

## 경기도 골프장 토양의 탈수소효소 활성과 물리화학적 특성

이 인 숙 · 김 옥 경

이화여자대학교 자연과학대학 생물학과

### Dehydrogenase Activity and Physico-chemical Characteristics of Golf Course Soils in Kyonggi Province

Lee, In Sook and Ok Kyung Kim

Department of Biological Science, Ewha Womans University

#### ABSTRACT

The relationships between microbial activity and physico-chemical characteristics of soils were investigated in three golf courses of Kwanak, Gold and Korea Country Clubs, with different open years. The soil samples were collected in tee, fairway and rough. There were ranges of 4.80-5.55 in pH, 25.55-98.50 $\mu$ S/cm in conductivity, 10.96-16.73% in moisture content, 0.18-0.36g/g in water holding capacity, 3.68-5.39% in organic matter, and 0.10-0.25% in total nitrogen. Dehydrogenase activity(DHA) as an index of soil microbial activity was determined. DHA values of soil were 69.83-314.43 $\mu$ g/g in three courses and showed the order of Kwanak>Gold>Korea Country Club with open year. This indicates that DHA was affected by several fertilizer treatments rather than herbicide and pesticide treatments. DHA was significantly different with golf clubs as well as golf courses and positively correlated with water holding capacity and total nitrogen.

**Key words:** Golf courses, Dehydrogenase activity, Total nitrogen, Water holding capacity

#### 서 론

최근 들어 골프장수가 급격히 증가하고 있다. 1980년에 20여개의 골프장이 현재에는 80여개에 달하고 있으며 신설 중인 골프장도 상당수 있다.

골프장의 총면적은 평균1,000,000m<sup>2</sup> 이상이며 개발예정 면적이 사용면적의 20%에서 100%에 이르고 있다 (최 등 1992). 연도별 골프장 내장객 수도 1980년에 710,584명에서 1992년에는 4,986,530명으로 약 7배나 증가하였다 (골프정보센타 1994). 이처럼 증가하는 골프장의 관리를 위해 토양환경을 이해하는 것은 경영적으로나 환경보존적 측면에서 대단히 중요하다고 생각된다.

우리나라의 골프장은 대부분이 화강암이나 편마암을 모재로 산악지형이나 구릉지에 생성되어

적황색토와 암쇄토가 주류를 이루고 있다(최 등 1992). 그러나 골프장의 토양은 일단 잔디로 조성되면 특별한 개보수공사를 하지 않는한 수십년 동안 경운을 하지 않고 잔디가 완전히 피복한 상태 하에서 지속되고 예초, 관수 및 시비 등의 인위적인 관리가 집약적으로 행해지기 때문에 조성 당시와는 화학적 특성이 다른 토양으로 발달하게 된다.

본 연구에서는 개장년도가 다른 경기도 지역의 세 골프장에서 한국잔디(*Zoysia japonica*)로 피복된 골프장 토양의 미생물 활성과 물리화학적 특성을 측정하여 비교분석하였다.

## 재료 및 방법

### 조사지 개요

조사지역은 1972년 11월에 개장한 경기도 화성군의 관악 칸트리 클럽과 1986년 9월에 개장한 용인군의 골드 칸트리 클럽, 1994년 5월에 정식 개장에 정인 용인군의 코리아 칸트리 클럽으로 1994년 4월에 조사하였다.

### 토양채취 및 분석

조사방법은 각 골프장에서 세 hole을 임의로 정하여 tee, fairway, rough로 나누어 삼반복으로 hole cutter를 사용하여 표토에서 15cm까지의 토양을 채취하였다. 채취한 토양은 비닐백에 넣어 실험실로 가져와 분석할 때까지 5°C 냉장고에 보관하였다. 물리화학적 특성으로 pH, 함수량, 전도도를 측정하였고, 글래스울로 막은 깔대기에 토양 25g을 넣고 30분간 수분을 보유토록 하여 용수량을 측정하였다. 일부 토양은 풍건시킨 후 2mm 토양체로 쳐서 Kjeldahl 방법으로 총 질소량을 분석하고, 작열손실량으로 유기물 함량을 측정하였다.

