

스포츠용 잔디의 다단구조, USGA구조 및 단층구조 지반에서 토양 화학성 차이*

김 경 남

삼육대학교 원예학과

Differences in Soil Chemical Properties Under
Multi-layer System, USGA System and Mono-layer System
for a Sports Turf*

Kim, Kyoung-Nam

Dept. of Horticulture, Sahmyook University, Seoul 139-742, Korea.

ABSTRACT

This study was initiated to investigate soil chemical properties under different soil systems. Data such as soil acidity(pH), electrical conductivity(EC), organic matter content(OMC), and cation exchange capacity(CEC) were analyzed with samples from multi-layer, USGA, and mono-layer systems. N, P, K and micronutrients were also measured. Multi-layer system was built up to 60-cm depth with rootzone layer, intermediate layer and two drainage layers. USGA system 45 centimeters deep was constructed with rootzone layer, intermediate layer and drainage layer. Mono-layer system, however, was made only with a 30-cm rootzone layer.

Differences were observed in soil pH, EC, OMC, CEC and micronutrients. Soil pH was acceptable for turfgrass growth a year after establishment, being 5.5 to 6.5 in the study. Differences were greatly observed for EC among soil systems. Values of EC for multi-layer, USGA, and mono-layer systems were 39.79, 31.26 and 103.54 uS/cm, respectively. The increase rate was approximately 4 to 8 times greater with mono-layer system than those with other two systems. Therefore, it was necessary to avoid micronutrient deficiency such as Fe, Mn etc. through an effective management program in mono-layer

* 본 논문은 2006학년도 삼육대학교 학술연구비 지원에 의하여 씌어진 것임.

Corresponding author : Kim, Kyoung-Nam,

Tel : +82-2-3399-1731, E-mail : knkturf@syu.ac.kr

Received : 31 August, 2006. **Accepted** : 27 October, 2006.

system because of its faster potential feasibility of salt accumulation.

The greatest OMC was associated with USGA system, being 0.97% which was 11% over that of the other systems. Slight differences were observed for CEC among them. Mono-layer system produced 1.45 me/100g, 10.3% and 8.9% lower in CEC than those of multi-layer and USGA system, respectively.

Micronutrients such as Fe, Zn, and Mn etc. were below the level required for turf growth, regardless of soil systems. It was considered that one year after turf establishment was not enough to build up micronutrients in sand-based soil systems to the normal level for a turf growth.

These results demonstrate that intensive management program including grow-in concept fertilization should be integrated into sand-based soil systems, even after a year in establishment. Regular nutrient monitoring by soil analyses is a strong necessity to decide the kinds and amount of fertilizer. Also, strategic management program must be selectively employed according to sports turf soil systems.

Key Words : CEC, EC, Micronutrients, Soccer field, Soil system.

I. 서 론

잔디밭 품질은 같은 기후대의 지역일지라도 지반종류(soil system, S), 초종(turfgrass, T) 및 관리수준(management, M) - 이 세 가지 요소의 조합에 따라 상당히 다르게 나타난다(Beard, 1973; Turgeon, 1996). 따라서 품질이 우수한 잔디밭을 확보하려면 초종, 지반, 관리 세 가지 요소를 고려한 STM 컨셉에 의해 해당 잔디밭의 품질 요구 정도에 따라 설계 및 시공 단계에서 적절하게 선택하는 것이 중요하다(김경남, 2005, 2006; Cockerham, 1994).

잔디구장도 기본 컨셉에 따라 이 세 가지 요소를 실시설계부터 종합적으로 고려해서 건설하는 것이 필요하다. 그러나 그렇지 못했던 것이 국내의 현실이었다. 대표적으로 88서울올림픽대회로 인해 국내외에 널리 알려진 잠실 올림픽 주경기장의 경우, 스타디움 구조 및 모양 등의 건축 디자인 면에서는 대외적으로 손색이 없을 정도로 훌륭하였다. 하지만, 올림픽 개막 일주일도 안 되어 잔디 면의 심한 훼손과 투수 불량 등으로 잔디그라운드의 상태는 대단히 불량하였다(Shim, 1992). 초종, 지반, 관리 및 운영 등 여러 가지 복합적인 원인이 있었지만, 특히 설계 및 시공과정

에서 잔디의 생육 환경을 고려하지 않은 지반조성이 가장 큰 문제였었다.

지반종류에 따라 물리성 및 화학성 등 토양 환경이 다르고, 토양 환경 차이에 따라 토양 중 공기, 수분 및 영양분 등이 영향을 받고, 이러한 차이는 결국 뿌리 발달, 회복력 및 피복속도 등 잔디생육에 영향을 주기 때문에 지반 조성은 잔디밭 품질 수준과 관련해서 중요한 부분이다. 지반의 물리적 특성 차이는 전체 토양 공극률에 변화를 주어 토양의 보습력 및 투수성에 영향을 줄뿐만 아니라 선수, 축구공 및 그라운드 표면에 상호 영향을 주어 볼 구름 및 튀김, 선수들의 마찰력, 내답압성, 표면 경도 및 충격흡수능력 등의 경기력에도 크게 영향을 주고 있다(Bell et al., 1985; Canaway, 1985; Waddington, 1992).

