

밭작물 토양물리성 지표관련 인자의 상관분석

김찬용* · 서영진 · 권태영 · 박준홍 · 허민순 · 하상건¹

경상북도농업기술원, ¹국립농업과학원

Correlation between the Factors of Soil Physical Property in Upland Soil

Chan-Yong Kim*, Young-Jin Seo, Tae-Young Kwon, Jun-Hong Park, Min-Soon Heo, and Sang-Keun Ha¹

Agricultural Research & Extension Services, Daegu 702-708, Korea

¹National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

The investigations were conducted to improve the physical properties by analyzing physico-chemical properties on the different soil families of textures at 20 upland fields located in the parts of Gyengsangbuk-do area. Soil physico-chemical properties were analyzed for bulk density, hardness, porosity, moisture, pH, EC and organic mater by soil depth on the different soil families of textures. Bulk density distributions were higher than 1.2 Mg m^{-3} in the optimum range. Hardness distributions were lower than 20 mm in the optimum range. Therefore, the physical properties of upland soil was deteriorated. Correlation coefficient of bulk density with hardness and organic mater were higher significantly, that was positive and negative, respectively. The soil hardness had the greatest distribution degree to the crop yield and bulk density and organic matter followed. Conclusively, To improve the physical properties of upland soil was more effective to fertilizing organic matter than other ways.

Key words: Upland soil, Soil family texture, Hardness, Bulk density, Organic material

서 언

식물이 성장하는데는 양수분과 공기를 필요한 적기에 공급해 주어야 하고 온도 등 모든 재배환경이 작물생육에 불편한 점이 없어야 한다. 토양이 아무리 좋은 양분을 충분히 보유하고 있다고 하더라도 토양조건이 단단하거나 물에 잠겨 있으면 작물의 생육은 불량하게 성장한다. 이와같이 식물자체에 필요한 성분은 아니면서도 식물생육에 영향을 주는 요인은 주로 토양물리성에 지배된다고 할 수 있다. 특히 작물뿌리의 신장은 토양중의 수분과 양분의 흡수속도 (Hallmark and Barber, 1981a) 및 지하부의 생육에 관여하는 토양은 토양의 입경조성, 수분함량, 경도, 삼상분포, 통기성등의 물리적인 면과 pH, 유기물, 무기물 등 토양의 화학적인 면에 많은 영향을 받아서 생육한다 (Kim, et al., 2003; Yang et al., 2001).

우리나라에서 토양물리성 연구는 화학성 연구보다 늦게 시작되었으나, 1960년대식량증산 계획에 따른 농경지 확대와 토양비옥도 증진에 따른 토양물리성 연구가

확대되어 저위생산지 토양의 개량과 토양 개량제 처리 등으로 그의 생산성이 증진 됨에 따라 토양물리성 연구가 더욱더 활발하였고 현재도 많은 연구가 이루어 지고 있다 (Yeon et al., 1997).

토양을 형성하고 있는 성분의 광물질은 모래, 점토, 미사를 비롯하여 물, 공기, 부식 등이며 그의 구성비에 따라 색깔, 밀도, 열용량, 지표면적, 보비력등이 서로 다르게 나타나기 때문에 토양의 물리성도 다르게 된다. 작물은 고상부분인 광물질, 유기물과 액상인 물, 기상인 공기의 비율이 적당하여야만 생육하기가 좋다. 광물질중에서도 입자의 크기에 따라 모래나 자갈인 토양은 세립질인 점토나 미사가 많은 토양에 비하여 보수력이나 보비력은 떨어지며, 점토의 종류별로 보비력이 차이가 크므로 토양의 물리성 변화는 다양하다 (Shin et al., 1983).

토양물리성을 대표할 수 있는 지표는 다양하지만 그 중에서도 측정이 가능한 토성, 용적밀도, 경도, 수분 보유력 등의 총체적인 지표라고 할 수 있으며 그 중에서도 용적밀도, 경도, 수분 보유력 등은 토양관리 방법에 따라 충분히 개선할 수 있다. 토양의 용적밀도는 토양의 부피에 따른 토양의 무게로서 고상, 액상, 기상으로 구성되어 있고, 토양의 입단구조, 공극량, 용적밀도, 토양 수분 등을 종합하여 대별할 수 있는 것은 토양경도

접수 : 2010. 10. 25 수리 : 2010. 11. 19

*연락처 : Phone: +82533200496

E-mail: kcyong12@korea.kr

(Cho and Kim, 1997)로, 경도는 토양의 치밀정도로 외부에서 가하는 저항을 수치화한 것으로 경도가 클수록 뿌리의 생육이 저해되는 것으로 종합적인 토양의 물리성이 나쁘다는 것으로 알려지기도 한다. 따라서 본 연구는 우리나라 밭토양 중 재배면적이 많은 토양인 사양질, 미사사양질, 사질 및 식양질 토양을 선정하여, 토양경도와 토양물리성 인자들과의 상호관련성을 보다 명확히 분석하여, 밭토양의 물리성을 개선할 수 있는 방안을 모색코자 수행하였다.

