

## 토양개량제시용에 따른 화산회토양 감자 연작지 더덩이병 억제 효과\*

좌재호\*\* · 문두경\*\*\*\* · 고상욱\*\*\*\*\* · 손다니엘\*\*\*

### Effect of Applying Soil Amendments on Potato Scab Prevention in Volcanic Ash Soil with Continuous Cropping System

Joa, Jae-Ho · Moon, Doo-Kyung · Koh, Sang-wook · Son, Daniel

This study was conducted to select proper soil amendments in order to reduce the occurrence of potato scab and maintaining soil health by applications of dolomitic lime, sulfur, potassium sulfate, shell meal fertilizer, silicate fertilizer, lime nitrogen and ammonium sulfate fertilizer in different pH levels of volcanic ash soil with continuous cultivation of potato. In potassium sulfate-applied plot with a low soil pH, the incidence rate and disease severity of scab were lowest at 84.4% and 28.4%, respectively. Those were lowest among the treatments. Value of potato scab control was 12.3% and marketable yield of potato was highest at 93.2%. In lime nitrogen-applied plot (60 kg/10a), the incidence rate was low at 38.3%, and control value was 23.8% and marketable yield of potato was high at 66.3%. In relatively higher pH soils, the incidence rate of scab was lowest at 38.3% in the lime nitrogen-applied plot (60 kg/10a). Value of potato scab control was 23.8%, which was four times higher than that in sulfur-applied plot. Marketable yield of potato was highest at 66.3% in the lime nitrogen-applied plot. In the lime nitrogen plot infected with potato scab pathogen such as *S. acidiscabies* and *S. scabiei* were remarkably lower than other soil amendments at 2.5, 5, and 10 g/L concentrations of lime nitrogen using Glucose Yeast Malt (GYM) medium. In conclusion, this study suggests that potassium sulfate application in low pH soil (less than pH 5) and lime nitrogen application in relatively higher pH soil (more than pH 6) before potato seeding might be helpful to reduce the occurrence of potato scab.

---

\* 본 논문은 농촌진흥청 어젠다과제(과제번호: PJ007461)의 연구비지원으로 수행됨.

\*\* Corresponding author, 국립원예특작과학원 온난화대응농업연구센터(choa0313@korea.kr)

\*\*\* 국립원예특작과학원 온난화대응농업연구센터

\*\*\*\* 국립원예특작과학원 시설원예시험장

\*\*\*\*\* 국립원예특작과학원 과수과

Key words : lime nitrogen, potassium sulfate, potato scab, volcanic ash soil

## I. 서 론

감자는 제주지역 2위의 경제작물로 재배면적이 '10 기준 3,000 ha(17% 전국대비)가 되는데 오랜 기간 동안 연속으로 토양 양분의 불균형이 심하고, 더뎡이병과 역병 등 병해 발생으로 생산량과 품질이 저하되고 있어 지속가능한 작물생산 및 건전한 농경지를 유지하기 위한 대책이 요구되고 있다. 제주에서 감자는 대부분 화산회토양으로 분류되는 지역에서 봄, 가을 1년 2기작으로 생산되고 있다. 화산회토양은 흙이 가볍고 토심이 깊어(Song, 1990), 감자를 생산하기에 적당하여 많게는 20년 이상 연작이 이루어져 왔다. 감자 괴경 표면에 용기 또는 함몰형의 병반을 형성하는 더뎡이병은 감자의 괴경에 거칠고 코르크질을 형성하는 병으로 상품성을 낮춰 농가의 경제적 손실을 발생시킨다. 감자의 재배에 적합한 토양 산도는 pH 6.0~6.5가 적당하지만 더뎡이병을 일으키는 병원균은 *Streptomyces scabies*, *S. acidiscabies*, *S. turgidiscabies* 방선균에 의해 발생하는데(Kim et al., 1998; Lambert and Loria, 1989, 1989; Miyajima et al., 1998), 가장 널리 분포하는 *S. scabies*는 토양 pH가 증가함에 따라 발생이 증가하고, 토양 속에서 오랫동안 생존할 수 있다(Agrios, 2005). 감자 더뎡이병 경감 및 회피를 위한 방법으로 건전종서 사용, 윤작, 저항성 품종재배, 녹비작물 재배, 유황살포에 의한 토양 pH 낮추기 등이 제시되어 농가에서 활용되고 있다(Hong, 1999, 2001). Joa (2008)는 제주지역 감자 주산단지의 경작년수와 유황시용에 따른 수량, 품질 등을 조사한 결과 다년간 유황시용은 토양 산성화를 초래하기 때문에 pH 5.0 이하에서는 사용을 하지 않도록 하고 있다. 일본의 경우 화산회토양에서 수용성 알루미늄 함량이  $3 \text{ mg kg}^{-1}$  이상일 때는 더뎡이병 발생이 경감된다(Nanzyo, 2002)고 하였다.

