

有機物の 土壤 改良 效果 測定

朱 泳 圭
延世大學校 文理大學

The Measurement of Soil Conditioning Effects of Organic Materials

Joo, Young-Kyoo
College of Art & Science, Yonsei University

SUMMARY

Much attention has been given recently to solve the environmental contamination in golf courses. Changing to culture practice rather than chemical practice that depends on pesticides and fertilizers is a hot issue in golf courses or grasslands. Organic soil conditioners improve soil-plant environmental conditions rich in physical properties.

In this study, measuring systems to evaluate soil conditioning effects were set up for on-site purpose. After establishing the methodology for evaluating soil conditioner effects, 2 kinds of organic conditioners were tested for examination.

The systems for the methodology included a set of simulating equipment for field capacity, an impact type soil column compactor, and an infiltration-percolation system. Test results using the systems showed bulk density and infiltration rate of mixed soil were decreased at higher rates of conditioner, but total porosity were increased.

Increased porosities were most capillary pore space which has a positive effect on soil water potential.

The systems and methodology in this study seem to have an efficiency to measure the effects of soil conditioner on site purpose.

Key word : Turfgrass, soil conditioner, field capacity, bulk density, porosity

I. 서 론

토양-식물계의 환경에 화학비료나 농약 또는 무기
재료에 의해 필요양분의 공급이나 병해 방제체계가

실시됨에 따라 토양의 물리, 화학적 성질은 차츰 열악
해져 가고 이러한 토양-식물계의 환경파괴는 생산성
재고나 최적의 관리를 도모하기 위하여 더 많은 양의
화학비료나 농약의 사용을 더욱 재촉하게 되었다. 또
한, 이러한 화학물질의 주변환경으로의 확산과 유출

은 현재로서는 중요한 환경문제의 하나로 지적되고 있다. 특히 비경작조건인 골프코스를 비롯한 잔디재배지는 근래에 들어 과다한 농약과 비료의 사용과 대상지역 외로의 유출은 사회문제로까지 대두되고 있으며 때로는 농약 사용에 대해 과다한 행정규제를 유발시키는 요인으로 작용하고 있다^{1, 10}. 본 연구는 토양-식물계의 물리, 화학적 환경을 개선하여 농약과 비료에 의존하는 현 골프코스의 관리체계를 경종적 관리형태(cultural management)로 개선하기 위하여 천연유기물을 또는 산업폐기물 등을 이용한 토양개선제(soil conditioner)의 토양물리성 향상, 토양완충력 강화에 관심을 두고 실험이 구상되었다^{2, 3}. 특히 화학비료나 농약의 상대적 높은 수준이 요구되는 인공상으로 조성되는 골프코스 토양의 이화학적 성질 개선에 관한 연구와 유기물의 토양개량 효과측정에 대한 연구는 미국의 USGA(United States of Golf Association)의 Green Section에서 계속적인 연구가 진행되어왔다^{4, 8, 9, 12, 13, 14}. 이러한 상황을 배경으로 본 연구에서는 산업현장에 적용될 수 있는 간편하고 효율적인 유기물의 토양개량 효과 측정 기술의 methodology 확립과 이러한 개선된 방법을 통한 유기물의 토양물리성 개량효과를 측정, 비교하는 실험을 수행하였다^{5, 6, 7, 11}.

II. 재료 및 방법

지금까지 개발된 유기물의 토양개량효과를 측정하는 여러 방법을 바탕으로 현장에서 효율적으로 적용될 수 있는 표준 methodology를 확립하고, 실험적으로 사용되어온 system을 응용하여 표준 methodology의 절차에 따라 토양제량제로 사용되는 유기물의 토양 물리성 향상 효과를 측정하였다.

1. 토양개량효과 측정 표준 Methodology와 System의 확립

토양-식물환경 개량을 위한 유기물의 토양물리성 개선효과를 측정하는 methodology를 산업현장에 적용될 수 있는 기술로 정립하기 위하여 미국 USGA의 연구소인 Green Section과 미국 Iowa State University에서 연구된 관련기술들을 바탕으로 meth-

odology의 확립을 시도하였으며 이들 연구기관에서 사용되어온 토양개량효과 측정기구를 응용 또는 변형하여 토양개량제로서의 유기물의 골프코스 토양 물리성 개량 효과 측정 system의 확립을 시도하였다^{13, 14}. 연구 항목은 soil compaction equipment(compactor), porosity 측정 (capillary and noncapillary), infiltration-percolation capacity 등을 측정할 수 있는 system이었다.

