

심포지움

밭토양의 物理性과 水分問題

柳 順 昊*

Soil Physical Properties of Upland Soil in relation to Soil Moisture Sun-Ho Yoo

Abstract

Analysis of data in the Official Soil Series Description showed the dominant texture of upland soils is SiL, of which available water range is 21.1% highest among textures. Analyses of data in the N, P, K Trials on Barley in 1964/65-1968/69, and N, P, K and Soil Improvement Trials on upland Crops in 1964-1969 were made to relate fertilizer response to the amount of rainfalls during the growing season. Correlation between nitrogen response and the amount of rainfalls was observed but not between P and K and the amount of rainfalls.

Some of physical properties were discussed to seek feasible means for increasing available water.

緒 言

作物의 生産力은 作物 自體가 갖는 內的 要因(品種)과 氣象, 土壤 등의 外的 要因이 支配되며 土壤의 生産性은 肥沃도와 物理的 性質에 의하여 左右된다. 비옥도는 作物에 필요한 養分을 均衡있게 공급할 수 있는 능력을 나타내는 것으로서 作物생육에 직접적인 영향을 미치는 바가 크지만 토양의 生産性을 결정하는 充分條件은 아니다.

土性, 構造, 結持性 혹은 土壤斷面形態 등의 物理性은 作物生育에 간접적인 영향을 미치는 요인 이지만 品種改良, 化學肥料의 다량 施用등의 수단으로 作物生産量을 더늘히려 할수록 收量增加에 對한 制限因子로서의 문제가 되는 것이다.

Claypan, Hardpan의 존재로 作物의 뿌리가 쉽게 伸張할 수 없는 것은 토양의 物理性이 식물생육에 직접적인 영향을 미치는 한가지 예이지만 대개의 경우는 水分과 養分の 저장및 공급, 排水, 通氣, 土壤溫度의 조절을 통하여 作物생육에 영향을 미치는 것이다.

Baver⁽¹⁾에 의하면 일찌기 Humphry Davy 卿(1813)은 농업에 있어서의 土壤物理性의 중요성을 인식하였고 뒤를 이어, Schübler(1833) (保水力, 吸溫, 濕潤熱 등의 靜的인 性質 研究) Schumacher(1864) (空氣및 水分移動 등의 動的인 性質을 研究), Wollny(1877) (土壤의 物理性과 植物生育과의 關係를 研究), King(1888) (土壤水分保全), Slichter(1897) (土壤孔隙에 대한 數學的인 概念)와 같은 古典土壤物理學者들이 나타났으나, 土壤의 物理性에 관한 활발한 연구가 시작되던 것은 1930년 代였다.

土壤의 特理性에 관한 연구는 주로 水分問題를 中心으로 다루어져 왔으며, 近年에는 水分不飽和 移動에 關한 研究가 활발하며 水分移動에 수반된 物質의 移動에도 많은 關心이 쏠리고 있다.

우리나라에서는 1963년부터 6년간 실시되었던 U. N. 기금에 의한 土壤肥沃도및 土壤調査事業으로 토양에 관한 연구가 활발해졌다고 본다. 低位生産畝의 肥沃도增進, 酸性土壤改良, 合理的인 三要素施肥適量의 究明 施肥法確立에 關한 試驗研究및 이로 인한 단위면적당의 현저한 수량증가도 조사사업의 업적으로 높이 평가되고 있다. 그러나 지금까지의 연구는 주로 토양의 화학적 성질 및 비옥도에 關한 것이었고 토양의 물리적에 關한 연구는 극히 적다.

밭작물에 있어서의 土害問題는 해마다 論議되고

* 서울大學校 農科大學 (Department of Agricultural Chemistry College of Agriculture, Suweon, Korea) 1973. 2.10. 受理

있으나 아직 뚜렷한 對備策이 마련되어 있지 않다. 旱害에 대한 對備策이 마련 되지 않는 限, 밭토양의 생산성을 증가시키려 할수록 토양의 물리성에 관한 문제는 심각하게 當面될 것으로 생각된다.

著者は 우리나라 밭토양에 대하여, 수분문제와 관련된 토양의 물리적 성질을 알아 보고, 旱害의 對備策에 대해서 考察해 보고져 한다.

I. 土性和 有効水分

土壤調査結果⁽¹²⁾에 의하면 우리나라의 토양은 13 8종의 土壤統으로 分類되며 그 중에서 주로 밭작물이 재배되는 土壤은 45個統이다. 이를 다시 土壤別로 나누어 圃場容水量 ($\frac{1}{3}$ 氣壓 水分 含量)과 萎凋係數 (15氣壓 水分 含量)를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다.

