

RESEARCH ARTICLE

일반 토양과 모래 식재층 지반의 토양 물리성 및 화학성 비교

김경남*

삼육대학교 과학기술대학 환경디자인원예학과

Comparison of Soil Chemical and Physical Properties in Anysoil and Sand-Based Soil Systems

Kyoung Nam Kim*

Dept. of Environmental Design and Horticulture, College of Science and Technology, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea

Abstract

This study was conducted to compare soil chemical and physical properties under anysoil and sand-based soil systems and to provide basic information on turf design, construction and maintenance. Soil acidity, electric conductivity, soil texture, soil porosity, and moisture content were analyzed. Significant differences were observed for these parameters. From analysis on soil texture, California system was classified as sand, while anysoil system as loamy sand. Soil porosity for California and anysoil systems was 45.0% and 52.0%, respectively, being 7.0% in differences. Moisture content ranged from 12.0 to 24.0%, being twice greater under anysoil system for water retention capacity than under California soil system due to higher micropore percentage. Soil acidity ranged between 5.90 and 6.00, being no significant differences in soil systems. Electrical conductivity in anysoil and California systems, however, was 32.20 and 50.35 $\mu\text{S cm}^{-1}$, respectively, being 56.3% higher in California system than in anysoil system. Considering both soil chemical and physical properties, a sand-based California system was better for turfgrass quality than anysoil system of loamy soil. Clay content was approximately 130 times greater under anysoil system than under California system. This led to higher soil moisture content, but lower drainage capacity, as compared with a sand-based California system. Accordingly, it should be improved by mixing sand to increase macropore content in rootzone layer when turf establishment and maintenance in loamy soil of anysoil system. From this study information on soil chemical and physical properties under both soil systems would be practically useful in turf design, construction and management.

Keywords: Electric conductivity, Soil acidity, Soil moisture content, Soil porosity, Soil texture



OPEN ACCESS

***Corresponding Author:**

Tel) +82-2-3399-1731
Fax) +82-2-3399-1741
E-mail) knkturf@syu.ac.kr

Received: December 10, 2021

Revised: December 23, 2021

Accepted: December 24, 2021

© 2021 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 언

국내에서 묘지, 공원, 학교 운동장, 축구장, 골프장 등 잔디밭에는 주로 여름 고온 및 건조에 강하고 기존 일반 토양에 조성이 쉬운 들잔디(*Zoysia japonica* Steud.)를 많이 활용하였다. 하지만 잔디엽 조직이 거칠고, 녹색 기간이 5-6개월로 짧은 단점이 있다. 2002년 월드컵 축구대회 이후에는 난지형 한국잔디에 비해 푸른 기간이 3-4개월 정도 길고 잔디품질이 우수한 한지형 잔디 도입이 크게 증가하고 있다.

한지형 잔디는 생육적온이 15-24°C로 국내 기후 조건에서 봄과 가을 서늘할 때 최적의 생장을 하는 초종으로(Beard, 1973) 들잔디에 비해 연중 녹색 유지 기간이 3-4개월 정도 길고 잔디 사용 기간도 그만큼 더 오래 사용할 수 있다(Kim, 2005). 또한 시각적 잔디품질이 우수하고, 종자 파종이 가능해 조성 후 잔디밭 표면의 평탄성이 양호하며, 잔디 엽 조직이 부드러워 스포츠용 잔디에도 적합하다(Shim, 1996). 하지만, 난지형 잔디에 비해 일반적으로 내서성 및 내건성이 약해 여름 고온 건조기에 생육이 저하되고 초종에 따라서는 하고 현상에 의한 피해가 나타날 수 있다(Kim, 2019b). 이러한 문제점을 극복하기 위해 배수력이 양호한 잔디밭 지반 조성이 필요하다.

잔디밭 설계 및 시공 단계의 핵심부분인 지반은 잔디가 왕성하게 자랄 수 있는 적절한 토양 환경을 제공할 수 있도록 조성하는 것이 필요하다. 과거에 국내 잔디밭은 대부분 주변에 있는 일반 토양에 간단히 식재층만 갖는 구조로 조성하였다(Shim and Yeom, 1983). 이러한 일반 토양을 활용하는 기존토 지반 방식은 잔디밭 조성 시 원지반에 있는 토양을 정리해서 표면 구배 및 지형을 잡은 후 잔디를 식재하는 방식이다. 국내에서 이러한 지반은 주로 잔디밭을 조성하려고 하는 대상지역의 주변에 있는 점토 함량이 높은 토양을 이용하는 방식으로 조성비가 적게 들고, 공사기간이 짧아 정원, 공원 및 골프장 러프 등에 들잔디 식재 시 많이 이용하고 있다. 하지만 내답압성 및 배수능력이 취약해서 잔디 관리 시 양질의 잔디밭을 기대하기 어려운 단점이 있다.

