

## 고구마 연작지에서 심토파쇄에 따른 고구마 생육 및 수량성 변화

이형운\*<sup>†</sup> · 정미남\*\* · 한선경\* · 안승현\*\* · 이준설\* · 양정욱\* · 송연상\*\*\* · 김재명\* · 남상식\* · 최인후\*

\*농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소, \*\*농촌진흥청 국립식량과학원, \*\*\*농촌진흥청

### Effect of Subsoiling on Growth and Yield of Sweetpotato in Continuous Sweetpotato Cropping Field

Hyeong-Un Lee\*<sup>†</sup>, Mi-Nam Chung\*\*, Seon-Kyeong Han\*, Seung-Hyun Ahn\*\*, Joon-Seol Lee\*, Jung-Wook Yang\*, Yeon-Sang Song\*\*\*, Jae-Myung Kim\*, Sang-Sik Nam\*, and In-Hu Choi\*

\*Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 533-834, Korea

\*\*National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 565-851, Korea

\*\*\*Rural Development Administration, Jeonju 560-500, Korea

**ABSTRACT** Storage root yield of sweetpotato was decreasing owing to continuous sweetpotato cropping, debasement of soil physical properties, increasing incidence of pest and disease. This study was conducted to evaluate the changes in physicochemical properties of the soil owing to subsoiling (subsoiling to 50 cm depth), and the effect on growth and yield of sweetpotato. The subsoiling treatments included subsoiling treated every year for two years, subsoiling in the first year, and no subsoiling control. The soil physical properties measured were bulk density, hardness, porosity, three phase. Bulk density, porosity, soil (%) of three phase were improved by subsoiling in topsoil and subsoil. Main vine length and vine yield in subsoiling soil were higher than those in no subsoiling soil, but those were not significantly different. Yield of marketable storage root in subsoiling soils treated every year for two years and treated in the first year was more increased 17% and 20% than no subsoiling soil, respectively. The number of marketable storage root per plant was also higher in subsoiling soils than no subsoiling soil, but it was not significantly different. Soluble solid contents and total free sugar contents of storage root of sweetpotato were not significantly different among the treatments. These results show that improving soil physical properties by subsoiling could promote high yield of marketable storage root in continuous sweetpotato cropping field.

**Keywords** : sweetpotato, continuous cropping, subsoiling, soil physicochemical properties, yield

**고구마**(*Ipomoea batatas* L. (Lam))는 메꽃과(Convolvulaceae)에 속하는 쌍떡잎식물이다. 고구마는 소비자들에게 무공해 건강식품으로 인식되면서 식사대용, 다이어트 식품으로 소비가 증가하고 있으며(Han, 2012), 국내 2012년 고구마 농업생산액이 5,296억 원으로(KOSIS, 2013) 식량작물 중에서도, 콩 다음으로 세 번째로서 고구마의 경제적 가치가 크게 상승하고 있다.

고구마의 단위면적당 생산량은 아시아 19.4 MT ha<sup>-1</sup>, 아프리카 5.1 MT ha<sup>-1</sup>이며 주요 고구마 생산국 중에서 단위면적당 생산량은 중국 21.1 MT ha<sup>-1</sup>, 일본 22.6 MT ha<sup>-1</sup>, 북한 13.4 MT ha<sup>-1</sup>, 인도네시아가 13.9 MT ha<sup>-1</sup>이었다(FAOSTAT, 2012). 국내 단위면적당 생산량은 2000년에 21.4 MT ha<sup>-1</sup> 이던 것이 2006년 이후로 꾸준히 감소하여 2011년과 2012년은 각각 14.2 MT ha<sup>-1</sup>, 14.9 MT ha<sup>-1</sup>으로 2000년 이후 단위면적당 생산량이 가장 낮았다(KOSIS, 2013).

대부분의 경우 경제성이 있는 작물 또는 근연작물을 동일한 장소에서 반복해서 재배하게 되는데 이로 인해 토양의 물리화학적 악화, 생물상의 획일화로 인한 토양병해의 발생은 연작장해의 주범으로서 그 피해는 더욱 악화될 가능성이 있다(Kim and Kim, 2002).