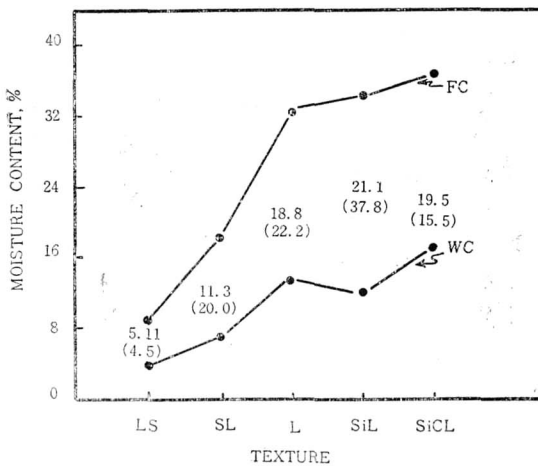


Fig. 1 Texture versus moisture contents, 1/3 atm. water content (FC), 15 atm. water content (WC)

土性別 頻度 (Fig. 1의 괄호내 수치)로 보면 SiL이 37.8%로서 가장 높은 比率를 나타내며 有効水分範圍 (= FC - WC)역시 頻도가 가장 많은 SiL에서 가장 높다.

土壤統別 分布面積에 대한 調査가 아직 完了되지 않아서 SiL의 총면적을 알수 없지만 各土壤統의 分布面積을 그의 出現頻도와 같은 경향일 것으로 假定한다면 대체로 우리나라 밭토양의 有効水分範圍는 21.1% (重量 %)로 推定된다.

有効水分範圍는 容量因子로서 降雨후는 灌溉 할 때에 植物에 吸收 利用될 수 있는 水分을 備蓄하는 土壤의 性質이다. 有効水分範圍는 넓을수록 좋

지만 이것만으로 有効水分의 絕對量을 결정할 수는 없다. 有効水分의 量은 強度因子인 有効土深을 고려하여야 한다. 土壤의 假比重을 1.2로 보면 表土 10cm와 20cm 내에 있을 수 있는 有効수분은 水深으로 환산해서 각각 2.53cm ($1.2 \times 10 \times 0.211$)와 5.06cm에 상당한다.

年平均 降雨量이 적다 해도 作物의 生育기간에 均일하게 분포된다면 旱害의 위험성은 적으며, 강우량이 많아도 어느한정된 기간에만 집중적으로 비가 내린다면 乾期에 保水力이 낮고 土深이 얇은 토양에서의 식물生育은 장애를 받게 된다.

II. 蒸發量의 豫測

土壤表面에서 水分이 증발하는 양은 龜裂과 mulching의 有無 輻射量과 風速, 土壤水分의 含量과 斷面分布 등에 따라 달라진다. ⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾ 따라서 數學的인 方法으로 증발량을 예측하기란 어려운 일이며 實際 모든 因子를 고려한 方程式을 세운다해도 解析的인 方法으로 方程式을 푼다는 것은 不可能에 가까운 일이다. 特理的 狀態와 최초의 수분 함량이 토양단면을 통하여 均一하고 또한 等溫條件下에서라면, 증발량을 예측하기란 어려운 일이 아니다. 水分不飽和土壤에서의 水分의 移動을 記述하는 flow equation을 풀어서 얻은 아래의 式⁽³⁾으로 증발량을 계산해 보기로 한다.

$$E = 2(\theta_i - \theta_0) \left(\frac{D}{\pi} \right)^{1/2} t^{1/2} \quad (1)$$

여기서 E는 cumulative evaporation (cm), θ_i 는 初期의 土壤水分含量 (cm^3/cm^3) θ_0 는 境界面 즉 土壤表面의 水分含量 (cm^3/cm^3), t는 증발시간 (day), D는 soil water diffusivity (cm^2/day)이다. D는 水分含量的 함수⁽⁶⁾이지만 flow equation으로부터 Eq. 1을 얻을 때 常數로 취급된 것이며 實際에 있어서는 weightmean diffusivity로 대응해도 무방하다.⁽⁷⁾

Fig. 2는 Eq. 1을 이용하여 우리나라에서 가장 흔하다고 본 SiL에서의 증발량을 계산한 것이다.