감자 더뎡이병은 토양 전염성병으로 병원균이 토양이나 식물의 잔재물에 살면서 계속적으로 기주식물에 피해를 주는데 수년 동안 토양내에서 생존하는 것으로 알려져 있다(Strand et al., 1992). Kim (1999)은 제주지역은 봄, 가을 작형과 더뎡이병 이병성 품종인 대지의 재배면적이 많아 더뎡이병 발생이 많으며, Kim 등(1998)은 제주지역 감자재배지 토양에서 pH 4.0에서 생육이 가능한 *Streptomyces acidiscabies*에 대하여 보고한 바가 있다. 최근 시안아미드의 토양 살균과 제초 효과가 재평가 되고 있는데 석회질소는 사이안아미드화칼슘을 주성분으로 하는 질소비료로 토양의 살충이나 살균 효과가 있으며 토양의 산성을 중화시키는데 사용된다(Choi et al., 2013). 농경지에 투입되는 농자재 종류에 따라 산성 토양의 개량과 토양 병원균의 밀도 감소로 건전한 토양생태환경을 조성하여 토양의 건전성을 높일 수 있다.

본 시험은 화산회토양 감자 연작지 토양 pH 수준별로 유황, 석회질소 등 토양개량제를

이용하여 감자 더뎡이병 발생을 경감시키고 토양건전성을 유지하는데 적절한 대체농자재를 선발하고자 수행 하였다.

## II. 재료 및 방법

다년간 감자 재배를 한 농가(서귀포시 대정읍 상모리 소재) 중 유향처리로 pH가 낮은 토양과 높은 토양 두 곳에서 토양개량제와 화학비료 시비가 감자 더뎡이병 발생에 미치는 영향을 조사하였다. 시험토양은 흑색 화산회토로 배수성과 통기성이 좋으며, 토성은 미사질 함량이 80% 이상으로 많고 점토함량이 12% 이하인 미사질양토를 이용하였다. 2009년 봄에 장기간 유향사용으로 토양 pH가 산성인 화산회토양에서 더뎡이병에 감수성인 '대지'를 시험품종으로 하여 2월 23일 파종하여 백색필름 멀칭재배를 하였으며 농촌진흥청 표준재배법(농촌진흥청, 2003)에 준하여 재배하여 6월 3일 수확하였다. 토양개량제와 화학비료는 10 a당 석회고토 200 kg, 황산칼리 24 kg, 유향 50 kg, 패화석 150 kg, 패화석 300 kg, 규산질비료 150 kg 처리구와 무처리구를 두었으며 난괴법 3반복으로 감자를 65 cm × 25 cm 재식거리로 파종하였다. 재배전후 토양 pH, 상품율, 방제가 등을 농촌진흥청 표준방법에 준하여 조사하였다. 다년간 감자재배로 토양의 pH가 낮은 화산회토양에 2009년 가을감자 수확(11월 중순) 후 석회고토를 살포, 경운작업을 하여 휴경 후 토양 pH를 높인 다음 더뎡이병에 감수성 품종인 '대지'를 2010년 2월 25일 파종하여 백색필름 멀칭재배를 하였으며 농촌진흥청 표준재배법(농촌진흥청, 2003)에 준하여 재배하여 6월 7일 수확하였다. 2009년에 효과가 있는 토양개량제에 석회질소, 유안을 추가하여 시비량 수준별로 10 a당 유향 50 kg, 황산칼리 24 kg, 황산칼리 48 kg, 유안 48 kg, 석회질소 60 kg, 석회질소 120 kg 처리구와 무처리구를 두었으며 난괴법 3반복으로 감자를 65 cm × 25 cm 재식거리로 파종하였다.

### 1. 토양화학성

감자수확 후 토양의 질소, 유효인산, 중금속 함량 등은 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하여 분석하였다(NIAST, 2000). 토양 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 측정하였고, 유기물은 Walkley-Black법, 전 질소함량은 Kjeldahl법, 유효 인산은 Bray. No-1법, 치환성 칼리, 칼슘, 마그네슘 등의 양이온은 1N NH<sub>4</sub>OAc(pH 7.0) 침출법, 토양 중금속은 토양 10 g에 0.1 N HCl 50 mL를 넣고 30°C에서 1시간 동안 200 rpm으로 진탕 후 여과하여 ICP(Integra XL, GBC, Australia)를 이용하여 분석하였다.

