

## Effects of Root on Bulk Density of Soils Tested by Volume Check Apparatus through Water-filling

Gye-Jun Lee\*, Jeong-Tae Lee, Jong-Soo Ryu, Dong-Shig Oh, Jeom-Soon Kim<sup>1</sup>, and Yeong-Gyu Lee

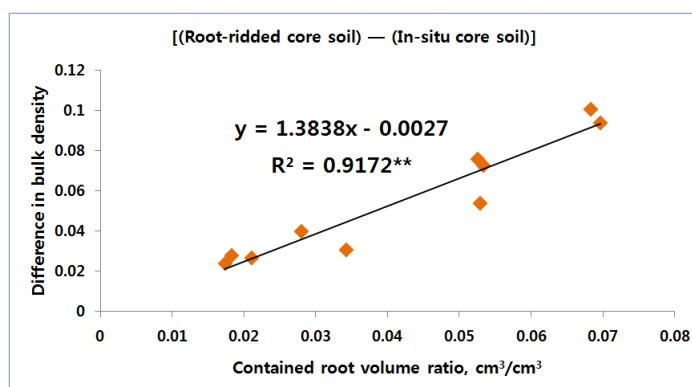
National Institute of Crop Science, RDA, Wanju, 55365, Korea

<sup>1</sup>Extension Service Bureau, RDA, Jeonju, 54875, Korea

(Received: August 31 2015, Revised: October 20 2015, Accepted: October 20 2015)

Soil bulk density is a key parameter for soil physical property. Much root placed in rhizosphere soil lump, especially in grassland and orchard, makes it difficult to measure soil bulk density. This experiment was carried out to countermeasure the above drawbacks. Volume check apparatus using water-filling method was made of acryl for higher accuracy in bulk density measurement. 10 types of land cover, including bare, tall fescue, rye, and soybean, were used for determining the relationships between root and bulk density. In this study, higher root volume resulted in higher differences in bulk density between in-situ core soil and root-riddled core soil, which indicated the volume check apparatus through water-filling could be useful for increasing the accuracy of bulk density of soils with much root.

**Key words:** Root, Soil bulk density, Soil physical property



Change in difference in bulk density between in-situ core soil and root-riddled core soil with the increasing root volume ratio of the taken core soils.

\*Corresponding author : Phone: +82333301930, Fax: +82333301519, E-mail: gyejun@korea.kr

§Acknowledgement : This work was carried out with the support of "Research Program for Agricultural Science & Technology Development (PJ010277) RDA, Republic of Korea.

## Introduction

일정한 토양용적 내의 입자와 입자 사이에 공기나 물로 채워지는 틈새가 있는데 이것을 토양의 공극이라 한다. 토양 내에 이 부분이 적당히 존재할 때 작물의 생육이 좋기 때문에 토양공극은 작물생육에 아주 중요한 의미를 가진다. 토양공극은 토양의 밀도를 측정함으로써 알 수 있다. 토양의 용적밀도 (Bulk density)는 일정한 용적의 토양 질량을 토양의 부피로 나눈 값 ( $\text{Mg m}^{-3}$ )으로 토양의 용적밀도 (Bulk density)는 토양의 공극량과 반비례하며 (Carter and Ball, 1993) 그 토양의 통기성과 투수저항성을 결정하는 토양의 기본적 물리성질이라고 할 수 있다. 식물 성장을 위한 최적의 용적밀도는 토양마다 다르지만 적정의 용적밀도보다 용적밀도가 낮은 경우는 물 부족 상태가 되기 쉬우며, 용적밀도가 높은 경우는 통기성을 감소시키고 투수저항성을 증가시켜서 뿌리생장을 제한한다 (Cassel, 1982). 토양의 용적밀도는 토성, 유기물, 토양구조 (Cassel, 1982; Chen et al., 1998) 및 자갈함량 (Franxen et al., 1994)과 같은 토양 특성과 관계가 깊어 정밀한 측정이 필요하다.

야외현장에서 토양용적밀도를 정밀하게 측정하기 위해 토양 덩어리 (Soil clods)를 채취하여 Paraffin으로 Coating 한 후 Clods의 부피를 정량하여 용적밀도를 결정하고 있으나 단위 입체 토양의 용적밀도를 구하는데 오차가 수반되고 있다 (Gregory et al., 1978). 현재 일반적으로 사용하고 있는 방법은 코어법이며, 부피  $100 \text{ cm}^3$  인 2-inch 코어로 토양을 채취하여 그 토양의 부피를  $100 \text{ cm}^3$ 로 하고 토양 무게를 달아 용적밀도를 산출하고 있다. 코어시료 채취시 자갈이 많은 토양이나 식물뿌리가 많은 경우 채취도 어렵지만 자갈이나 뿌리가 코어에 함유될 경우 일반토양의 입자밀도  $2.65 \text{ Mg m}^{-3}$  보다 낮거나 높아서 용적밀도 측정값에 오차를 유발하므로 자갈과 뿌리를 코어에서 분리하여 비이커 등 용기에 넣어 수위변화로 부피를 측정할 수도 있으나 정밀도를 확보하기 어렵다.

