

RESEARCH ARTICLE

USGA 지반에 조성된 주요 한지형 잔디의 뿌리생장과 토양물리성의 상관관계 분석

김경남*

삼육대학교 과학기술대학 환경디자인원예학과

Correlation Analysis of Root Growth and Soil Physical Properties of Major Cool-Season Turfgrasses on USGA Soil Profile

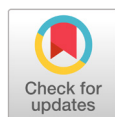
Kyoung-Nam Kim*

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

Abstract

The management of soil physical properties is one of the most basic knowledge in cultural practice for sports turfgrass design, construction, and maintenance. This study was initiated to analyze the correlation between root growth of major cool-season turfgrasses (CSG) and soil physical properties which were established on United States Golf Association (USGA) soil profile. Turfgrass entries were comprised of 3 blends and 3 mixtures from Kentucky bluegrass (KB), perennial ryegrass (PR), and tall fescue (TF). In 2-year establishment of CSG, differences were significantly observed with soil surface hardness and water infiltration rate. The highest value of soil surface hardness was associated with KB and lowest with TF. Other entries such as PR and Mixtures I (KB:PR=40:60), II (KB:PR:TF=25:25:50) and III (KB:PR=30:70) were intermediate between KB and TF, depending on turfgrass species and mixing ratio. There were also great variations in infiltration rate. KB showed the fastest speed, being $1,960 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$. But PR had the lowest rate of $1,435 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, being 26.7% slower in water infiltration speed, as compared with KB. TF was ranked between KB and PR with a rate of $1,890 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$. As for CSG mixtures, the higher the KB, the faster the infiltration rate, while the higher the PR, the slower the rate. Differences in soil surface hardness and infiltration rate were considered to result from growth habit and root growth characteristics. The correlation analysis with rooting growth development demonstrated significant negative values on soil surface hardness ($r=0.595$) and water infiltration rate ($r=-0.611$). These results indicated soil surface hardness and water infiltration rate were related with rooting characteristics and would be important factors to consider for the proper design, construction and management in sports turf field.

Key words: Kentucky bluegrass, Perennial ryegrass, Soil surface hardness tester, Tall fescue, Turf infiltrrometer



OPEN ACCESS

*Corresponding Author:

Phone. +82-2-3399-1731

Fax. +82-2-3399-1741

E-mail. knkturf@syu.ac.kr

Received: June 12, 2019

Revised: June 25, 2019

Accepted: June 25, 2019

© 2019 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.

서론

국내 경기장에서 식재층, 중간층, 배수층으로 조성하는 다층구조의 USGA 지반(United States Golf Association)은 2002년 한일 월드컵축구대회 전후로 고품질의 스포츠 경기장에 많이 도입되고 있다(KOWOC, 2000b). USGA 지반의 특성은 모래를 주재료로 사용하며 다층구조를 가짐으로 내답압성, 보수성과 투수성의 장점을 갖고 있기 때문에 스포츠 용도의 잔디밭에 적합하다(Snow, 1993). 하지만 이 지반은 지하배수 시설을 포함해서 식재층-중간층-배수층을 정교하게 시공해야 함으로 비용이 많이 들기 때문에 그 이용이 제한적이었지만, 월드컵축구대회를 개최하면서 지속적으로 그 이용빈도가 증가하고 있다(Kim, 2013).

경기장에서 잔디그라운드는 관중과 시청자 관점에서 우수한 잔디품질과 연중 푸른 기간이 오랫동안 유지될수록 좋다. 경기력 측면에서는 내답압성과 배수성이 우수하고 회복력이 빨라야 하며, 선수 보호 측면에서는 부상을 최소화할 수 있는 완충력이 뛰어난 잔디 그리고 볼의 반발력을 높일 수 있는 특성 등이 요구되고 있다(Harper II, 1969). 따라서 고품질 컨셉의 천연잔디 구장에는 한지형 잔디의 사용이 필요하며, 전 세계적으로 수준 높은 축구장에는 잔디품질이 우수한 한지형 계통의 초종이 많이 활용되고 있다(Kim et al., 1998b; KOWOC, 1999). 하지만 국내에서는 난지형 계통의 들잔디(*Zoysia japonica* Steud.)에 비해 한지형 잔디의 사용은 고품질 골프장 및 월드컵축구대회 전후로 조성된 일부 축구장을 제외하고는 대부분 경험이 일천하다. 또한 미국 등 선진국에 비해 관련 연구가 부족하기 때문에 경기장에서 한지형 잔디에 대한 체계적인 연구는 지속적으로 필요하다.

경기장 잔디는 시합에 방해가 되지 않도록 신속한 배수와 함께 경기력이 지속적으로 유지될 수 있도록 관리하는 것이 중요하다(Kim, 2019). 잔디밭 시공 시 배수설계 및 시공 후 적절한 투수능력 유지는 스포츠 잔디밭에 절대적으로 필요하다. 왜냐하면 그라운드의 배수능력에 따라 투수속도가 달라지고, 투수력 차이는 지하부 뿌리가 자라는 식재층의 통기성에 영향을 주기 때문이다. 즉, 배수불량으로 통기성이 감소되면 잔디식물체내 대사 작용 방해, 무기 영양분의 흡수능력 감소, 그리고 지하부 뿌리발달 저하 등으로 전체적인 잔디생육이 불량해질 수 있기 때문이다(Kim, 2013; Puhalla et al., 2002).