재료 및 방법

경북지역내 250지점을 시료채취하여 토양의 화학성 조사와 이중 20지점을 선정하여 물리성을 조사분석하였으며 토성속별 시료채취 내역은 Table 1과 같았다. 토양시료채취는 작물 수확후 지표면으로부터 15 cm 깊이의 표토와 15-30 cm의 심토로 구분하여 100 mL 코아로 시료채취 하였으며, 토양물리성 분석은 농촌진흥청 토양이화학성 분석법에 준하였다.

토양의 물리성분석용 토양시료는 시료를 채취후 토양 수분변화가 없도록 밀봉하여 토양중량법으로 용적밀도, 수분함량, 공극율, 토양삼상 등의 토양물리성을 분석하였다. 토양경도의 측정은 층위별로 시료를 채취하기 전 토양단면에 산중식 토양경도계 (일본 F사 제작)를 3cm 주변 6회 반복으로 측정하여 평균치를 구하였고, 토양 화학성 성분분석으로 토양 pH는 토양과 증류수를 1:5의 비율로 혼합하여 30분간 진탕 후 초자전극법을 이용하여 측정하였으며, 유기물함량은 Tyurin법으로 정량하였

고 기타 화학성분석은 농촌진흥청 표준분석법 (NIAST, 2000)에 준하였다.

결과 및 고찰

토양속별 경북지역내의 밭토양의 물리화학적 특성을 분석한 결과는 Table 2와 같았다. 밭토양 토양속별 표토의 용적밀도는 사질 1.32, 사양질 1.44, 미사사양질 1.41, 식양질이 1.51 $Mg\ m^{-3}$ 로 토양입자가 작은 치밀조직인 식양질이 가장 높았다. 심토의 경우는 사양질이 1.53, 미사사양질이 1.65 $Mg\ m^{-3}$ 로 표토와는 반대였으나, 모래보다는 미사의 입자가 많은 것이 조직이 견밀한 조직을 형성한 것으로 여겨졌으며, 그 외 토성속은 표토와 경향치는 같았고 수치는 더욱 높았다. 토양 경도는 표토의 경우 사질 5, 사양질 11, 미사사양질 10, 식양질 14 mm로 나타났으며, 심토의 경우 사양질 15, 미사사양질 16 mm으로 미사사양질이 높았으며, 이러한 결과는 용적밀도의 경우와 경향이 비슷하였다. 밭토양의 물리성과 발작물 생육과의 상관연구 (Jo et al., 1984)에서는 대두생육은 용적밀도 1.5 $Mg\ m^{-3}$, 경도 20mm 이상에서 불량하다는 보고와 일치하였고, 따라서 조사결과 용적밀도는 표토의 경우 식양질을 제외한 경우 1.5 $Mg\ m^{-3}$ 미만으로 양호하였으며, 토양경도는 표토의 경우 모두 양호하였고, 심토의 경우 식양질토양에서 20 mm로 나타나 식양질 토양은 발작물 재배에 부적합한 것으로 생각되었다.

토양 공극률은 표토의 경우 사질 50.4, 미사사양질 47.0, 사양질 45.7, 식양질 43.0%로 앞의 용적밀도와

Table 1. The numbers of upland soil physical surveyed.

Soil texture (family)	Coarse loamy	Coarse silty	Sandy	Fine loamy	Total
No. of site	13	4	2	1	20

Table 2. Physico-chemical properties of upland soils surveyed by soil texture (family) and soil depth.