또한, 지반의 화학적 특성도 중요하다. 왜냐하면 화학적 특성 차이는 토양의 비옥도뿐만 아니라 유용원소의 용해도, 독성 원소의 농도, 유용미생물의 증감 등에 영향을 주어 결국 잔디의 뿌리 생육과 지상부 생장에 영향을 주어 궁극적으로는 잔디그라운드의 품질에 영향을 끼친다. 특히 토양 산도에 따라 지반에 있는 양분의 유효도가 달라지고, 전기 전도도를 통해 양분 및 수분의 흡수 장애와 관련이 있는 토양 염류 2농도의 측

적 정도를 알 수 있고, 양이온 치환용량과 유기물 함량은 토양의 보비력을 파악할 수 있는 중요한 기준이 될 수 있다. 따라서 토양산도, 전기전도도, 양이온 치환용량, 유기물 함량 등을 비롯해서 기타 질소, 인산 및 칼륨, 미량원소 등의 토양 화학적 특성을 파악하는 것은 잔디밭 품질을 유지하는데 중요하다.

잔디밭 조성 시 지반구조는 크게 단층구조와 다층구조로 나눌 수 있으며 단층구조와 다층구조는 다시 각각 여러 가지 형태로 세분된다(Adams and Gibbs, 1994). 과거에 국내 잔디구장은 대부분 기존의 토양 위에 간단히 식재층으로만 이루어진 단층구조로 조성하였었는데 월드컵대회 전후로 주로 검토되고 있는 지반구조는 배수층, 중간층 및 식재층 등을 갖는 다층구조 개념의 지반을 선호하고 있는 실정이다(2002년월드컵축구대회조직위원회, 2000b). 하지만, 단층구조와 다층구조는 잔디생육, 시공 및 경제성뿐만 아니라 토양 물리성 및 화학성 등 여러 가지 점에서 그 특성이 다르기 때문에 지반 종류별 특성을 파악하여 컨셉에 따라 잔디구장 설계, 시공 및 관리에 활용하는 것은 필요하다.

국내에서 경기장 잔디와 관련한 연구보고는 최근에 들어서이다(김경남 · 심상렬, 2003; 김경남 등, 1998a, 1998b, 2003a, 2003b; 이재필 등, 2001; 이해정 등, 2001; 2002년월드컵축구대회조직위원회, 1999, 2000a, 2000b; 심상렬 등, 2000; 심상렬 · 정대영, 2002a, 2002b; 한국체육과학연구원, 1998, Kim and Nam, 2001). 하지만, 잔디구장의 토양 특성에 대한 연구는 물리성에 대한 실험 결과는 일부 있지만(김경남 등, 2003a; 심상렬 등, 2000; 심상렬 · 정대영, 2002b), 지반 종류별로 화학성 특성 차이에 대한 체계적인 비교실험은 없는 실정이다. 본 연구는 서로 다른 세 가지 지반 구조에 잔디를 조성한 후 토양 화학성 특성 차이를 비교하고자 시작되었다.

II. 재료 및 방법

1. 지반구조

본 실험을 위해 잔디연구포장은 정규 축구장의 1/10 면적인 1,000 m² 부지 위에 조성하였고 연구포장의 지반은 전체 면적을 3등분으로 나누고 지반1, 지반2, 지반3의 각각 3개의 다른 구조로 조

Table 1. Specification for rootzone layer, intermediate layer and drainage layer in soil systems 1, 2, and 3 at the research field.

Kinds		Soil system 1	Soil system 2	Soil system 3
Name		Multi-layer system	USGA system	Mono-layer system
Rootzone layer	Depth	30 cm	30 cm	30 cm
	Particle size	0.25~1.0 mm > 60%	0.25~1.0 mm > 60%	0.25 mm under < 50% 0.25~1.0 mm > 40% 1.0 mm over < 50%
Intermediate layer	Depth	10 cm	5 cm	none
	Particle size	1~4 mm > 90%	1~4 mm > 90%	
Drainage layer I	Depth	10 cm	10 cm	none
	Particle size	6~9 mm > 65%	6~9 mm > 65%	
Drainage layer II	Depth	10 cm	none	none
	Particle size	10~19 mm > 65%		

성하였다. 연구포장에 조성한 3종류 지반의 식재층(rootzone layer), 중간층(intermediate layer) 및 배수층(drainage layer)에 대한 전체 지반구조의 특성은 Table 1에 있다.