벼, 옥수수, 작약 등 여러 작물에서 심토파쇄, 심경 등 경운 방법을 통해 토양물리성이 개선되어 작물의 생육과 수량이 향상되었다는 연구결과가 최근까지 보고되고 있다(Kim et al., 2005; Yoo et al., 2006; Seo et al., 2012). 고구마의 경우 전업농 중심으로 수량 증대 및 품질 향상을 위해 고구

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-61-450-0141 (E-mail) leehu79@korea.kr

<Received 30 July, 2014; Revised 19 November 2014; Accepted 5 January 2015>

마 연작지에서 표토와 심토를 반전하는 심토반전 처리가 이루어지고 있으며, 심토반전이 수량 증대에도 효과가 있다고 보고되었다(Song *et al.*, 2012).

본 연구에서는 고구마 연작지에서의 연작 피해를 경감시키고자 트랙터 부착 크랭크형 심토파쇄기를 이용하여 심토파쇄 처리를 한 결과에 따른 토양의 물리화학적, 고구마의 생육 및 수량, 품질특성 등을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 공시품종

본 시험은 고구마 연작 토양에서 심토파쇄 처리에 의한 고구마의 연작 장애 경감 효과를 구명하기 위하여 전남 무안군 청계면 소재 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 내 고구마 연작 포장에서 2012년부터 2013년까지 2년간 수행되었다. 시험 품종은 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성한 신건미를 공시하였다. 시비는 고구마 묘를 본밭에 정식하기 1개월 전에 퇴비 1,000 kg 10a<sup>-1</sup>을 살포하여 로터리 경운을 하였고, 삼식 전에 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=5.5-6.3-15.6(kg 10a<sup>-1</sup>)을 전량 기비로 시용한 후 로터리 경운을 실시하였다. 고구마 묘의 본밭 삼식은 2013년 6월 3일에 휴간거리를 75 cm, 주간거리를 20 cm 간격으로 하여 시험구당 면적이 6 m<sup>2</sup>가 되도록 40주씩 삼식하였으며 고구마의 수확은 2013년 10월 23일에 하였다. 재배기간 동안의 평균기온은 24.1°C, 최고기온은 28.9°C, 최저기온은 20.1°C였으며, 유효적산온도는 2,028°C, 일조시수는 978시간, 강수량은 667 mm이었다(Table 1). 기타 일반적인 재배방법은 농촌진흥청 표준재배법에 준하였다.

### 심토파쇄

토양의 심토파쇄 처리는 퇴비와 비료를 시용하기 전에 로터리 부착 크랭크형 심토파쇄기(Bivanga, Selvatici사, Italia)를 이용하여 50 cm 깊이로 경운하였으며, 시험구는 2년간 매년 심토파쇄+로터리, 1년차 심토파쇄+로터리 후 2년차 관행 로터리, 2년간 관행 로터리 경운 세 처리를 분할집구 배치법 3반복으로 배치하였다.

### 토양 물리화학적

토양의 물리화학적은 농촌진흥청 표준분석법(NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다. 시험구별로 20 지점 이상의 토양을 채취하여 그늘에서 건조시킨 후 곱게 분쇄하여 2 mm 체에 거르고 실온에 보관하면서 토양 물리화학적 분석에 이용하였다. 토성은 비중계를 이용한 Hydrometer법으로 분석하였다. 용적밀도는 고구마 수확 전에 고구마가 심겨진 이랑을 1 m<sup>2</sup> (1×1 m) 넓이로 깊이 50 cm까지 판 후 이랑의 중간 부위 표토 2~3 cm 정도를 걷어낸 후 0~15 cm 깊이의 표토와 15~30 cm 깊이의 심토 토양의 중간 부위를 100 cc 코어를 이용하여 채취하였다. 코어는 105°C에서 건조하여 용적 밀도와 공극률, 토양수분함량, 삼상을 구하였다. 토양 경도는 Push-cone 토양경도계(A-2430, Daiki사, Japan)를 이용하여 이랑 맨 위로부터 0~15 cm 깊이의 중간부위와 15~30 cm 깊이의 중간 부위를 각각 반복별 3~6 지점을 측정하였다. pH는 토양을 증류수와 1:5(w/v)로 혼합하여 60분간 진탕한 현탁액을 pH meter (Docu-pH meter, Sartorius)를 이용하여 측정하였다. 토양유기물과 총질소는 원소분석기(vario MAX CUBE CN, Elementar사, Germany)를 이용하여 측정하였으며, 유효인산은 토양 5 g을 칭량하여 Lancaster 침출액 25 ml를 가한 후 10분간 진탕한 후 여과하여 몰리브덴 청법으로 발색하여 측정하였다. 치환성양이온(K, Ca, Mg)은 5 g의 토양시료에 50 ml의 1 N-NH<sub>4</sub>OAc(pH 7.0)를 가하여 30분간 진탕한 후, 여과지(Whatman No. 2)로 여과시킨 액을 ICP (VISTA-MPX, Varian, Australia)로 측정하였다. 전기전도도는 토양과 증류수를 1:5(w/v)로 하여 EC meter로 측정하였다.