Soil texture (family)	Depth [†]	Bulk density	Hardness	Porosity	Moisture	pH	EC	OM
		$Mg\ m^{-3}$	mm	----- % -----		1:5	$d\ Sm^{-1}$	$g\ kg^{-1}$
Sandy	T	1.32 ± 0.04	5 ± 1	50.4 ± 1.3	21.4 ± 2.0	6.6 ± 0.3	0.2 ± 0.0	6.0 ± 3.7
	S	1.54 ± 0.08	7 ± 1	41.9 ± 3.0	18.1 ± 3.3	6.3 ± 0.0	0.5 ± 0.2	7.4 ± 2.4
Coarse loamy	T	1.44 ± 0.10	11 ± 4	45.7 ± 3.9	14.6 ± 3.3	5.6 ± 0.6	0.6 ± 0.6	21.3 ± 8.9
	S	1.53 ± 0.09	15 ± 4	42.3 ± 3.4	13.5 ± 2.4	5.4 ± 0.7	0.4 ± 0.2	13.5 ± 6.9
Coarse silty	T	1.41 ± 0.18	10 ± 2	47.0 ± 6.7	18.2 ± 2.0	6.2 ± 0.3	0.3 ± 0.1	11.7 ± 4.5
	S	1.65 ± 0.08	16 ± 1	37.9 ± 2.9	14.1 ± 2.3	5.9 ± 0.6	0.3 ± 0.1	15.1 ± 13.7
Fine loamy	T	1.51 ± 0.00	14 ± 0	43.0 ± 0.0	16.7 ± 0.0	5.1 ± 0.0	0.4 ± 0.0	16.7 ± 0.0
	S	1.70 ± 0.00	20 ± 0	35.8 ± 0.0	21.2 ± 0.0	4.7 ± 0.0	0.4 ± 0.0	10.0 ± 0.0

[†]T: Topsoil, S: Subsoil.

Table 3. Soil physical distribution by soil depth.

Physical properties	Distribution (%)				
	Range	0.8-1.19	1.20-1.35	1.36-1.59	1.60-2.0
Bulk density (Mg m ⁻³)	Topsoil	5	40	45	10
	Subsoil	0	5	55	40
Hardness (mm)	Range	0-9.0	9.1-18.0	18.1-20.0	>20.0
	Topsoil	50	45	5	0
	Subsoil	20	50	15	15

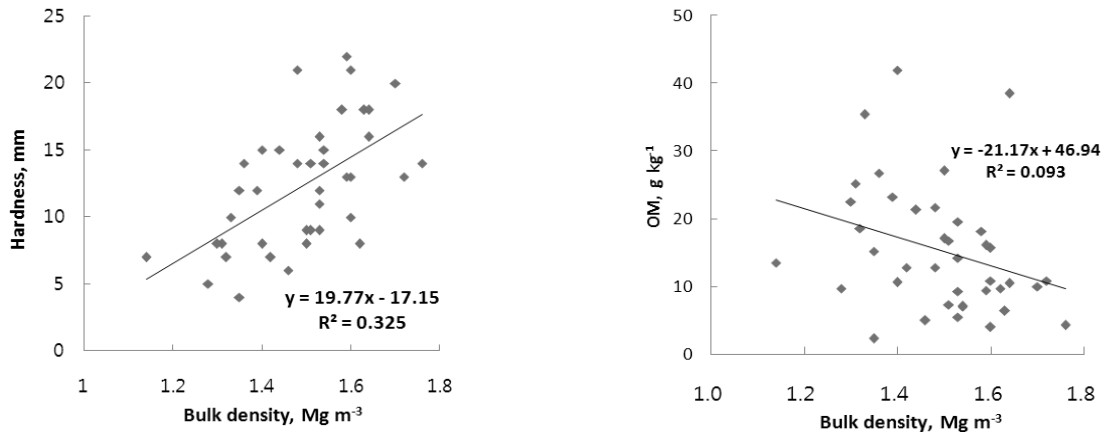


Fig. 1. Correlation between hardness, OM and bulkdensity.

경도와는 역의 관계를 나타내었다. 토양수분함량은 시료 채취시 약간의 강우로 인하여 식양질을 제외한 토양에서 표토의 수분함량이 높았다. 하지만 강우의 영향이 적은 사질토양을 제외한 심토의 사양질 13.5, 미사사양질 14.1, 식양질 21.2%로 용적밀도와 정의 상관을 보였으며, 이것은 토양압밀화 현상의 진행에 따라 토양의 통기성에 관련하는 조공극이 줄어들면서 보수력에 관계하는 모세공극의 증대를 통해 토양에 함유된 용적수분함량의 증가를 가져왔다고 생각되어지며, 이는 Taylor et al. (1966)의 용적밀도가 증가됨에 따라 대 공극량은 줄어들며 반해 소공극량은 늘어나 수분흡수력이 증가한다는 연구의 결과와 비슷한 경향을 보였다. 토양 pH의 경우는 사질토양에서 6.6으로 가장 높았고, 식양질은 5.1로 낮게 나타났다. 유기물의 함량은 사질에서 가장 낮았으며, EC의 경우도 비슷한 경향이였다. 이는 Park et al. (1994)의 답전환 과원의 영양진단 및 토양물리화학성 조사에서 토양화학성을 토성별로 살펴본 결과 유기물 함량과 치환성 칼슘함량은 점토함량이 높은 식양토 > 양토 > 사양토 순으로 많았다고 보고한 바가 있었다.