이러한 배수 문제를 개선하기 위해 2002년 월드컵 축구대회 전후로 스포츠 잔디밭에 사용되고 있는 지반은 USGA (United States Golf Association) 지반구조이다. USGA 구조는 미국골프장협회에서 그린용으로 개발한 지반으로 골프장 및 경기장 조성 역사가 깊은 미국 및 유럽에서 많이 사용하고 있는 다층구조 지반이다(Cockerham, 1994; KOWOC, 1999). 이 USGA 지반은 배수력은 우수하지만 지하배수 시설을 포함해서 식재층, 중간층 및 배수층을 조성함으로써 인해 공사 비용이 많이 들기 때문에 주로 골프장 그린 및 월드컵 경기장 등 고품질 잔디밭에 활용되고 있다.

국내 실무 현장에서는 일반 토양의 배수 불량 문제점을 개선하고, USGA 지반 조성 시 단점도 부분적으로 해결하기 위해 시공이 간단하면서 조성비가 적게 드는 잔디밭 지반에 대한 요구가 증가하고 있다. 국내에서 골프장 웨어웨이 등 중 정도 수준의 잔디밭 조성 시 실무에서는 USGA 지반 대신 시공이 복잡하지 않은 모래 식재층 지반(thin rootzone two-layer system)을 이용하고 있다. 이 모래 식재층 지반은 바닥에 지하배수 시설을 설치하고 그 위에 20-40 cm 정도의 식재층을 조성 후 잔디를 식재하는 방식으로 외국에서는 캘리포니아 지반(California soil system)으로 알려져 있다(Davis, 1990). 이 방식은 식재층 조성 시 원지반에 있는 흙을 제거하고 대신 모래로 치환하기 때문에 점토 함량이 높은 일반 토양의 기존토 지반에 비해 배수 및 내답압성이 향상되고, USGA 지반에 비해 조성비가 저렴한 장점이 있다.

국내에서 한지형 잔디의 생육 특성에 대한 연구 및 발표는 2002년 월드컵 축구대회 개최 전후로 활발해지고 있다(Cho et al., 2005; Kim, 2005, 2015, 2019a; Kim and Cho, 2020; Kim and Kim, 2010, 2020; Kim and Nam, 2001; Kim and Park, 2003; Kim and Shim, 2003; Kim et al., 1998, 2003a, 2003b; KOWOC, 2000; Shim and Jeong, 2002). 하지만 주변에서 쉽게 이용할 수 있는 일반 토양의 기존토 지반과 모래로 조성한 잔디지반간 물리성 및 화학성을 체계적으로 비교한 연구 데이터는 아직 충분하지 않다.

본 연구는 일반 토양의 기존토 지반과 캘리포니아식 모래 식재층 지반에서 기본적인 토양 물리·화학성인 토성, 토양 공극, 함수량, 토양산도 및 전기전도도를 조사해서 정원, 공원, 학교 운동장, 축구장 및 골프장 등에 잔디밭을 조성할 경우 설계, 시공 및 관리 시 기초 자료로 활용하고자 시작하였다.

재료 및 방법

잔디연구포장 조성

일반 토양의 기존토 지반 및 모래 지반의 토양 물리·화학적 특성을 비교하기 위해 삼육대학교에 잔디 연구포장을 준비하였다. 일반 기존토 지반은 주변에서 쉽게 사용할 수 있는 점토 위주의 토양을 지형 정리 후 조성하였다. 캘리포니아 식 모래 지반은 모래를 이용해서 식재층을 30 cm로 조성하였다. 이 때 모래 식재층 지반 시공 시 사용한 골재는 입경이 0.25-1.0 mm 사이의 중사 및 조사가 60% 이상 차지하는 모래를 이용하였다.

토양 물리성 조사

일반 기존토 지반과 캘리포니아 지반의 물리적 특성을 비교하기 위해 2010년 토양 샘플을 채취하여 토성, 토양 공극률 및 함수량을 분석하였다. 이 때 토양샘플 채취 시 사용한 도구는 토양 샘플기(Soil Probe, Forestry Suppliers, Inc., Jackson, Mississippi, USA)로 각각의 지반에서 임의 지점 5곳에서 4점씩 채취하였다. 토성은 샘플 채취 후 외부 분석기관(Jaeil Analytical Center, Ansan, Korea)에 의뢰해서 분류하였다. 이 때 토성분류는 피펫법에 의한 미농무성(United States Department of America) 분류방식으로 결정하였다(Powers et al., 1971).