D의 값은 $25.7 \text{ cm}^2/\text{day}$ 로 ⁽⁷⁾⁽⁸⁾ 假定하였다. 初期의 有効水分含量 ($\theta_i - \theta_0$)은 土壤의 假密度를 1.2 g/cm^3 로 假定하여 求하였다. ($0.211 \times 1.2 = 0.253 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$). 表土 10cm內에 있던 水分 2.53cm (0.253×10)에 상당하는 양이 증발하여 위조점에 이르는데 걸리는 時日은 5日 ($2.25^2 \approx 5$)에 不過하며 20cm까지에 있던 水分에 상당하는 양은 約 20日이면 증발하여 위조점에 달하게 된다. 그러나 Fig.

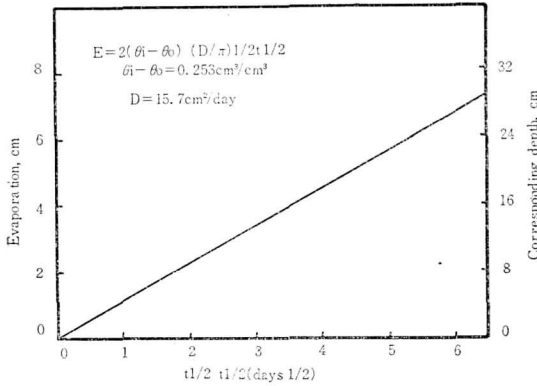


Fig. 2 Cumulative evaporation as a function of $t^{1/2}$

1을 유도할 때 10cm. 혹은 20cm 이하에도 初期에는 均一하게 水分이 分布되어 있다는 것을 前提條件으로 삼았기 때문에 반드시 20日 후에 가서 20cm 깊이 까지의 有效水分이 전부 증발하여 버린다는 것은 아니다 萬一 有效水分을 저장할 수 있는 土心이 20cm에 不過하거나 土心에 많은 水分이 저장되어 있다해도 中間에 盤層이 존재하여 水分의 上向移動을 阻害한다면 表層의 土壤은 尙 萎凋點에 達하게 된다.

III. 降雨量과 肥料의 應酬

우리나라 밭토양이 갖는 地形的인 特性, 얇은 土深 낮은 有機物含量 때문에 토양비옥도 못지 않게

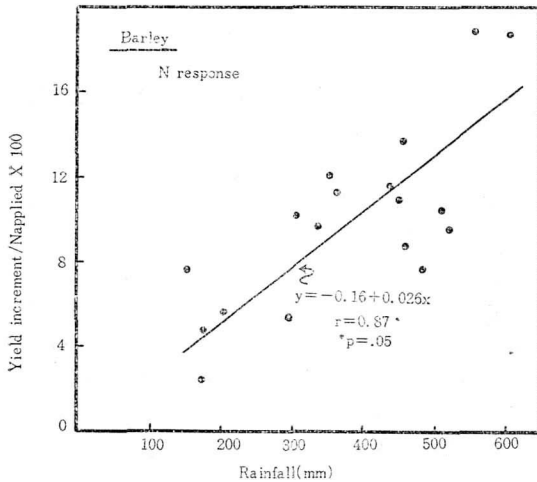


Fig. 3 Seasonal rainfall and N response (Barley)

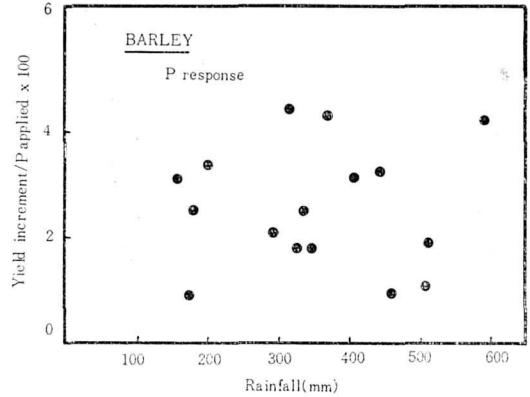


Fig. 4 Seasonal rainfall and P response (Barley)

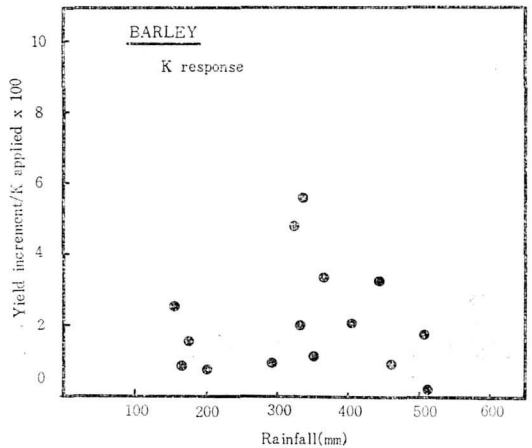


Fig. 5 Seasonal rainfall and K response (Barley)

발작물의 수량은 토양의 수분조건, 혹은 강우량에 의하여 크게 좌우된다는 것은 쉽게 짐작할수 있는 일이다. 여기서는 토양비옥도 조사사업에서 얻은 6년간의 시험성적을 인용하여 강우량과 비료의 응수와와의 관계를 살펴 보고져 한다.