또한 토양경도는 잔디밭에 가해지는 외부 압력에 대한 저항력으로 잔디밭의 토양이 고결되는 정도를 의미하는데 경기장 잔디는 토양고결 정도에 따라 잔디품질, 지반성능 및 경기진행에 영향을 받을 수 있다. 즉, 토양경도에 따라 답압 피해는 물론 축구공의 스피드 및 볼 바운싱 등 선수들의 경기력에 영향을 줄 수 있으므로, 표면경도는 일정 수준 이상으로 유지하는 것이 필요하다(Bell et al., 1985; Shim and Jeong, 2002a). 따라서 게임 및 선수에 영향을 줄 수 있는 경기력과 잔디품질 유지에 중요한 투수속도 및 표면경도에 대한 잔디 초종별 차이를 비교하는 것은 스포츠 잔디의 설계·시공·관리에 필요하다. 그리고 이러한 표면경도 및 투수속도는 지하부 뿌리발달과 같은 생육특성과 밀접한 연관이 있다. 왜냐하면 잔디지반에서 대공극은 통기성 및 투수성과 관련이 있는데 지하부 생장이 왕성할 경우 뿌리가 대공극을 차지함으로써 통기성 및 투수성을 저하시킬 수 있기 때문이다. Kim and Shim (2003)은 천연잔디구장의 설계 및 시공 시 배수성능과 관련해 잔디 초종의 뿌리생장 및 근계발달과 같은 지하부 생장특성도 고려할 필요가 있다고 보고하였다. 이런 이유로 식재층에서 토양경도 및 투수속도 차이는 물론 이들 요인과 지하부 뿌리발달 특성과의 상관분석도 잔디그라운드의 설계·시공·관리 등 실무 적용 분야에 필요하다.

한지형 계통의 잔디를 이용한 연구진행은 2002년 월드컵축구대회 개최 전후로 활발해지고 있다(Kim, 2015; Kim and Nam, 2003; Kim and Park, 2003; Kim and Shim, 2003; Kim et al., 1998b; Kim et al., 2003; Korea Sport Science Institute, 1998; KOWOC, 2000a; Lee et al., 2001; Park, 2011; Shim and Jeong, 2002b; Shim et al., 2000). 하지만 잔디그라운드 조성 시 비용이 많이 요구되는 USGA 다층구조 지반에서 한지형 잔디의 특성 비교를 수행한 결과는 아직 충분하지 않으며, 더욱이 USGA 지반에서 투수속도 등 경기장 잔디의 물리적 특성 비교를 체계적으로 수행한 연구결과는 더욱 부족하다(Kim and Shim, 2003; Shim and Jeong, 2002a). 본 연구는 USGA 모래 지반에 한지형 계통의 주요 잔디 초종을 조성 후 표면경도 및 투수속도 차이와 이들 요

인과 뿌리생장과의 상관관계를 파악해서 경기장 잔디그라운드의 설계·시공·관리에 활용하고자 시작하였다.

재료 및 방법

공시재료

연구포장은 입경이 0.25-1.0 mm 사이가 60% 이상인 모래로 시공한 USGA 지반에 한지형 잔디 뗏장으로 조성하였다(Fig. 1). 잔디뗏장은 1998년 가을에 USGA 모래 토양에 파종하여 다음해 봄까지 양생시킨 잔디를 뗏장으로 이용하였다. 이 때 사용한 한지형 잔디의 공시 초종 및 품종은 Table 1에 기술한 6종류이었다. 처리구1은 켄터키 블루그래스(*Poa pratensis* L.), 처리구2는 퍼레니얼 라이그래스(*Lolium perenne* L.), 처리구3은 켄터키 블루그래스와 퍼레니얼 라이그래스를 4:6으로 혼합한 잔디(Mixture I), 처리구4는 톨 페스큐(*Festuca arundinacea* Shreb.), 처리구5는 켄터키 블루그래스, 퍼레니얼 라이그래스와 톨 페스큐를 1:1:2로 혼합한 잔디(Mixture II), 그리고 처리구6은 켄터키 블루그래스와 퍼레니얼 라이그래스를 3:7로 혼합한 잔디(Mixture III)이었다. 잔디종자 파종량은 처리구에 따라 12-40 g·m² 사이로 파종하였다.