토양 공극률은 샘플 채취 후 직경 5 cm, 높이 5 cm의 토양샘플 용기에 1/2을 채운 후 다짐봉으로 50회 다짐을 실시하였다. 1차 샘플 다짐 후 나머지 샘플 1/2을 다시 채운 후 추가로 50회 다짐을 실시하였다. 이 때 다짐 후 시료가 빠져나오지 않도록 하단부를 거즈로 막고, 수분으로 충분히 포화되도록 물이 채워진 직사각형의 트레이 접시에 올려놓았다. 수분으로 완전 포화된 습토를 건조기에 70°C, 3시간 정도 건조시킨 후 건조의 중량을 측정하여 다음의 공식을 이용해서 결정하였다.

$$\text{Porosity (\%)} = 100 - \{(\text{BD}/\text{PD}) \times 100 (\%)\} \quad (1)$$

PD: 진밀도(g cm^{-3}) = 2.65 g cm^{-3}

BD: 가밀도(g cm^{-3}) = $M_d (\text{g}) / V_c (\text{cm}^3)$

M_d : 건조 무게(g)

V_c : 코어 부피(cm^3)

토양 함수량은 샘플 채취 후 직경 5 cm, 높이 5 cm의 토양샘플 용기에 1/2을 채운 후 다짐봉으로 50회 다짐을 실시하였다. 1차 샘플 다짐 후 나머지 샘플 1/2을 다시 채운 후 추가로 50회 다짐을 실시하였다. 이 때 다짐 후 시료가 빠져나오지 않도록 하단부를 거즈로 막고, 수분으로 충분히 포화되도록 물이 채워진 트레이 접시에 올려놓았다. 수분으로 완전 포화된 습토의 중량을 측정 후 건조기에 건조(70°C, 3시간)시킨 후 다시 건조의 중량을 측정하였다. 즉 토양 함수량 결정은 측정된 건조 및 습토 중량을 이용해서 다음의 공식을 이용하였다.

$$\text{GM}_v (\%) = \{(M_w - M_d) / M_d\} \times 100 (\%) \quad (2)$$

GM_v : 함수량(%)

M_w : 습토 무게(g)

M_d : 건조 무게(g)

토양 화학성 조사

일반 기존토 토양 및 모래 식재층 지반의 화학적 특성을 비교하기 위해 토양산도 및 전기전도도를 조사하였다. 토양 샘플은 토양 샘플기로 채취해서 각각의 지반에서 임의 지점 5곳에서 4점씩 채취하였다. 샘플 준비는 대취 제거 후 건조시켰다. 샘플 풍건 후 토양을 1:5 증류수로 희석하여 pH Meter (Horiba M-12, Kisshoin, Kyoto, Japan)로 측정하였다. 이 때

측정 전 샘플은 마그네틱 바를 이용하여 교반기(HS 15-26P, Misung Scientific Co., Yangju, Korea)에 놓고 30분 동안 혼합 후 측정하였다. 전기전도도 역시 동일한 과정으로 샘플을 준비해서 토양산도 측정 후 바로 전기전도도를 측정하였다. 본 연구에서 데이터 분석은 SAS(Statistical Analysis System) 프로그램을 이용하여 통계분석을 실시하였다(SAS Institute, 2001).

결과 및 고찰

토성, 토양 공극률 및 함수량 비교

일반 토양의 기존토 지반과 모래 위주의 캘리포니아 지반에서 샘플 채취 후 토성분석결과 두 지반의 모래, 점토 및 실트 함유량이 상당히 다르게 나타났다. 캘리포니아 지반의 경우 모래 함유율이 99.5%로 나타났고, 반면 실트 및 점토 함유율은 각각 0.1%로 나타났다(Fig. 1). 즉 미농무성 분류법으로 판단 시 캘리포니아 지반의 토성은 사토(sand)로 나타났다(Powers et al., 1971). 반면 기존토 지반의 모래 함유율은 79.5%로 캘리포니아 지반에 비해 모래가 20% 정도 적게 포함되었다. 하지만 실트 및 점토의 함유율은 각각 7.7% 및 12.8%로 캘리포니아 지반에 비해 훨씬 높게 나타났다. 즉 기존토 지반의 토성은 양질사토(loamy sand)로 나타났다.

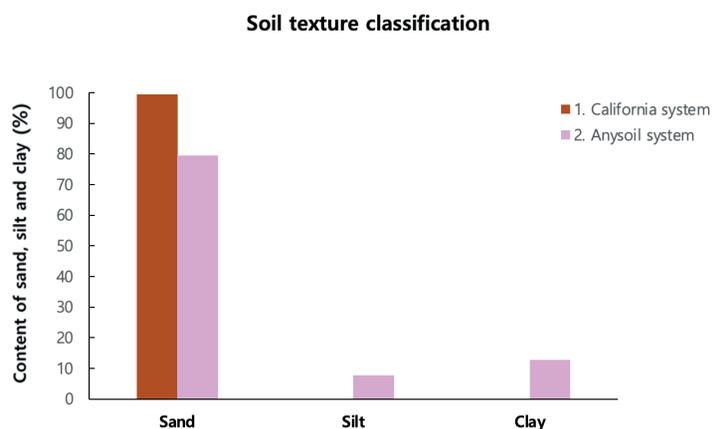


Fig. 1. Soil texture classification under anysoil and California soil systems.

토성은 식물 생육과 연관이 있어 모래가 많은 사토는 통기성과 투수성은 양호하지만, 보습력과 보비력은 매우 불량하다. 반대로 점토분이 많은 토양은 보습력과 보비력은 우수하지만, 통기성과 투수성은 대단히 불량하다(Vengris and Torello, 1982). 즉 극단적인 상태의 토성에서는 정상적인 식물 성장을 기대하는 것이 어렵다. 이런 이유로 일반적으로 식물 생장에 적합한 토성은 입자가 지나치게 크지도 않고, 너무 미세하지도 않으면서 모래와 점토가 적당한 비율로 혼합되어 있고, 어느 정도의 유기물을 함유한 양질의 토양이 적합하다.