따라서 본 실험에서는 물체의 부피를 물 (water)로 정밀하게 측정하는 기구를 사용하여 토양이 함유된  $100 \text{ cm}^3$  코어에서 뿌리를 분리하고 부피를 측정하는 방법으로 코어 내 뿌리함량이 토양의 용적밀도 변화에 미치는 영향을 비교 분석하였다.

## Materials and Methods

토양시료는 강원도 정선군 화암면 호촌리에 2009년 조성된 포장에서 2014년 10월에 토양이화학성 분석용 시료는 0-10 cm까지, 용적밀도 측정용 시료는 표토 10 cm 깊이에서 2-inch 코어를 사용하여 채취하였다. 시료 채취지에 툄스큐와 호밀은 종자를 파종하였고 꽃잔디, 별개미치, 고

사리는 어린 모종을 정식하였고 복분자, 자두 및 두릅은 1년생 묘목을 정식한 포장이었다. 시료채취지의 경사는 20%이며, 토성은 자갈이 함유된 미사질 양토 (Silt loam)인 도전통 (Fine loamy, mesic family of Typic Hapludalfs)이었다. 토성은 비중계법으로, 화학성분분석은 농촌진흥청 표준분석법 (NIAST, 2000)에 준하였다.

토양의 용적밀도 측정을 위하여 비이커에 물을 가하여 코어용기를 제거한 후 실험에서는 육안으로 관찰 가능한 작물뿌리를 선별하였으며, 비이커에 남은 물과 흙을  $105^\circ\text{C}$ 로 건조시켰다. 뿌리의 부피는 Fig. 1과 같이 고안한 기구에 넣어 부피를 측정 후  $70^\circ\text{C}$  항온기에서 3일간 말린 후에 무게를 측정하였다. 부피측정 기구는 Fig. 1과 같이 개폐에도 내부용적이 일정하게 유지되는 용기를 제작하여 용기 내 물의 무게 변화에 의해서 용기 내에 들어있는 물체의 부피를 결정하였다. 용기는 직경 90 mm, 두께 5 mm, 높이 106 mm 원통형이며 용기의 상부에 직경 5 mm, 높이 20mm 관을 부착하고 그 관에 탐침온도계를 끼워넣어 수온을 측정하였고, 용기 상부의 직경 5 mm 관 중간 부위 (높이 10 mm) 옆에 2 mm 크기로 구멍을 뚫어 그 관을 통하여 물을 채울 때 관내 수위가 항상 일정선에 도달하도록 하여 용기 내 부피를 결정하였다.

## Results and Discussion

토양의 물리화학적 토양 특성을 분석한 결과는 Table 1과 같았다. 토양 용적밀도는  $1.096 \sim 1.502$ 의 범위로, 모래가 30.5%로 가장 많고 유기물이  $22 \text{ g kg}^{-1}$ 로 낮았던 나지구의 토양 용적밀도가 1.502로 가장 높고, 모래 함량이 23.2%, 유기물 함량이  $35 \text{ g kg}^{-1}$ 인 별개미치(Aster)구가 1.096로 용적밀도가 가장 낮게 나타나 토양의 용적밀도는 모래가 많고, 유기물 함량이 적을수록 높았다.



Fig. 1. The used container holding an invariant and fixed volume, which made by authors.