## 2. 감자 더덩이병 발생 조사

감자 더덩이병의 발병률, 발병도, 방제효과는 다음 식을 적용하여 조사하였다. 수확 직후 각 처리구별로 80 g 이상의 괴경을 대상으로 괴경별 병반 면적률을 지수 0(병반 없음), 1(병반 면적률 0.1~5% 미만), 2(병반 면적률 5~10% 미만), 3(병반 면적률 10~20% 미만), 4(병반 면적률 20% 이상)로 구분하여 조사하였다. 이를 발병률(%), 병반형성 괴경 개수/총 괴경 개수 $\times$ 100), 발병도(%),  $(0n)+(1n)+(2n)+(3n)+(4n)/(\text{총 괴경 개수}\times 4)\times 100$ , n: 각 지수에 해당하는 괴경 개수, 상품률(%), 병반 면적률 0~2에 해당하는 괴경 무게/총 괴경 무게 $\times$ 100)로 산출하였다. 감자수량과 병 발생 정도, 방제가 등은 SAS Enterprise guide 4.2(SAS Inst., Cary, USA)를 이용하여 유의수준 5%에서 던컨다중범위 검정을 실시하였다.

## 3. 토양개량제별 더덩이병원균의 생장억제정도

농업유전자원센터(KACC)에서 분양받은 감자 더덩이병 2종(*Streptomyces acidiscabies*, *Streptomyces scabiei*)을 GYM(Glucose 4.0 g, Yeast extract 4.0 g, Malt extract 10.0 g, CaCO<sub>3</sub> 2.0 g, Agar 15.0 g, D.W. 1.0 L, pH 7.2) 배지에 유황, 석회질소, 유안, 황산칼륨이 2.5, 5, 10 g/L 포함된 고품배지를 조제 후 균주를 접종하여 30일간 25°C에서 배양 후 생장억제정도를 5반복 조사하여 평균값을 구하였다.

# Ⅲ. 결과 및 고찰

## 1. pH가 낮은 토양에서 감자 더덩이병 발생 경감 효과

오랜 기간 감자를 재배하면서 유황을 시용해온 농가토양에서 석회고토, 패화석, 규산질 비료 등 토양개량제와 황산칼륨 등 생리적 산성비료 시비가 토양의 질과 감자의 수량, 품질에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 봄

감자 시험 전 토양의 pH는 4.5-4.7로 강산성 토양이었고 시험 후 토양의 pH는 시험전과 비교하여 4.4-4.6으로 약간 낮아졌다(Table 1). 토양 총 질소, 유기물함량, 유효인산, 치환성 칼슘과 마그네슘 함량은 비슷한 경향을 보였으며, 토양의 수용성 Al함량은 처리간에 차이가 없었고 3 mg kg<sup>-1</sup> 내외였다. 시험 전(데이터 제시 안함)과 비교하여 유기물함량은 차이가 없었으나 질소, 유효인산, 치환성 칼슘과 마그네슘 함량은 증가하였으며 이는 시비된 질소, 인산, 칼리비료 성분으로 인한 것으로 보인다. 유기물함량이 높은 것은 화산회토양의 특성에 기인한 알루미늄이 결합된 난용성의 유기물 복합체가 형성되었기 때문으로 보인다

(Song, 1990). 토양개량효과가 큰 석회고토, 패화석, 규산질비료 처리구의 토양 pH는 감자 파종전과 수확 후 큰 변화가 없었다. 이는 100일 정도의 봄감자 재배기간 동안 사용된 토양 개량제들이 토양입자와 화학반응, 감자생육에 필요한 양분공급 등에 기인한 것으로 처리간에 차이를 보이지 않았다. 수확 후 패화석 처리구(300 kg/10a)가 치환성 칼슘과 마그네슘 함량이 다른 처리구에 비하여 낮았는데, 이는 토양 내에 축적된 황산이온과 화학반응에 의한 것으로 생각되며, 황산칼슘과 황산마그네슘 등의 황산염이 감자 생육에 영향을 주어 패화석 처리구(150 kg/10a)보다 수량이 감소한 것으로 보인다.

Table 1. Changes in chemical properties of potato-cultivated soil at 3 month after applying soil amendments and chemical fertilizers in volcanic ash soil with low pH

Treatment (kg/10a)	pH(1:5)		T-N* (%)	O.M. (g kg <sup>-1</sup> )	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Exch.cation (cmol+ kg <sup>-1</sup> )		Water soluble Al(mg kg <sup>-1</sup> )
	Before	After				Ca	Mg	
Control	4.6	4.4	0.41	91.3	165.4	6.2	2.3	3.3
Dolomitic lime 200	4.7	4.6	0.43	90.4	163.8	7.1	2.8	3.3
Potassium sulfate 24	4.5	4.4	0.39	91.8	163.7	7.6	3.4	2.7
Sulfur 50	4.6	4.4	0.41	90.2	132.2	5.2	2.2	3.5
Shell meal fertilizer 150	4.7	4.5	0.44	93.5	184.1	7.1	2.8	3.3
Shell meal fertilizer 300	4.7	4.5	0.44	92.9	121.5	5.5	1.8	3.7
Silicate fertilizer 150	4.6	4.5	0.42	91.7	150.1	6.3	2.4	3.4

\* T-N: Total nitrogen, O.M.: Organic matter, Exch. Cation: Exchangeable cation.