일반 작물과 달리 미적인 관상 기능 및 경기기능 제공 등 특수 용도로 사용되고 있는 지피식물인 잔디의 경우 초종 및 조성 목적에 따라서 적합한 토성이 다르다. 토양침식 방지목적으로 조성하는 법사면용 잔디밭은 저관리로 유지해야 되기 때문에 보습력과 보비력이 강한 식양토가 적절하다(Kim, 2013). 하지만 골프장 그린 또는 축구장으로 조성되는 스포츠 잔디밭은 경기 기능 제공이 중요하기 때문에 보수력보다는 내담압성과 투수성이 우수한 사토가 더 바람직하다(Puhalla et al., 2002). 이러한 이유로 전세계적으로 수준 높은 스포츠 잔디밭은 모래 지반 위주로 조성하고 있다(Kim et al., 1998; KOWOC, 1999). 또한 크리핑 벤투그래스(*Agrostis parustris* Huds.), 켄터키 블루그래스(*Poa pratensis* L.), 퍼레니얼 라이그래스(*Lolium perenne* L.) 및 툴 웨스큐(*Festuca aruninacea* Schreb.) 등 한지형 잔디는 내서성과 내건성이 약하기 때문에

국내 기후 조건에서 양질의 잔디밭을 유지하기 위해서는 식재층 지반을 모래 위주로 조성하는 것이 절대적으로 필요하다(Korea Sport Science Institute, 1998).

토양 공극율 분석결과 캘리포니아 지반은 45.0%, 그리고 기존토 지반은 52.0%로 지반간 차이가 7.0%로 나타났다(Fig. 2). 즉 일반 토양의 기존토 지반이 캘리포니아 모래 지반에 비해 토양공극이 15.5% 정도 토양공극이 더 많은 것으로 나타났다. 함수량도 토양공극과 비슷한 경향으로 나타났다. 캘리포니아 지반의 함수량은 12.0%로 나타났고, 반면 기존토 지반은 24.0%로 지반간 차이가 12% 정도 나타났다(Fig. 3). 즉 일반 토양의 보수력이 캘리포니아식 모래 지반에 비해 2배 정도 더 높게 나타났다. 이것은 점토 입자의 특성 및 함유량 차이 때문에 나타난 것으로 판단되었다. 점토는 크기가 0.002 mm 이하의 찰흙으로 교질(colloid)의 성질이 있는 물질로 수분 및 양분 흡착력이 모래에 비해 크기 때문에 보수력, 보비력 및 양분 치환 능력이 뛰어나다(Waddington, 1992). 그리고 Fig. 1의 토성분석에서 캘리포니아 지반의 점토 함유량은 0.1%인 반면, 기존토 지반은 12.8%로 모래에 비해 약 130배 정도 훨씬 더 많이 함유하는 것으로 나타났다.

본 실험의 토양 물리성 분석을 통해 일반 토양의 기존토 지반은 캘리포니아 모래 지반에 비해 토양공극은 15.5% 정도 더 많았고, 함수량은 2배 정도 더 높은 것으로 나타났다. 즉 모래 식재층 지반의 토양에 비해 함수량이 많은 일반 기존토 지반의 경우 토양공극은 대공극 보다 미세공극이 더 많이 있는 것으로 판단되었다. 토양공극은 물과 공기가 차지하고 있는 부분으로 통기성, 투수성 및 보수성에 중요한 역할을 하며, 대공극은 투수성과 관련이 있고, 특히 미세공극은 보수성과 관련이 깊다(Christians, 2004). 따라서 캘리포니아 지반에 비해 기존토 지반의 보수력이 2배 이상 높은 것은 모래에 비해 토양공극 중 미세공극이 훨씬 더 많은 것을 의미한다.

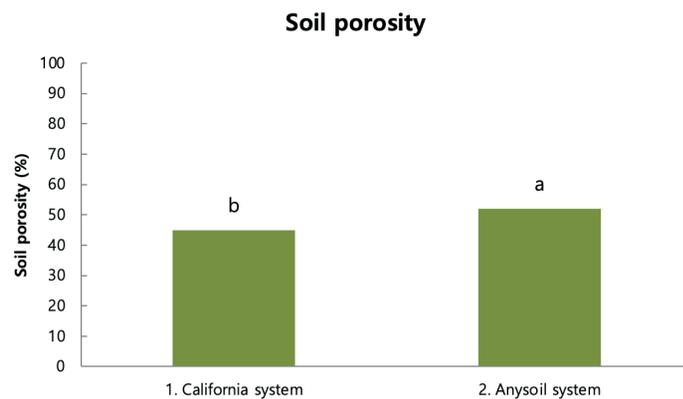


Fig. 2. Soil porosity under anysoil and California soil systems. a, b: Bars with different letters are significantly different according to t-test analysis.