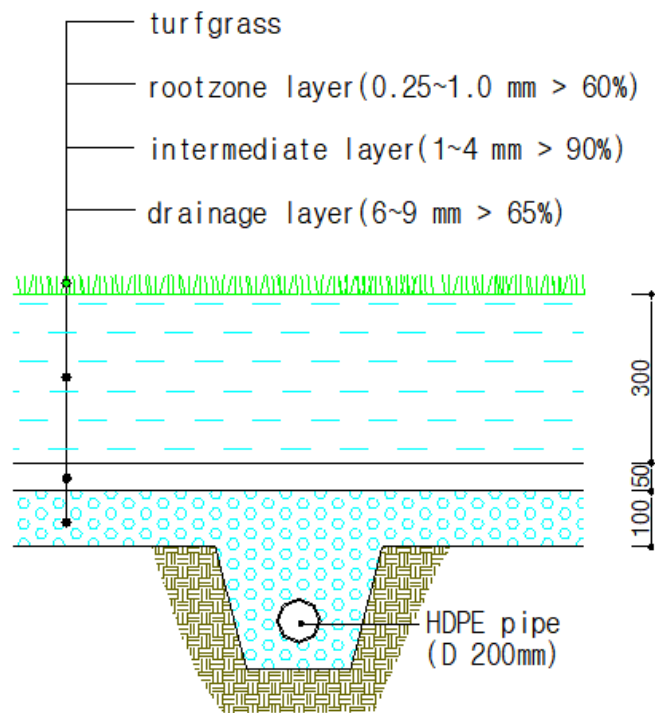


Fig. 1. Cross-sectional diagram of United States Golf Association (USGA) soil profile at the site of research field. (HDPE pipe: high-density polyethylene pipe)

Table 1. Turfgrass entry, species composition and seeding rate in the study.

| Treatment ID | Turfgrass composition (%) | Seeding rate (g·m ⁻²) |
|----------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 1. KB | Kentucky bluegrass 100 | 12 |
| 2. PR | Perennial ryegrass 100 | 35 |
| 3. Mixture I | KB:PR=40:60 | 20 |
| 4. TF | Tall fescue 100 | 40 |
| 5. Mixture II | KB:PR:TF=25:25:50 | 25 |
| 6. Mixture III | KB:PR=30:70 | 20 |

잔디밭 조성 후 관수, 예초 및 시비 등 관리는 경기장 잔디관리에 준해서 실시하였다. 관수관리는 자동 스프링클러 시스템을 이용해서 잔디생육 정도에 따라 주1-5회 정도 관수를 실시하였다, 이 때 1회 관수량은 토양수분 및 증산 정도에 따라 2 mm에서 6 mm 사이에서 수분을 공급하였다. 잔디 깎기는 생육기간 중 19 mm에서 25 mm 사이에서 관리하였다. 그리고 잔디밭 시비는 여러 종류의 비료를 이용해서 연간 순수 N 성분으로 20 g·m⁻² 기준으로 실시하였다.

물리성 조사

한지형 잔디의 물리성 조사는 1999년 봄에 떃장 이식 후 잔디밭 조성이 완료된 2000년도에 생장이 왕성한 6월 하순부터 7월 초순 사이 표면경도 및 투수속도를 측정하였다. 표면경도는 Yamanaka식 토양경도계(Kiya Seisakusho Ltd., Japan)를 사용하여 7월 5일 측정하였다. 표면경도의 측정치는 각 실험구에서 3곳을 임의로 선정하여 측정된 평균값을 이용하였다. 투수속도 조사는 투수속도 측정기(Turf Infiltrometer, Turf-Tec International, Oakland Park, FL, USA)를 이용하여 6월 28일과 7월 5일 2회에 걸쳐 조사한 평균값을 이용하였다. 투수속도는 잔디밭 토양을 완전히 포화시킨 후 투수속도 측정기를 삽입해서 내부에 설치되어 있는 높이 12.6 cm, 폭 6.8 cm의 투수관 속에 물을 붓고 지시눈금이 6 cm 내려갈 때까지의 시간을 측정하여 투수속도를 조사하였다.

잔디연구포장에서 시험구 배치는 6종류의 처리구를 난괴법 3반복으로 배치하였으며, 이 때 공시 초종의 단위 실험구 크기는 10 m² (5 m×2 m) 이었다. 통계분석은 SAS프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 실시하였고, 공시 초종 처리구간의 유의성 검정은 DMRT (Duncan's Multiple Range Test) 5% 수준에서 실시하였다(SAS Institute, 2001). 토양 물리성과 뿌리생육과의 상관관계는 동일한 포장에서 6월 하순에 조사한 지하부 뿌리생육 특성 데이터(Kim, 2015)를 이용해서 뿌리생장과 표면경도 및 투수속도와의 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

토양경도

USGA 지반에 조성한 한지형 잔디의 토양 물리성은 초종에 따라 유의한 차이가 나타났다. Yamanaka식 경도계로 측정된 표면경도는 공시 초종 중 켄터키 블루그래스가 18.1 mm로 단일 초종구 중 가장 높게 나타났다. 반대로 표면경도가 가장 낮은 처리구는 톨 페스큐 초종으로 14.3 mm로 나타났는데, 이는 표면경도가 가장 높았던 켄터키 블루그래스에 비해 20.9% 정도 낮은 수준이었다(Fig. 2). 퍼레니얼 라이그래스의 표면경도는 16.4 mm로 켄터키 블루그래스와 톨 페스큐 사이로 나타났다. 퍼레니얼 라이그래스의 경우 표면경도가 가장 높은 켄터키 블루그래스에 비해 9.39% 낮은 수준이었고, 반대로 가장 낮은 초종인 톨 페스큐에 비해서는 14.3% 정도 높은 수준이었다.