지반1(다단구조, multi-layer system)은 전체 구조가 60 cm 깊이로 식재층 30 cm, 중간층 10 cm, 배수층 20 cm로 조성하였다. 이 다단구조는 배수층이 10 cm 씩 이단으로 구성된 다층구조로 오래 전에 건립된 경기장에 사용된 지반양식이다. 지반2(USGA구조, USGA system)는 USGA 규격에 따라 조성된 지반으로 전체 45 cm 깊이로 이루어진 구조로 식재층 30 cm, 중간층 5 cm 및 배수층 10 cm로 조성하였다. 이 USGA구조는 미국골프장협회(United States Golf Association, USGA)에서 퍼팅 그린용으로 개발된 지반 구조로 골프장 및 경기장 역사가 깊은 미국 및 유럽에서 많이 사용되고 있는 다층구조 개념의 지반이다(김경남 등, 1998b; Cockerham, 1994; USGA Green Section Staff, 1973). 지반3(단층구조, mono-layer system)은 전체 지반구조가 30 cm 깊이로 지반1과 지반2와는 달리 중간층 및 배수층 없이 식재층으로만 조성된 단층구조 개념의 지반이다.

2. 잔디관리

잔디밭 조성 후 잔디관리는 고품질로 유지되는 경기장 수준으로 실시하였다. 물 관리는 자동관수를 이용하였으며 생육 기간 중 2~5회/주 정도 기준으로 실시하였다. 예초는 생장속도에 따라 깎기 높이와 회수를 조절하여 19~25 mm 사이로 관리하였다. 시비는 유안, 요소, 15-11-14, 17-21-17, 21-17-17, CDU(15-5-13) 등을 이용하여 생장속도와 엽색에 따라 30~40 g N/m²/년 기준으로 조절하였으며, 잔디에 발생한 병은 살균제를 살포하여 방제하였다.

3. 토양 화학성 특성 조사

지반 종류별 토양 화학성 분석을 위해 잔디밭 조성 후 일년이 지난 시점에 토양 샘플을 채취하

였다. 토양 샘플은 지반별로 각각 4개의 지점에서 채취해서 잔디표면 아래에 있는 대취를 제거 후 토층 10 cm 까지 분리해서 분석에 활용하였다. 토양 화학성 분석은 토양산도(soil pH), 전기전도도(electrical conductivity, EC), 유기물 함량(organic matter content, OMC), 양이온 치환용량(cation exchange capacity, CEC), 질소(Total-N), 인산(P), 칼륨(K) 및 미량요소에 대해 조사를 하였다. 본 실험에서 분석한 미량요소는 철(Fe), 망간(Mn), 아연(Zn) 및 몰리브덴(Mo) 등이었다.

토양산도 및 전기전도도는 토양과 증류수를 1:5 비율로 혼합해서 측정하였다. 유기물 함량 분석은 토양샘플을 채취하여 풍건 시킨 토양을 건조 오븐에 550℃ 온도 조건에서 2시간 동안 회화시킨 후 실시하였다. 양이온 치환용량은 1N 암모니움 아세테이트(pH 7) 침출법을 이용하여 분석하였다.

주요 원소인 질소의 경우 습식 산화 과정 방식인 켈달법(Kjeldahl method)으로 하였으며, 유효 인산은 랜캐스터법(Lancaster method)으로 분석하였다. 칼륨은 1N 암모니움 아세테이트(pH 4) 침출법을 이용하여 분석하였다. Fe, Mn, Zn, Mo 등의 미량원소도 1N 암모니움 아세테이트(pH 4) 침출법을 이용하여 분석하였다. 이상에서 pH, EC, CEC, N, P, K 및 미량요소 등의 토양 화학성 분석 시 사용한 방법은 토양 화학 분석법(농업기술연구소, 1988)에 따라 측정하였다.

4. 통계분석

통계분석은 SAS(Statistical Analysis System) 프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 실시하였고(SAS Institute, 1990), 처리구 평균간 유의성 검정은 DMRT(Duncan's Multiple Range Test) 5% 수준에서 실시하였다(Steel and Torrie, 1980). 지반간 비교는 다단구조, USGA구조, 단층구조에서 각 지반별 전체 처리구의 평균값을 구해서 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

잔디밭 조성 후 일 년이 지난 시점에 분석한 토양산도, 전기전도도, 양이온 치환용량, 질소, 인산, 칼륨 및 미량원소 등의 토양 화학성은 다단구조, USGA구조 및 단층구조에 따라 차이가 통계적으로 유의하게 나타났다.