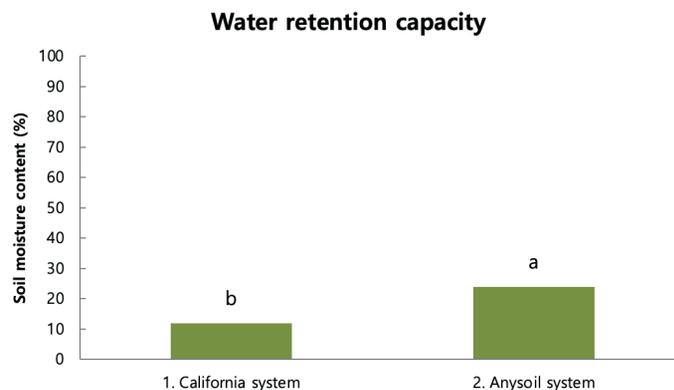


Fig. 3. Water retention capacity under anysoil and California soil systems. a, b: Bars with different letters are significantly different according to t-test analysis.

토양산도 및 전기전도도 비교

일반 토양의 기존토 지반 및 캘리포니아 모래 지반의 토양산도 범위는 5.90-6.00 사이로 약산성으로 나타났으며, 지반에 따라 차이는 거의 나타나지 않았다(Fig. 4). 토양산도는 토양내 수소이온 정도를 나타내는 것으로 식물 생육에 적절한 토양산도 범위를 넘어 지나치게 낮은 경우에는 생육 장애가 나타날 수 있으며, 반대로 지나치게 높을 경우에는 미량 원소 결핍증이 나타날 수 있다(Buckman and Brady, 1960; Turner and Hummel Jr., 1992). 따라서 적정 범위의 토양산도 유지가 중요한데 본 실험에서 캘리포니아 모래 지반과 일반 토양의 기존토 지반 모두 토양산도가 잔디생육에 적정 범위인 5.50-6.50 사이로 양호하였다(Kim, 2012).

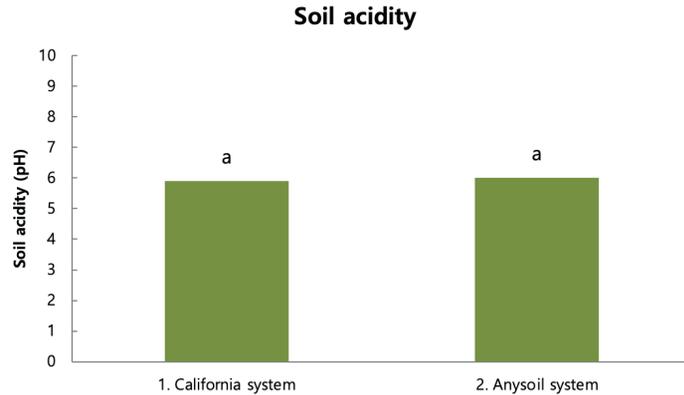


Fig. 4. Soil acidity under anysoil and California soil systems. a: Bars with the same letter are not significant according to t-test analysis.

전기전도도는 지반간 차이가 크게 나타나서 캘리포니아 지반은 $50.35 \mu\text{S cm}^{-1}$, 기존토 지반은 $32.20 \mu\text{S cm}^{-1}$ 으로 지반간 차이가 $18.05 \mu\text{S cm}^{-1}$ 로 나타났다(Fig. 5). 즉 캘리포니아 지반의 전기전도도는 기존토 지반에 비해 56.3% 정도 더 크게 나타났다. 전기전도도는 토양 중 염류 축적의 지표로 사용되며 전기전도도가 높을수록 염류 농도가 증가한다. 하지만 염류 농도가 증가하면 토양용액의 삼투압이 높아지면서 식물 생육 장애가 나타날 수 있으므로 적정 수준 이하로 유지하는 것이 필요하다(Salisbury and Ross, 1992). 잔디의 경우 정상적인 생육을 위해서 토양 전기전도도는 0.250 dS m^{-1} 이하, 즉 $250 \mu\text{S cm}^{-1}$ 이하로 관리하는 것이 바람직하다(Harivandi et al., 1992). 따라서 본 실험에서 기존토 지반의 일반 토양 및 캘리포니아 지반의 모래 모두 전기전도도는 잔디생육에는 지장이 없는 수준이었다. 그리고 본 연구 포장에서 조성 후 잔디생육 장애는 관찰되지 않았다.

하지만 기존토 지반에 비해 캘리포니아 지반의 전기전도도가 높아 염류 집적이 더 빠르게 나타날 수 있는 것으로 판단되었다. 이러한 현상은 이들 지반의 토성 및 토양공극과 관계가 있는 것으로 추정되었다. 앞에서 캘리포니아 지반은 토성이 사토(Fig. 1)로 모래가 99.5%로 일반 토양에 비해 대공극 점유율이 높아 수분 보유력이 낮고 토양 내 수분이동이 빠르다. 따라서 증발산 작용 시 지표면으로 수분 상승이 쉬운 모래 식재층 지반인 경우 표토로 무기 영양분의 이동이 기존토 지반에 비해 더 쉽게 나타날 수 있으므로 염류 집적이 더 빠르게 나타날 수 있는 것으로 판단되었다.