### 미생물 활성

Dehydrogenase activity(DHA)로 미생물 활성을 측정하였다. 탈수소화(dehydrogenation)는 탄소화합물의 산화과정이며 토양호흡의 지수로 사용되기 때문에 DHA의 측정은 토양 미생물 군집의 활성과 일정시간 동안에 토양미생물의 대사활동의 수준을 잘 나타내준다(Skujins 1973). 토양 미생물에 의해 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride(TTC)가 환원되어 생성된 2,3,5-triphenyl formazan(TPF)의 함량을 측정하는 Tabatabai(1982)의 방법을 사용하였다. 시험관에 CaCO<sub>3</sub> 0.03g, 토양 3g, 멸균수 2.5ml, 3% TTC용액 1ml를 첨가하여 37°C에서 24시간 배양시킨 후 methanol을 첨가하여 그 여과액을 485nm에서 spectrophotometer로 측정하였다.

### 통계 분석

Statgraphics Package(Statistical Graphics Corporation 1987)를 사용하여 토양의 물리화학적 및 미생물 특성에 대한 단순회귀분석을 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 토양의 물리화학적 특성

Table 1은 조사지 토양의 물리화학적 특성의 평균값을 나타낸 것이다. 조사지역의 모재는 화강편마암으로 적황색토에 속하며 사양질의 황갈색 토양이었다. pH는 4.80-5.55, 전도도는

**Table 1.** Mean values( $\pm$ standard deviation) of physico-chemical characteristics of the investigated golf course soils

Courses		pH ( $\mu$ S/cm)	Cond (%)	MC (g/g)	WHC (%)	OM (%)	TN (%)
Kwanak	T	5.00 $\pm$ 0.18	38.10 $\pm$ 4.50	10.96 $\pm$ 1.50	0.18 $\pm$ 0.03	3.68 $\pm$ 0.55	0.18 $\pm$ 0.09
	F	5.00 $\pm$ 0.20	42.18 $\pm$ 2.43	12.00 $\pm$ 1.63	0.24 $\pm$ 0.03	4.77 $\pm$ 1.14	0.24 $\pm$ 0.10
	R	4.80 $\pm$ 0.16	36.50 $\pm$ 6.70	13.58 $\pm$ 1.40	0.29 $\pm$ 0.04	4.89 $\pm$ 0.70	0.25 $\pm$ 0.08
Gold	T	5.29 $\pm$ 0.10	43.70 $\pm$ 8.92	13.25 $\pm$ 1.53	0.31 $\pm$ 0.03	5.39 $\pm$ 0.85	0.18 $\pm$ 0.03
	F	5.29 $\pm$ 0.07	64.67 $\pm$ 9.89	15.93 $\pm$ 1.62	0.36 $\pm$ 0.04	5.22 $\pm$ 0.87	0.17 $\pm$ 0.03
	R	5.55 $\pm$ 0.05	25.55 $\pm$ 5.96	13.68 $\pm$ 1.51	0.24 $\pm$ 0.04	4.70 $\pm$ 0.39	0.16 $\pm$ 0.04
Korea	T	5.37 $\pm$ 0.15	78.60 $\pm$ 8.17	15.26 $\pm$ 1.33	0.23 $\pm$ 0.03	4.03 $\pm$ 0.28	0.11 $\pm$ 0.01
	F	5.48 $\pm$ 0.17	56.30 $\pm$ 9.18	13.06 $\pm$ 1.73	0.23 $\pm$ 0.04	3.68 $\pm$ 0.49	0.10 $\pm$ 0.01
	R	5.23 $\pm$ 0.09	44.30 $\pm$ 9.00	16.73 $\pm$ 0.57	0.29 $\pm$ 0.03	4.15 $\pm$ 0.26	0.11 $\pm$ 0.02

T ; Tee, F ; Fairway, R ; Rough, Cond : Conductivity, MC : Moisture content, WHC : Water holding capacity, OM ; Organic matter, TN ; Total nitrogen