켄터키 블루그래스, 퍼레니얼 라이그래스, 톨 페스큐 초종을 혼합 파종한 혼합구의 표면경도는 혼합구의 초종 및 혼합 비율에 따라 다양하게 나타났다. 혼합구 I, II, III의 표면경도는 15.6-16.7 mm 사이로 표면경도가 가장 높았던 켄터키 블루그래스와 가장 낮은 톨 페스큐 초종 사이로 나타났다. 혼합구중 표면경도가 높은 처리구는 켄터키 블루그래스와 퍼레니얼 라이그래스 두 초종이 40:60 및 30:70 혼합된 혼합구과 혼합구III으로 표면경도가 각각 16.6 mm 및 16.7 mm로 비슷하게 나타났다. 하지만 켄터키 블루그래스가 25%로 가장 적게 혼합된 혼합구II는 표면경도가 15.6 mm로 다소 낮게 나타났다. 이는 혼합구과 혼합구II의 표면경도에 비해 약 6-7% 정도 낮은 수준이었다.

이러한 표면경도 차이는 초종간 생육형 및 뿌리생육 특성이 다르기 때문에 나타나는 것으로 판단되었다. 한지형 잔디 중 에서 톨 페스큐의 표면경도가 가장 낮았던 것은 톨 페스큐의 뿌리발육 특성 때문으로 추정되었다. Meyer and Watkins (2003)는 톨 페스큐는 심근성으로 지하부 근계형성이 가장 왕성하게 발달하는 특성이 있다고 보고하였다. 또한 Kim (2015)은 잔디밭 조성단계별 뿌리생육특성 비교연구에서 톨 페스큐 초종의 경우 조성 후 시간이 경과할수록 뿌리발달능력이 가장 우

수해서 잔디밭 조성이 완료된 시점 근계발달이 더 깊고 넓게 나타나는 것을 확인하였다. 반대로 켄터키 블루그래스의 뿌리생육 특성은 퍼레니얼 라이그래스 및 톨 페스큐 초종에 비해 천근성으로 나타난다(Beard and Beard, 2005). 왜냐하면, 켄터키 블루그래스의 생육형은 지하경 번식형으로 잔디생장이 분얼경 및 지하경으로 이루어지므로 분얼경으로만 성장하는 주형 잔디인 퍼레니얼 라이그래스와 톨 페스큐 보다 전체 뿌리발달이 더 짧게 나타나기 때문이다(Beard, 1973; Watschke and Schmidt, 1992).

이와 같은 결과는 잔디뿌리생육과 토양경도간의 상관관계분석에서도 확인되고 있다. Kim (2015)의 연구에 의하면 켄터키 블루그래스, 퍼레니얼 라이그래스 및 톨 페스큐 등의 한지형 잔디를 떼장으로 완전히 조성 후 2년차에 생육이 왕성한 시기(2000년 6월 하순)에 뿌리조직의 근계발달 조사 시 켄터키 블루그래스의 뿌리생장이 14.6cm로 가장 짧게 나타났다. 이는 톨 페스큐 초종에 비해 13.1%가 짧은 것을 의미한다. 또한 퍼레니얼 라이그래스는 16.0cm로 켄터키 블루그래스와 톨 페스큐 사이로 나타났다(Fig. 3). 이러한 잔디뿌리 특성과 토양경도간의 상관분석 결과 뿌리조직의 근계발달과 토양경도의 상관관계수는 음의 상관관계($r=-0.595$)로 나타났다(Table 2). 즉 한지형 잔디의 뿌리발달이 왕성할수록 토양경도는 감소하는 것으로 이것은 본 실험결과와 일치한다.

축구장에서 토양경도는 볼 스피드 및 바운싱 등 선수들의 경기력, 뿌리발달 및 답압 피해에 영향을 줄 수 있으므로 적정 범위의 경도를 유지하는 것이 바람직하다(Adams and Gibbs, 1994). 일반적으로 표면경도가 낮을수록 체력소모와 부상 발생률이 증가하고, 또한 답압 피해가 커지게 되므로(Canaway, 1985; Shim and Jeong, 2002a), 일정수준 이상의 표면경도를 유지하는 것은 중요하다. Yoon (1982)은 토양경도에 따라 잔디 및 수목에서 성장 및 생육장해가 나타날 수 있고, Kim et al. (2002)은 잠실 올림픽 주경기장을 대상으로 토양경도 조사결과 토양경도가 높은 지역의 잔디일수록 잔디품질이 불량하다고 보고하였다.

또한 Shim et al. (2000)은 스포츠용 잔디그라운드외의 경우 표면경도는 최소 16 mm 이상 유지하는 것이 필요하고, Kondo and Ozawa (1977)는 양호한 잔디생육을 위해서는 23 mm 이하가 적절하다고 보고하였다. 본 실험에서는 톨 페스큐를 제외한 대부분의 한지형 처리구의 표면경도가 16 mm 이상으로 적합한 것으로 나타났다.