1. 토양산도 및 전기전도도

지반간 토양산도의 범위는 5.56~6.19 사이로 지반에 따라 0.63 정도 차이가 있었다(Figure 1). 세 가지 지반구조에서 가장 약산성을 보이는 종류는 토양산도가 6.19로 나타난 다단구조였다. 그리고 USGA구조와 단층구조는 토양산도가 각각 5.56 및 5.58로 다단구조에 비해 더 강산성으로 나타났다. 토양산도는 토양내 수소이온 정도를 나타내는 것으로 식물 생육에 적절한 토양산도 범위를 넘어 지나치게 낮을 경우에는 알루미늄(Al) 및 망간(Mn) 등 독성을 띄는 원소들의 용해도가 증가하여 생육장애가 일어날 수 있으며, 반대로 토양산도가 적정범위를 벗어나 지나치게 높을 경우에는 철(Fe), 아연(Zn), 붕소(B), 구리(Cu) 등의 미량원소 용해도가 감소함으로 미량원소 결핍증으로 인해 생육 장애가 나타날 수 있다(Buckman and Brady, 1960; Turner and Hummel, Jr., 1992). 따라서 적정 범위내 토양산도 유지가

중요한데 본 실험에서 모래 중심의 지반구조인 다단구조, USGA구조 및 단층구조 모두 조성 후 일년 경과 후의 토양산도는 잔디생육에 적정범위 수준인 5.5~6.5 사이로 양호하였다(Beard, 1973).

염류 축적과 관계가 있는 전기전도도도 지반간 차이가 통계적으로 유의하게 나타났다. 전기전도도가 가장 낮은 지반구조는 USGA구조로 31.26 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이었고, 다단구조는 USGA구조보다 약간 높은 39.79 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이었다(Figure 2). 하지만, 단층구조는 전기전도도가 103.54 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 가장 높게 나타났는데, 이는 다단구조 및 USGA구조의 전기전도도에 비해 약 3배 정도 높은 것을 의미한다.

전기전도도는 토양 중에 있는 염류농도의 지표로 사용되며 전기전도도가 높을수록 염류농도가 높아 토양용액의 삼투압 증가로 인해 뿌리의 양분 및 수분 흡수 저하가 나타난다. 즉 이로 인해 식물 생육 장애가 나타날 수 있으므로 적정 수준 이하로 유지하는 것이 필요하다(남이·민일식, 1999). 잔디작물의 경우 토양 전기전도도는 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이하가 바람직하므로(Harivandi et al., 1992) 조성 일년 후 전기전도도도 토양산도와 같이 잔디생육에는 지장이 없는 수준이었다.

하지만, 일년 전 조성 당시 전기전도도에 비해 크게 증가하는 경향이었는데 특히 단층구조의 증가율이 컸었다. 조성시의 전기전도도 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 에

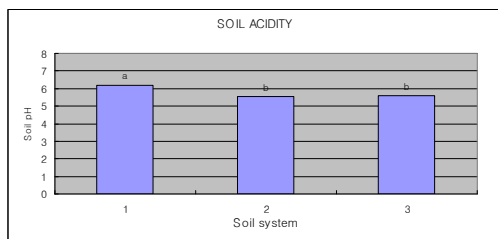


Figure 1. Soil acidity under different soil systems one year after establishment, in which soil systems 1, 2, and 3 indicate multi-layer system, USGA system, and mono-layer system, respectively. Mean separation in soil systems was done by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

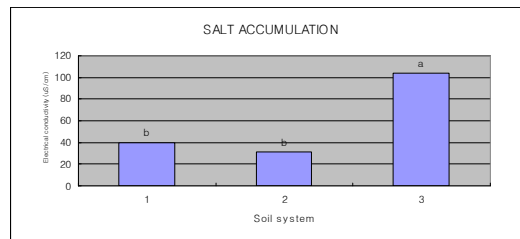


Figure 2. Electrical conductivity under different soil systems one year after establishment, in which soil systems 1, 2, and 3 indicate multi-layer system, USGA system, and mono-layer system, respectively. Mean separation in soil systems was done by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

비해 다단구조 및 USGA구조는 각각 39.79 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 및 31.26 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 약 0.6~1.0배정도 증가하였다. 이에 반해 단층구조는 조성 당시보다 83.54 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 즉 4.2배정도 크게 증가하였다. 이는 다단구조 및 USGA구조의 전기전도도 증가에 비해 약 4~8배정도 높은 수준으로 이러한 증가속도는 조성 후 2~4년 정도 지나면 잔디생육에 심한 장애가 예상되는 수준으로 나타날 것으로 사료되었다.

단층구조의 염류집적 속도가 빠른 이유는 다단구조, USGA구조 및 단층구조간에 존재하는 지반 특성 때문인 것으로 추정되었다. 다단구조와 USGA구조는 식재층, 중간층 및 배수층으로 이루어져 있는 다층구조 개념으로 전체 지반구조가 각각 60 cm 및 45 cm인 반면, 단층구조는 식재층 30 cm 로만 이루어져 있는 단층구조의 특성을 갖고 있는 지반이다(Table 1). 즉, 중간층 및 배수층이 없는 단층구조는 단층구조의 특성으로 인해 다단구조 또는 USGA구조에 비해 염류가 쉽게 축적되는 구조라고 할 수 있다. 왜냐하면, 식재층 아래 있는 중간층은 식재층에서 흘러 내려온 물을 중간층 위에 걸러 저장하는 역할을 하므로(Snow, 1993; USGA Green Section Staff, 1973), 중간층이 없는 단층구조는 다층구조에 비해 토양의 보습력이 낮다. 따라서 염류 집적도 중간층과 배수층이 있는 다단구조와 USGA구조에 비해 빠르게 진행 된다고 할 수 있다. 일반적으로 염류집적은 증발산량이 커서 보수력이 적은 건조 기후대 지역에서 더 큰 문제가 되고 있다(Carrow, 1985).

