

유기농 밭토양의 물리화학적 특성

조현준^{1*} · 황선웅¹ · 한경화¹ · 조희래² · 신재훈² · 김이열²

¹농촌진흥청 국립작물과학원, ²농촌진흥청 국립농업과학원

Physicochemical Properties of Upland Soils under Organic Farming

Hyun-Jun Cho^{1,*}, Seon-Woong Hwang¹, Kyung-Hwa Han¹,
Hee-Rae Cho², Jae-Hun Shin², and Lee-Yul Kim²

¹National Institute of Crop Science and Technology, RDA, Suwon. 441-857

²National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, 441-707

Various physical properties of soils were investigated in the areas where organic farming had been practiced widely, for upland fields. The investigations were also conducted in the nearby fields under conventional to find out the influence of organic farming on the physical properties of soils. The investigated properties involved bulk density, hardness, shearing resistance, friction resistance, sinking depth of small rectangular board, water stable aggregates and the depth of soil available to plants. By and large, the practice of organic farming tended to improve all of the physical properties soils, investigated in upland soils. However, in case of water stable soil aggregates in upland soils, the reverse was previous data; in those soils water stable soil aggregates were less under organic farming. It was suspected that this might be due to intensive application of the organic materials with high C/N ratio like wood chips and wood bark. The contents of OM, Av. P2O5, and Ex. cations were higher in organic farming than those of nearby fields under conventional, due to heavy organic matter application. From the results, It could be concluded that soils under organic farming were looser and softer than those under conventional as shown by lower bulk density and hardness, but that the effect of organic farming on water stable aggregates were low.

Key words : Soil physicochemical properties, Hardness, Bulk density, Aggregate, Organic farming

서 언

지금 우리 농업은 경제발전에 따른 삶의 질 향상으로 환경보전과 농산물 안전성이 요구되고 있다. 이에 발맞추어 유기농업이 친환경농업의 근간으로 대두되고 있는 실정이다 (MAF, 2006). 집약적인 관행농업은 과다한 화학비료와 합성농약을 사용하여 생산성을 극대화 하였지만 화학물질에 대한 불신으로 인하여 이러한 물질은 사용하지 않는 유기농업이 대두되었다. 특히 토양비옥도를 유지·증진을 하기 위해서는 가축분 퇴비 위주의 유기물을 시용하는 실정이다. 유기물을 시용하면 토양의 입단형성, 보수성, 통기성, 투수성 및 가소성 등이 향상되어 토양물리성 개선 효과가 크며, 또한 각종 무기양분의 중요한 공급원이면서 지력질소 공급, 염기 보유력과 완충능 증대 등 화학적 개량효과도 매우 큰 것으로 알려져 있다 (Im, 1978; Hur et al., 1986; Kim et al., 1999; Kim et al., 2004b).

지금까지 유기농업에 대한 토양화학성 변화 및 농산물 안전성에 관한 연구 (Sohn and Han, 2000; Kim et al., 2004b; Hasegawa et al., 2005)는 많은 편이나 유기재배 노지 밭토양에 대한 토양물리적 특성 변화에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 유기농업을 수행하고 있는 밭토양에서 토양의 형태적, 물리적 및 화학적 특성을 조사하여 유기농 밭토양에 대한 합리적인 관리방안을 마련코자 현지 조사시험을 수행하였으며 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

유기농 재배 밭토양의 토양물리성조사 연구는 2005년부터 2006년까지 2년 동안 엽채류, 근채류, 과채류를 중심으로 유기농재배지와 인근관행 재배농가 토양을 조사하면서 토양종류(토양통)가 같은 곳에서 상호 대비하며 조사였다. 이를 위하여 그간 유기농법을 실시하여 유기농산물 생산 품질인증을 받은 농가를 대상으로 토양의 형태적 특성과 물리적 특성을 조사하

접 수 : 2009. 1. 20 수 리 : 2009. 2. 25

*연락처 : Phone: +82614500130,

E-mail: hjcho@rda.go.kr

였다.