일반적으로 염류 집적은 증발산량이 크고 보수력이 적은 모래 지반과 건조 기후대 지역의 잔디밭에서 크게 문제가 되고 있다(Carrow, 1985). 하지만 잔디밭 조성 후 시간이 경과함에 따라 지반구조, 토양환경 및 관리방법에 따라 염류 집적 속도가 다르게 나타날 수도 있다. 과다한 염류 집적은 뿌리의 수분 및 양분 흡수를 방해해서 잔디생육에 지장을 주며, 또한 토양 영양분 상태의 급격한 변화로 인해 철 및 망간 등의 미량원소 결핍 등으로 잔디밭 품질이 떨어질 수 있으므로 염류 집적 최소화를 위해 정기적인 토양분석을 실시하고 효율적인 관수 관리를 통해서 생육 장애를 피하는 것이 필요하다.

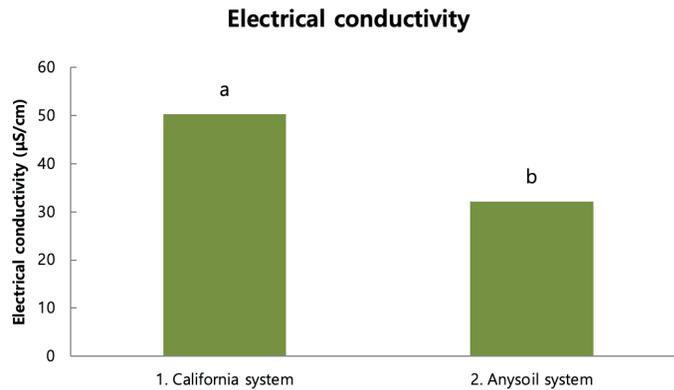


Fig. 5. Electrical conductivity under anysoil and California soil systems. a, b: Bars with different letters are significantly different according to t-test analysis.

Kim (2006)은 다양한 종류의 지반구조에서 토양 화학성을 비교한 연구에서 단층구조 지반의 전기전도도는 다단구조 지반에 비해 조성 후 1년간 전기전도도 평균 증가율이 6배 정도 더 높다고 보고하였다. 이러한 결과는 단층구조 지반에서 자란 들잔디 및 한지형 잔디의 뿌리생장 및 잔디밭 품질 상태를 다층구조 및 다단구조 지반에서 자란 잔디와 비교 시 가장 불량한 연구결과와도 관련이 있는 것으로 판단되었다(Kim et al., 2003a).

종합적으로 토성, 토양 공극율 함수율, 토양산도 및 전기전도도 등의 기본적인 물리·화학성 특성을 고려 시 캘리포니아 모래 지반이 일반 토양의 기존토 지반보다 더 우수한 것으로 판단되었다. 왜냐하면 캘리포니아 지반은 대공극 비율이 매우 높아 배수 성능이 양호하므로 통기성이 양호해서 잔디생육에 더 바람직하기 때문이다. 이러한 차이는 일반 토양에 비해 캘리포니아 모래 지반의 식재층 토양환경이 식물의 물질대사 및 잔디생육에 더 양호하기 때문이다. 하지만 실무 현장에서 잔디지반 외에 생육형, 뿌리생장, 대취축적 등 잔디생육 특성에 따라 투수속도 및 통기성 등의 토양 물리성이 달라질 수 있기 때문에 잔디밭 관리 시 유의할 필요가 있다.

Kim and Shim (2003)과 Shim and Jeong (2002)의 주요 한지형 잔디의 투수속도 비교 결과 생육형이 지하경형 잔디 (rhizomatous-type)인 켄터키 블루그래스의 투수속도가 가장 우수하였고, 반대로 주형잔디(bunch-type)인 퍼레니얼 라이그래스 및 톨 웨스큐 초종이 혼합될수록 투수속도는 감소하였다. 또한 잔디지반 종류별 투수성능 비교에서도 켄터키 블루그래스의 경우 뿌리생장 길이는 다른 한지형 잔디에 비해 상대적으로 낮았지만, 투수속도는 다른 한지형 잔디에 비해 10-40% 더 빠른 것으로 나타났다(Kim and Shim, 2003; Kim et al., 2003a). 이 밖에 한지형 잔디의 경우 직근성의 뿌리 발달이 왕성할수록 투수속도가 감소해서 잔디그라운드 배수능력이 저하되는 것으로 알려져 있다(KOWOC, 2000; Kim and Kim, 2020). Kim and Cho (2020) 연구에 의하면 켄터키 블루그래스의 잔디밭에서 고밀도, 왕성한 뿌리 및 근계 발달, 대취축적이 높을수록 투수속도는 감소하였다. 또한 국내에서 Kim (2019a)의 뿌리 생장과 투수속도의 상관분석 결과 뿌리 생장이 왕성할수록 투수속도는 감소하였다($r=-0.611$). 즉 잔디생육 상태에 따라 투수속도가 달라질 수 있는데, 이것은 생육특성에 따라 수분 이동과 밀접한 대공극 비율이 달라질 수 있기 때문이다.