염류가 과다 축적되면 뿌리의 양분 및 수분의 흡수 장애로 잔디생육에 지장을 줄 수 있으므로 잔디구장을 단층구조로 조성 시 조성 후 시간이 경과함에 따라 토양 영양분 상태의 급격한 변화로 인해 철 및 망간 등 미량원소의 결핍 등으로 잔디 품질 저하가 예상될 수 있다. 따라서 염류 집적 최소화를 위해 효율적인 관수 관리를 통해 생육장애를 피하는 것이 필요한 것으로 사료되었

다. 이러한 결과는 다단구조, USGA구조 및 단층구조간의 잔디생육 실험 비교에서 들잔디와 켄터키 블루그래스, 페레니얼 라이그래스, 톨 웨스큐 등 한지형 잔디 모두 단층구조에서 자랐을 때 뿌리생장을 비롯해서 전체 잔디품질 상태가 가장 불량한 연구결과(김경남 등, 2003)와도 연관이 있는 것으로 추정되었다.

2. 유기물 함량 및 양이온 치환용량

유기물 함량 및 양이온 치환용량은 지반에 따라 약간의 차이가 있었다. 유기물 함량의 경우 다단구조와 단층구조는 0.87%로 같은 수준이었다(Figure 3). 하지만, USGA구조의 유기물 함량은 0.97%로 다단구조 및 단층구조에 비해 11% 정도 더 높은 수준이었다.

연구포장 조성 당시 다단구조, USGA구조 및 단층구조 식재층의 유기물 함량은 0.8%이었다. 따라서 다단구조 및 단층구조에서는 조성 일년 만에 유기물 함량이 0.07% 증가하였는데 이는 조성대비 8% 정도 높은 수준이었다. 반면, USGA구조에서는 조성 일년 후의 유기물 함량 증가는 0.17%로 나타나 조성대비 21% 정도 높게 증가하였다. 이는 잔디 발 조성 후 토양 내 유기물 축적이 이루어지기 때문이라 사료되며, 특히 USGA구조에서 유기물 함량 증가율이 높게 나타난 것은 USGA구조의 토양 환경 조건이 생육에 더 양호하기 때문에(김경남 등, 2003), 잔디생육도 더욱 왕성해서 대취층(thatch layer) 축적 및 이로 인해 유기물 함량이 증가하는 것으로 추정되었다.

잔디발 조성 후 토양 속에 유기물 함량이 증가하는 이유 중의 하나는 잔디표면아래 잎, 줄기 및 뿌리 등이 혼합된 대취층이 형성되고 대취층은 시간이 지나면서 미생물 활동으로 분해 되어 토양 유기물 함량을 증가시키게 해 주기 때문이고 대취층 축적 정도는 생육환경이 양호할수록, 생육속도가 빠를수록 강하게 나타난다(Beard, 1973; Turgeon, 1996). 이러한 결과는 각 지반별 대취층

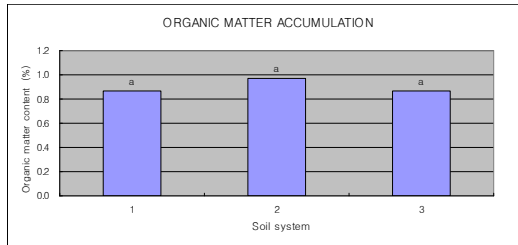


Figure 3. Organic matter content under different soil systems one year after establishment, in which soil systems 1, 2, and 3 indicate multi-layer system, USGA system, and mono-layer system, respectively. Mean separation in soil systems was done by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

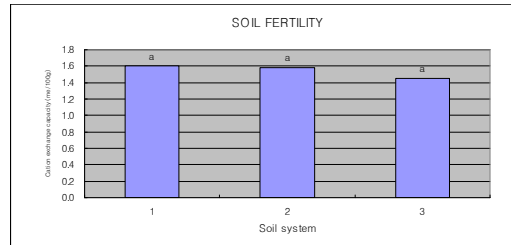


Figure 4. Cation exchange capacity under different soil systems one year after establishment, in which soil systems 1, 2, and 3 indicate multi-layer system, USGA system, and mono-layer system, respectively. Mean separation in soil systems was done by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

적을 비교 시 USGA구조에서 대취축적이 다단구조 및 단층구조에 비해 약 10% 정도 더 많이 축적된 결과와도 일치하는 것이었다(2002년월드컵 축구대회조직위원회, 2000a).

