces scabies* mycelia and spores on the common scab symptoms of thee varieties of 20-day radish, Cherry One ((A), (D)), Comet ((B), (C)), and Modum ((D), (F)) (×20,000).

제주도의 감자재배는 이모작이 많고 주로 감수성 품종인 대지가 재배되고 있어 더뎅이병이 대부분의 토양에 감염되어 있으며, 앞으로 더뎅이병의 발생은 더욱 확산될 것으로 예상한다(Kim, 1999; Hong et al., 2004). 또한 Hong et al. (2003)은 제주도 감자 더뎅이병 발병 조직으로부터 방선균을 분리하였더니 *S. scabies*, *Streptomyces turgidiscabies*, *Streptomyces scidiscabies* 등이 분리되었다. 따라서 3개의 무 품종에 더뎅이병을 일으킨 *Streptomyces* sp.에 대한 동정과 병리학적인 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것으로 생각한다.

국내에서는 아직 무에 대한 더뎅이병 발병에 대한 보고가 없으나(KSPP, 2019) 외국의 경우 오래 전부터 더뎅이병균(*S. scabes*)이 여러 가지 작물 중에서 무에 더 감수성이며 순무와 서양우엉도 토양 조건이 건조하거나 pH 6.0 이상일 경우, 매우 감수성인 것으로 보고되었다(Loria et al., 2006).

이상의 결과를 미루어 볼 때, 감자를 이용한 더뎅이병 방제기술의 개발은 시간이 많이 소요되고 때문에 반복적인 실험의 진행이 어려움으로 20일 무와 같이 재배 기간이 짧고 더뎅이병을 일으키는 *Streptomyces scabies*에 감수성인 작물을 이용하면 더뎅이병 방제용 농약이나 유기농업자재를 개발하기 위한 보다 신속하고 정확한 생물검정방법을 구축하는데 기여할 수 있을 것으로 생각한다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ01343301)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

Agrios, G. N. (2005) Plant Pathology. Academic Press.

Celetti, M. J., H. W. Johnston, J. Kimipinski, H. W. Platt and R. A. Martin (1990) Incidence of soil-borne plant pathogens isolated from barley and winter wheat and other crops in the rotation, on Prince Edward Island. Plant Pathol. 39(4):606-611.

Geels, F. P., J. G. Lamers, O. Hoekstra and B. Schippers (1986) Potato plant response to seed tuber bacterization in the field in various rotations. Nerterlands J. Plant Pathol. 92(6):257-272.

Hong, S. Y. (1999) Identification of *Streptomyces* spp. Causing potato scab and control of the disease. The thesis of master degree of Jeju University. pp. 34

Hong, S. Y., Y. K. Kang and Y. I. Hahm (2004) Effect of soil and tuber disinfection on potato common scan (*S. scbies*) in Jeju island conditions. Res. Plant Dis. 10(2):138-141.

Hong, S. Y., Y. K. Kang and Y. I. Hahm (2003) Development characteristics of potato common scab in Jeju island. Res. Plant Dis. 9(3):137-144.

Hooker, W. J. (1956) Survival of *Streptomyces scabies* in peat soil planted with various crop. Phytopathology 46:677-681.

Kim, J. S., D. H. Park, C. G. Lim, Y. C. Choi, Y. I Ham and W. D. Cho (1998) Potato common scabes by *Streptomyces turgidiscabies*. Plant Pathol. J. 14:551-554.

Kim, S. B. (1999) Studies on development of cultural practices of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in Cheju area. The thesis of Doctor's degree. Jeju University. p. 63.

Lambert, D. H. and F. E. Manzer (1991) Relationship of calcium to potato scab. Phytopathology 81(6):632-636.

Lambert, D. H., A. F. Reeves, R. W. Goth, G. S. Grounds and E. A. Giggie (2006) Relative susceptibility of potato varieties to *Streptomyces scabies* and *S. acidiscabies*. American J. Potato Research. 83(1):67-70.

Lerat, S., A. M. Simao-Beaunoir and C. Beaulieu (2009) Genetic and physiological determinants of *Streptomyces scabies* pathogenicity. Mol. Plant Pathol. 10(5):579-585.

Loria, R., J. Keres and M. Joshi (2006) Evoluation of plant pathogenicity in *Streptomyes*. Annu. Rev. Phytopathol. 44(1):469-487.

NIAST (2010) Methods of soil chemical analysis. National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Korea.

Park, J. S., M. A. Song and Y. C. Jeun (2016) Observation of growth inhibition of *Elsine fawcettii* on Satusuma mandarin leaves pre-treated with rhizobacterial strains by a scanning electron microscope. Res. Plant Dis. 22(1):1-8.

Qingxiao, M., E. H. Linda, D. Dave and J. H. Jianjun (2013) Managing scab diseases of potato and radish caused by *Streptomyces* spp. Using *Bacillus amyloliquefaciens* BAC03 and other biomaterials. Biological Control 67(3):373-379.

Rich, A. E. (1993) Potato disease. APSS. St. Paul, USA. pp.14-18.

Richardson, J. K. (1952) The influence of tuber development on scab infection in Katahdin potatoes. Phytopathology 42:297-298.

Ryanm, A. D. and L. L. Kinel (1997) Inoculum density and population dynamics of suppressive and pathogenic Streptomyces strains and their relationship to biological control of potato scab. Biolo. Con. 10(3):180-186.

Strand, L. S., P. A. Rude and J. K. Clack (1992) Integrated pest management for potato in the western United States, University of California, Division Agric. Nat. Res. Public. p.146.

Stevenson, W. R., R. Loria, G. D. Franc and D. P. Weingartner (2001) Compendium of potato disease. APS, St. Paul, USA. pp. 144.

The Korean Society of Plant Pathology (KSPP). (2009) List of plant disease in Korea. 5th (eds). Suwon, Korea. pp3-10 (in Korean).

20일 무를 이용한 감자 더뎅이병의 생물검정

김민정 · 심창기* · 김 주 · 고병구 · 윤지영 · 박종호 · 한은정
농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부 유기농업과

요 약 감자 더뎅이병 생물검정 기술을 개발하고자 감자 대신에 20일 무를 사용하여 감자 더뎅이병 상시 발병 토양에서 병 발생을 검정하였다. 시험에 공시한 제주지역의 토양은 원주지역의 토양에 비해 유효인산 함량을 제외하고 pH, EC, 유기물 함량, 칼리, 칼슘, 마그네슘 등 치환성 양이온 함량이 높았다. Comet, Cherry One, Modum 등 3개의 무 품종 모두 건전토양에 비해 이병토양에서 생체중이 감소하였다. 무 3품종의 지상부와 지하부 생체중은 원주지역의 이병토양보다 제주지역의 이병토양에서 각각 69.7~79.7%, 55.6~76.9% 감소하였다. 제주와 원주지역에서 채취한 더뎅이병 이병토양에서는 Cherry One > Comet > Modum 순으로 더뎅이병 발생이 심하였다. 원주지역의 발병 토양에 재배한 Cherry One 품종은 제주지역보다7.3~22% 더 높게 더뎅이병이 발생하였다. 원주지역의 발병 토양에 재배한 Comet 품종은 제주지역보다 0.7~6.6% 더 낮게 더뎅이병이 발생하였다. 따라서 3개의 무 품종 중, Cherry One과 Comet 품종은 감자 더뎅이병 발병이 높고 Modum 품종은 발병이 낮았다.

색인어 *Streptomyces scabes*, 유기농 감자, 20일 무, 생물검정