토양의 형태적 특성은 토양통, 토성(속), 경사, 토양 배수등급 등을 조사하였고, 토양물리적 특성은 용적 밀도, 삼상, 경도, 내수성입단함량, 통기성 등을 분석하였다. 분석방법으로 용적밀도와 삼상은 2inch core로 토양을 채취하여 건습도의 차이에 따라 정량하였고, 경도는 토양경도계(Strength of spring 78.4 N/40 mm)로 측정하였다. 내수성입단은 토양입단분석기 항온식(Daiki, Japan) 습식사별법(濕式篩別法)으로 항온식 수조(Daiki, Japan)에서 30회/분 상하 30분 진탕을 한 후 모래와 점토를 분리하여 건조 후 평량 분석하였다. 통기성 측정은 현지 밭 토양에서 DIK-H-1 통기성측정기(Daiki, Japan)를 사용하였다.

작물생육조사 및 토양화학성 분석은 농사시험연구 조사기준 및 농촌진흥청 표준분석법 (NIAST, 2000)에 준하였다.

결과 및 고찰

형태적 특성 유기농 밭의 지형적, 물리적 특성 및 재배작목의 생육상황은 표 1에 나타나 있다. 유기농 밭토양의 특성을 보면 토성별로는 사력질 5, 사양질 54, 식양질 28, 식질 2개소로써 대체로 사양질이 많았으며, 지형은 하성평탄지 31, 곡간선상지 39, 산록경사지 10, 구릉지 9개소였으며, 유형별로는 보통밭 43, 사질밭 25, 미숙밭 18, 중점밭 3개소이었다. 이들 결과로 볼 때 유기농 밭 토양의 토성은 사양질토양, 지형은 곡간선상지, 유형은 보통밭이 대체로 많았는데 이는 우리나라 밭토양이 논과 달리 경사지에 많이 분포하

고 토성은 사양질이 많음을 반영하고 있다.

유기농 밭에서는 엽채류와 과채류가 주로 재배되지만 작물종류는 매우 다양한 편이었다. 89개소 밭에서 작물생육양상을 조사한 결과 양호한 곳은 49개소, 보통 32개소, 약간불량 8개소로 나타났다. 약간불량은 생육이 저조하고 영양상태가 좋지 않은 것 보다 병충해에 노출되어 외관이 부실한 것이 더 문제가 되었다. 특히, 엽채류 및 과채류 등의 유기농재배 원예작물은 수량성보다는 품질 및 농산물 안전성에 치중하여 토양관리를 하며 재배기술도 비유기농 보다는 앞서기 때문에 생육상은 보통보다는 양호한 곳이 많은 것으로 판단된다.

물리적 특성 유기농 밭과 인근농가의 토심별 용적밀도, 공극률, 경도, 통기성, 내수성입단 및 소형관침하량 등을 비교 조사한 결과는 표 2 와 같다.

경도는 용적밀도와 상관성이 크고 또한 작물뿌리 신장에 제한인자가 될 수 있다. 김 등(Kim et al., 2004a)의 하면 밭에서 경도 18 mm에서 보리 및 콩의 수량이 최고치에 달했으나 24 mm 이상에서는 수량을 50% 감수시키는 것으로 나타났다. 경도 24 mm 이상은 경운 시 농기계 바퀴의 하중 때문에 생긴 것으로 판단된다. 수량에 큰 영향을 주는 경반층(硬盤層)을 개량하기 위해서는 벧짚을 절단하여 사용하고 3~4년 주기로 심경이나 심토파쇄를 하는 것이 바람직한 방법으로 생각된다.

용적밀도와 경도는 표토와 심토 공히 인근 밭보다는 유기농 밭에서 용적밀도는 5~10%, 경도는 13~33%까지 감소하였다. 조사한 대부분의 유기농가

Table 1. Landscape characteristics and soil properties of investigated organic farming sites (n=89).

Texture Family	Slope (%)	Topography	Drainage classes	Management group	Main crops	Crop growth
Sandy skeletal(5)	0-2 (31)	Alluvial plains(31)	Well(47)	Sandy textured(25)	Vegetable	Well(49)
Coarse loamy(54)	2-7 (43)	Local fans (39)	Moderately well(33)	Well-adapted(43)	Leafy(32)	Normal(32)
Fine loamy(28)	7-15(15)	Mountain foots(10)	Somewhat	Newly reclaimed(18)	Fruit(31)	Imperfectly(8)
Fine clayey(2)		Rolling to hill(9)	poorly(9)	Heavy clayey(3)	Root(16)	
					Legume(2)	
					Others(8)	

Table 2. Physical properties of soils under organic farming and nearby fields under conventional.