봄감자 생육을 조사한 결과 초장, 경장은 처리 간에 비슷하였으며 패화석 처리구(150 kg/10a)가 수량이 많았으나 처리간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2). 석회고토 처리구(200 kg/10a)는 더뎡이병 발병도가 72.9%로 높았으며 방제효과는 없었고 상품율은 34.8%로 가장 낮았다. 황산칼슘 처리구(24 kg/10a)는 더뎡이병 발병률이 84.4%, 발병도가 28.4%로 가장 낮았다. 더뎡이병 방제효과는 12.3%, 상품율은 93.2%로 다른 처리와 비교하여 가장 높았다. 유황 처리구(50 kg/10 a)는 더뎡이병 발병률이 94.4%, 발병도가 52.5%, 방제효과는 1.7%, 상품율은 63.1%를 보였다. 패화석과 규산질비료 처리구는 더뎡이병 발병률, 발병도, 방제효과가 처리간에 비슷한 경향을 나타냈다. 제주지역 감자재배 농가에서는 토양 pH를 조사하지 않고 주관적인 판단 하에 더뎡이병 방제를 위하여 유황을 사용하고 있으며 최대 봄, 가을 1년 2기작으로 160 kg/10a/년 사용하고 있고 수확 후 토양 pH는 4.5~4.9로 강산성을 나타냈으며 상품율은 60% 내외였다(Joa, 2008)고 보고한 결과와 일치하는 경향을 보

였다. 석회고토 처리구는 토양에 시용된 칼슘성분이 더뎡이병 병원균의 생장에 우호적인 환경을 주어 병 발생과 발병정도가 높은 것으로 생각된다. Hong(2001)은 감자 더뎡이병은 토양 pH가 높아질수록 발병이 증가하는 경향을 보였다고 하였다. 황산칼륨 처리구는 유황 처리구와 비교하여 더뎡이병 피해가 낮았고 상품률이 높게 나타나 pH가 낮은 토양에 유황 시용은 더뎡이병 발생경감에 효과가 없어 시용을 하지 않는 것이 좋다는 것을 시사하는 것으로 보인다. Joa(2008)는 감자 연작지 토양산성화로 휴경기 타작물재배가 어렵고 토양양분의 불균형이 심하며 호밀 녹비작물 생육이 장애를 받아 토양 pH 개선이 필요하다고 보고한 바 있다.

감자 더뎡이병 방제 효과가 인정되어 산성비료나 유황 등을 이용하여 토양 pH를 낮추는 방법(Doyale and Maclean, 1960; Duff et al., 1927; Muncie et al., 1944)이 제시되어 많이 이용되어 왔다. Kim et al.(2012)은 유황 처리시 토양 pH가 괴경 형성기 5.13에서 수확기 5.01로 낮아지고 감자 더뎡이병 발병도는 무처리 대비 22.8% 낮았으며 상품수량은 90.5%로 높았다고 하였다. 하지만 토양의 특성을 고려하지 않은 특정 농자재의 사용은 토양의 산성화와 양분의 순환에 제한을 가져와 지속가능한 작물재배를 어렵게 한다. 특히 Joa(2008)는 화산회토양은 물 빠짐이 좋아 토양에 유황처리하는 경우 시  $SO_4^{2-}$ 의 용탈로 지하수의 오염이 우려되고 후작물의 생육이 영향을 준다고 보고한 바 있다. 석회고토나 패화석, 규산질비료 시비는 더뎡이병 발생을 경감시키는 효과가 없었으며 이는 다년간 경작으로 토양에 더뎡이병 원균의 밀도가 높았기 때문으로 생각된다. Kim(1999)은 제주지역은 봄, 가을 작형과 더뎡이병 이병성 품종인 대지의 재배면적이 많아 더뎡이병 발생이 많다고 보고한 바 있다. 더뎡이병 저항성 품종의 재배를 통한 피해를 회피하는 것이 필요하다고 판단된다.