토양물리성 중 작물생육과 상관관계가 있는 용적밀도와 경도에 대해서 토양층위별 분포비율을 분석한 결과는 Table 3과 같았다. Singh et al. (1971)의 포트시험에 의하면 토양의 용적밀도가 1.1에서 1.6으로 증가됨에 따라서 토양과 재배시험년도에 관계없이 초장이나 근장

이 거의 직선적으로 감소되었으며 지상부 및 지하부의 건물중도 용적밀도의 종류에 따라 1.2~1.3에서 현저히 감소되기 시작하여 1.6까지 서서히 건물중이 감소되었는 것으로 보았고, Jo (1991)에 따르면 용적밀도가 1.27에서 1.70으로 증가함에 따라 토양경도는 18 mm에서 29 mm로 증가 되었으며 물의 투수속도는 52.5 mm hr⁻¹에서 16.7 mm로 늦어졌으며, 콩수량도 480 kg 10a⁻¹에서 46 kg/10a으로 줄어진다 고 하였다. 농촌진흥청 농업기술연구소 (1986)의 보고에 의하면 용적밀도 1.5 Mg m⁻³와 경도 20 mm 이상에서 대두의 생육이 불량하다고 보고한 바가 있었고, 또한 농업기술연구소 (1981)에 따르면 용적밀도 1.27 Mg m⁻³에서 최대, 1.46 Mg m⁻³에서 콩의 수량이 50 % 감소하는 것으로 일반작물의 정상생육 토양경도 범위는 20 mm 이하, 근채류는 18 mm 이하인 것으로 보고한 바가 있었다. 따라서 이러한 조사 결과를 표 3과 비교해보면 용적밀도의 경우 정상생육을 보이는 1.35 Mg m⁻³ 이하가 표토에서 45%, 심토는 5%로 비교적 용적밀도로 보면 작물생육에 불리함을 알 수 있었다. 경도의 경우 20 mm 이하가 표토에서는 100%, 심토에서는 85%로 용적밀도에 반하여 비교적 양호한 것으로 나타났다. Jo et al. (1987)의 밭토양 물리성과 고추의 생육과 비교한 결과 생육이 양호할수록 토양의 용적밀도와 토양경도도 낮아졌다고 보고와 유사한 결과를 얻었다.

Figure 1은 용적밀도와 경도, 용적밀도와 유기물 함량간의 관계를 알아보기 위한 그래프이었다. 토양경도와 용적밀도는 결정계수가 0.325로 나타났으며, 유기물 함량과 용적밀도간에는 결정계수는 0.093으로 낮게 나타났다. Hur (1992)의 보고에 의하면 토양의 물리화학적 특성과 대두수량과 상관관계는 토양물리성 중에서 용적밀도와 경도가 유의성이 가장 높았는데 표토보다 심토에서 유의성이 높았으며, 대두수량의 기여도가 비교적 높은 용적밀도, 경도, 양이온 치환용량을 가지고 수량에 대한 다중회귀식을 구하여 보면 표토에서는 용적밀도와 경도가 낮을수록 수량이 높았다고 보고한 바가 있었다.

유기물과 토양물리성의 관계는 농산부산물인 퇴비와 볏짚 등 식물잔재는 토양의 용적밀도와 경도를 낮추고 내수성 입단 및 통기성을 높여 토양물리성을 개선한다고 여러 연구자 (Park, 1978; Jo, 1990; Hur et al., 1986; Marinari et al., 2000)에 의해 보고되었고, 또한 Kim et al. (2004)의 퇴비, 볏짚, 가축분뇨, 산업폐기물 등의 유기성 물질을 사용하여 물리성 개선 효과를 보고한 내용에 따르면 볏짚이 가장 우수한 순위는 퇴비, 녹비작물 순이었다고 하였다.

따라서 밭토양의 물리성 개선을 위해서는 토양개량제 살포와 토성을 고려하여 객토를 실시하는 것이 좋은 방법으로 알려져 있으나 경비와 노동력이 지나치게 많이 소요되어 적용하기에 어려운 점이 있어 비교적 쉬운 방법으로 토양에 유기물을 공급하는 것이 바람직한 것으로 여겨진다.