Farming type	Bulk density		Porosity		Hardness		Air permeability		Small rectangular board sinkage cm 500N ⁻¹
	Sur [†]	Sub [‡]	Sur	Sub	Sur	Sub	0-10cm	0-15cm	
	----- Mg m ⁻³ -----		----- % -----		----- MPa -----		----- cm s ⁻¹ -----		
Organic(A)	1.01	1.29	60.8	51.4	0.10	0.41	3.68	2.14	4.3
Conventional(B)	1.12	1.36	57.8	59.0	0.15	0.62	2.08	1.26	2.9
A/B	0.90	0.95	1.05	0.87	0.67	0.66	1.77	1.70	1.48

[†] Surface soil, [‡] subsoil

에서는 유기물을 다량사용하고 또한 작물의 근권을 확대하기 위하여 심경을 한 결과인 것 같다.

공극률은 표토에서는 인근 밭보다는 유기농 밭에서 약간 증가하였지만 심토에서는 오히려 인근 밭의 공극률이 더 높았다. 대체로 용적밀도와 공극률의 관계는 가역적인 관계로 용적밀도가 낮으면 공극률은 상대적으로 높아지고 용적밀도가 높으면 공극률은 상대적으로 낮아지는 함수관계에 있지만 본 유기농재배 토양에서는 심토의 고유한 토양특성이거나 특이한 영농방법(병 발생을 위해 관수억제 등)에 의한 결과에 기인한 것 같다.

통기성은 인근 밭보다는 유기농 밭에서 뚜렷하게 컸으며 또한 토심별로도 차이가 커서 유기농 밭의 토심 0~15cm 구가 2.14 cm s⁻¹인 반면, 토심 0~10cm 구는 3.68 cm s⁻¹ 로 심토보다는 표토에서 통기성이 훨씬 컸다. 통기성은 토양 3상 중 기상이 차지하는 부분으로 토양수분과 관계가 큰데 표토는 심토보다 토양수분의 증발 및 유거량이 많아서 통기성이 더 커진 것으로 판단된다. 그러나 내수성입단은 인근 밭에 비해 유기농 밭에서 약간 감소하였다. 일반적으로 밭에 유기물을 사용하면 입단이 증가되어 토양물리성이 개선되지만 유기농재배 밭에서는 예상 밖의 결과가 나타났다. 이는 파쇄목, 소나무껍질, 수피 등의 거친 유기물사용과 다모작으로 인한 빈번한 경운이 입단발달을 저해하는 것으로 판단된다.

소형관침하량은 인근 밭보다는 유기농 밭에서 뚜렷하게 높아졌다. 이는 유기물사용효과와 심경에 기인한 것으로 판단된다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 유기농재배를 하면 토양의 용적밀도, 경도, 전단저항, 마찰저항은 감소하여 토양은 가벼워지고 부드러워진 반면, 공극률, 소형관침하량, 표토심, 경운심, 근권심은 높게 나타나 토양의 물리성 개선에 바람직한 방향으로 변화하였다.

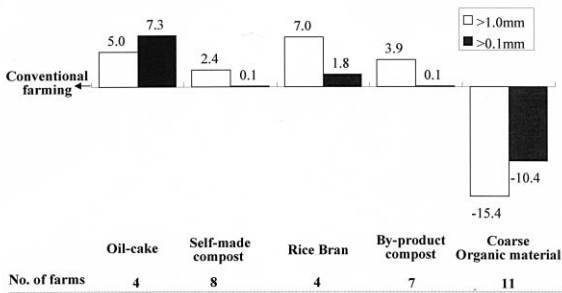


Fig. 1. The change of water stable aggregate content(WSA) of soils by organic farming compared to neighborhood conventional farming. The values in figure indicate [WSA of organic farming - WSA of nearby fields under conventional]. WSA indicates water stable aggregate.