요약

본 연구는 일반 토양의 기존토 지반 및 캘리포니아 모래지반에서 토양 물리성 및 화학성을 비교해서 잔디밭 설계, 시공 및 관리 시 기초 자료로 활용하고자 시작하였다. 일반 기존토 지반 및 캘리포니아 지반에서 토성, 토양공극, 함수량, 토양산도 및 전기전도도 분석결과 지반 종류에 따라 유의한 차이가 나타났다. 캘리포니아 지반 및 기존토 지반의 토성은 각각 사토(sand) 및 양질사토(loamy sand)로 나타났다. 토양 공극율은 캘리포니아 지반은 45.0%, 기존토 지반은 52.0%로 지반간 7.0% 정도 차이가 나타났으며, 이들 지반의 함수량은 각각 12.0% 및 24.0%로 나타났다. 기존토 지반의 보수력이 2배 이상 높게 나타난 것은 모래에 비해 일반 토양의 점토 비율이 약 130배 정도 높아 미세공극이 훨씬 더 많기 때문에 나타난 것으로 판단되었다. 토양산도는 5.90-6.00 사이로 지반별 차이가 거의 나타나지 않았다. 하지만 전기전도도는 기존토 지반 32.20 $\mu\text{S cm}^{-1}$, 캘리포니아 지반 50.35 $\mu\text{S cm}^{-1}$ 로 차이가 크게 나타났으며, 캘리포니아 지반이 56.3% 정도 더 높게 나타났다. 종합적으로 토양의 물리·화학성을 고려 시 양질의 잔디밭에는 일반 토양의 기존토 지반보다 캘리포니아 모래 지반이 더 우수한 것으로 판단되었다. 일반 토양의 기존토 지반은 점토 함유율이 약 130배 정도 높아 보수력은 우수하지만, 투수성능이 상당히 낮으므로 잔디밭 시공 및 관리 시 모래 혼합을 통해서 식재층의 대공극 비율을 높이는 것이 바람직하다. 본 실험을 통해 밝혀진 기존토 지반 및 캘리포니아 지반의 토양 물리·화학성 관련 기본 데이터는 잔디밭 설계, 시공 및 관리 시 실무 기초 자료로 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

주요어: 전기전도도, 토성, 토양산도, 토양공극, 함수량

Author Information

Kyoung-Nam Kim, Department of Environmental Design and Horticulture, Sahmyook University, Professor

References

- Beard, J.B. 1973. Turfgrass: science and culture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Buckman, H.O. and Brady, N.C. 1960. The nature and properties of soils. 6th ed., Macmillan Co., NY, USA.
- Carrow, R.N. 1985. Soil/water relationships in turfgrass. pp. 85-102. In: Gibeault, V.A. and Cokerham, S.T. (Eds.). Turfgrass water conservation, University of California, Publication 21405, University of California, Berkely, CA, USA.
- Cho, N.K., Kang, Y.K., Song, C.K., Cho, Y.I. and Park, S.J. 2005. Effect of seeding rates on turf vegetation of creeping bentgrass. J. Kor. Grassl. Sci. 25(2):131-136. (In Korean)
- Christians, N.E. 2004. Fundamentals of turfgrass management. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- Cockerham, 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.
- Davis, W.B. 1990. The sand putting green: construction and management. University of California Agric. Exp. Stn. Publication 21448, University of California, Berkely, CA, USA.
- Harivandi, M., Butler, J.D. and Wu, L. 1992. Salinity and turfgrass culture. Agron. Monogr. 32:207-229. In: Waddington, D.V., Carrow, R.N. and Shearman, R.C. (Eds.). Turfgrass. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA.