요 약

경북지역내 밭토양 20지점을 선정하여 토양속별로 토양물리성의 주요 지표인 용적밀도와 토양경도에 대한 토양층위별 분포비율을 분석한 결과 밭토양의 표토의 용적밀도는 전체평균값인 1.2 Mg m^{-3} 보다는 높게 분포되어 있었으며, 표토의 경도는 일반작물의 정상생육 범위인 20 mm 보다는 낮게 분포되어 있어, 정상생육에는 크게 지장은 없으나 토양물리성은 전반적으로 악화되어 있는것으로 나타났다. 이들 토양물리성 특성별 회귀식에 의한 용적밀도와 경도의 결정계수는 0.325로 용적밀도와 유기물함량의 결정계수 0.093보다는 높게 나타났으며, 이들 주요 물리성 지표와 토양유기물 함량과는 밀접한 관련성이 있음을 알 수 있었다. 토양의 물리성은 작물의 생육과 밀접한 관련이 있으며, 이러한 물리성을 대표할 수 있는 인자는 용적밀도와 토양경도 등이었다. 용적밀도와 토양경도가 낮을수록 작물생육이 양호한 것으로 보고되어 있으며, 분석결과 이들 값, 특히 토양의 유기물 함량과 상관관계가 높은것으로 나타나 밭

토양의 물리성 개선을 위해서는 토양의 유기물 함량을 높이는 방안이 강구되어야 할 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

- Cho, J.H. and K.R. Kim. 1997. Effects of bulk density volumeric water and gravel contents on hardness in prepared sandy loam. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 30:46-50.
- Hallmark, W. and S.A. Barber. 1981a. Root growth and morphology, nutrient uptake and nutrient status of soybean as affected by soil K and bulk density. *Agr. J.* 73:779-781.
- Hallmark, W. and S.A. Barber. 1981b. Root growth and morphology, nutrient uptake and nutrient status of soybean as affected by soil P and K. *Agr. J.* 76:209-212.
- Hur, B.K. 1992. The effect of annual changes of soil physico-chemical properties on the yield of soybean on the newly-reclaimed sloped land. *RDA. J. Agri. Sci.* 34:25-29.
- 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. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 28:7-12.
- Jo, I.S. 1990. Effect of organic fertilizer on soil physical properties and plant growth. *Technical Bulletin 119:1-16.* Food & Fert. Tech. Center. Suwon. Korea.
- Jo, I.S. 1991. Soil physical properties and soybean growth. *Korea Soybean Digest. Vol. 8. No. 2.*
- Jo, I.S., B.K. Hur, L.Y. Lee, Y.K. Cho, and K.T. Um. 1987. Soil physico-chemical properties of red pepper fields and plant growth. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 20: 205-208.
- Jo, I.S., L.Y. Kim, N.S. Ju, and J.M. Lee. 1984. Soil physico-chemical properties of upland soil and plant growth. *Annual Report of NIAST p. 133-138.*
- 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.* 36:154-162.
- Kim, L.Y., H.J. Cho, and K.H. Han. 2004. Changes of physical properties of soils by organic material application in farm land. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 37:304-314.
- Marinari, S., G. Masciandaro, B. Ceccanti, and S. Grego. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresour. Technol.* 72:9-17.
- NIAST. 2000. Methods of soil and plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Park, C.S. 1978. Effects of organic materials application on the growth and yield of crops in Korea. *Korean J.*

- Soil Sci. Fert. 11:175-194.
- Park, J.M., H.M. Ro, and K.Y. Kim. 1994. Soil physico-chemical properties and nutrition composition of the fruit tree in the orchard converted from paddy field. RDA. J. Agri. Sci. 36:277-282.
- Shin, W.K., J.N. Im, K.S. Ryu, and K.T. Um. 1983. Changes of soil chemical properties and rice yield in relation to clay content of surface soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 16:301-304.
- Singh, A., J.N. Singh, and S.K. Tripathi. 1971. Effect of soil compaction on the growth of soybean. Indian J. Agri. Sci. 41:422-426.
- Taylor, H.M., G.M. Roberson, and J.J. Parker. 1966. Soil strength and root penetration relations for medium to coarse-textured soil material. Soli Sci. 102:18-22.
- 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. 34:1-7.
- Yeon, B.Y., H.K. Kwak, B.L. Huh, C.W. Hong, and J.H. Lee. 1997. Influence of long term application of compost, lime and silicate fertilizer on some properties of paddy soil. RDA. J. Agro-Envir. Sci. 39:9-15.
- 농촌진흥청. 1981. 농업기술연구소 시험연구보고서.
- 농촌진흥청. 1986. 농업기술연구소 시험연구보고서.