모래 위주로 조성된 골프장 퍼팅그린 식재층의 경우 잔디생육에 요구되는 적정 수준의 유기물 함량은 1~5%로 보고되고 있다(Snow, 1993). 따라서 본 실험의 세 종류 지반에서 USGA구조는 조성 일년 만에 잔디생육에 적절한 수준의 유기물 함량에 거의 도달하는 것으로 판단되었지만, 다단구조 및 단층구조는 잔디생육에 적절한 수준의 유기물 함량에 도달하는 데는 조성 후 2~3년 정도 필요한 것으로 사료되었다.

지반간 양이온 치환용량의 범위는 1.45~1.60 me/100g 사이로 나타났다(Figure 4). 세 종류 지반에서 다단구조의 양이온 치환용량이 1.60 me/100g로 가장 높았고, 반면 약식 구조의 양이온 치환용량은 1.45 me/100g로 가장 낮은 수준이었다. USGA구조의 양이온 치환용량은 1.58 me/100g로 다단구조와 거의 비슷한 수준이었다.

양이온 치환용량은 마른 토양 100g 안에 가지고 있는 양이온의 총량을 밀리 당량(me)으로 나타낸 값으로 토양 중 무기원소의 이용도를 결정하는 중요한 토양의 화학적 성질중 하나로 토양의 보비력과 관련이 깊다(Rhoades, 1982). 일반적

으로 그 수치가 높을수록 잔디 생육에 유리한데 본 실험에서는 세 종류 지반 모두 모래위주 토양이고 또한 조성 후 일년 정도 경과한 시점이기 때문에 상당히 낮은 수준이었다. 향후 시비관리 등 지속적인 잔디관리에 따라 생육이 진행되면서 유기물 축적 및 양이온 치환용량 수준도 증가하겠지만, 모래지반 조성 후 초기 2~3년까지는 토양중 유기물 함량 및 양이온 치환용량이 적어 영양분의 완충능력이 낮기 때문에 집약적인 잔디관리가 필요한 시기임을 암시한다 하겠다.

3. 질소, 인산, 칼륨 및 미량원소

잔디밭 조성 후 일년 경과 시 토양 영양소의 함유량은 지반간 차이가 있었다. 특히 미량원소 중 철과 망간은 통계적으로 유의한 수준으로 그 차이가 크게 나타났다. 일년이 지난 시점에 전질소 함량의 범위는 0.018~0.019%, 유효인산의 범위는 60.26~73.51 ppm, 치환성 칼륨은 0.03~0.04 me/100g으로 충분한 축적은 이루어지지 않았다(Table 2). 미량 원소 중 지반간 철(Fe) 함량의 범위는 1.95~9.97 ppm으로 지반간 차이가 크게 나타났는데 USGA구조가 9.97 ppm으로 가장 높았고, 반면 단층구조는 1.95 ppm으로 가장 낮았다. 이는 USGA구조의 철분 함량에 비해 약 5배 정도 낮은 수준이었다. 단층구조에서 철분

Table 2. Variations in N, P, K, and micronutrients under different soil systems.

Soil system	Macronutrients			Micronutrients			
	Total-N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (me/100g)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Mo (ppm)
1. Multi-layer system	0.019 a ^z	73.51 a	0.03 a	5.61 b	4.74 ab	0.20 a	trace
2. USGA system	0.019 a	60.26 a	0.04 a	9.97 a	6.40 a	0.24 a	trace
3. Mono-layer system	0.018 a	60.55 a	0.03 a	1.95 c	3.96 b	0.21 a	trace

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

함량이 가장 낮았던 것은 토양중의 염류의 농도 지표로서 쓰이고 있는 전기전도도가 가장 높았던 경향과 관련이 있는 것으로 사료되었다. 남이·민일식(1999)은 염류 집적은 철의 불용화를 초래하기 때문에 염류가 많은 토양에서 철분 부족이 더 발생하기 쉽다고 보고하였다.

망간(Mn) 함량은 3.96~6.40 ppm 범위로 역시 USGA구조에서 6.40 ppm으로 가장 높았으며, 반대로 단층구조 지반에서 3.96 ppm으로 가장 낮았다. 이 밖에 아연(Zn)의 범위는 0.20~0.24 ppm 수준으로 세 종류 지반 모두 비슷하였다. 미량 원소 중 몰리브덴(Mo)은 거의 검출이 안 되는 수준으로 잔디생육에는 지장을 안주는 범위였다.

본 연구를 통해서 미량원소인 철, 아연 및 망간은 잔디생육에 요구되는 수준이하로 나타났는데, 이는 모래지반 조성 후 일년 정도 시비 관리로 아직 토양 중에 충분하게 영양분 축적이 안 된 것으로 추정되었다. 즉 이러한 결과는 잔디밭을 모래지반으로 조성할 경우 조성 일년 후에도 집약적인 시비관리 프로그램(grow-in fertilization)이 필요하고, 또한 정기적인 토양분석을 통해 적절하게 시비량을 결정하는 것이 바람직하다고 사료되었다.