Fig. 3. 4. 5는 大麥에 대한 3요소 시험성적을 분석한 결과이다. 자료는 토성이 비슷한 포장의 것을 취하였으며, 강우량은 생육기간의 것으로 가까운 측후소의 것을 인용하였다. N의 경우는 강우량이 증가할수록 비료의 응수가 증가하나 P와 K의 응수는 강우량과 상관이 없다.

大豆에 대한 3요소 시험성적⁽¹¹⁾을 인용하여 분석한 결과(Fig. 6. 7. 8)도 같은 경향을 나타내고있다.

同一한 포장에서 매년 시험한 것이 아니므로 위에서 분석한 결과에 대한 해석은 쉽지 않다. 강우량과 3요소의 응수와의 관계는 동일 포장에서 3요소 시험을 수년 계속 시행하여 결론을 얻어야 할 문제라고 생각된다. 그러나 질소질 비료의 효과는 다른 인자의 영향도 받겠지만 강우량에 크게 영향을 받는 것이므로 이점은 장기 기상예보체제가 확립된다면 발작물에 대한 질소질 비료의 사용량을 결정하는데 반영되어야 할 것으로 생각된다.

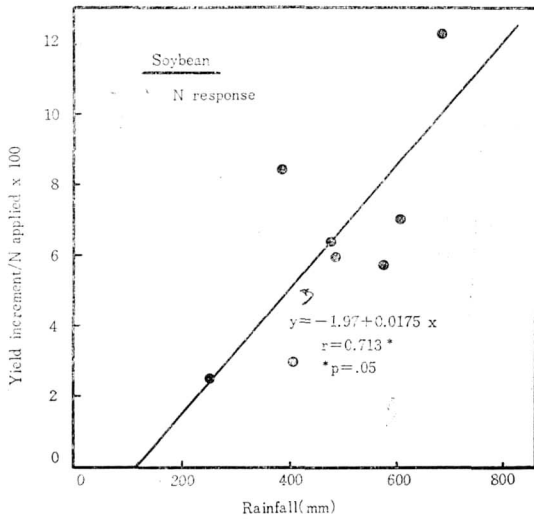


Fig. 6 Seasonal rainfall and N response (Soybean)

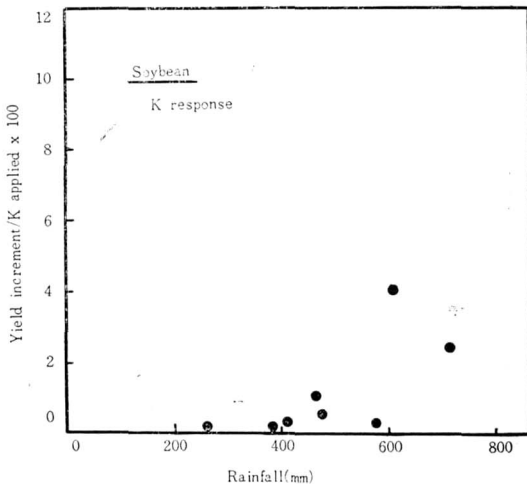


Fig. 7 Seasonal rainfall and P response (Soybean)

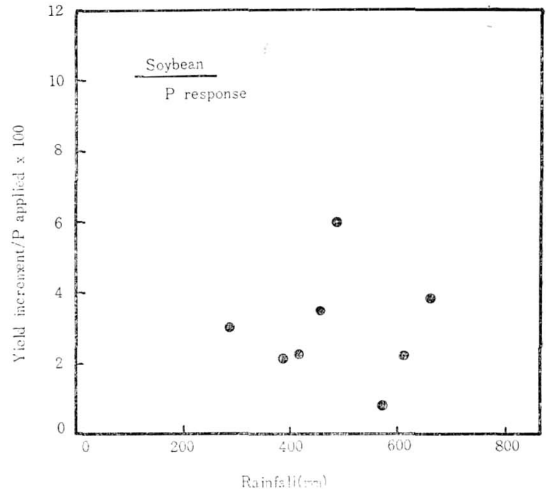


Fig. 8 Seasonal rainfall and K response (Soybean)

VI. 土壤水分 管理의 物理性 改良

灌溉에 의한 水分供給은 現實의 으로 어려운 問題이다. 旱害가 發生했을 때의 對策을 論하기보다는 旱害의 發生을 지연시키고 旱害의 持續期間을 단축시키는 方向으로 土壤水分을 管理 保全하고 土壤의 保水力을 增大시키도록 物理性을 改良하는 것이 더 重要한 일이라고 본다. 換言하면 土壤의 浸透性 (infiltration capacity) 을 改善시켜 비가 내릴 때에는 가급적 물이 토양으로 浸透하도록 하고 深耕, 有機物의 施用으로 保水力을 增大시켜 浸透된 물이 토양에 많이 남도록 하며 非生産性 증발, 증산을 억제하도록 하여야 한다.