투수속도

USGA 지반에서 측정한 투수속도는 초종에 따라 유의한 차이가 나타났다. 투수속도가 가장 빨랐던 초종은 켄터키 블루그래스로 시간당 1,960 mm·h⁻¹ 이었으며(Fig. 4). 반대로, 투수속도가 가장 느린 초종은 퍼레니얼 라이그래스로 1,435 mm·h⁻¹

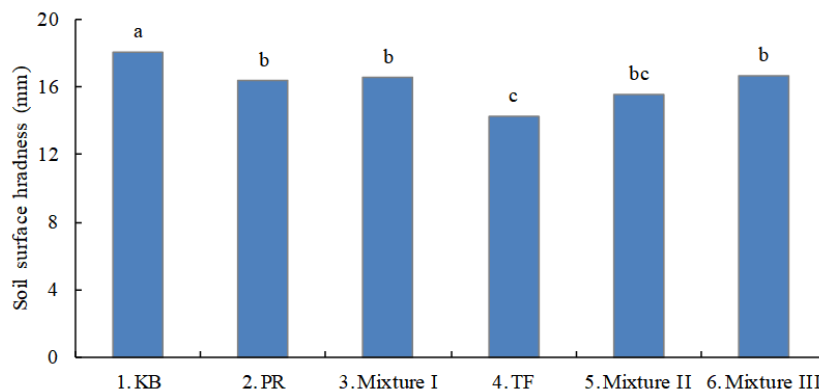


Fig. 2. Surface hardness of major cool-season turfgrasses on USGA soil profile in the study. Treatments are as follows as listed in Table 1, being 1. KB (Kentucky bluegrass 100), 2. PR (perennial ryegrass 100), 3. Mixture I (KB:PR=40:60), 4. TF (tall fescue 100), 5. Mixture II (KB:PR:TF=25:25:50), and 6. Mixture III (KB:PR=30:70). Bars with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

로 나타났다. 즉 퍼레니얼 라이그래스의 투수속도는 가장 빠른 켄터키 블루그래스에 비해 26.7% 정도 느린 것을 의미한다. 그리고 톨 페스큐의 투수속도는 시간당 1,890 mm·h⁻¹로 켄터키 블루그래스와 퍼레니얼 라이그래스 사이로 나타났다. 즉 톨 페스큐 초종은 켄터키 블루그래스의 투수속도에 비해 3.5% 정도 느렸지만, 퍼레니얼 라이그래스에 비해서는 31.7% 정도 빠르게 나타났다.

켄터키 블루그래스, 퍼레니얼 라이그래스 및 톨 페스큐를 혼합 파종한 혼합구의 투수속도는 혼합구 초종 및 혼합비율에 따라 다르게 나타났다. 본 실험에서 혼합구 I, II, III의 투수속도는 1,495-1,640 mm·h⁻¹ 사이로 단일 초종구의 톨 페스큐와 퍼레니얼 라이그래스 중간으로 나타났다. 혼합구중 투수속도가 가장 낮았던 처리구는 퍼레니얼 라이그래스가 70%로 가장 많이 혼합된 혼합구 III로 시간당 투수속도가 1,495 mm·h⁻¹ 이었다. 이는 투수속도가 가장 빠른 켄터키 블루그래스 초종에 비해 23.2% 느린 것을 의미한다. 반면 혼합구중 투수속도가 가장 빠른 처리구는 퍼레니얼 라이그래스가 25%로 가장 적게 혼합된 혼합구 II로 시간당 투수속도가 1,640 mm·h⁻¹로 나타났다. 즉 혼합구 II의 경우 혼합구 III의 투수속도에 비해 9.6% 정도 빨랐지만, 투수속도가 가장 빠른 켄터키 블루그래스에 비해서는 16.3% 느렸다. 그리고 혼합구 I의 투수속도는 1,550 mm·h⁻¹로 혼합구 II와 혼합구 III 사이로 나타났다.

본 실험에서 단일 초종구간 투수성능은 켄터키 블루그래스 > 톨 페스큐 > 퍼레니얼 라이그래스 순서로 나타났다. 이러한 결과는 켄터키 블루그래스 등 여러 종류의 투수계수를 비교한 Shim and Jeong (2002a)의 연구와도 일치하였다. 또한 본 실험에서 켄터키 블루그래스와 퍼레니얼 라이그래스 혼합구의 투수속도는 켄터키 블루그래스가 많이 혼합될수록 빠르게 나타났지만, 반대로 퍼레니얼 라이그래스 초종이 많이 혼합될수록 투수속도는 느리게 나타났다. 켄터키 블루그래스의 투수속도가 빠르고, 퍼레니얼 라이그래스의 투수속도가 느린 것은 직근성의 뿌리생장과 관련이 있는 것으로 판단되었다. 한 지형 잔디 중 주형생장을 하는 퍼레니얼 라이그래스는 직근성의 뿌리생장이 특성인 반면, 켄터키 블루그래스는 지하경으