### 지상부 생육

지상부 생육은 주경의 길이, 직경, 마디수와 분지수를 삼식후 90일에 조사하였고 주경의 직경은 주경의 2/3지점을 측정하였으며 분지수는 주경을 제외한 줄기의 수를 측정하였다. 지상부 수량은 6 m<sup>2</sup> 면적의 시험구에 심겨진 고구마 지상부를 수확한 직후 생체중을 측정하여 10a당 kg으로 환산하였다.

**Table 1.** Temperature, effective accumulated temperature, duration of sunshine, and precipitation of experimental area during the cultivation period in 2013.

Temperature (°C)			Effective accumulated temperature (°C)	Duration of sunshine (Hr.)	Precipitation (mm)
Mean	Max.	Min.			
24.1	28.9	20.1	2,028	978	667

**괴근 특성**

상품괴근수량은 30 g 이상의 괴근의 무게를 kg 10a<sup>-1</sup>으로 환산하였으며, 장폭비는 괴근의 가로와 세로의 비로서 반복 별로 조사하였다. 전분가는 전분가 산출표를 이용하여 측정 하였으며 건물율은 고구마를 잘게 자른 후 100 g을 측정하 고 80℃에서 예비 건조 한 다음 105℃에서 6시간 열풍 건조한 후 건물 무게를 측정하여 백분율로 나타내었다. 전분수 량은 상품괴근수량에 전분가를 곱한 후 kg 10a<sup>-1</sup>으로 환산하 였다. 찢고구마 당도는 찢고구마 20 g에 80 ml의 물을 넣고 분쇄하여 5배 희석한 후 상온에서 굴절당도계(RA-250/KEM, MTH56908, Japan)를 이용하여 측정한 후 희석배수를 곱하여 주었다. 유리당 함량은 동결 건조된 고구마 괴근 분말 1 g을 80% 에탄올(EtOH) 10 ml에 넣고 교반시킨 다음 10분간 초 음파 처리를 한 후 4℃ 조건에서 3,500 rpm으로 10분간 원심 분리 하였다. 원심분리 후 상등액을 취하여 0.45 μm의 PVDF (Polyvinylidene Fluoride) syringe filter를 이용하여 필터링한 후 액체 크로마토그래피(HPLC, High Performance Liquid Chromatography, Waters, USA)를 이용하여 분석하였다. 유리당 분석을 위해 fructose, glucose, sucrose, maltose 표준물질 혼합액을 각각 0.1, 0.25, 0.5, 1 g 100 g<sup>-1</sup>의 농도로 만들어 검량선을 작성하였다. 고구마 육질의 색도는 괴근의 단면을 색차계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하였고 결과는 L, a, b값으로 나타내었다. 기타 조

사방법은 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2012)에 준하여 조사하였다. 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System, Ver. 9.2) package를 이용하여 P < 0.05 수준에서 Duncan의 다중범위 검정으로 시료간의 유의성을 검정하였 고 데이터는 3반복의 평균값으로 나타내었다.

**결과 및 고찰**

**심토파쇄에 따른 토양의 물리화학적 변화**

표토의 용적밀도는 1년차 심토파쇄+로터리 토양에서 1.19 g cm<sup>-1</sup>으로 낮았으며, 심토의 용적밀도는 2년간 심토파쇄+로터리 토양이 1.39 g cm<sup>-1</sup>으로 낮아 심토파쇄 경운이 심토의 물리성 개선에 효과가 있었음을 알 수 있었다(Table 2). 공극률은 표토의 경우 심토파쇄 처리에 따른 차이는 없었으나 심토의 경우 2년간 심토파쇄+로터리 처리시 47.4%로 관행 로터리 토양보다 높아 심토파쇄 경운에 의해 심토의 통기성이 개선되었다. 고상의 비율은 표토에서 2년간 심토파쇄+로터리 토양, 관행 로터리 토양, 1년차 심토파쇄+로터리 토양 순으로 높았으며, 심토에서는 2년간 심토파쇄+로터리 토양의 고상이 가장 낮았고, 기상은 가장 높았다. Ogbodo (2005)는 토양의 용적밀도는 경운 깊이가 20, 30, 40 cm일 때 무경운에 비해 각각 13, 15, 22%까지 감소하였다고 하였다. Seo *et al.* (2012)은 심토파쇄는 심경이 불가능한 40