2. 유기물의 토양 개량 효과 측정

공시재료인 주정공장의 산업부산물(Brewery O. M)로 조제된 토양개량제의 유기물(O.M) 함량은 74.5%였으며, 골프 코스의 green 상토 조성시 토양개량제로 사용되는 목재가공산업의 부산물인 탄화목질입자(Green-carbon[®])의 O.M은 40.1%이었다. 주재료로 사용된 모래는 USGA의 Green 시방서에 적합한 세척된 강모래를 사용하였다. 확립된 토양 물리성 측정 system을 이용하여 측정된 공시재료의 모래와 토양개량제의 혼합비율은 Table 1과 같다.

Table 1. Mixing ratio of treatments with sand, brewery O.M and Green-carbon[®].

Treatment	Mixing ratio(%)		
	Sand	Brewery O.M	Green-carbon [®]
#1	90	7	3
#2	85	12	3
#3	80	15	5
#4	75	20	5

III. 결과 및 고찰

1. 토양개량효과 측정 표준 Methodology와 System의 확립

(1) 혼합상토(top-soil mix)의 포장용수량 상태로의 조작

토양 물리성에 기인하는 요소는 광범위하나 그중에서 토양의 가비중(bulk density), 공극율 분포(pore distribution), 즉 모세관공극(capillary porosity) 및 비모세관공극(non-capillary porosity), 투수

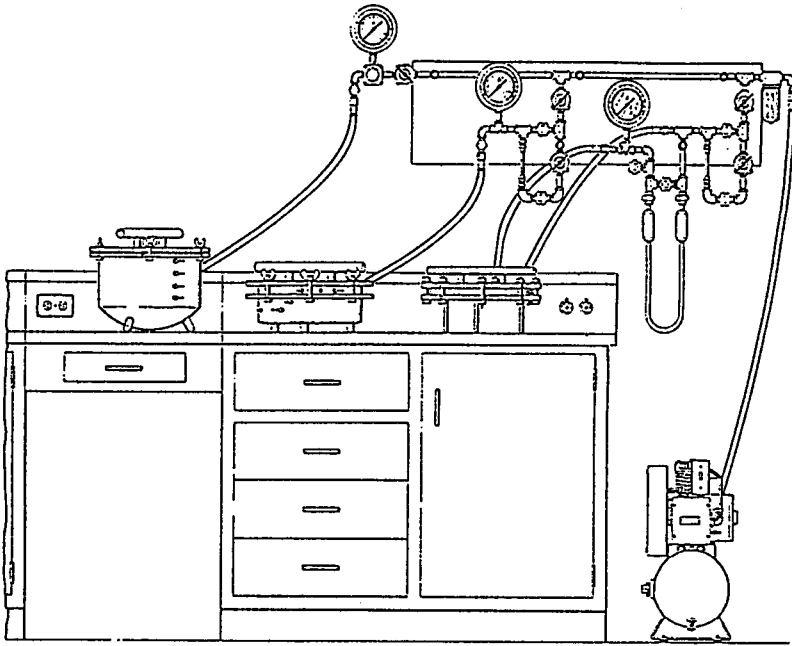


Fig. 1. Laboratory setup of pressure extractor set on 0.04 bar.

울(infiltration-percolation)은 가장 중요한 요소들이다. 이 요소들을 적절한 system과 methodology에 의해 골프코스 green의 현장 상태에서와 유사한 상황에서 측정되어야 한다.

먼저 배합상토 sample을 재질이 stainless steel이나 구리인 높이 7.5 cm(3 inch), 직경 5 cm(2 inch)의 금속 pipe에 채운 후 하단부를 cheese cloth로 감싼다. 이 soil column을 완전히 saturation 되도록 최소한 2시간 이상 흡수시키고 완전히 saturation이 되면 무게를 측정하여 둔다. 그 후 이 column을 현장의 포장용수량 상태(약 0.04 bar, 40cm-water tension table)로 만들기 위해서 고안된 vacuum extractor와 air compressor (또는 sukion pump)가 장착된 system(Fig. 1)을 사용하여 24시간 감압 배수처리한 후 무게를 잰다. 이때 모세관 공극에서는 토양수분이 채워져 있으나 비모세관 공극에는 공기로 채워지게 된다.

(2) 상토 기계적 다짐기구 (impact type compactor)

토양 물리성을 결정하는 이들 요소의 변화를 예측하여 상토를 조절하는 방법의 확립은 먼저 골프코스의 green 건설 후 사용에 의해 다져진 green 상토의 현장 상태와 동일한 상태가 되도록 적절한 기구를 사용하여 배합상토를 실험실내에서 기계적으로 인공다짐을 실시하는 것이다. 자연상태하에서 사용자와 관리기구 등의 답압으로 인해 상토층이 다짐을 받은 상태(traffic injury)를 재현하기 위하여 USGA의 Green Section에서는 골프코스 green의 현장상태 재현을 오랜 기간 동안의 모의실험(simulation)을 통해 실험실내에서 유사성이 인정되는 기구를 고안하였는데 이 구조는 Fig. 2와 같다.

(1)항의 절차에 0.04 bar 상태에서 처리된 금속 pipe내의 soil column은 1,360g (3 LB)의 금속추가 30cm (1 foot)의 높이에서 낙하하여 15번 강타 (45 feet LB of energy) 하여 인공다짐을 받게 됨으로써 현장 상태와 유사한 답압상태의 물리성을 갖는다. 다짐 후의 column 길이를(hydraulic head length) 재어 soil volume을 계산한다.

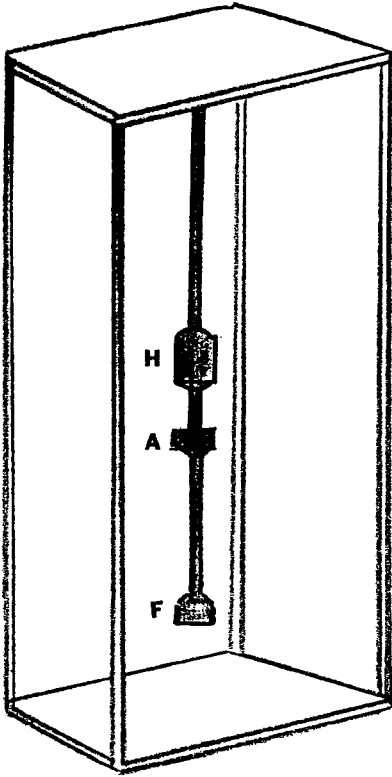


Fig. 2. An impact type compactor. The soil sample is placed under 30cm(F) of a plunger. The hammer(H) weighs 1,360g is dropped over 30cm height. Energy is applied to the anvil(A).

(3) 투수량의 측정

길이를 잰 soil column을 Fig. 3과 같은 saturation 장치에 설치하고 완전히 saturation이 되도록 24시간 물을 투수시킨다. 이때 수압이 발생하여 강제 관수의 형태가 되지 않게 급수관과 배수관을 적절히 설치한다. 완전히 saturation 된 column은 단위시간 동안 물을 투수시킨 후에 그 투수된 양을 측정한다. 투수량을 측정된 column은 dry oven 건조상태 (105°C, 24hrs)에서 수분을 제거한 후 무게를 측정한다.