IV. 결 론

잔디밭 조성 후 일년이 지난 시점에 토양산도, 염류축적, 유기물 함량, 양이온 치환용량 및 미량

원소 등은 지반에 따라 다르게 나타났는데 그 결과는 다음과 같다.

1. 모래 위주의 지반인 다단구조, USGA구조 및 단층구조 모두 조성 일년 지난 후의 토양산도는 5.5~6.5 사이로 잔디생육에 적정범위 수준을 유지하였다.

2. 단층구조의 전기전도도는 103.54 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 다단구조 및 USGA구조의 전기전도도 39.79 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 및 31.26 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 에 비해 약 3배정도 높은 수준이었다. 이는 조성 후 일년 사이 다단구조 및 USGA구조의 전기전도도 증가율에 비해 약 4~8배정도 더 크게 증가한 것으로 다단구조, USGA구조 및 단층구조 간에 존재 하는 지반 특성 차이 때문에 나타나는 것으로 사료되었다.

3. 따라서 중간층 및 배수층이 없는 단층구조는 다층구조에 비해 염류가 쉽게 축적되는 구조이므로 조성 후 시간이 경과함에 따라 철 및 망간 등 미량원소의 결핍 등으로 잔디 품질 저하가 예상되므로 염류집적 최소화를 위해 효율적인 관수 관리를 통해 생육장해를 피하는 것이 필요한 것으로 사료되었다.

4. 다단구조와 단층구조의 유기물 함량은 0.87%로 같은 수준이었지만, USGA구조는 0.97%로 다단구조 및 단층구조에 비해 11% 정도 높은 수준으로 조성 일년 만에 잔디생육에 적절 수준에 거의 도달하는 것으로 사료되었다. USGA구조에서 유기물 함량이 더 높았던 것은 다단 및

단층구조에 비해 잔디생육에 더 양호한 토양환경 조건으로 인해 대취형성이 빨랐기 때문에 나타난 것으로 사료되었다.

5. 조성 일년 후의 양이온 치환용량은 세 종류 지반 모두 전반적으로 상당히 낮은 수준이었고, 또한 철, 아연 및 망간 등의 미량원소도 잔디생육에 요구되는 수준이하로 나타났다. 따라서 모래지반 조성 후 일년 정도 시비관리로 영양분 축적이 아직 충분히 안 된 것으로 사료되었다.

6. 모래지반으로 조성 시 토양 중 유기물 함량, 양이온 치환용량 및 미량원소 함유량이 적어 영양분 완충능력이 적음으로 인해 조성 일년 후에도 집약적인 잔디관리가 필요하며 특히 단층구조는 염류집적 등으로 인해 식재층, 중간층 및 배수층을 갖고 있는 다층구조에 비해 좀 더 세밀한 관리프로그램이 요구되는 것으로 사료되었다.

7. 다단구조, USGA구조 및 단층구조에서 나타난 토양 화학성 차이는 특히 염류축적, 유기물 함량, 철, 망간 등의 차이가 크게 나타났기 때문에 정기적인 토양분석을 통해 적절한 시비량 결정과 함께 토양분석 결과를 활용한 전략적인 관리 프로그램이 잔디밭 조성 후 지반에 따라 선택적으로 필요한 것으로 사료되었다.