**Table 2.** The physical properties of soil by tillage methods in 2013.

Tillage		Soil layers	Bulk Density (g cm <sup>-1</sup> )	Hardness (mm)	Porosity (%)	Three phase (%)		
1st year	2nd year					Solid	Liquid	Gaseous
†RT	RT	Top <sup>x</sup>	1.23	3.2	53.6	46.4	7.0	46.6
		Sub <sup>y</sup>	1.49	24.8	43.8	56.3	7.9	35.8
‡SS+RT	RT	Top	1.19	3.9	54.9	45.1	8.6	46.3
		Sub	1.52	27.8	42.7	57.2	8.5	34.3
SS+RT	SS+RT	Top	1.24	1.9	53.3	46.6	8.0	45.4
		Sub	1.39	25.3	47.4	52.6	8.2	39.2

†RT : Rotavating, ‡SS : Subsoiling, <sup>x</sup>Topsoil (0~15cm), <sup>y</sup>Subsoil (15~30cm).

**Table 3.** The physicochemical properties of soil by tillage methods in 2013.

Tillage	pH (1:5)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Total N (g kg <sup>-1</sup> )	CEC (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )	Ex. Cation (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )		
							K	Ca	Mg
†RT	6.8	2.9	11.4	294	0.57	8.13	0.54	5.2	2.2
‡SS(30cm) + RT	6.6	2.8	11.0	284	0.50	7.71	0.51	4.7	2.3
SS(50cm) + RT	7.0	2.1	6.7	206	0.32	8.56	0.62	5.4	2.3

†RT : Rotavating, ‡SS : Subsoiling.

cm 깊이까지 토양을 파쇄하면서 경반층을 깨고, 파쇄공을 만들어 줄 수 있기 때문에 투수성 및 통기성을 좋게 하여 토양 물리성 개선 효과가 뛰어나다고 하였다. 심토파쇄 처리에 따른 토양의 pH는 관행 로터리 토양이 pH 6.8, 2년간 심토파쇄+로터리 토양이 pH 7.0으로 심토파쇄에 따른 차이가 크지 않았다(Table 3). 심토파쇄 깊이가 깊어질수록 EC는  $2.9 \text{ dS m}^{-1}$ 에서  $2.1 \text{ dS m}^{-1}$ 로 유기물 함량은  $11.4 \text{ g kg}^{-1}$ 에서  $6.7 \text{ g kg}^{-1}$ 으로, 유효인산은  $294 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서  $206 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로, 총질소는  $0.57 \text{ g kg}^{-1}$ 에서  $0.32 \text{ g kg}^{-1}$ 으로 낮아졌으며, 치환성 양이온은 50 cm 깊이의 심토파쇄 토양에서 다소 높았다. Jun *et al.* (2002)은 심토반전 후의 pH는 6.5 전후로 차이가 없었으나 유효인산의 함량이  $406 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서  $329 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 19.0% 줄어들고, 질소 함량과 치환성 염기인 K, Ca, Mg 함량도 줄었다고 하였으며 Song *et al.* (2012)은 70 cm 깊이로 심토반전을 한 결과 pH, 유기물, 유효인산, 치환성 양이온, 전기전도도가 모두 감소하여, 심토반전 1년차 토양에는 100%, 2년차 토양은 50% 정도 증비를 하는 것이 적합할 것이라고 하였다. 지하부의 생육은 토양의 입경조성, 수분함량, 경도, 삼상분포, 통기성 등의 물리적인 면과 pH, 유기물, 무기물 등 토양의 화학적인 면에 많은 영향을 받는다(Kim *et al.*, 2003; Yang *et al.*, 2001). Kim *et al.* (2010)은 토양에 좋은 양분이 충분하더라도 토양조건이 단단하거나 물에 잠겨있으면 작물의 생육은 불량해지며 식물자체에 필요한 성분은 아니면서도 식물생육에 영향을 주는 요인은 주로 토양물리성에 지배된다고 하여 토양물리성의 중요성을 강조하였다. 토양물리성을 대표할 수 있는 밀도, 경도, 수분 보유력 등의 지표들은 토양관리 방법에 따라 충분히 개선될 수 있으며(Kim *et al.*, 2010), 밭토양의 표토심은 경운 등에 의해서 달라지며 이는 작물의 생육 및 양분의 이용과도 깊은 관계가 있다고 하였는데(Cho *et al.*, 2012), 이러한 연구 결과들은 경운 방법을 통해 작물의 생육을 좋게 하여 수량을 증대할 수 있음을 보여준다. Park *et al.* (2007)은 쟁기작업 후 로터리 작업을 하거나 로터리 작업만을 수행한 경우, 로터리 작업의 횟수가 증가하면 경운 깊이인 10