**Table 2.** Correlation coefficient by simple regression analysis of physico-chemical characteristics of soil in all three golf courses

	pH	Cond	MC	TN	WHC	OM
pH	-	0.15	0.05	0.02	0.06	0.05
Cond		-	0.03	0.01	0.13	0.16
MC			-	0.02	0.67***	0.25
TN				-	0.10	0.35
WHC					-	0.61***
OM						-

\*\*\* :  $p < 0.001$

Abbreviation letter is the same as in Table 1

25.55-98.50 $\mu$ S/cm, 함수량은 10.96-16.73%, 용수량은 0.18-0.36g/g, 유기물은 3.68-5.39%, 총질소량은 0.10-0.25%의 범위였다.

한국 잔디 연구소에서 조사한 우리나라 골프장 토양자료(이 등 1993)와 비교하면 pH 4.6-7.8, 유기물 0.1-3.8%, 총질소량 0.01-0.42%의 범위로 본 조사지역의 유기물 함량이 다소 높게 나타났다.

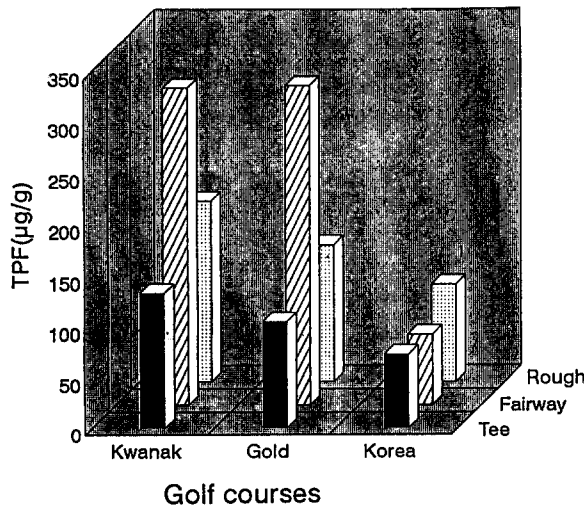
이온함량의 척도로서 사용되는 전도도는 fairway 추천기준인 500 $\mu$ S/cm이하(최 등 1993)로 나타나 상당히 양호한 것으로 생각된다.

오는 5월 정식 개장에정인 코리아 컨트리 클럽에서 유기물, 총질소의 함량이 기존 골프장에 비해 낮게 나타났는데, 이는 각 골프장이 잔디 관리를 위해 2월에서 11월사이에 연 6-9회 NPK복합비료, 유안, 유기질, 규산, 황산가리, 요소 등을 시비(코스관리 연간관리계획 총괄표 1992)해 오고 있는 점으로 미루어 20여년, 10여년 전 부터 시비해 온 관악과 골드 클럽에 비해 낮게 나타난 것으로 사료된다.

Table 2는 각 물리화학적 특성간의 상관계수를 나타내는 것으로 용수량은 함수량( $r=0.67$ ), 유기물( $r=0.61$ )과 고도로 유의적인 정상관( $P < 0.001$ )을 나타냈다.

### 미생물 활성

Fig. 1은 조사된 골프장의 tee, fairway, rough별 DHA의 함량을 나타낸 것이다. 코리아 컨트리 클럽의 경우 69.83-95.89 $\mu$ g/g으로 비교적 낮았으나 골드와 관악 컨트리 클럽은 각각 105.63-314.43 $\mu$ g/g, 133.57-311.96 $\mu$ g/g으로 비교적 높은 범위의 값을 나타냈으며 분산분석의 결과



**Fig. 1.** Dehydrogenase activities of three golf courses. DHA was expressed by the the content of TPF.

과다하게만 사용되지 않으면 미생물의 총수는 일정하게 유지된다. 제초제가 어느 미생물 집단에 유리하면 다른 집단에는 해가 되고 제초제가 분해되면 모든 집단은 정상적으로 되돌아 오게 된다(권과 구 1973).