토양 pH와 수용성 알루미늄함량(Table 1), 감자 더뎡이병 발병정도(Table 2)를 분석해보면 감자 더뎡이병은 토양 pH가 낮고 수용성 Al 함량이  $3 \text{ mg kg}^{-1}$  이상 이면 발생이 감소한다(Nanzyo, 2002)는 보고와 다른 경향을 보였다. 이는 Song(1998)이 화산회토양은 알루미늄의 함량이 많고 알루미늄에 의한 독성으로 미생물의 활성이 낮다고 보고한 바 있는데 토양의 알루미늄함량보다 pH가 더뎡이병 발생에 영향을 많이 주는 것으로 생각된다. Kim 등(1998)은 제주지역 감자재배지 토양에서 pH 4.0에서 생육이 가능한 *Streptomyces acidiscabies*에 대하여 보고한 바 있어 더뎡이병 피해를 발생시키는 균주가 다양하게 존재하는 것으로 보인다. Hong (2001)은 감자의 괴경에서 분리한 *Streptomyces*속군 66균주를 조사한 결과 *Streptomyces scabies*, *S. turgidiscabies*, *S. acidiscabies*가 동정되었으며, 이들 균의 분리 비율은 각각 37.7%, 14.8%, 18.0% 였다고 하였다. 감자 더뎡이병 방제효과가 낮은 것은 더뎡이병원균이 다양하기 때문으로 생각된다. Agrios (2005)는 감자 더뎡이병원균 중 *S. scabies*는 토양 pH가 증가함에 따라 밀도가 증가하며 토양에서 오랫동안 생존한다고 보고한 바 있다.

Table 2. Potato growth characteristics and potato scab disease incidence as affected by the applications of soil amendments and chemical fertilizers in volcanic ash soil with low pH

Treatment (kg/10a)	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Total yield (kg/10a)	Disease incidence (%)	Disease severity (%)	Control value (%)	Marketable yield (%)
Control	48.3	68.4	2,423	96.0a	59.0a	-	54.2ab*
Dolomitic lime 200	49.4	69.3	2,174	97.7a	72.9a	-	34.8b
Potassium sulfate 24	48.1	66.4	2,244	84.4b	28.4b	12.3	93.2a
Sulfur 50	45.8	64.6	2,309	94.4a	52.5a	1.7	63.1ab
Shell meal fertilizer 150	49.1	70.2	2,635	92.0ab	54.2a	4.3	58.5ab
Shell meal fertilizer 300	44.9	64.9	2,348	95.1a	59.0a	0.9	52.4b
Silicate fertilizer 150	47.9	68.3	2,218	92.8ab	53.6a	3.4	50.2b

\* Means followed by the same letters within a column are not significantly different by Tukey's studentized range test at 5% level.

이상의 결과는 장기간 유허사용으로 토양 pH가 낮은 토양은 감자 파종 전에 pH를 조사하여 토양 pH가 5보다 낮으면 유허를 사용하지 않고 황산칼륨을 시비하면 더뎡이병 발생이 감소하고 토양의 산성화를 늦출 수 있을 것으로 기대된다. 추후 칼륨 단독 처리시 감자 더뎡이병 발생에 대하여 황산칼륨시비 효과와 비교 검토가 필요할 것으로 보인다.

## 2. pH가 높은 토양에서 감자 더뎡이병 발생 경감 효과

토양병해 방제와 개량효과가 있는 석회질소와 황산칼륨비료 수준별 감자 더뎡이병 방제 효과를 pH가 높은 농가 토양에서 수행하였다. 시험전 토양의 pH는 6.3~6.5로 비슷하였고 감자 수확 후 토양의 pH는 증가 하였으나 처리간에 비슷한 경향을 보였다(Table 3). 무처리, 유허, 황산칼륨, 유안 처리구에서 토양 pH 증가는 시험 전 토양에 처리된 다량의 석회고토에 의하여 처리된 농자재가 토양 중 석회고토에 의하여 중화된 것으로 보인다. Joa(2008)는 감자재배 농가 토양에 유허 처리량이 증가할수록 토양중  $\text{SO}_4^{2-}$  함량이 증가하고 토양 pH는 낮아졌다고 하였는데 유허, 황산칼륨과 유안에 포함된 황이온이 토양의 pH를 낮추는 역할을 하나 토양에 시비된 석회고토에 영향을 받아 토양 pH가 개선된 것으로 판단된다. 토양 총 질소 함량은 0.3% 정도로 낮았고, 유효인산함량은  $403.9\sim 511.4 \text{ mg kg}^{-1}$ 의 분포를 나타냈다. 치환성 칼륨( $2.1\sim 2.4 \text{ cmol+ kg}^{-1}$ ), 칼슘( $18.4\sim 19.2 \text{ cmol+ kg}^{-1}$ ), 마그네슘( $5.0\sim 5.4 \text{ cmol+}$