- Kim, K.N. 2005. Comparison of summer turf performance, color and green color retention among cool-season grasses grown under USGA soil system. *J. Kor. Inst. Landscape Architecture* 33(5):18-30. (In Korean)
- Kim, K.N. 2006. Differences in soil chemical properties under multi-layer system, USGA system and mono-layer system for a sports turf. *J. Kor. Env. Res. & Reveg. Tech.* 9(5):50-59. (In Korean)
- Kim, K.N. 2012. STM series I: Introductory turfgrass science. 2nd ed. Sahmyook Univ. Press, Seoul, Korea. (In Korean)
- Kim, K.N. 2013. STM series III: Turfgrass establishment. 2nd ed., Sahmyook Univ. Press, Seoul, Korea. (In Korean)
- Kim, K.N. 2015. Comparison of underground root growth characteristics of major cool-season grasses according to establishment stages in sports turf designed by USGA soil system. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 33(2):166-176. (In Korean)
- Kim, K.N. 2019a. Correlation analysis of root growth and soil physical properties of major cool-season turfgrasses on USGA soil profile. *Weed Turf. Sci.* 8(2):149-158. (In Korean)
- Kim, K.N. 2019b. STM series II: Turfgrass management. 2nd ed., KS Publishing Company, Seoul, Korea. (In Korean)
- Kim, K.N. and Cho, C.H. 2020. Seasonal differences in growth characteristics and infiltration rate in Kentucky bluegrass grown under USGA soil system according to establishing maturity by seeding time. *Weed Turf Sci.* 9(2):179-191. (In Korean)
- Kim, K.N. and Kim, B.J. 2010. Comparison of thatch accumulation in warm-season and cool-season turfgrasses under USGA and mono-layer soil systems. *J. Kor. Inst. Landscape Architecture* 38(1):129-136. (In Korean)
- Kim, K.N. and Kim, S.E. 2020. Growth characteristics and infiltration rate in Kentucky bluegrass, perennial ryegrass and tall fescue grown under California soil system in soccer field. *Weed Turf Sci.* 9(4):399-413. (In Korean)
- Kim, K.N. and Nam, S.Y. 2001. Comparison of cool-season turfgrass performance under the transition climate of Korea. *Agron. Abstr. ASA-CSSA-SSSA*, Charlotte, NC, USA.
- Kim, K.N. and Park, W.K. 2003. A study on cultural practices, growth rate and time to harvest in sod production of cool-season grass grown under pure sand soil. *J. Nat. Sci. Sahmyook Univ.* 8(1):19-33. (In Korean)
- Kim, K.N. and Shim, S.R. 2003. Comparison of soil surface hardness, soil compaction, and infiltration rate of warm-season and cool-season grasses grown under athletic field soil systems. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44(6):991-997. (In Korean)
- Kim, K.N., Choi, J.S. and Nam, S.Y. 2003a. Turf performance of warm-season grass and cool-season grass grown in multi-layer system, USGA System and mono-layer system for athletic field. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44(4):539-544. (In Korean)
- Kim, K.N., Park, W.K. and Nam, S.Y. 2003b. Comparison of establishment vigor, uniformity, rooting potential and turf quality of sods of Kentucky bluegrass, perennial ryegrass, tall fescue and cool-season grass mixtures grown in sand soil. *Kor. J. Turfgrass Sci.* 17:129-146. (In Korean)

- Kim, K.N., Shim, S.R., Yoon, P.S., Han, S.K., Cho, C.U., et. al. 1998. Sports turf recommendation for soccer field with investigation of athletic fields in Japan, Germany, and USA. *J. Nat. Sci. Sahmyook Univ.* 3(3):51-60. (In Korean)
- Korea Sport Science Institute. 1998. Establishment and maintenance of turfgrass ground. Dongweonsa, Seoul, Korea. (In Korean)
- KOWOC (Korean World Cup Organizing Committee). 1999. Survey for athletic fields in Japan and Europe for the construction of 2002 world cup soccer stadium. p. 55. Kor. Organizing Committee for the 2002 FIFA World Cup-Korea/Japan, Seoul, Korea. (In Korean)
- KOWOC (Korean World Cup Organizing Committee). 2000. Comprehensive project report on the establishment of the turfgrass ground of 2002 world cup soccer stadium. p. 306. Kor. Organizing Committee for the 2002 FIFA World Cup-Korea/Japan, Seoul, Korea. (In Korean)
- Powers, W.L., Fritton, D.D. and Kirkham, D. 1971. Soil physics laboratory manual. Iowa State University, Ames, IA, USA.
- Puhalla, J., Krans, J. and Goatley, M. 2002. Sports fields: a manual for design, construction and maintenance. Ann Arbor Press, MI, USA.
- Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1992. Plant physiology. 4th ed. Wadsworth Publishing Company, Belmont, CA, USA.
- SAS Institute. 2001. SAS/STAT user's guide: statistics, Version 8.00. SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.
- Shim, S.R. 1996. Characteristics, uses, and establishment method of cool-season grasses of four-season green color. *The Environ. and Landscape Architecture Kor.* 97:148-153. (In Korean)
- Shim, S.R. and Jeong, D.Y. 2002. Physical properties of soil and turfgrass wear characteristics of soccer fields: a simulation of the Incheon 2002 world cup stadium. *J. Kor. Inst. Landscape Architecture* 30(1):96-104. (In Korean)
- Shim, S.R. and Yeom, D.Y. 1983. Rootzone construction for athletic turf area. *J. Kor. Inst. Landscape Architecture* 11(1):35-43. (In Korean)
- Turner, T.R. and Hummel Jr., N.W. 1992. Nutritional requirements and fertilization. *Agron. Monogr.* 32:385-429. In: Waddington, D.V., Carrow, R.N. and Shearman, R.C. (Eds.). *Turfgrass*. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA.
- Vengris, J. and Torello, W.A. 1982. Lawns-Basic factors, construction, and maintenance of fine turf areas. Thomson Publications, Fresno, CA, USA.
- Waddington, D.V. 1992. Soils, soil mixture, 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.