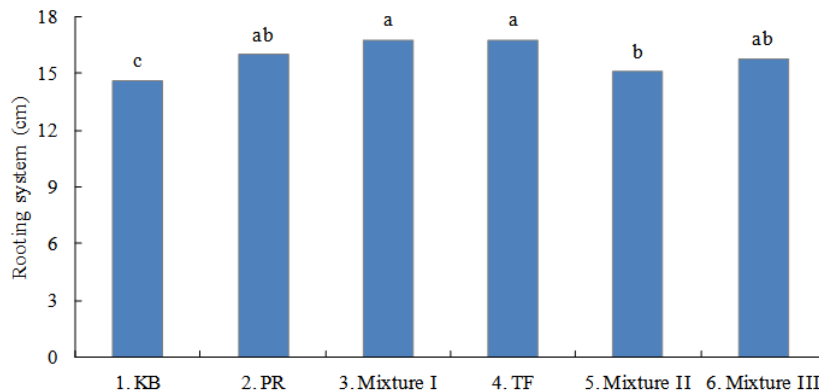


Fig. 3. Rooting system of major cool-season turfgrasses on USGA soil profile in the study. Treatments are as follows as listed in Table 1, being 1. KB (Kentucky bluegrass 100), 2. PR (perennial ryegrass 100), 3. Mixture I (KB:PR=40:60), 4. TF (tall fescue 100), 5. Mixture II (KB:PR:TF=25:25:50), and 6. Mixture III (KB:PR=30:70). Bars with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test at $P=0.05$. Data were adapted from Kim (2015).

Table 2. Correlation coefficients between rooting system development and soil surface hardness and water infiltration rate.

| Characteristics | Correlation coefficients | | |
|-----------------------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | Rooting system development | Soil surface hardness | Water infiltration rate |
| Rooting system development ^z | 1.000 | -0.595* | -0.611* |
| Soil surface hardness | -0.595* | 1.000 | -0.265 |
| Water infiltration rate | -0.611* | -0.265 | 1.000 |

^zData for rooting development in Fig.3 were adapted from Kim (2015).

*Significant at $P=0.05$.

로 성장하는 특성으로 뿌리발달이 저조한 것으로 판단되고 있다(Shim and Jeong, 2002b). 또한 USGA 지반에서 조성단계별 초종간 뿌리생육특성 비교연구에서도 퍼레니얼 라이그래스는 조성속도가 빨라 직근성의 뿌리발달이 초기부터 조성후기 까지 나타났지만, 켄터키 블루그래스는 파종 후 잔디밭 조성이 완료되는 시점까지 톨 페스큐 및 퍼레니얼 라이그래스에 비해 뿌리생장이 9-13% 정도 짧게 나타났다(Kim, 2015).

즉, 다른 한지형 잔디에 비해 켄터키 블루그래스는 상대적으로 지하부 뿌리생장량이 적음으로 인해 전체 토양공극 중 대공극의 점유 비율이 높기 때문에 투수속도가 빠르게 나타나고 있다. 왜냐하면 잔디밭에서 투수속도는 대공극과 모세공극 비율에 따라 결정되는데 투수력과 관계된 대공극 점유 비율이 높아질수록 투수속도가 향상되기 때문이다(Carrow and Petrovic, 1992; Turgeon, 2005). 반대로 퍼레니얼 라이그래스는 직근성의 뿌리생장이 왕성하게 발달하면서 뿌리가 이들 공극을 차지하는 비율이 증가하면서, 상대적으로 대공극 점유율이 낮아지게 됨으로 투수속도가 느리게 나타나는 것으로 판단되었다.

이와 같은 결과는 잔디뿌리 생육과 투수속도간의 상관관계 분석에서도 확인되고 있다. 뿌리발달과 투수계수간의 분석 결과 상관관계수는 $r=-0.611$ 로 나타났다(Table 2). 즉 일반적으로 한지형 잔디의 경우 직근성의 뿌리발달이 왕성할수록 투수속도가 감소해서 잔디그라운드 배수능력에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 USGA 지반에서 표면경도 및 투수속도의 물리적 특성을 고려 시 켄터키 블루그래스가 가장 양호한 초종으로 판단되었다. 특히 켄터키 블루그래스는 국내 기후 조건에서 잔디품질, 색상을 비롯한 연중 잔디적응력도 가장 우수한 초종으로 알려져 있기 때문에(Kim et al., 1998a, Shim and Jeong, 2002b), 잔디생육, 투수성 및 경기력 특성 등을 종합적으로 고려 시 고품질 스포츠용 잔디밭에는 켄터키 블루그래스가 적합하다고 판단되었다. 그리고 퍼레니얼 라이그래스로 조성한 잔디밭은 조성 후 시간이 지남에 따라 배수능력이 불량해 질 수 있고, 또한 한지형 잔디 중 내서성과 내건성이 약하고(Wallner et al., 1982), 국내에서 여름 고온기 잔디적응력도 떨어지는 초종이다(Kim et al., 2003). 따라서 국내기후 조건에서 퍼레니얼 라이그래스 또는 퍼레니얼 라이그래스 초종 위주로 혼합하여 파종 시에는 조성 후 시간이 경과함에 따라 뿌리생육 특성상 잔디그라운드의 배수능력이 떨어질 수 있으므로 배수능력을 향상시킬 수 있는 지반 설계 및 시공, 그리고 조성 후 잔디관리를 차별적으로 고려하는 것이 절대적으로 필요하다. 스포츠 잔디밭 설계 및 시공 시 잔디생육 특성과 함께 물리적 특성도 함께 고려해서 컨셉에 적합한 잔디밭 조성이 중요하데 본 연구에서 밝혀진 한지형 잔디의 표면경도 및 투수성 등 물리적 특성과 뿌리생장 특성과의 상관분석 데이터는 천연잔디구장의 설계, 시공 및 관리 등 실무분야에 유용하게 활용될 것이다.