내수성입단 변화 유기물 종류별 유기농재배 밭토양의 내수성 입단화도를 그림1에 나타내었다. 유박, 자가퇴비, 미강, 부산물 퇴비와 같은 유기물을 사용하면 토양입단화가 촉진되었지만 파쇄목, 수피와 같은 거친 유기물을 사용하면 오히려 토양입단화가 저해되었다. 유박의 경우 0.1mm 이상의 누적 입단화를 촉진하는 효과가 컸다. 이와 같이 거친 유기물을 제외하고 유기물 사용은 밭토양의 내수성입단을 높혀 토양구조가 발달하여 토양물리성 개선에 기여하였다.

그림 2는 밭토양 유형별 공극률과 1mm이상의 내수성입단을 조사한 결과이다. 중점밭을 제외하고는 유기농 밭이 인근 밭보다 공극률과 내수성 대입단이 발달하였으며 그 효과는 보통밭과 미숙밭에서 높았던 반면 사질밭에서는 효과가 크지 않았다. 특히 중점밭은 인근 밭 보다 대입단형성이 감소하였는데 이는 시설하우스 토양과 무관하지 않으며 다량의 거친유기물 사용(파쇄목, 나무껍질, 수피 등)을 위주로 하는 지금의 유기농법에서는 유기물사용의 경우에는 토성별로 유기물의 종류와 특성을 고려할 필요가 있다고 생각된다.

토양화학적 변화 유기농재배 밭토양의 화학적 특성을 조사한 결과는 표 3과 같다. 유기농 밭은 인근 밭토양에 비하여 pH를 비롯한 모든 성분의 농도가 높았으며 그 중에서도 밭에서 증가폭이 훨씬 컸고 특히 유기물함량, 인산, K, Ca, Mg 같은 염기성분이 높았다.

우리나라 유기농업은 화학비료를 사용하지 않고 토양 비옥도를 유지, 증진시키기 위하여 초창기에는 퇴비 등 유기물 사용은 다다익선 이라는 개념으로 유기물 사용을 권장하였고 지금까지도 밭에서 유기물을 다량 사용하고 있는 실정이다. 김 등(Kim et al., 2004a,b)에 의하면 유기농업 경력이 8~20년 되고 유기농산물 품질인증을 받은 31농가를 대상으로 작물별

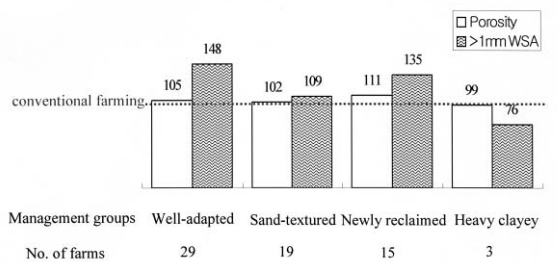


Fig. 2. Comparison of physical properties of soils by organic farming between upland management groups. WSA indicates water stable aggregate.

유기물 시용량을 조사한바 유기물 시용량은 과수>엽채류, 과채류 >벼 순으로 많았으며 보통 채소류 재배는 ha당 40톤 정도를 사용하는 것으로 나타났다.

유기물을 시용하면 입단형성, 보수력 증가, 통기성 향상, 지온상승과 같은 토양의 물리성 개선과 토양 완충능 증대, 양분가용성 증가, 무기화 촉진, 중금속 유해작용 감소 등 화학성 개선 및 유용미생물 증대, 인산고정 억제, 생장 촉진물질 생성, 질소고정과 같은 생물성 개선 등 토양의 종합개량효과가 있는데 (Recel, 1994) 지금 우리나라의 유기농 토양은 너무 많은 퇴비, 특히 가축분 퇴비를 사용하여 관행농업보다도 유기물 함량이 많음은 물론 질산염, 인산염 및 염기 함량이 높은 염류집적 토양이라고 할 수 있다 (Sohn and Han, 2000).

토양의 물리화학적 변화 유기농 밭토양의 물리화학적 변화 정도를 나타낸 결과는 표 4와 같다. 유기농 재배를 하면 근권심, 용적밀도, 소형관침하량 및 경도가 개선되어 유기농 밭의 토양물리성에 다소 기여한 것으로 나타났다.

한편 토양화학성 개선측면에서 볼 때 유효인산, 염기포화도 및 CEC는 유기농 재배를 하면 약간 증가효과가 있었다. 종합적으로 볼 때 유기농업을 하여 밭토양의 물리화학적 개선효과가 큰 것은 용적밀도, 내수성 입단, 소형관침하량, 경도, 유기물함량으로 나타났다.