**Table 1. Physico-chemical properties of grass and orchard soils in experimental plots.**

| Plot                      | Particle size distribution |      |      | Bulk density<br>Mg m <sup>-3</sup> | pH<br>1:5H <sub>2</sub> O | OM<br>g kg <sup>-1</sup> | Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>mg kg <sup>-1</sup> | Ex. Cations                        |      |      |
|---------------------------|----------------------------|------|------|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|--|------------------------------------|------|------|
|                           | Sand                       | Silt | Clay |                                    |                           |                          |  | K                                  | Ca   | Mg   |
|                           | ----- % -----              |      |      |                                    |                           |                          |  | ----- cmolc kg <sup>-1</sup> ----- |      |      |
| Bare                      | 30.5                       | 47.1 | 22.3 | 1.502                              | 6.7                       | 22                       | 255  | 0.51                               | 3.79 | 0.29 |
| Tall fescue + Raspberry   | 24.5                       | 51.2 | 24.3 | 1.405                              | 6.5                       | 33                       | 284  | 0.88                               | 4.22 | 0.26 |
| Tall fescue + Fatsia tree | 22.4                       | 55.3 | 22.3 | 1.426                              | 6.7                       | 34                       | 266  | 0.78                               | 4.88 | 0.30 |
| Tall fescue + Plum tree   | 22.9                       | 54.8 | 22.3 | 1.412                              | 6.7                       | 32                       | 256  | 0.80                               | 4.46 | 0.26 |
| Tall fescue               | 23.5                       | 52.2 | 24.3 | 1.270                              | 6.9                       | 36                       | 294  | 0.74                               | 3.13 | 0.22 |
| Aster                     | 23.2                       | 54.4 | 22.3 | 1.096                              | 6.5                       | 35                       | 299  | 0.68                               | 5.38 | 0.22 |
| Moss phlox                | 25.9                       | 53.8 | 20.3 | 1.383                              | 6.7                       | 32                       | 255  | 0.60                               | 5.13 | 0.34 |
| Rye                       | 27.3                       | 52.4 | 20.3 | 1.315                              | 6.8                       | 33                       | 273  | 0.62                               | 4.88 | 0.30 |
| Soybean                   | 27.6                       | 56.1 | 16.3 | 1.374                              | 6.6                       | 35                       | 216  | 0.93                               | 4.41 | 0.23 |
| Bracken                   | 26.7                       | 53.0 | 20.3 | 1.158                              | 6.7                       | 33                       | 235  | 0.74                               | 4.56 | 0.22 |

**Table 2. Change in volumetric root content ratio and bulk density of core soils in top 10 cm soil of experimental plots.**

| Plot                      | Root volume ratio<br>cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> | Bulk density<br>Mg m <sup>-3</sup> |                       |                  |
|---------------------------|---|------------------------------------|-----------------------|------------------|
|                           |   | In-situ core soil (A)              | Root-riddled soil (B) | Difference (B-A) |
| Bare                      | 0.0183  | 1.502                              | 1.530                 | 0.028            |
| Tall fescue + Raspberry   | 0.0525  | 1.405                              | 1.481                 | 0.076            |
| Tall fescue + Fatsia tree | 0.0210  | 1.426                              | 1.453                 | 0.027            |
| Tall fescue + Plum tree   | 0.0683  | 1.412                              | 1.513                 | 0.101            |
| Tall fescue               | 0.0696  | 1.270                              | 1.364                 | 0.094            |
| Aster                     | 0.0342  | 1.096                              | 1.127                 | 0.031            |
| Moss phlox                | 0.0280  | 1.383                              | 1.423                 | 0.040            |
| Rye                       | 0.0533  | 1.315                              | 1.388                 | 0.073            |
| Soybean                   | 0.0173  | 1.374                              | 1.398                 | 0.024            |
| Bracken                   | 0.0529  | 1.158                              | 1.212                 | 0.054            |

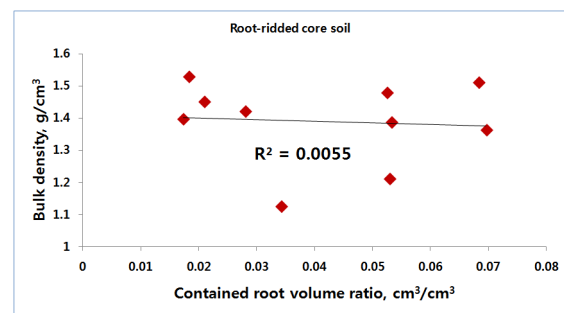
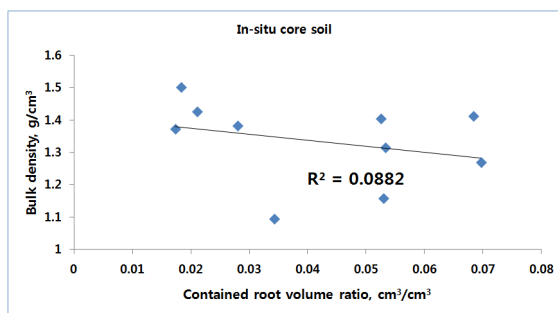
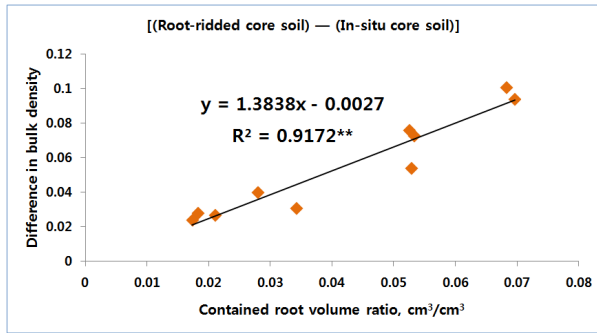
**Fig. 2. Change in bulk density of core soil with the increasing root volume ratio.**

Table 2에서 채취 토양 내 뿌리함유비율 (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>)은 톨페스큐 재식구가 0.0696, (톨페스큐 + 자두)구가 0.0683으로 높으며, 콩 0.0173, 나지 0.0183로 낮은 비율로 나타났다.