우리나라는 수차레 시비의 형식으로 잔디관리를 하기때문에 무기염류의 불균형이나 뿌리에의 염류집적이 일어날 가능성이 크다. 실제로 최 등(1993)이 경기도 지역 4개 골프장의 토양깊이별 화학성분을 조사한 결과 일반작물 재배지 이상으로 양분이 집적되는 곳이 있고 전국 골프장 토양의 화학특성 요약표에서도 과잉집적 사례가 있으므로 인산 및 Na, K, Ca, Mg 등의 화학적 특성의 분석이 필요하다고 본다.

세 골프장간의 DHA값을 분산분석한 결과 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났으며(P < 0.05) 이는 골프장관리의 차이에 따른 것으로 생각된다.

DHA는 세 골프장 간에 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다(P < 0.01)(Table 3). 이는 앞서 논의된바 있듯이 개장년도에 따른 시비의 효과로 볼 수 있으며 복합비료 및 유기물질이 토양에 사용되면 공급된 양분을 이용하여 미생물은 성장하게 되며 특히 DHA는 어떤 특정 미생물 군집만이 아니라 조류, 곰팡이, actinomyces, 세균 등 주요 토양미생물 군집의 탈수소화를 총체적으로 나타내준다.

DHA는 tee가 73.38-133.57 µg /g, fairway가 69.83-314.43 µg /g, rough가 95.89-176.80 µg /g으로 fairway가 가장 높았고 tee와 rough는 비슷하였으나 tee가 약간 더 낮았다. 제초 및 살충처리를 하지 않는 rough에서 가장 높고 연간 2~3회 처리하는 tee와 fairway에서 낮을 것으로 결과를 예측하였으나 역시 시비효과가 미생물군집에 더 큰 영향을 미치는 것 같다. 일반적으로 농장에 제초제가

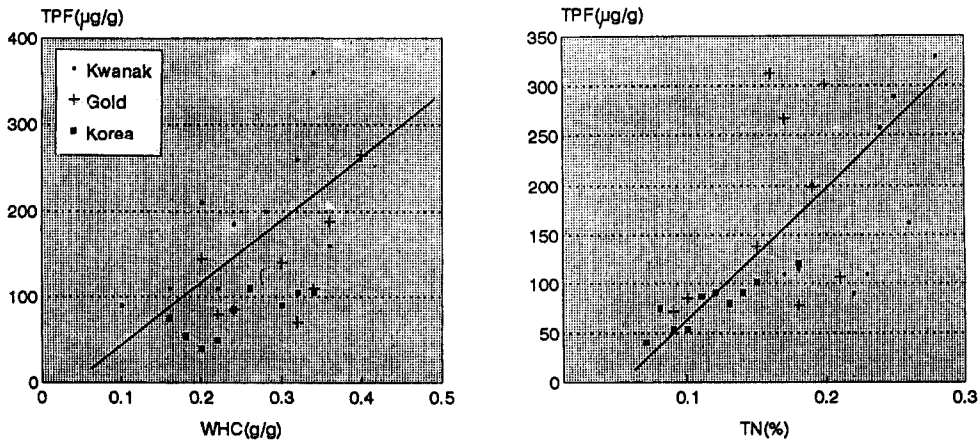
**Table 3.** The significance of ANOVA in physico-chemical characteristics and DHA with golf courses and golf site.

Factor	pH	Cond	MC	TN	WHC	OM	DHA
Golf courses	*	ns	ns	ns	ns	ns	**
Golf sites	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*

\* P < 0.05, \*\* P < 0.01

Abbreviation letter is the same in Table 1.

Golf sites indicate tee, fairway and rough in investigated holes.



**Fig. 2.** The relationship of DHA and WHC, and of DHA and TN in three golf courses. WHC : Water holding capacity, TN : Total nitrogen.

**Table 4.** Correlation coefficient of dehydrogenase activity with physico-chemical characteristics in three golf courses

	DHA		
	Korea	Gold	Kwanak
pH	-0.45	-0.22	-0.34
Cond	0.05	0.69*	0.10
MC	0.59	0.60	0.47
WHC	0.68*	0.67*	0.56
TN	0.74*	0.31	0.70*
OM	0.38	0.12	0.55

\*: P<0.05

Abbreviation letter is the same as in Table 1.