kg<sup>-1</sup>)함량은 높았으나 처리간에 비슷한 경향을 보였다. 황산칼륨과 석회질소 처리구가 무처리구와 비교하여 치환성 칼륨과 칼슘함량이 비슷한 것은 토양에 처리된 칼륨과 석회성분이 Table 4에 제시된 바와 같이 감자수량 증수에 이용되었기 때문으로 생각된다. 감자 수확 후 지상부의 엽중 무기성분 함량을 조사한 결과 질소성분은 석회질소와 유안 처리구가 높고, 칼륨은 무처리구가 황산칼륨 처리구와 비슷하거나 약간 높았으며, 칼슘함량은 무처리구가 가장 많았다(데이터 미 제시). 이는 토양에 처리된 황산칼륨과 석회질소가 작물생육에 이용되면서 일부는 작물재배기간 동안 강우 등의 요인에 의하여 심토층으로 이동한 것으로 추정된다. Kang 등(2001)은 화산회토양에서 옥수수과 감자의 시비처리에 따른 양분 흡수 및 용탈시험을 통하여 시비량이 많을수록 양분 용탈 가능성이 크고, 식물체내 N, Ca, Mg, K함량은 높아졌다고 보고 한바 있다. 화산회토양은 토양공극이 커 물빠짐이 좋은데, Han et al.(1999)은 화산회토양의 감귤원에 화학비료 시비량을 달리하여 처리하였을 때 표준시비량 3배 처리구는 무처리구 보다 질산태질소가 2.56 kg 10a<sup>-1</sup>이 용탈되었으며, 칼륨과 칼슘도 시비량이 증가할수록 용탈량이 증가하였다고 하였다. 추후 화산회토양에서 양이온 용탈 및 이동 등 토양 내 양분의 동태에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Table 3. Changes in chemical properties of potato-cultivated soil at 3 month after applying soil amendments and chemical fertilizers in volcanic ash soil with relatively higher pH

Treatment (kg/10a)	pH(1:5)		T-N* (%)	O.M. (g kg <sup>-1</sup> )	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Exch. cation (cmol+ kg <sup>-1</sup> )		
	Before	After				K	Ca	Mg
Control	6.3	7.0	0.28	71.8	511.4	2.3	18.9	5.3
Sulfur 50	6.3	6.7	0.28	74.4	405.1	2.2	18.4	5.1
Potassium sulfate 24	6.3	6.9	0.29	69.5	455.5	2.4	19.3	5.4
Potassium sulfate 48	6.6	7.2	0.27	73.5	505.1	2.3	18.8	5.0
Lime nitrogen 60	6.5	7.0	0.28	70.3	456.1	2.3	18.5	5.1
Lime nitrogen 120	6.3	6.9	0.28	77.0	432.2	2.1	18.7	5.1
Ammonium sulphate 48	6.4	6.8	0.30	74.7	403.8	2.1	19.2	5.0

\* T-N: Total nitrogen, O.M.: Organic matter, Exch. Cation: Exchangeable cation.

석회질소와 황산칼륨비료 등을 시비량을 달리하여 감자를 재배하였을 때 감자의 초장과 경장은 처리간에 유의성이 없었으며 비슷한 생육양상을 보였다(Table 4). 감자수량은 황산칼륨 처리구(48 kg/10a) 3,407 kg/10a, 석회질소 처리구(120 kg/10a) 3,321 kg/10a 순으로 많았



으며 유안 처리구는(48 kg/10a) 2,742 kg/10a으로 가장 낮았다. 더뎡이병 발병률은 처리간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 더뎡이병 발병정도는 석회질소 처리구(60 kg/10a) 38.3%로 가장 낮았고 유안 처리구(48 kg/10a)는 62.6%로 높았다. 방제효과는 석회질소 처리구(60 kg/10a) 23.8%로 유황 처리구 6.1% 보다 4배 이상 높았고 상품률은 66.3%로 가장 높게 나타났다. 석회질소는 토양과 혼합 처리 후 감자재배기간 동안 멀칭으로 훈증효과에 의하여 더뎡이병을 일으키는 병원균의 생장을 억제시킨 것으로 보이며, 감자 더뎡이병 발생경감 효과가 높았다. Choi 등(2013)은 석회질소를 이용하여 태양열 토양소독 후 양파를 재배하면 노균병 방제효과가 우수하다고 보고한 바 있다.

Table 4. Potato growth characteristics and potato scab disease incidence as affected by the applications of soil amendments and chemical fertilizers in volcanic ash soil with relatively higher pH

Treatment (kg/10a)	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Total yield (kg/10a)	Disease incidence (%)	Disease severity (%)	Control value (%)	Marketable yield (%)
Control	79.7	64.1	2,970ab*	71.4	51.1ab	-	55.4ab
Sulfur 50	76.0	61.0	3,096ab	65.8	45.9ab	6.1ab	58.9ab
Potassium sulfate 24	73.4	60.6	2,987ab	68.7	49.9ab	3.0ab	57.1ab
Potassium sulfate 48	74.6	60.0	3,407a	66.5	47.1ab	4.6ab	57.3ab
Lime nitrogen 60	82.8	65.8	3,184ab	55.8	38.3b	23.8a	66.3a
Lime nitrogen 120	85.0	72.0	3,321a	66.1	44.0ab	7.5ab	62.0ab
Ammonium sulphate 48	79.0	66.2	2,742b	80.6	62.6a	-	42.3b

\* Means followed by the same letters within a column are not significantly different by Tukey's studentized range test at 5% level.

이상의 결과 pH가 높은 토양에 봄감자 파종 전 토양 pH 개선과 병원균 밀도 감소 효과가 있는 석회질소를 60 kg/10a 시비 후 경운작업을 하여 감자를 재배하는 것도 좋을 것으로 생각된다. 하지만 석회질소의 지속적인 사용은(120 kg/년, 봄, 가을 연작) 토양 pH를 높일 수 있으므로 1~2년마다 토양 검사 후 pH가 6.0 이상이면 사용하지 않도록 하는 것이 필요하다. 금후 감자의 생육 적정 토양 pH와 건전한 토양환경을 유지하기 위하여 pH가 낮은 토양에 석회질소를, pH가 높은 토양에 황산칼륨을 처리하였을 때 감자 더뎡이병 방제효과와 수량에 미치는 영향에 대하여 추가 시험을 통하여 검토가 필요할 것으로 보인다.

감자 더뎡이병 병원균 *Streptomyces acidiscabies*, *Streptomyces scabiei*를 농도별로 제조된

GYM 고체배지에 접종 후 균주의 성장정도를 측정한 결과는 Fig. 1에 나타냈다. *Streptomyces acidiscabies*는 석회질소 2.5, 5 g/L, 10 g/L에 접종시 성장량은 다른 토양개량제 보다 상대적으로 억제되었다. *Streptomyces scabiei*도 비슷한 경향을 보였다. 이러한 결과는 감자재배시 석회질소 이용으로 토양 중 더듬이병원균의 성장을 억제 할 수 있다는 것을 시사한다. Lee and Park(2009)은 인삼의 입고병을 억제하기 위하여 훈증제로서 석회질소 시용량은 10,000 ppm이었다고 보고한 바 있다.

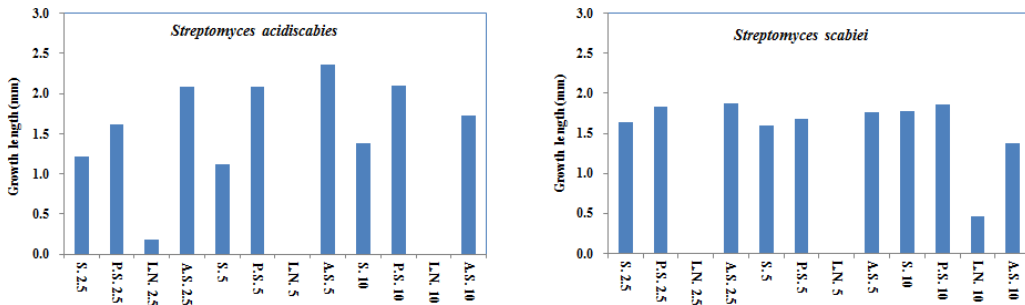


Fig. 1. Growth length of potato *S. scabiei* and *S. acidiscabies* pathogens as influenced by different rates of chemical fertilizer applications

#### IV. 적 요

화산회토양 감자 연작지 토양 pH 수준별로 고토석회, 유황, 황산칼륨, 패화석, 규산질비료, 석회질소, 유안비료를 이용하여 감자 더듬이병 발생을 경감시키고 토양건전성을 유지하는데 적절한 대체농자재를 선발하고자 수행하였다. 토양 pH가 낮은 황산칼륨 처리구(24 kg/10a)에서는 더듬이병 발병률이 84.4%, 발병도가 28.4%로 가장 낮았다. 방제효과는 12.3%, 상품율은 93.2%로 다른 처리구와 비교할 때 가장 높게 나타났다. 석회질소 처리구(60 kg/10a)가 발병도 38.3%로 낮았고 방제효과 23.8%, 상품율 66.3%로 높았다. 토양 pH가 높은 시험구 중 더듬이병 발병률은 석회질소 처리구(60 kg/10a)가 38.3%로 가장 낮았고 유안 처리구(48 kg/10a)는 62.6%로 높았다. 더듬이병 방제효과는 석회질소 처리구(60 kg/10a)에서 23.8%로 유황 처리구의 6.1% 보다 4배 이상, 상품율은 66.3%로 가장 높게 나타났다. 감자 더듬이병 병원균 *Streptomyces acidiscabies*과 *Streptomyces scabiei*를 석회질소 2.5, 5 g/L, 10 g/L에 접종시 성장량은 다른 토양개량제 보다 상대적으로 억제되었다. 결론적으로 감자 파종 전에 토양 pH가 5 이하이면 황산칼륨을, 6 이상이면 석회질소를 시비하면 더듬이병 발생을 경감시킬 수 있을 것으로 보인다.