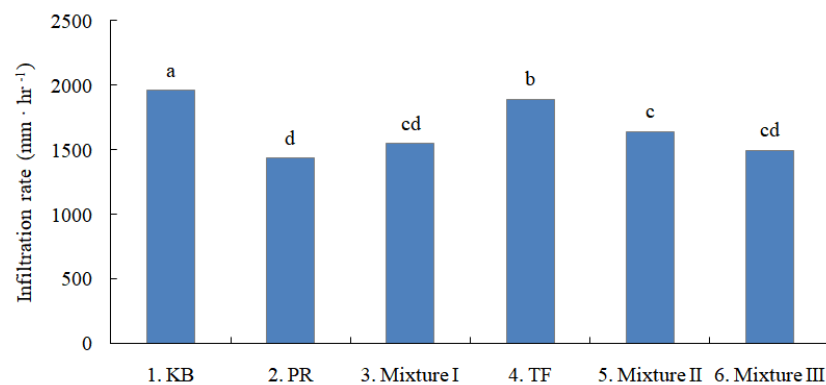


Fig. 4. Infiltration rate of major cool-season turfgrasses on USGA soil profile in the study. Treatments are as listed in Table 1, being 1. KB (Kentucky bluegrass 100), 2. PR (perennial ryegrass 100), 3. Mixture I (KB:PR=40:60), 4. TF (tall fescue 100), 5. Mixture II (KB:PR:TF=25:25:50), and 6. Mixture III (KB:PR=30:70). Bars with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

요약

본 연구는 USGA 지반에서 주요 한지형 잔디의 표면경도 및 투수속도 차이와 이들 요인과 뿌리생장과의 상관관계를 파악해서 천연잔디구장의 설계, 시공 및 관리에 활용하고자 시작하였다. 본 실험결과 한지형 초종별 표면경도 및 투수속도에 대해 유의한 차이가 나타났다. USGA 지반에서 표면경도는 켄터키 블루그래스>퍼레니얼 라이그래스>톨 페스큐 순서로 나타났으며, 켄터키 블루그래스, 퍼레니얼 라이그래스, 톨 페스큐를 혼합 파종한 혼합구 I (KB:PR=40:60), II (KB:PR:TF=25:25:50), III (KB:PR=30:70)의 표면경도는 초종 및 혼합비율에 따라 표면경도가 가장 높았던 켄터키 블루그래스와 가장 낮은 톨 페스큐 사이로 나타났다. 투수성능이 가장 양호한 초종은 켄터키 블루그래스로 시간당 투수속도가 $1,960 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 이었으며, 반대로 가장 불량한 초종은 $1,435 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 인 퍼레니얼 라이그래스로 켄터키 블루그래스에 비해 26.7% 정도 느리게 나타났다. 톨 페스큐의 시간당 투수속도는 $1,890 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 로 켄터키 블루그래스와 퍼레니얼 라이그래스 사이로 나타났다. 혼합구의 투수속도는 켄터키 블루그래스 초종이 많이 혼합될수록 빨랐으며, 반대로 퍼레니얼 라이그래스의 비율이 높을수록 투수속도가 느리게 나타났다. 처리구간 표면경도 및 투수속도 차이는 초종간 생육형 및 뿌리생육 특성과 관련이 있는 것으로 판단되었으며, 잔디뿌리발달과 표면경도 및 투수속도간의 상관분석 결과 각각 $r=0.595$ 및 $r=0.611$ 로 나타났다. 즉 한지형 잔디의 뿌리발달이 왕성할수록 표면경도 및 투수속도는 감소하는 경향으로 나타났다

주요어: 켄터키 블루그래스, 토양경도계, 톨 페스큐, 투수속도계, 퍼레니얼 라이그래스

Acknowledgements

This paper was supported by the Sahmyook University Research Fund in 2019.

Authors Information

Kyoung-Nam Kim, Dept. of Environmental Design and Horticulture, College of Science and Technology, Sahmyook University, Professor

References

- Adams, W.A. and Gibbs, R.J. 1994. Natural turf for sports and amenity: Science and practice. CAB International, Cambridge, UK.
- Beard, J.B. 1973. Turfgrass: Science and culture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA.
- Beard, J.B. and Beard, H.J. 2005. Beard's turfgrass encyclopedia for golf courses, grounds, lawns and sports fields. Michigan State Univ. Press. East Lansing, M.I., USA.
- Bell, M.J., Baker, S.W. and Canaway, P.M. 1985. Playing quality of sports surfaces: A review. J. Sports Turf Res. Inst. 61:26-45.
- Canaway, P.M. 1985. Playing quality, construction and nutrition of sports turf. pp. 45-46. In: F. Lemaire (Eds.) Proc. 5th Int. Turfgrass Res. Conf., Avignon, France. 1-5 July, Inst. Natl. de la Recherche Agron.,

Paris, France.

- Carrow, R.N. and Petrovic, A.M. 1992. Effects of traffic on turfgrasses. Agron. Monogr. 32:285-330. In: D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman (Eds.), Turfgrass. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA.
- Harper II, J.C. 1969. Athletic fields. Agron. Monogr. 14:542-561. In: A.A. Hanson and F.V. Juska (Eds.), Turfgrass science. ASA, Madison, W.I., USA.
- 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 the USGA soil system. Kor. J. Hort. Sci. & Technology 33(2):166-176. (In Korean)
- Kim, K.N. 2019. STM series II: Turfgrass management. 2nd ed., KS Publishing Company, Namyangju, Korea. (In Korean)
- Kim, K.N., Choi, J.S. and Nam, S.Y. 2003. 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, I.C, Joo, Y.K. and Lee, J.H. 2002. Correlation of soil physical properties and growth of turfgrass on the ground of Olympic-main stadium. Kor. J. Turfgrass Sci. 16(1):31-40. (In Korean)
- Kim, K.N., Kwon, O.D. and Nam, S.Y. 1998a. A study on the adaptive performance of cool-season sports turf in Korea. J. Nat. Sci. Sahmyook Univ. 3(3):61-76. (In Korean)
- Kim, K.N. and Nam, S.Y. 2003. Comparison of early germinating vigor, germination speed and germination rate of varieties in *Poa pratensis* L., *Lolium perenne* L., and *Festuca arundinacea* Schreb. grown under different growing conditions. Kor. J. Turfgrass Sci. 17:1-12. (In Korean)
- 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., Shim, S.R., Yoon, P.S., Han, S.K., Cho, C.U. and Han, K.W. 1998b. 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)
- Kondo, M. and Ozawa, T. 1977. Fundamental studies under carrying capacity of lawns and lawns-area. Zoen-Jassi 40(3):11-23.
- Korea Sport Science Institute. 1998. Establishment and maintenance of turfgrass ground. Dongweonsa, Seoul, Korea. (In Korean)
- KOWOC (Korean Organizing Committee for the 2002 FIFA World Cup-Korea/Japan). 1999. Survey for athletic fields in Japan and Europe for the construction of 2002 world cup soccer stadium. p. 55.

KOWOC, Seoul, Korea. (In Korean)

KOWOC (Korean Organizing Committee for the 2002 FIFA World Cup-Korea/Japan). 2000a. Comprehensive project report on the establishment of the turfgrass ground of 2002 world cup soccer stadium. p. 306. KOWOC, Seoul, Korea. (In Korean)

KOWOC (Korean Organizing Committee for the 2002 FIFA World Cup-Korea/Japan). 2000b. Guidelines to the establishment and maintenance of the turfgrass ground of 2002 world cup soccer stadium. p. 133. KOWOC, Seoul, Korea. (In Korean)

Lee, H.J., Song, J.W. and Ku, J.H. 2001. Effect of root zone cooling on growth and mineral contents of turfgrasses in simulated athletic field during summer season. *Kor. J. Turfgrass Sci.* 15:169-179. (In Korean)

Meyer, W.A. and Watkins, E. 2003. Tall fescue (*Festuca aruninacea*). pp. 107-127. In: M.D. Casler, A.A. and R.R. Duncan (Eds.), *Turfgrass Biology, Genetics, and Breeding*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.

Park, W.K. 2011. Effect of seeding rates on the growth, turf performance and sod quality in Kentucky bluegrass grown in USGA soil system. MS Thesis, Sahmyook Univ., Seoul, Korea. (In Korean)

Puhalla, J., Krans, J. and Goatley, M. 2002. *Sports fields: A manual for design, construction and maintenance*. Ann Arbor Press, MI, USA.

SAS Institute, Inc. 2001. *SAS/STAT user's guide: Statistics, Version 8.00*, SAS Inst., Inc., Cary, N.C., USA.

Shim, S.R. and Jeong, D.Y. 2002a. 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 D.Y. Jeong. 2002b. Turfgrass selection for soccer fields - A simulation of the Incheon 2002 world cup stadium- *J. Kor. Inst. Landscape Architecture* 30(2):88-94. (In Korean)

Shim, S.R., Jeong, D.Y., and Kim, K.N. 2000. Planting foundations and turfgrass species adapted to grounds. *J. Kor. Inst. Landscape Architecture* 28(2):61-70. (In Korean)

Snow, J.T. 1993. The whys and hows of revising the USGA Green construction recommendations. *USGA Green Section RECORD* 31(2):4-6.

Turgeon, A.J. 2005. *Turfgrass management*. 7th ed., Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA.

Wallner, S.J., Becwar, M.R. and Butler, J.D. 1982. Measurement of turfgrass heat tolerance in vitro. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 107:608-613.

Watschke, T.L. and Schmidt, R.E. 1992. Ecological aspects of the turf communities. *Agron. Monogr.* 32:129-174. In: D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman (Eds.), *Turfgrass*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, USA.

Yoon, K.B. 1982. *Landscape trees*, Iljogak, Seoul, Korea. (In Korean)