적 요

유기농재배농가 토양관리 실태와 토양의 물리화학적 특성을 조사하고·분석한 결과를 요약하면 다음과 같다. 유기농 밭 토양은 인근대비 용적밀도와 경도의 개선효과가 있었고, 특히 공극률, 소형관침하량, 표토심, 경운심, 근권심은 높게 나타났다. 내수성입단은 유기농재배 밭이 인근농가 밭보다 오히려 낮았다. 이는 유기농가에서 염류집적을 고려하여 파쇄목, 나무껍질, 수피 등과 같은 C/N율이 높은 거친 유기물들을 사용하였기 때문인 것으로 생각된다. 유기농재배 밭의 유효인산 및 치환성양이온 함량 등의 토양화학성은 대부분 인근농가에 비해 높게 나타났는데, 이는 유기물을 과량 사용하였기 때문으로 분석되었다.

인 용 문 헌

- Hasegawa, H., Y. Furukawa, and S. D. Kimura. 2005. On-Farm assessment of organic amendments effects on nutrient status and nutrient use efficiency of organic rice fields in northeastern Japan. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108:350-362.
- Hur, B. K., L. Y. Kim, I. S. Jo, Y. S. Park. K. T. Um, and M. S. Kim. 1986. Effects of organic matter resources on the soil improvement and crop growth. *Res Rept RDA* 28(1):7-12.
- Im, J. N., 1978. *Soil Physical Properties and Organic Matter*. Korean J Soil Sci. Fert. 11(3) 145-160.
- Kim, J. G., K. B. Lee, S. B. Lee, D. B. Lee, and S. J. Kim. 1999. The

Table 3. Chemical properties of soils under organic farming and nearby fields under conventional.

Farming type	pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	Av. SiO ₂	Ex. cation			CEC	BS [†]
						K	Ca	Mg		
	1:5	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	----- cmol ⁺ kg ⁻¹ -----			%	
Organic	6.7	2.3	43	1,221	-	1.55	10.2	3.7	16.4	94
Conventional	6.6	1.2	28	894	-	1.03	8.9	2.8	13.3	99
Optimum range	6.0-6.5	<2.0	20-30	300-500	-	0.50-0.60	5.0-6.0	1.5-2.0	-	-

[†] Base Saturation

Table 4. Change in soil physicochemical properties by organic farming.

Farming type	Physical properties					Chemical properties			
	Root zone depth	Bulk density	Water stable aggregate	Small rectangular board sinkage	Hardness	OM	Av. P ₂ O ₅	CEC	BS (%)
	cm	Mg m ⁻³	%	cm 500N ⁻¹	MPa	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol ⁺ kg ⁻¹	%
Organic(A)	13.9	1.06	36.7	3.6	0.11	38	1,128	14.6	84
Conventional(B)	12.7	1.21	26.8	2.6	0.16	24	1,007	12.7	80
A/B	1.09	0.88	1.37	1.38	0.69	1.58	1.12	1.15	1.05
Effect	++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+

+++ High ++ Medium + Low; [†] Base Saturation

- effect of long-term application of different organic material sources on chemical properties of upland soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 32:239-253.
- Kim, L. Y., H. J. Cho, and K. H. Han. 2004a. Changes of physical properties of soils by organic material application. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37(5):304-314.
- Kim, S. H., S. G. Lee, J. H. Shin, Y. H. Lee, D. H. Choi, Y. J. Lee, and H. M. Kim. 2004. Studies on the proper utilization of organic materials for the organic farming systems in Korea. *Crop Life Safety Research 2004b* (Department of Crop Life Safety RDA) pp 89-100.
- MAF. 2006. A five-year plan (2006-2010) for raising environmental-friendly agriculture
- NIAST. 2000. The method of soil and plant analysis. pp 35-130.
- Recel, M. R. 1994. international Seminar on the Use of Microbio and Organic Fertilizers in Agricultural Production. RDA & FFTC.
- Sohn, S. M, and D. H. Han. 2000 Assessment of Environmentally Sound Function on the Increasing of Soil Fertility by Korean Organic Farming. *Korean J Soil Sci. Fert* 33(3) 193-204.