2. 토양 물리성의 계산

Oven dried 무게에서 기계다짐 후의 volumn을

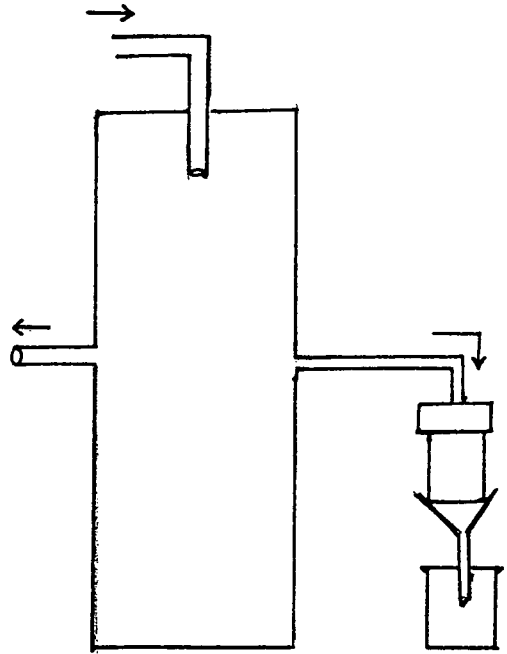


Fig. 3. Infiltration-percolation measurement system. Water passes through soil column from water reserve tank.

나누면 bulk density(g/cm)를 구한다. Saturate 무게에서 oven dry 무게를 감한 후 volumn으로 나누어 total % porosity를 구하며 soil column의 수분포화상태의 중량에서 0.04 bar (포장용수량) 상태의 무게를 감하면 비모세관공극을 전체 공극율에서 비모세관공극을 감하여 모세관 공극율을 계산한다. 투수율은 단위시간에 통과한 물의 양을 pipe 내면적으로 나누어 $cm/hour$ 로 표시한다.

3. 유기물의 토양개량효과 측정

'1'항의 토양물리성 측정의 system과 methodology를 가지고 두 가지 종류의 토양 개량제를 혼합하여 실험을 실시하였다. Table 1과 같이 배합비율을 달리한 4가지 혼합상태를 반경(r)=2.7 cm, 높이(H)=7.6 cm column에 채운 후 cheesecloth로 한 끝을 감싸고 2시간 동안 충분히 saturate 시킨다. 그 후 field capacity의 수준으로 수분압을 조정하기 위하여 vacuum이 연결된 0.04 bar의 suction oven에서 24시간 치상한 후 Fig. 2의 compactor 처리를

Table 2. Physical properties of soil mix with different ratio.

Contents	Treatments			
	#1	#2	#3	#4
Cylinder weight (CW) g	413.5	410.0	414.0	410.0
Soil column length (L) cm	7.4	7.3	7.4	7.2
Hydraulic head (H) length cm	7.6	7.6	7.6	7.6
Saturated weight (SW) g	736.5	718.0	732.0	707.0
0.04 bar weight (0.04 WT) g	693.5	678.0	688.0	664.5
Oven-dry weight (OW) g	676.5	660.0	667.5	644.5
Soil volumn (SV) cm ³	169.5	166.0	169.5	164.9
Percent porosity (%P) [(SW-OW)/SV] × 100	35.4	34.9	38.1	37.9
Air-filled porosity 0.04 bar (AP) [(SW-0.04 WT)/Volumn] × 100	25.4	24.1	26.0	25.8
Capillary porosity (%P-%AP)	10.0	10.8	12.1	12.1
Bulk density(OW-CW)/SV	1.56	1.51	1.50	1.42
Infiltration capacity (cm/hour)	11.0	12.4	10.0	10.7

Table 3. Chemical properties of soil mix with different ratio.

TRT	pH	Soulble salts	NO ₃ ⁻	PO ₃ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺	SO ₄ ⁻²
#1	7.3	80	25	50	50	100	6	700
#2	7.2	122	50	70	100	100	8	700
#3	7.2	134	50	100	100	100	8	700
#4	7.2	165	50	100	100	100	8	700

처리를 실시하고 토양물리성을 계산한 후 105℃에서 24시간 건조한 후에 무게를 측정하였다. 여러가지 토양 물리성을 측정한 결과를 2회 반복 평균값으로 구하였는데 Table 2와 같다.

Table 2의 결과와 같이 토양개량제인 유기물의 총 함량이 증가됨에 따라 가비중은 1.56(총 유기물량 10%)에서 1.51(15%), 1.50(20%)와 1.42(25%)로 감소하는 경향이었고 총 공극률은 반대로 증가하였다. 증가된 공극률은 주로 field capacity에서 유효 수분을 보유할 수 있는 모세공극율이었다. 그러나 배수 속도와 관계되는 투수율은 토양개량제의 혼합비율이 높아짐에 따라 반대로 약간 감소하였으나 USGA의 표준시방서 추천 범위인 10~15 cm/hour의 범주에 모두 속하였다. Table 3은 유기물 토양개량제의 증가에 의해 토양화학성의 변화를 조사하였는데 토양 화학성도 양호해져 가는 결과를 얻었다.

이상으로 본 실험에서 상토의 modification에 응용된 system으로 토양물리성의 변화를 측정하였는데 이 방법은 산업현장에서 실제로 사용될 수 있는 간편하고 효율적인 것으로 판단된다. 앞으로의 골프코스의 관리 체계를 경종적 관리 형태로 유도하기 위하여 본 실험과 같은 system에 의한 상토의 토양개량 효과 측정이 선행되어 시방서에 알맞는 적절한 토양 개량을 실시하여야 할 것이다.

IV. 적 요

현 골프코스의 관리체계를 경종적 관리형태로 유도하는 것은 현재 대두되고 있는 농약과 비료에 의한 골프코스를 비롯한 대규모 초지 관리에 있어서의 환경 문제를 해결하는데 중요한 의의가 있다. 본 연구는 토양의 물리성을 향상시켜 토양-식물계의 생육 환경

을 개선시키는 유기성 토양개량제의 효과를 산업현장에서 효율적으로 응용될 수 있는 system의 확립을 연구하였다. 이 system에 따른 토양개량 효과를 측정하는 methodology를 확립하고 이 방식에 따라 유기물의 토양개량효과를 실험적으로 측정하였다. 그 결과 혼합상토의 포장용수량 상태 조작, 상토 다짐기, 투수량측정 system을 확립하였다. 또 이 system에 따라 토양개량 유기물의 토양 이화학적 향상 효과를 측정한 결과 유기물의 함량이 증가할수록 가비증과 투수율은 약간 감소하였으며 총공극률은 증가하였다. 증가된 공극은 유용한 토양수분인 모세공극이었다. 본 연구를 통하여 확립된 측정 system과 methodology는 간편하고 효율성이 높아 산업현장에서 토양개량제의 사용과 효과를 측정하는데 효율성이 높을 것으로 기대된다.

V. 인용문헌

1. 전국회원사 골프장. 통계편람. 1992. 한국골프장사업협회. pp.69.
2. 정갑영 · 전재성 · 박영선 · 한기각. 1981. 산업폐기물의 비료화에 관한 연구. 한국토양비료학회. 14:83-87.
3. 주영규. 1991. 산업폐기물의 잔디용 유기질 비료화에 관한 연구. 한국잔디학회지, 5:81-86.
4. 최병주 · 주영희 · 심재성 · 유병남. 1992. 한국골프코스의 토양분류와 특성. 한국잔디학회지 6:113-119.
5. Baver, L.D. 1956. Soil Physics, third edition. John Wiley and Sons, Inc. New York.
6. Bruce, R.R. 1955. An impact type compactor, soil Sci. Soc. Am. Proc. 19:253-257.
7. Ferguson, M.H., H.L. Howard, and M.E. Bloodworth. 1960. Laboratory methods for evaluation of putting green soil mixtures. USGA Journal, Vol. XIII, No. 5, September
8. Howard, H.L. 1959. The responses of some putting green soils to compaction. Master's thesis. unpublished. Texas A & M. College.
9. Kunze, R.J. 1956. The effects of compaction of different golf green soil mixtures in plant growth. Master's thesis. Unpublished. Texas A. & M. College.
10. Peacock, C.H. and A.E. Dudeck, 1985. A comparison of sod type and fertilization during turf establishment. Hortscience. 20 (1):108-109.
11. Puustjarvi, V. and R.A. Robertson. 1975. Physical and chemical properties. In. Peat in horticulture. Ed. Robinson, D.W. and J. G. D. Lamb. Kinsealy Research Centre. Agricultural Institute, Dublin, Republic of Ireland. pp.23-24.
12. Richards, L.A. 1941. A pressure membrane extraction apparatus for soil solution. Soil, Sci. 5:377-86.
13. Richards, L.A. and M. Fireman. 1943. Pressure plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. Soil Sci. 56:395-404.
14. United States Golf Association. 1990. Putting green construction.