cm 이후에는 로타리의 회전에 의해 토양이 다져지게 되므로 하여 로터리 작업 횟수를 줄이는 것도 토양물리성 개선의 방법이 될 수 있을 것으로 생각된다.

### 심토파쇄에 따른 지상부 생육 특성

지상부 무게는 2년간 심토파쇄+로터리 토양에서  $5,278 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 으로 많았고, 1년차 심토파쇄+로터리 토양이  $5,056 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ , 관행 로터리 토양이  $4,750 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 으로 적었으나 유의한 차이는 없었다(Table 4). 주경의 길이와 분지수는 2년간 심토파쇄+로터리 토양이 관행 로터리 토양보다 각각 약 17 cm, 0.4개 길거나 많았으나 유의한 차이는 없었다. Song *et al.* (2012)은 고구마 연작지에서 70 cm 깊이로 표토를 걷어낸 후 심토를 뒤집어 심토반전을 한 토양에서 연작토양에서보다 정식 30일째의 줄기의 길이는 짧았으나 분지수와 엽수는 심토반전 토양에서 높았으며, 정식 120일째에는 줄기 길이, 분지수, 지상부 생체중 등은 심토반전과 연작토양 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다고 하여 본 연구에서의 삼식 후 90일째의 생육과 비교했을 때 유사한 결과를 보였다. Ogbodo (2005)는 고구마에서 경운 깊이가 10 cm에서 40 cm로 깊어질수록 건조된 지상부 수량이 무경운에 비해 16~39%까지 증가하여 유의적인 차이가 있었다고 하였다. 작약에서도 경운 깊이가 깊을수록 생육이 왕성하였으나(Kim *et al.*, 2005), 넓은잎큰조롱의 경우는 경운 깊이가 얕을수록 만장이 길었고 엽장, 엽폭, 엽중 역시 양적인 생육을 보였다고 하였다(Nam *et al.*, 2008).

### 심토파쇄에 따른 수량 및 품질특성

상품괴근수량은 2년간 심토파쇄+로터리 토양과 1년차 심토파쇄+로터리 토양이 각각  $4,694 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ ,  $4,508 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 로 비슷하였으며, 심토파쇄 토양이 관행 로터리 토양보다 약 17~20% 정도 증수되었다(Table 5). Ogbodo (2005)는 토양 경운 깊이가 10, 20, 30, 40 cm일 경우 고구마의 괴근수량은 1.2, 6.1, 6.8,  $12.9 \text{ t ha}^{-1}$ 이었으며 무경운에 비해 유의적으로 많았다고 하였다. Nam *et al.* (2008)은 넓은잎큰

**Table 4.** Vine growth and yield of 'Singeonmi' variety by tillage methods in 2013.

Tillage		Main vine		No. of Branch vine	Vine yield (kg $10\text{a}^{-1}$ )
1st year	2nd year	Length (cm)	No. of node		
<sup>†</sup> RT	RT	156.9±27.5a <sup>z</sup>	56.2±10.8a	6.3±3.5a	4,750a
<sup>‡</sup> SS+RT	RT	165.8±25.4a	54.6±10.0a	5.8±2.0a	5,056a
SS+RT	SS+RT	173.8±22.0a	55.8±11.0a	6.7±3.8a	5,278a

<sup>†</sup>RT : Rotavating, <sup>‡</sup>SS : Subsoiling, <sup>z</sup>Means with the same letter are not significantly different at 0.05 probability level according to Duncan's Multiple Range Test.

**Table 5.** Characteristics of storage root of ‘Singeonmi’ variety by tillage methods in 2013.

Tillage		No. of marketable storage root (plant <sup>-1</sup> )	Ave. weight of marketable storage root (g)	Yield of marketable storage root (kg 10a <sup>-1</sup> )	Yield of Storage roots (kg 10a <sup>-1</sup> )				Length /width ratio	Starch yield (kg 10a <sup>-1</sup> )
1st year	2nd year				Over 250g	250~150g	150~80g	80~30g		
†RT	RT	2.5a	225a	3,753b <sup>z</sup>	2,389b	653a	544a	167b	2.17a	1,064b
‡SS+RT	RT	3.3a	214a	4,694a	2,936a	883a	594a	281a	2.31a	1,338a
SS+RT	SS+RT	3.3a	206a	4,508a	2,661ab	989a	550a	308a	2.21a	1,283a

†RT : Rotavating, ‡SS : Subsoiling, <sup>z</sup>Means with the same letter are not significantly different at 0.05 probability level according to Duncan’s Multiple Range Test.

**Table 6.** Soluble solid and free sugar contents of storage root of ‘Singeonmi’ variety by tillage methods in 2013.

Tillage		Soluble solid content (Brix%)	Total free sugar content (g 100g <sup>-1</sup> dw)	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose
1st year	2nd year						
†RT	RT	30.5a <sup>z</sup>	3.02a	0.28	-	2.74	-
‡SS+RT	RT	28.0a	3.03a	0.20	0.11	2.72	-
SS+RT	SS+RT	30.5a	2.67a	0.19	-	2.48	-

†RT : Rotavating, ‡SS : Subsoiling, <sup>z</sup>Means with the same letter are not significantly different at 0.05 probability level according to Duncan’s Multiple Range Test.

**Table 7.** Chroma value of ‘Singeonmi’ variety by tillage methods in 2013.

Tillage		Parts of storage root	Chroma value <sup>z</sup>		
1st year	2nd year		L	a	b
†RT	RT	Skin	46.1	15.6	11.7
		Flesh	86.4	1.1	35.0
‡SS+RT	RT	Skin	45.5	13.7	10.8
		Flesh	86.7	0.1	33.5
SS+RT	SS+RT	Skin	45.1	14.2	12.2
		Flesh	86.7	1.1	35.7

†RT : Rotavating, ‡SS : Subsoiling, <sup>z</sup>Chroma value: Chroma meter CM-3500d (Minolta camera co., Ltd); L, Lightness: black=0, white=100; a, redness to greenness: green=-80, red=+80; b, yellowness to blueness: blue=-80, yellow=+80.

조롱의 경우 근수량은 경운 깊이가 10 cm 일 때 622 kg 10a<sup>-1</sup>이었으나 20 cm 이상으로 경운한 경우 7~9% 증수되어 심경이 근수량 증가에 효과가 있었다고 하였다. 본 결과에서 2년간 심토파쇄+로터리 토양과 1년차 심토파쇄+로터리 토양 간 상품괴근수량이 비슷하여 심토파쇄 처리 효과는 2년간 유지되었으며, 심경과 심토파쇄의 효과 잔효기간이 2년 이상이라는 Jo *et al.* (1983)과 Chang *et al.* (1988)의 보고와 유사하였다. 30 g 이상의 주당 괴근수는 2년간 및 1년차 심토파쇄+로터리 토양이 주당 3.3개로 거의 같았으며, 관행 로터리 토양에서의 2.5개보다 0.8개가 많았으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 상저 평균중은 관행 로터

리 토양에서 225 g 이었으며, 1년차 및 2년간 심토파쇄+로터리 토양에서 각각 214 g, 206 g으로 심토파쇄에 의해 상저 평균중은 낮아지는 경향이였다. Song *et al.* (2012)은 맛나미 품종의 농가묘를 연작 토양과 70 cm 깊이로 심토반전 처리한 토양에서 재배한 결과 괴근 수량과 주당 괴근수는 심토반전 토양에서 각각 278 kg 10a<sup>-1</sup>, 0.6개 증가하였고, 주당 괴근중은 109 g에서 106 g으로 연작 토양에 비해 감소하였다고 하였다. 본 연구에서 장폭비는 1년차 심토파쇄+로터리 토양에서 2.31로 컸으며, 2년간 심토파쇄+로터리 토양에서 2.21, 관행 로터리 토양에서 2.17로 작았으나 유의한 차이는 없었다. 전분수량은 상품괴근수량이 적었던 2년