[논문접수일 : 2014. 10. 2. 논문수정일 : 2014. 10. 22. 최종논문접수일 : 2014. 11. 4.]

## Reference

1. Kang, B. K., Y. M. Park, and Y. K. Kang. 2001. Nutrient uptake and leaching under different fertilizer treatment for corn and potato growth in volcanic ash soil. *Korean J. Crop Sci.* 46: 253-259
2. Choi, I. H., E. T. Lee, C. W. Kim, and E. J. Whang. 2013. Optimum soil incorporation treatment timing of calcium cyanamide to Downy mildew disease control before Onion planting time. *Korean J. Hort. Sci. Tech.* 31: 98.
3. Han, S. G., J. H. Joa, H. C. Lim, and H. N. Hyun. 1999. NO<sub>3</sub>-N and salinity monitoring of surface water in citrus orchard soil. JAES annual report.
4. Hong, S. Y. 2001. Developmental characteristics and control of potato common scab in Jeju island. Ph. D. Thesis. Cheju National University. Jeju, Korea.
5. Hong, S. Y. 1999. Identification of *streptomyces* spp. causing potato scab and control of the disease. M. S. Degree. Cheju National University. Jeju, Korea.
6. Hong, S. Y., H. S. Kang, D. H. Kim, S. H. Koh, and C. J. Moon. 2005. Studies on potato disease and pest control. JARES Annual report. pp. 783-790.
7. Joa, J. H. 2008. Studies on soil fertility management in potato cultivation of volcanic ash soil.
8. Kim J. S., G. Y. Ryu, Y. G. Lee, and J. W. Chun. 2005. Studies on control and occurrence ecology of potato powdery scab. NIHA Annual report. pp. 329-346.
9. Kim, J. S., D. H. Park, Y. C. Choi, C. K. Lim, S. Y. Hong, S. D. Lee, Y. I. Hahm, and W. D. Cho. 1998. Potato scab caused by *Streptomyces acidiscabies*. *Korean J. Plant Pathol.* 14: 689-692.
10. Kim, J. S., Y. G. Lee, M. Kwon, J. I. Kim, G. J. Lee, J. T. Lee, and J. S. Ryu. 2012. Control of common scab of potato caused by *Streptomyces* spp. by soil pH adjustment and crop rotation. *Res. Plant Dis.* 18: 117-122.
11. Kim, S. B. 1999. Studies on development of cultural practices of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in Cheju area. Ph.D. Thesis. Cheju National University. Jeju, Korea.
12. Klikocka, H., S. Haneklaus, E. Bloem, and E. Schnug. 2005. Influence of sulfur fertilization on infection of potato tubers with *Rhizoctonia solani* and *Streptomyces scabies*. *J. Plant Nutr.* 28: 819-833.

13. Lee, B. D. and H. Park. 2009. Effect of calcium cyanamide soil fumigation on sterilization of *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp., soil microbes and plant seed. *J. Ginseng Res.* 33: 139-142.
14. Lee, H. B., J. W. Cho, C. H. Lim, and C. J. Kim. 2004. Screening of antagonistic actinomycetes for potato scab control and isolation of antibiotic compound. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 47: 164-169.
15. Merz, U. and R. E. Falloon. 2009. Review: Powdery scab of potato-Increased knowledge of pathogen biology and disease epidemiology for effective disease management. *Potato Research* 52: 17-37.
16. Nanzyo, M. 2002. Unique properties of volcanic ash soils. *Glob. Environ. Res.* 6: 99-112.
17. NIAST. 2010. Methods of soil chemical analysis. National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Korea.
18. Soltani, N., K. L. Conn, P. A. Abbasi, and G. Lazarovits. 2002. Reduction of potato scab and verticillium wilt with ammonium lignosulfonate soil amendment in four Ontario potato fields. *Can. J. Plant Pathol.* 24: 332-339.
19. Song, K. C. 1990. Andic properties of major soils in Cheju island. Ph. D. Thesis. Seoul National University. Suwon, Korea.
20. 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.