Table 4는 세 골프장의 DHA값과 다른 물리화학적인 요소들을 단순회귀분석을 한 것이다. DHA는 용수량과 총질소량과 유의적인 정상관(Fig. 2)을 나타냈으며 pH와는 약간의 역상관( $r = -0.22 \sim -0.45$ )이 있었다. 이는 미생물 활성이 CEC, 총질소량과 정상관이 있다는 광산지역 토양의 중금속 함량과 미생물 생체량과 활성을 조사한 Ohya *et al.* (1988)과, 서울에 위치한 공원토양의 미생물 활성을 조사한 Kim and Lee(1993)의 결과와 일치하며, 또한 Harris and Birch(1989)는 광산복구지역에서 토양 미생물 활성을 조사하였을 때 DHA는 총질소량과 정상관이 있으

며 용수량은 총질소량과 유의적인 정상관이 있다고 보고한 바 있다.

### 적 요

경기도 지역에 위치한 개장년도가 다른 세 골프장의 tee, fairway, rough의 토양에 대한 pH, 전도도(conductivity), 함수량(moisture content), 유기물, 총질소, 용수량(water holding capacity)과 토양 미생물의 활성을 나타내는 탈수소효소 활성(dehydrogenase activity, DHA)을 측정하여 비교분석하였다.

각 골프장의 DHA는 69.83-314.43 µg/g의 범위를 나타내었고 개장년도가 오래된 관악>골드>코리아 컨트리 클럽의 순으로 높았다. 이는 DHA가 제초 및 살충제에 의한 효과보다는 연간 수차례에 걸친 시비의 영향을 더 강하게 받은 것으로 사료된다. 분산분석의 결과 골프장간과 그

리고 각 홀의 골프지소간에 DHA는 유의적인 차이를 나타내었으며 토양의 물리화학적 성분 중 용수량 및 총질소량과 정상관관계가 있었다.

### 인용문헌

- 권용웅 · 구자옥. 1973. 잡초방제학. 문교부. pp. 75-76.
- 골프정보센터. 1994. '94 골프 회원권 연감. pp. 46-52.
- 이정재 · 김성태 · 함선규 · 김인섭. 1993. 우리나라 골프코스 토양의 화학적 특성. 한국잔디학회지 7 : 35.
- 최병주 · 심재성 · 주영희 · 박훈. 1993. 경기도 수개 골프장의 표토 토양 화학성과 잔디의 무기성분 함량. 한국잔디학회지 7 : 129-135.
- 최병주 · 주영희 · 심재성 · 유병남. 1992. 한국 골프코스의 토양분류와 특성. 한국잔디학회지 6 : 113-119.
- 코스관리 연간 관리 계획 총괄표. 1992. 한국잔디학회지 7 : 35.
- Harris, J. A. and P. Birch. 1989. Soil microbial activity in opencast coal mine restorations. Soil Use and Management 5 : 155-160.
- Kim, O.K. and I.S. Lee. 1993. Dehydrogenase activity and physico-chemical characteristics of park soils in Seoul. Korean Journal of Ecology 16 : 191-198.
- Ohya, H., S. Fujiwara, Y. Komai and M. Yamaguchi. 1988. Microbial biomass and activity in urban soils contaminated with Zn and Pb. Biology and Fertility of Soils 6 : 9-13.
- Skujins, J. 1973. Dehydrogenase : an indicator of biological activities in arid soils. Bulletin of Ecological Research Communication (Stockholm) 17 : 235-241.
- Statistical Graphics Corporation. 1987. STATGRAPHICS : Statistical Graphics System. The Statistical Graphics Corporation, Rockville, Maryland.
- Tabatabai, M.A. 1982. Soil enzymes. *In* : Methods of soil analysis, Part 2. Agronomy Monography, No. 9 (2nd ed.). A.L. Page (ed.), American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. pp. 903-946.

(1994년 5월 19일 접수)