Table 2에서 뿌리를 포함시킨 전 토양 (In-situ core soil)의 용적밀도 (Mg m<sup>-3</sup>)는 별개미취구가 1.096로 가장 낮고, 작물을 재식하지 않은 나지구가 1.502로 가장 높은 용적밀도를 보이고 있다. 별개미취구의 전 토양 (In-situ core soil)

의 용적밀도가 가장 낮은 것은 뿌리함량 (0.0342)이 높기 때문이었으며, 나지구의 용적밀도가 가장 높은 것은 뿌리함량 (0.0183)이 가장 낮아 기인하는 것으로 판단되었다. Table 2와 같이 토양의 용적밀도에 있어서, 뿌리를 제거한 토양의 용적밀도 (Root-riddled core soil bulk density)는 뿌리를 포함한 전 토양의 용적밀도 (In-situ core soil bulk density) 보다 높아짐을 알 수 있다. 이것은 뿌리의 밀도는



**Fig. 3.** Change in difference in bulk density between in-situ core soil and root-ridged core soil with the increasing root volume ratio of the taken core soils.

토양을 구성하는 광물입자들의 밀도 보다 현저히 낮기 때문이다. 뿌리함유비율과 토양용적밀도는 Fig. 2와 같이 뿌리 함유비율 ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ )이 높아지면 용적밀도는 낮아지게 되고, 이러한 경향은 뿌리가 포함된 전 토양의 용적밀도에서 뿌리를 뺀 토양의 용적밀도 변화 보다 뚜렷이 나타난다 ( $R^2=0.0882 > 0.0055$ ).

Fig. 3과 같이 코어 토양 내 뿌리함유비율이 높아지면 뿌리를 제외한 토양의 용적밀도와 뿌리가 포함된 전 토양의 용적밀도 간의 차이는 고도로 유의한 상관성 ( $r=0.96^{**}$ )이 있었다. 이로부터 본 연구에서 사용한 물체용 부피정량 용적밀도 측정이 뿌리함량이 높은 토양에서 토양의 용적 밀도 측정의 정도를 높일 수 있다고 판단할 수 있었다.

## Conclusion

물체의 부피를 물로 정밀하게 측량하는 용기를 사용하여 2-inch 코어로 채취된 토양에서 뿌리를 분리하고 부피를 측정하는 방법으로 코어 토양 내 뿌리함량이 토양의 용적밀도 변화에 미치는 영향을 비교 분석하였다. 톨페스큐, 호밀, 꽃잔디, 별개미취, 콩 등 10가지 식생이 다른 토양을 활용하여 분석한 결과, 뿌리를 제외한 토양의 용적밀도와 뿌리가 포함된 전 토양의 용적밀도 간의 차이는 고도로 유의한 상

관성 ( $r=0.96^{**}$ )을 보였다. 이로부터 본 연구에서 사용한 물체용 부피정량 용적밀도 측정은 초지 및 과원 토양과 같이 뿌리 분포 밀도가 높은 토양의 용적 밀도 측정에 유용하다고 판단할 수 있었다.

## References

- Blevins R. L., N. Holowaychuk, and L. P. Wilding. 1970. Micromorphology of soil fabric at tree root-soil interface. *Soil Sci. Soc. of Amer. J.* 34(3):460-465.
- Carter, M. R., and B. C. Ball. 1993. Soil porosity. In: Carter, M.R. (Ed.), *Soil sampling methods for soil analysis*. Lewis Publishers; 581-588.
- Cassel, D. K. 1982. Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance. In: Unger, P.W. and Van Doren, D.M. (Eds), *Predicting tillage effects on soil physical properties and processes*. ASA-SSSA, Madison, USA; 45-67.
- Chen, Y., S. Tessier, and J. Rouffignat. 1998. Soil bulk density estimation for tillage systems and soil textures. *Trans. ASAE.* 41:1601-1610.
- Franxen, H., R. Lal, and W. Ehlers. 1994. Tillage and mulching effects on physical properties of a tropical Alfisol. *Soil Till. Res.* 28:329-346.
- Gregory T. H., F. B. Knight, and R. A. Struchtemeyer. 1978. The effects of mechanized harvesting on soil conditions in the Spruce-Fir region of north-central Maine. *Life Science and Agricultural Experiment Station, University of Maine at Orono, Bulletin* 751:1-13.
- NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. *Methods of soil and plant analysis*. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Tyler, D. D., G. V. Wilson, J. Logan, G. W. Thomas, R. L. Blevins, W. E. Caldwell, and M. Dravillis. 1992. Tillage and cover crop effects on nitrate leaching. In *Proceedings of the 1992 Southern Conservation Tillage Conference*, Jackson and Milan, TN; 21-23.