간 심토파쇄 무처리 토양에서 1,064 kg 10a<sup>-1</sup>으로 적었다. 찢고구마 괴근의 당도는 1년차 심토파쇄+로터리 토양에서 28.0 Brix%로 낮았으나 2년간 심토파쇄+로터리 토양과 관행 로터리 토양이 30.5 Brix%로 같아 심토파쇄 처리에 따른 괴근의 브릭스 당도의 변화는 없었다. 찢고구마 괴근의 총유리당 함량은 2년간 심토파쇄+로터리 토양에서 2.67 g 100 g<sup>-1</sup> (dw)으로 가장 낮았으나 심토파쇄 처리에 따른 유의성은 인정되지 않았다(Table 6). 유리당 중에서 Fructose와 Sucrose는 관행 로터리 토양에서 많았으며, 1년차 심토파쇄+로터리 토양, 2년간 심토파쇄+로터리 토양 순으로 감소하는 경향이였다(Table 6). 괴근의 표피와 육질의 색을 색도계로 측정된 결과, 표피의 경우 명도를 나타내는 L값은 관행 로터리 토양에서 46.1으로 가장 높았으며, 1년차 심토파쇄+로터리 토양에서 45.5, 2년간 심토파쇄+로터리 토양에서 45.1로 심토파쇄 처리 횟수가 많을수록 L값이 낮아져 표피색이 어두워지는 경향이였다(Table 7). 적색을 나타내는 a값도 관행 로터리 토양에서 15.6으로 다른 처리구보다 붉은색을 띠었다. Song *et al.* (2012)은 고구마 표피의 L값은 심토파쇄 토양과 연작지 토양 간에 유의한 차이를 보이지 않았다고 하였다.

이상에서처럼 심토파쇄 경운은 토양물리성 개선 및 상품 괴근수량 증가에 효과가 있었으며, 고구마 연작지에서 심토파쇄를 통해 고구마 농가의 소득 향상에 기여할 것으로 기대되었다.

## 적 요

고구마 연작 토양에서 토양물리성을 개선하고 고구마의 괴근 수량을 증가시키기 위한 심토파쇄의 효과를 살펴본 결과는 다음과 같다.

1. 용적밀도와 공극률, 고상의 비율은 표토와 심토에서 2년간 심토파쇄+로터리 혹은 1년차 심토파쇄+로터리 토양에서 개선되어 심토파쇄에 의해 토양물리성이 개선되는 것으로 나타났다.
2. 심토파쇄의 깊이가 깊어질수록 유기물, 유효인산, 총질소 등 토양 양분은 감소하는 경향이였다.
3. 지상부 수량과 주경의 길이는 2년간 심토파쇄+로터리 토양에서 많거나 길었으며, 1년차 심토파쇄+로터리 토양, 관행 로터리 토양 순으로 줄어들었으나 유의적인 차이는 없었다.
4. 심토파쇄+로터리 토양에서 관행 로터리 토양보다 상품괴근수량이 17~20% 정도 유의하게 많았으며 주당

상저수, 주당 상저중도 증가하여 고구마 연작지에서 심토파쇄에 의한 증수 효과가 있는 것으로 나타났다.

5. 고구마 괴근의 브릭스 당도와 총유리당 함량은 심토파쇄에 따른 유의한 차이는 없었다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 작물시험연구사업(과제번호: PJ00 876301)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인용문헌(REFERENCES)

- Chang, K. S., H. S. Ha, C. H. Lee, B. H. Jeon, and H. S. Lee. 1988. Effects of deep plowing and soil improvements the change of chemical properties of paddy soil. Res. Rept. RDA(S&F). 30 : 63-66.
- Cho, H. R., Y. S. Zhang, K. H. Han, H. J. Cho, J. H. Ryu, K. Y. Jung, K. R. Cho, A. S. Ro, S. J. Lim, S. C. Choi, J. I. Lee, W. K. Lee, B. K. Ahn, B. H. Kim, C. Y. Kim, J. H. Park, and S. H. Hyun. 2012. Soil physical properties of arable land by land use across the country. Korean J. Soil Sci. Fert., 45(3) : 344-352.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2012. <http://faostat.fao.org>.
- Han, S. K. 2012. Quality and starch properties of sweetpotato cultivated at different regions. Ph.D. Thesis of Chonnam National University. p. 1.
- Jo, I. S., J. N. Im, J. D. So, S. Y. Lee, and D. U. Choi. 1983. The Effect of Soil Physical Improvement on Rice Yields at Fine Textured Fluvio-Marine Paddy field. Korean J. Soil Sci. Fert. 16(2) : 92-97.
- Jun, H. S., W. C. Park, and J. S. Jung. 2002. Effects of soil addition and subsoil plowing on the change of soil chemical properties and the reduction of root-knot nematode in continuous cropping field of oriental melon (*Cucumis melo* L.). Korean journal of Environmental Agriculture. 21(1) : 1-6.
- Kim, C. H. and Y. K. Kim. 2002. Present status of soilborne disease incidence and scheme for its integrated management in Korea. Res. Plant Dis. 8(3) : 146-161.
- Kim, C. Y., Y. J. Seo, T. Y. Kwon, J. H. Park, M. S. Heo, and S. K. Ha. 2010. Correlation between the factors of soil physical property in upland. Korean J. Soil Sci. Fert. 43(6) : 793-797.
- Kim, L. Y., H. J. Cho, and K. H. Han. 2003. Effects of tile drain on physicochemical properties and crop productivity of soils under newly constructed plastic film house. Korean J. Soil Sci. Fert., 36(3) : 154-162.
- Kim, M. J., B. H. Song, S. Y. Nam, I. J. Nam, C. H. Lee, and T. Yun. 2005. Effects of nonsupporting methods on growth and yield of *Cynanchum auriculatum* Royle ex Wight. Korean J. Medicinal Crop Sci. 13(6) : 268-272.

- Korean statistical information service. 2013. <http://kosis.kr>. Statistics Korea.
- NIAST. 2000. Methods of Analysis of soil and plant analysis. National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Nam, S. Y., M. J. Kim, I. J. Kim, J. K. Lee, C. W. Rho, T. Yun, and K. B. Min. 2008. Effect of Plowing Depth on Growth and Tuber Yield in *C. auriculatum* Introduced from China. Korean J. Medicinal Crop Sci. 16(2) : 69-73.
- Ogbodo, E. N. 2005. Effect of depth of tillage on soil physical conditions, growth and yield of sweet potato in an ultisol at abakaliki, Southeastern Nigeria. Journal of agriculture and social research (JASR). 5(1) : 41-47.
- Park, J. G., K. S. Lee, S. C. Cho, K. M. Noh, S. O. Chung, and Y. C. Chang. 2007. Analysis of variations in mechanical properties of soil by tillage operations. J. of Biosystems Eng. 32(4) : 215-222.
- Rural Development Administration. 2012. Standard of research, investigation and analysis. Rural Development Administration. pp. 459-467.
- Seo, J. H., S. B. Back, Y. U. Kwon, C. G. Kim, K. H. Jung, G. H. Jung, J. E. Lee, B. Y. Son, and S. J. Kim. 2012. Effect of subsoiling on Silage Maize Yield un Paddy Field Converted to Upland Condition. Korean J. Crop Sci. 57(4) : 430-435.
- Song, H. A., K. C. Park, and S. Y. Lee. 2012. Effect of virus-free plant and subsoiling reversion soil for reduction of injury by continuous cropping of sweet Potato. Korean J. Crop Sci. 57(3) : 254-261.
- Yang, J. E., B. O. Cho, Y. O. Shin, and J. J. Kim. 2001. Fertility status in northeastern alpine soils of south korea with cultivation of vegetable crops. Korean J. Soil Sci. Fert. 34(1) : 1-7.
- Yoo, C. H., J. H. Ryu, C. H. Yang, T. K. Kim, S. W. Kang, J. D. Kim, and K. Y. Jung. 2006. Influence of diagnostic fertilization and subsoil breaking on soil physio-chemical properties in direct seeding of rice on flooded paddy surface. Korean J. Soil Sci. Fert. 39(6) : 334-338.