앞에서 推定한 바에 의하면 토양에 충분한 수분이 가해졌다 해도 10 cm 깊이 까지 에 있던 만큼의 有效水分은 5日, 20cm 깊이까지 에 있던 量은 20日 이면 소진되어 버린다. 뿌리가 깊게 뻗지 못하는 작물일수록 乾期에 旱害의 피해를 쉽게 입게 되며 뿌리가 깊게 뻗을 수 있는 작물이라도 물리적 성질이 不良하여 伸張 못하거나 낮은 肥沃度 때문에 水分條件이 좋을 때에도 깊이 뻗지 못하면 心土에 있는 水分을 利用할 수 없게 된다. (9) 愼(13)에 의하면 田作物이 많이 재배되는 赤黃色土에 있어서 心土의 粘土含量은 表土의 二培인데 反하여 有效水分 範圍는 表土의 1/2~2/3 정도이다. 이것은 有機物含量이 낮은 이유도 있지만 不良한 物理性에 基因하는 것으로서 深耕으로 保水力을 改善시킬수 있음을 示唆하는 것이다. Hardpan의 存在部位와

有効土深을 고려하지 않으면 오히려 逆効果를 초래할 수도 있음으로 深耕의 깊이를 얼마로 하느냐 하는 문제는 연구되어야 할 과 제라고 본다. 中耕은 土壤水分 保全을 위하여 반드시 有利한 것이라고 할 수 없으며, (10) 乾燥할때 表土의 堅固한 被膜을 파괴하는 作業은 表土의 物理性을 改善시킴으로써 infiltration capacity를 증진시킨다. (2)

mulching의 효과는 一定水準 以下로는 效果를 기대하기 어려우며 한발이 오래 지속될 수록 효과가 떨어진다. (4) 土壤溫度가 낮을 때의 mulching은 地溫의 上昇을 억제하는 요소가 되기 때문에 水分과 溫度중 어느 것이 중요한 制限因子인지를 검토한 후에 결정해야 할 것이다.

以上에서 土壤의 保水性 증대를 위한 土壤의 物理性 改良方法, 土壤水分의 保全 및 管理法을 소개하였으나 유감스럽게도 우리나라에서는 아직 이方面에 관하여 研究된 바가 극히 적다.

따라서 灌溉하는 적극적인 대책도 시급하지만, 현실적으로는 어려우므로 土壤水分의 保全 및 관리법을 위한 定量的이고 具體的인 조사연구가 요망된다.

參 考 文 獻

1. Baver, L.D. 1966. Soil Physics. John Wiley

2. Black, C. A. 1968. Soil-Plant Relationships. John Wiley
 3. Black, T. A., W.R. Gardner, and G.W. Thurtell. 1969. The prediction of evaporation, drainage, and soil water storage for a bare soil. Soil Sci Soc, Amer. Proc. 33 : 655-660
 4. Bond, J. J. and W. O. Willis. 1969. Soil water evaporation: Surface residue rate and placement effects. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33 : 445-448
 5. Fritton, D. D., Don Kirkham, and R. H. Shaw. 1967. Soil water and chloride redistribution under various evaporation potentials. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31 : 599-603
 6. Kirkham, Don, and W. L Powers. 1972. Advanced Soil Physics. John Wiley
 7. Selim, H. M. and Don Kirkham. 1970. Soil temperature and water content change during drying as influenced by cracks: A laboratory experiment. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34 : 565-569
 8. Selim, H. M., Don Kirkham and M. Amemiya. 1970. A comparison of two methods for determining soil water diffusivity. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34 : 14-18
 9. Thompson, L. M. 1957. Soils and Soil Fertility. McGraw-Hill
 10. 농촌 진흥청. 유엔 특별기금. 한국토양비옥도 사업 기구 1970. 비옥도 시험성적 A-7.
 11. _____ A-9.
 12. _____. 1971. 토양통 설명서 제 1 권
 13. 慎鏞華 개인통신