인 용 문 헌

- 김경남. 2005. STM 총서 I-잔디학개론. 서울 : 삼육대학교 출판부.
- 김경남. 2006. STM 총서 II-잔디관리론. 서울 : 삼육대학교 출판부.
- 김경남 · 권오달 · 남상용. 1998a. 한지형 스포츠 잔디의 국내 적응성 고찰에 관한 연구. 삼육대학교 자연과학논문집 3(3) : 61-76.
- 김경남 · 심상렬. 2003. 축구경기장의 지반구조 종류별 표면 경도, 토심 경도 및 투수 속도 차이. 한국원예학회지 44(6) : 991-997.
- 김경남 · 심상렬 · 윤평섭 · 한상경 · 조치용 · 한권영. 1998b. 미국, 일본, 독일의 선진 경기장 조사 분석 및 국내잔디구장의 초종 선정 방향. 자연과학논문집 3(3) : 51-60.
- 김경남 · 최준수 · 남상용. 2003. 경기장용 다단구조, USGA구조 및 약식구조 지반에서 난지형 및 한지형 잔디의 적응력. 한국원예학회지 44(4) : 539-544.
- 남이 · 민일식. 1999. 토양진단방법과 활용. 서울 : 삼부문화.
- 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법. 수원 : 농촌진흥청 농업기술연구소.
- 심상렬 · 김경남 · 정대영. 2000. 스포츠 그라운드에 적합한 식재지반과 잔디초종에 관한 연구. 한국조경학회지 28(2) : 61-70.
- 심상렬 · 정대영. 2002a. 축구경기장의 잔디초종 선정에 관한 연구 -2002년 월드컵 인천경기장 모형돔을 대상으로-. 한국조경학회지 30(2) : 88-94.
- 심상렬 · 정대영. 2002b. 축구경기장 토양의 물리적 특성과 잔디마모 특성 -2002년 월드컵 인천경기장 모형돔을 대상으로-. 한국조경학회지 30(1) : 96-104.
- 2002년월드컵축구대회조직위원회. 1999. 2002년 월드컵경기장 건설을 위한 일본·유럽경기장 잔디그라운드조사보고서.
- 2002년월드컵축구대회조직위원회. 2000a. 2002년 월드컵축구경기장 잔디그라운드조성에 관한 연구용역 종합보고서.
- 2002년월드컵축구대회조직위원회. 2000b. 2002년 월드컵축구경기장 잔디그라운드 조성관리지침.
- 이재필 · 김석정 · 서한용 · 이상재 · 김태준 · 김두환. 2001. 차광이 한지형 잔디의 여름철 하고현상 감소에 미치는 영향. 한국잔디학회지 15(2) : 51-64.
- 이혜정 · 송지원 · 구자형. 2001. 여름철 근권부의 냉온처리가 경기장 잔디의 생육 및 무기성분 함량에 미치는 영향. 한국잔디학회지 15(4) : 169-179.

- 한국체육과학연구원. 1998. 잔디구장의 조성관리. 서울 : 한국체육과학원.
- Adams, W. A., and R. J. Gibbs. 1994. Natural Turf for Sports and Amenity : Science and Practice. Cambridge : CAB International, UK.
- Beard, J. B. 1973. Turfgrass Science and Culture. Englewood Cliffs : Prentice-Hall, USA.
- Bell, M. J., S. W. Baker, and P. M. Canaway. 1985. Playing quality of sports surfaces : A review. *J. Sports Turf Res. Inst.* 61 : 26-45.
- Buckman, H. O., and N. C. Brady. 1960. The nature and properties of soils. 6th ed. New York : Macmillan Co.
- Canaway, P. M. 1985. Playing quality, construction and nutrition of sports turf p.45-46. In F. Lemaire(ed.) Proc. 5th Int. Turfgrass Res. Conf., Avignon, France. 1-5 July, Inst. Natl. de la Recherche Agron., Paris, France.
- Carrow, R. N. 1985. Soil/water relationships in turfgrass. pp.85-102. In V.A. Gibeault and S.T. Cokerham(eds.), Turfgrass water conservation, University of California, Publication 21405, Berkely, CA, USA.
- Cokerham, S. T. 1994. Rootzone mixes, turfgrass selection, and maintenance on the world cup soccer fields in the USA. pp. 31-43. In Proceedings of International Symposium on Soccer Field, The Committee of International Symposium on Soccer Field, Tokyo, Japan, October 27-28, 1994.
- Harivandi, M., J. D. Butler, and L. Wu. 1992. Salinity and turfgrass culture. *Agron. Monogr.* 32 : 207-229. In D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman(eds.), Turfgrass. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA.
- Kim, K. N., and S. Y. Nam. 2001. Comparison of cool-season turfgrass performance under the transition climate of Korea. *Agron. Abstr.* ASA-CSSA-SSSA, Charlotte, NC, USA.
- Rhoades, J. D. 1982. Cation exchange capacity. *Agron. Monogr.* 9 : 149-157. In A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney(eds.), Methods of soil analysis. Part 2-Chemical and micrological properties. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI.
- SAS Institute, Inc. 1990. SAS/STAT User's Guide, Version 6 4th ed., Cary : SAS Inst., Inc., USA.
- Shim, S. R. 1992. Korean sports turf. *Grounds Maintenance* June p.66-68.
- Snow, J. T. 1993. The Whys and Hows of Revising the USGA Green Construction Recommendations. *USGA Green Section RECORD* March/pril. pp.4-6.
- Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. 2nd ed., New York : McGraw-Hill, USA.
- Turgeon, A. J. 1996. Turfgrass Management. Fourth ed., Upper Saddle River : Prentice-Hall, Inc., USA.
- Turner, T. R., and N. W. Hummel, Jr. 1992. Nutritional requirements and fertilization. *Agron. Monogr.* 32 : 385-429. In D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman(eds.), Turfgrass. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA.
- USGA Green Section Staff. 1973. USGA Sections Specifications for Putting Green Construction. *USGA Green Section RECORD* 11(3) : 1-8.
- Waddington, D. V. 1992. Soils, soil mixtures, and soil amendments. *Agron. Monogr.* 32 : 331-383. In D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman(eds.), Turfgrass. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA.