

USGA 모래 기반구조에서 캔터키블루그래스, 퍼레니얼 라이그래스, 톨헤스큐 및 혼합구 잔디의 연중 품질 차이

김경남* · 남상용

삼육대학교 원예학과

Seasonal Differences in Turf Quality of Kentucky Bluegrass, Perennial Ryegrass, Tall Fescue and Mixtures Grown under a Pure Sand of USGA System

Kyoung-Nam Kim*, Sang-Yong Nam

Department of Horticulture, Sahmyook University

ABSTRACT

Research was initiated to investigate seasonal turf quality under a sand-based USGA soil system. USGA system 45 centimeters deep was built with rootzone layer, intermediate layer, and drainage layer. Six turfgrass entries were comprised of 3 blends and 3 mixtures from cool-season grasses (CSG).

Turfgrass quality ratings were best in spring and fall, especially early May to early July and late August to early November. Kentucky bluegrass(KB) consistently produced the greatest quality, while perennial ryegrass (PR) the poorest. Intermediate turf quality between KB and PR was observed with tall fescue (TF). Among CSG mixtures it increased with KB but decreased with PR.

There were considerable variations in summer turf performance. No summer drought injury was found in KB and TF. However, PR showed poor performance through summer as compared with other CSG. Results demonstrate that KB was the best and PR the worst among CSG grown in a sand-based USGA soil system.

Key words : cool-season grasses, multi-layer soil system, turf performance, visual turf quality

※이 논문은 2005년도 삼육대학교 학술연구비 지원에 의하여 씌어진 것임.

*Corresponding author. Tel : 02-3399-3575

E-mail : knkturf@syu.ac.kr

서 론

정원·공원·골프장 및 경기장 등 국내의 잔디 이용 경향은 대부분 친편일률적으로 들잔디 (Korean lawngrass, *Zoysia japonica* Steud.) 위주로 사용해왔다. 정원, 공원, 퍼블릭 골프장 및 학교 운동장 등 저 관리지역 (low maintenance area)은 잔디관리가 용이하고 여름 고온 및 건조에 강한 들잔디 위주로 사용하는 것이 바람직하다. 하지만, 고품질이 요구되는 곳에서 들잔디 식재는 적절한 선택은 아니다. 왜냐하면 경기장 등에 들잔디를 식재 시 봄과 가을에 잔디 잎의 탈색으로 인한 품질저하 및 사용제한, 거친 엽 조직으로 인한 부상 위험성, 격렬한 게임 후 완만한 회복속도 등의 특성으로 인해 고품질이 요구되는 잔디구장에는 적합하지가 않기 때문이다.

경기장에 식재되어 있는 잔디는 태클슬라이딩 및 갑작스런 공수전환 등 선수들의 격렬한 플레이 및 선수들간 몸싸움으로 인해 생육에 불리한 여러 가지 스트레스를 받으며, 또한 잔디표면 및 식재층의 지반상태도 조성 후 변하기 때문에 잔디 생육에 상당히 불량한 환경에서 자란다고 할 수 있다. 이렇게 생육에 불량한 환경이지만 경기장 잔디는 TV 중계 및 관전자 입장에서 연중 엽색 및 품질 등이 우수하고, 경기력 측면에서 답압에 대한 저항성 및 회복력이 강하고, 선수보호 측면에서 부상을 줄일 수 있는 완충력이 좋은 잔디 그리고 축구공의 반발력을 높일 수 있는 잔디의 특성이 필요하다(Harper II, 1969). 이러한 관점에서 한지형 잔디의 사용이 필요하며, 또한 전 세계적으로 수준 높은 경기장에는 품질이 우수한 한지형 잔디(cool-season grass)가 많이 이용되고 있다(Kim et al., 1998b; KOWOC, 1999).

한지형 잔디는 생육적온이 15~24℃로 국내 기후 조건에서 봄과 가을 서늘할 때 최적의 생장을 하는 초종이다(Kim et al., 1998a; Beard, 1973). 들잔디에 비해 연중 녹색유지기간이 3~4개월 정도 길고 잔디사용 기간도 그만큼 더 오래 사용할 수 있는 장점이 있다. 또한 시각적 잔디 품질이 우수하고, 종자 파종이 가능해 그라운드의 평탄성이 양호하며, 잔디 엽 조직이 부드러워 스포츠층에 적합하다. 하지만, 난지형 잔디(warm-season grass)에 비해 일반적으로 내서성(heat tolerance) 및 내건성(drouth tolerance)이 약해 여름 고온 및 건조기에 생육이 저하되고 초종에 따라서는 하고 현상에 의한 피해(summer drought injury)가 나타나는 단점도 있다.

잔디밭 품질은 같은 기후대의 동일 지역일 지라도 초종(turfgrass), 지반(soil) 및 관리(management) 세 요소 - 즉 STM(soil-turfgrass-management) 컨셉에 따라 상당히 다르게 나타날 수 있다(Beard, 1973; Kim, 2005). 미국 및 유럽 등 선진국에서는 STM 컨셉에 맞추어 사용목적, 용도, 기대수준 및 기후조건 등에 따라 식재 할 잔디종류, 지반 및 잔디관리 정도가 달라진다. 예를 들어 우리나라 기후조건과 비슷한 한대(cool temperate)와 난대(warm temperate) 기후대 사이에 있는 지역(transition zone)에서는 월드컵경기장과 같은 고품질이 요구되는 그라운드는 투수력이 양호한 USGA 개념의 지반에 켄터키블루그래스(Kentucky bluegrass, *Poa pratensis* L.) 또는 하이브리드 버뮤다그래스(hybrid bermudagrass, *Cynodon dactylon* [L.] Pers. x *C. transvaalensis* Burt-Davy)로 조성하여 집약적인 잔디관리를 한다. 반면, 일반 학교 운동장과 같이 품질이 떨어지는 곳에서는 관리집약도가 떨어지기 때문에 보수력과

보비력이 어느 정도 확보될 수 있는 양토 위주의 지반에 툴웬스큐(*tall fescue, Festuca arundinacea* Schreb.)나 버뮤다그래스(*common bermudagrass, C. dactylon* [L.] Pers.) 등을 주로 사용한다(Harper II, 1969; KOWOC, 1999).

기후적으로 우리나라는 난대 및 한대 기후대 사이에 속하기 때문에 일반적으로 국내 대부분의 지역은 난지형 및 한지형 잔디 모두가 생육할 수 있는 지역이다. 하지만, 사용목적, 용도 및 기대수준에 따른 잔디지반구조와 사후 관리를 고려해서 적합한 한지형 잔디를 선정해서 사용해야 하는데, 무분별한 한지형 잔디 도입으로 인해 실패한 경우가 있었던 것이 사실이다(Kim et al, 1998a). 한지형 잔디의 사용 현황은 일부 골프장 및 2002년 월드컵축구대회 전후로 조성된 잔디구장을 제외하고는 대부분 경험이 일천하고, 또한 선진국에 비하여 대한 연구도 부족한 실정이므로 한지형 잔디에 대한 체계적인 연구는 지속적으로 필요하다.

국내에서 한지형 잔디와 관련한 연구 및 발표는 최근에 들어 활발해지고 있다(Kim et al., 2003a, 2003b, 2005; Kim and Nam, 2003; Kim and Park, 2003; Kim and Shim, 2003; KOWOC, 2000; Lee et al., 2001a,

2001b; Shim et al., 2000; Shim and Jeong, 2002). 하지만, 고품질 잔디 지반구조인 USGA 구조에서 한지형 잔디의 특성 비교를 체계적으로 수행한 연구결과는 아주 적은 편이다. 본 연구는 USGA 지반 구조에 국내에서 대표적으로 이용되고 있는 한지형 잔디를 식재한 후 연중 잔디품질의 변화를 알아보고자 시작되었다.

재료 및 방법

공시재료

본 연구에 사용한 공시 초종은 한지형 잔디 6종류이었다. Table 1에 제시된 공시초종은 처리구1에 켈터키블루그래스 100%, 처리구2에 퍼레니얼라이그래스 100% (*perennial ryegrass, Lolium perenne* L.), 처리구3에 켈터키블루그래스와 퍼레니얼라이그래스를 40 : 60 으로 혼합한 잔디(Mixture I), 처리구4에 툴웬스큐 100%, 처리구5에 켈터키블루그래스, 퍼레니얼라이그래스와 툴웬스큐를 25 : 25 : 50 으로 혼합한 잔디(Mixture II), 그리고 처리구6에 켈터키블루그래스와 퍼레니얼라이그래스를 30 : 70 으로 혼합한 잔디(Mixture III) 6종류이었다. 혼합구 I, II, III에서 사용한 혼합비는 파종량에 대한 기준이었다. 잔디

Table 1. Turfgrasses, varieties, and seeding rate used in the study.

No.	Turfgrasses	Varieties	Seeding rate (g/m ²)
1	Kentucky bluegrass (KB)	'Award', 'Challenger', 'Midnight'	12
2	Perennial ryegrass (PR)	'Accent', 'Manhattan III', 'Palmer II'	35
3	40 KB + 60 PR (Mixture I)	KB: 'Award', 'Midnight' PR: 'Accent', 'Manhattan III'	20
4	Tall fescue (TF)	'Apache II', 'Rebel Jr. III', 'Tomahawk'	40
5	25 KB + 25 PR + 50 TF (Mixture II)	KB: 'Award', 'Midnight' PR: 'Accent' TF: 'Tomahawk'	25
6	30 KB + 70 PR (Mixture III)	KB: 'Award', 'Midnight' PR: 'Accent', 'Manhattan III'	20

조성은 한지형 잔디를 1998년 10월 13일 모래로 조성된 토양에 먼저 파종하여 이듬해 4월 중순경 이식이 가능한 정도의 뗏장 형성 정도를 확인 후 1999년 5월 7일에 뗏장을 이식하여 피복하였다.

USGA 지반구조

연구포장의 지반은 전체 구조가 45cm 깊이로 식재층(rootzone layer) 30cm, 중간층(intermediate layer) 5cm 및 배수층(drainage layer) 10cm인 USGA구조(USGA soil system)로 조성하였다. 지반조성 시 사용한 재료는 배수층 10cm 의 경우 6~9mm 사이의 공자갈이 65%이상 포함하고 있는 자갈을 사용하였으며, 식재층과 배수층 사이 중간층 5cm는 입경이 1~4mm 사이가 90% 이상인 왕사를 사용하였다. 잔디뿌리가 자라는 식재층 30cm는 입경이 0.25~1.0mm 사이의 중사 및 조사가 60% 이상 되는 가는 모래를 이용하였다(Fig. 1).

이 USGA구조는 미국골프장협회(United States Golf Association)에서 골프장 그린용 지반으로 개발한 구조로 골프장 및 천연잔디구장 조성 역사가 깊은 미국 및 유럽에서 많이 사용해 오고 있는 다층구조 개념의 지반이다(Cockerham, 1994; Kim et al., 1998b; USGA Green Section Staff, 1973). USGA 스펙에서 식재층에 사용하는 모래 기준은 입

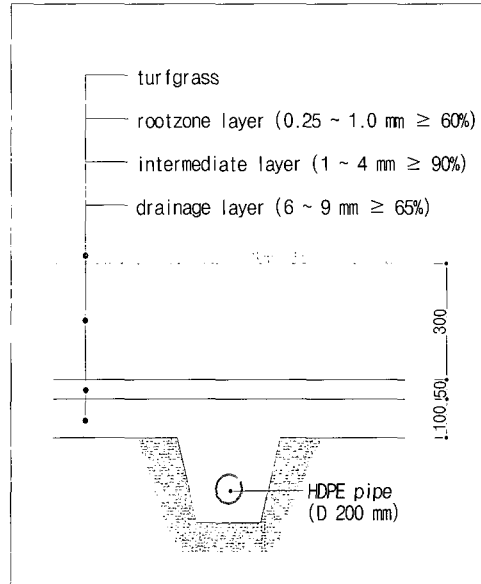


Fig. 1. Cross-sectional diagram of USGA soil system built at the site of research field.

경 분포가 2~3.4mm 사이가 3%이내, 1~2mm(극조사) 사이 7%이내, 0.5~1.0mm(조사) 및 0.25~0.5mm(중사) 사이가 60%이상, 0.15~0.25mm(세사) 사이가 20%이내, 0.05~0.15mm(극세사) 사이가 5%이하, 0.002~0.05mm(실트) 사이가 5%이하, 그리고 0.002mm 이하의 점토를 3%이내로 규정하고 있다. 본 연구포장의 식재층 재료로 사용한 모래는 극세사 1.2%, 세사 2.8%, 중사 및 조사가 93.8%, 극조사가 1.3%로 USGA 스펙의 분포기준을 만족하는 모래였다(Table 2).

Table 2. Particle size distribution of rootzone sand used for USGA soil system in the research field.

Division	Fine gravel	Very coarse sand	Coarse sand	Medium sand	Fine sand	Very fine sand	Silt	Clay
Particle diameter (mm)	2.0 ~ 3.4	1.0 ~ 2.0	0.5 ~ 1.0	0.25 ~ 0.5	0.15 ~ 0.25	0.05 ~ 0.15	0.002 ~ 0.05	<0.002
USGA Spec.	≤3%	≤7%	≥60%		≤20%	≤5%	≤5%	≤3%
Rootzone sand	0.2	1.3	74.9	18.9	2.8	1.2	0.7	0.03

Table 3. Cultural practices in experimental phases I and II applied at the site of the research field in the study.

Cultural practices	Items	Phase I	Phase II
Experiment	Time period Stage	May 1999 ~ December 1999 First year after sod establishment	January 2000 ~ August 2001 Second year after sod establishment
Irrigation	Frequency Amount	2 ~ 5 times weekly 3 ~ 6mm each time	2 ~ 5 times weekly 3 ~ 6mm each time
Mowing	Height Frequency MAF ^z	23 ~ 25mm 51 6.37	19 ~ 24mm 33 4.1
Fertilization	Kinds Frequency Amount MAF ^z	15-11-14, 17-21-17 21-17-17, 21-0-0 7 21.3 g N/m ² 0.87	15-5-13, 17-21-17 21-17-17, 45-0-0 6 18.1 g N/m ² 0.75
Fungicide	Kinds Frequency MAF ^z	Propamocarb hydrochloride Tebuconazol Hexaconazol Polyoxin D Fosetyl-Al (Aliette) 4 0.50	Tebuconazol Hexaconazol Fosetyl-Al (Aliette) Polyoxin D+Etridiazol (Goodshot) Fenitrothin (Smithion) 6 0.75

^z MAF means monthly average frequency.

통계분석

연구포장의 시험구 배치는 공시된 6종류의 초종 처리구를 난괴법 3반복으로 배치하여 실험을 수행하였다. 시험면적은 공시초종 하나의 단위 실험구가 5.2m×2.0m 로서 총 18개 실험구의 약 200m²이었다. 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System) 프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 실시하였고(SAS Institute, 1990), 처리구 평균간 유의성 검정은 LSD(Least Significant Difference) 5% 수준에서 실시하였다.

잔디품질조사

잔디품질은 잔디포장시험에서 가장 많이 사용하고 있는 시각적 평가방법(visual rating system)을 이용하여 조사하였다(Skogley and Sawyer, 1992). 시각적 평가방법은 생육상태

와 관계가 있는 밀도, 질감 및 균일도 등을 종합적으로 고려하여 평가하는데, 본 연구에서는 가장 좋은 상태를 9점, 수용 가능한 상태를 6점, 그리고 가장 나쁜 상태를 1점으로 하여 1~9점 사이에서 시각적 잔디 품질(visual quality rating, 1-9; 1=poor, 6=acceptable; 9=best)을 평가하였다. 조사 시기는 시험포 조성 후인 1999년 5월부터 2000년 8월까지 월 1회 기준으로 조사하였다.

잔디관리

연구포장의 잔디관리는 파종 후 초기 관리보다 더 집약적으로 실시하였다. 물 관리는 기계식 팝업(pop-up) 시스템을 이용하여 자동으로 관수하였다. 관수 회수는 생육 기간 중 2~5회/주, 관수량은 3~6mm/1회 기준으로 실시하였다(Table 3). 예초는 1차 년도인 1999

년 5월부터 12월까지 8개월 동안은 23~25mm 높이로 전체 51회, 2차 년도인 2000년에는 3월부터 8월까지 6개월 동안 19~24mm 높이로 33회 실시하였다.

시비관리는 조성 1차 년도인 1999년에는 전체 7회 시비에 21.3 g N/m², 그리고 조성 2차 년도인 2000년에는 6회에 18.1 g N/m²을 시비하였다. 병 방제는 예방 목적으로 파모 액제(프리엔), 터부코나졸 유제(호리쿠어), 헥사코나졸 액상수화제, 포리옥신디 수화제(영일바이오) 포세칠알 수화제(알리에테), 포리옥신디에트리아졸 수화제(굿샷), 맵프 유제(스미치온) 등 여러 종류의 농약을 이용하였다. 전체 살포회수는 조성 1차 년도인 1999년에는 4회, 조성 2차 년도인 2000년에는 6회 살포하여 전체 16개월 동안 9회 시약으로 월 평균 0.6회 정도 적용하였다.

결과 및 고찰

잔디 조성 후 조사한 품질 변화는 계절 및

초종에 따라 유의한 수준으로 크게 나타났다 (Fig. 2). 초종간 연중 잔디품질 변화를 보면 켄터키블루그래스는 조성 첫해인 99년 7월부터 11월까지, 그리고 다음해 2000년 5월부터 7월까지 가시적 품질 평가 점수가 7.5~9.0 사이로 가장 우수하였다. 이와는 대조적으로 페레니얼라이그래스는 전반적으로 시각적인 품질 평가가 낮은 편이었고, 특히 7월 중순부터 9월 초순까지 잔디 품질이 가장 불량하였다. 이는 페레니얼라이그래스의 경우 켄터키블루그래스나 톨웬스큐에 비해 상대적으로 여름 고온 기간의 잔디 적응력이 약한 특성 때문에 나타난 결과로 추정되었다(DiPaola and Beard, 1992; Wehner and Watschke, 1981; Youngner, 1962).

톨웬스큐의 연중 잔디품질은 켄터키블루그래스와 페레니얼라이그래스의 중간정도로 켄터키블루그래스 보다는 떨어지고 페레니얼라이그래스 보다는 양호하였다. 하지만, 계절적으로 기온이 낮은 12월부터 3월까지는 잔디품질이 급격하게 떨어져 페레니얼라이그래스 보

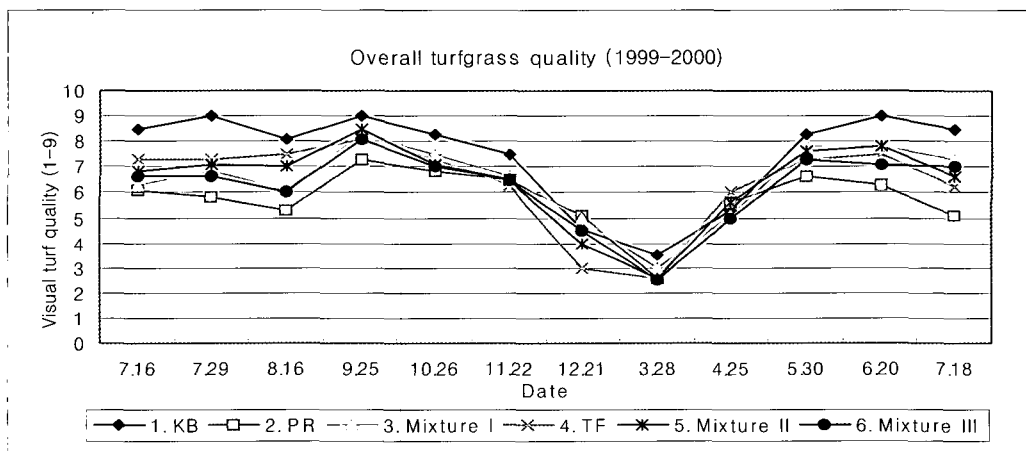


Fig. 2. Seasonal variation of visual turf quality of 6 cool-season turfgrasses grown under a USGA soil system. Visual turf quality was evaluated with a 1 to 9 visual rating scale of 1=poorest, 6=acceptable, and 9=best quality. Treatments as described in Table 1 are KB=Kentucky bluegrass, PR=perennial ryegrass, Mixture I=40 KB + 60 PR, TF=tall fescue, Mixture II=25 KB + 25 PR + 50 TF, and Mixture III=30 KB + 70 PR. Significant at P≤0.05.

다도 잔디상태가 더 안 좋았다. 이는 톨웨스큐의 경우 한지형 잔디 중 내한성이 약하고 또한 저온기 때 켄터키블루그래스나 퍼레니얼라이그래스에 비해 탈색이 훨씬 심하게 나타나기 때문에 품질이 떨어지는 것으로 판단되었다(Kim, 2005; Youngner, 1962).

켄터키블루그래스와 퍼레니얼라이그래스 두 종류의 잔디를 혼합한 혼합구I과 혼합구III의 월별 잔디 품질 변화는 비슷한 경향이였다. 혼합구의 잔디품질은 켄터키블루그래스에 비해 떨어지지만 퍼레니얼라이그래스 보다는 양호하였고, 이들 혼합구간 차이는 켄터키블루그래스가 40% 혼합된 혼합구I이 30% 혼합된 혼합구III에 비해 잔디 품질이 좀 더 우수하였다. 그리고 켄터키블루그래스, 퍼레니얼라이그래스 및 톨웨스큐 세 종류의 잔디를 혼합 파종한 혼합구II는 혼합구I, III과 비슷한 경향이였다.

한지형으로 조성된 잔디밭의 품질은 계절적으로 특히 여름철 잔디상태가 대단히 중요하다. 왜냐하면, 한지형 잔디는 생육적온이

15~24℃로 생육적온보다 더 높은 여름 고온기에는 초중에 따라 잔디 상태가 불량해지면서 하고현상(summer drought)으로 인해 잔디밭 품질이 크게 훼손 될 수 있다. 본 연구에서 조성 후 일년이 지난 2000년 7월에 조사한 가시적 품질 평가 점수는 켄터키블루그래스의 경우 8.5로 가장 높았고, 톨웨스큐는 7.3으로 두 번째로 양호한 품질상태를 나타냈다(Fig. 3).

하지만, 퍼레니얼라이그래스의 가시적 평가 점수는 5.7로 공시된 6개 처리구중에서 가장 불량하였으며 여름 기간 내내 잔디품질이 점점 더 떨어지는 경향을 나타냈다. 이는 퍼레니얼라이그래스의 내서성 및 내건성이 켄터키블루그래스나 톨웨스큐에 비해 약하기 때문에 하고 현상의 피해가 쉽게 나타나는 특성 때문이라 사료되었다(DiPaola and Beard, 1992; Wehner and Watschke, 1981; Youngner, 1962).

혼합구의 경우 7~8월 여름 고온기에는 혼합구II의 품질이 좀 더 양호하였다. 이는 한지

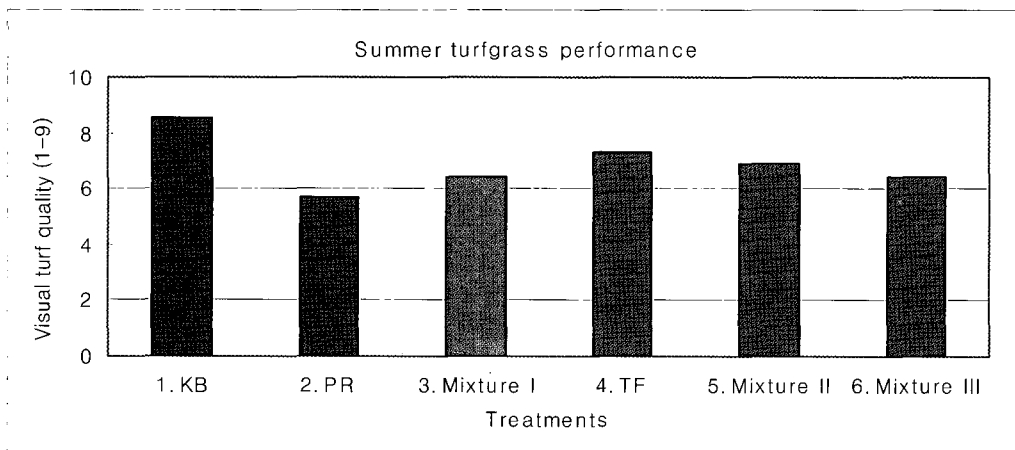


Fig. 3. Summer turf quality of 6 cool-season turfgrasses grown under a USGA soil system. Summer turf performance was evaluated with a 1 to 9 visual rating scale of 1=poorest, 6=acceptable, and 9=best quality. Treatments as described in Table 1 are KB=Kentucky bluegrass, PR=perennial ryegrass, Mixture I=40 KB + 60 PR, TF=tall fescue, Mixture II=25 KB + 25 PR + 50 TF, and Mixture III=30 KB + 70 PR. Value of LSD at P=0.05 for treatments is 0.67.

형 잔디중 내서성 및 내건성이 약한 퍼레니얼 라이그래스 혼합을 차이로 인해 나타난 것으로 추정되었다(DiPaola and Beard, 1992; Wehner and Watschke, 1981). 왜냐하면 본 연구에서 혼합구II의 경우 퍼레니얼라이그래스가 25%만 혼합된 반면, 혼합구I, III의 경우 퍼레니얼라이그래스 혼합율이 각각 60% 및 70%로 훨씬 더 많이 혼합되어 있어(Table 1) 내서성 및 내건성이 더 약해진 것으로 판단되었다.

요 약

모래 100%로 조성된 USGA 지반에서 한지형 초종간 비교 실험한 결과 잔디 품질은 초종에 따라 크게 차이가 나타났으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 연중 한지형 잔디의 품질은 계절적으로 봄과 가을이 양호하였는데, 특히 5월 초순~7월 초순과 8월 하순~11월 초순 사이의 기간이 가장 좋았다.
2. 잔디품질이 가장 우수한 초종은 켄터키블루그래스였고 가장 불량한 초종은 퍼레니얼라이그래스였다. 톨웨스큐의 품질은 켄터키블루그래스와 퍼레니얼라이그래스의 중간정도로 나타났다. 혼합구의 잔디품질은 켄터키블루그래스가 많이 혼합될수록 양호하였고, 반대로 퍼레니얼라이그래스가 많을수록 불량하였다.
3. 여름 고온기의 잔디 적응력은 초종에 따라 상당히 다르게 나타났다. 켄터키블루그래스와 톨웨스큐는 하고 현상으로 인한 피해가 나타나지 않았지만, 내서성 및 내건성이 약한 퍼레니얼라이그래스로 조성된 잔디는 여름 내내 잔디상태가 불량하였다. 켄터키블루그래스, 퍼레니얼라이그래스 및 톨웨스큐를 혼합하여 식재한 혼합구의 경우 퍼레니얼라이그래스가 많을수록 하고 현상 피해가 크게 나타나 잔디상태가 불량하였다.
4. USGA 모래 지반에서 자란 한지형 잔디의 품질은 국내기후 조건에서 켄터키블루그래스가 가장 양호하였으며, 퍼레니얼라이그래스는 한지형 잔디 중 가장 불량하였다.
5. 고품질이 요구되는 지역에는 연중 품질이 우수하고, 여름 고온기에도 잔디 적응력이 우수한 켄터키블루그래스가 가장 적합하였고, 이보다 품질은 다소 떨어지지만 여름에 하고 현상 피해가 없는 톨웨스큐는 저관리 잔디 지역에 적합한 것으로 사료되었다. 그리고 혼합구 사용 시 하고 현상 피해를 최소화하려면 켄터키블루그래스 위주로 하면서 퍼레니얼라이그래스 혼합율은 20% 이내로 유지 하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

참고문헌

1. Beard, J.B. 1973. Turfgrass: Science and Culture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, 658 pp.
2. Cockerham, S.T. 1994. Rootzone mixes, turfgrass selection, and maintenance on the world cup soccer fields in the USA. In: Proceedings of International Symposium on Soccer Field, The Committee of International Symposium on Soccer Field, pp.31-43, Tokyo, Japan.
3. DiPaola, J.M., and J.B. Beard, 1992. Physiological effects of temperature stress. In: D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman (ed.), Turfgrass. Agron. Monogr. 32:231-267, ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI,

- USA.
4. Harper II, J.C. 1969. Athletic fields. In: A.A. Hanson and F.V. Juska (ed.), Turfgrass Science, Agron. Monogr. 14:542-561, ASA, Madison, WI, USA.
 5. Kim, K.N. 2005. Introductory Turfgrass Science. Sahmyook University Press, Seoul, Korea, 362 pp.
 6. Kim, K.N., J.S. Choi, and S.Y. Nam, 2003. Performance of warm-season and cool-season grass grown in multi-layer, USGA and mono-layer system for athletic fields. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44(4):539-544.
 7. Kim, K.N., O.D. Kwon and S.Y. Nam, 1998a. A study on the adaptive performance of cool-season sports turf in Korea. J. of Natural Sci. of Sahmyook Univ., 3(3):61-76.
 8. Kim, K.N. and S.Y. Nam. 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. of Turfgrass Sci. 17(1):1-12.
 9. Kim, K.N. and W.K. Park, 2003. Study on cultural practices, growth rate and time to harvest in sod production of cool-season gasses grown under pure sand soil. J. of Natural Sci. of Sahmyook Univ., 8(1):19-33.
 10. Kim, K.N., W.K. Park and S.Y. Nam. 2003a. 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. of Turfgrass Sci. 17(4):129-146.
 11. Kim, K.N. and S.R. Shim. 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.
 12. Kim, K.N., S.R. Shim and S.Y. Nam, 2005. Differences of cool-season grass adaptation under multi-layer, USGA and mono-layer systems in Korea, Int. Turfgrass Soc. Res. J. 10: 572-580.
 13. Kim, K.N., S.R. Shim, P.S. Yoon, S.K. Han, C.U. Cho and K.W. Han, 1998b. Sports turf recommendation for soccer field with investigation of athletic fields in Japan, Germany, and USA. J. of Natural Sci. of Sahmyook Univ., 3(3):51-60.
 14. Lee, H.J., J.W. Song and J.H. Ku. 2001a. Effect of root zone cooling on growth and mineral contents of turfgrasses in simulated athletic field during summer season. Kor. J. of Turfgrass Sci. 15(4):169-179.
 15. Lee, J.P., S.J. Kim, H.Y. Seo, I.S. Han, S.J. lee, T.J. Kim and D.H. Kim. 2001b. The effect of shade net on summer stress of cool-season

- turfgrass. *Kor. J. of Turfgrass Sci.* 15(2):51-64.
16. Shim, S.R. and D.Y. Jeong, 2002. Turfgrass selection for soccer fields -A simulation of the Incheon 2002 world cup stadium-. *J. of the Kor. Inst. of Landscape Architecture* 30(2):88-94.
 17. Shim, S.R., D.Y. Jeong and K.N. Kim. 2000. Planting foundations and turfgrass species adapted to grounds. *J. of the Kor. Inst. of Landscape Architecture* 28(2):61-70.
 18. KOWOC, 1999. Survey for athletic fields in Japan and Europe for the construction of 2002 World Cup Soccer Stadium. *Kor. Organizing Committee for the 2002 FIFA World Cup-Korea/Japan*, 55 pp.
 19. KOWOC, 2000. Comprehensive project report on the establishment of the turfgrass ground of 2002 World Cup Soccer Stadium. *Kor. Organizing Committee for the 2002 FIFA World Cup-Korea/Japan*, 306 pp.
 20. SAS Institute, Inc., 1990. *SAS/STAT User's Guide, Version 6 4th ed.*, SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA, 1686 pp.
 21. Skolegy, C.R. and C.D. Sawyer. 1992. Field research, In: D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman (ed.), *Turfgrass. Agron. Monogr.* 32:589-614, ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, USA.
 22. Turgeon, A.J. 1996. *Turfgrass management. Fourth ed.*, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 406 pp.
 23. USGA Green Section Staff, 1973. *USGA Sections specifications for putting green construction*, USGA Green Section RECORD, 11(3):1-8.
 24. Wehner, D.J. and T.L. Watschke, 1981. Heat tolerance of Kentucky bluegrass, perennial ryegrass and annual bluegrass. *Agron. J.* 73:79-84.
 25. Youngner, V.B. 1962. Which is the best turfgrass?. *Calif. Turfgrass Culture* 12:30-31.