

Research Article

# 자연 실온 및 변온 환경에서 광엽 및 세엽 웨스큐 9종류의 종자 발아력, 발아세 및 발아피크 기간 분석

김경남\*

삼육대학교 과학기술대학 환경디자인원예학과

## Analysis of Seed Germinating Vigor, Germination Speed and Peak Time in 9 Fescues under Alternative and Natural Conditions at the Room Temperature

Kyoung-Nam Kim\*

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

### Abstract

This study was initiated to investigate seed germinating vigor, germination speed, and establishment characteristics of *Festuca* species under natural conditions (5-25°C). Germination rate was 62.0% in CRF 'Audubon' to 97.0% in TF 'Olympic Gold'. It was greater with TF over fine-type fescues, being TF>SF>CF, HF>CRF. The germination speed, measured as days to seed germination of 50% through 80%, was fastest with TF, medium to high with CF, medium with HF and SF, and slowest with CRF. However, it was approximately 4 days slower under natural conditions, as compared with that under alternative conditions (15-25°C). Germination peak time was much faster with TF. It ranged from 0.73 to 1.84 days with TF, being 1.45 days in average. But it varied with 2.16 to 11.75 days among fine-type species. The peak time was longer in order of SF<CF<HF<CRF. Considering germinating vigor, germination speed and peak time, TF 'Olympic Gold' was the best cultivar under natural conditions, while CRF 'Audubon' the poorest one. The overall establishment characteristics among *Festuca* species were even better with TF over fine-type fescues, which decreased in order of TF>CF>SF>HF>CRF.

**Keywords:** Alternative conditions, Chewings fescue, Germination speed, ISTA (International Seed Testing Association), Tall fescue



 OPEN ACCESS

\*Corresponding author:

Phone. +82-2-3399-1731

Fax. +82-2-3399-1741

E-mail. knkturf@syu.ac.kr

Received: July 31, 2017

Revised: September 08, 2017

Accepted: September 19, 2017

© 2017 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

2002년 월드컵축구대회를 유치하면서 국내에서 공원, 운동장, 골프장, 비탈면 조성 시 녹색 유지 기간이 긴 한지형 잔디의 사용은 증가하고 있다(Kim, 2012). 한지형 잔디 중 많이 활용되고 대표적인 종류에는 벤트그래스류, 블루그래스류, 라이그래스류, 웨스큐류 잔디가 있으며, 이중 저관리형으로 골프장 러프 및 비탈면 시공 등에 주로 이용되고 있는 초종은 웨스큐류 계통이다(Watschke, 1990; Riordan, 1997; Dernoeden, 1998). 웨스큐류에는 약 100여 종이 있으며 이중 전세계적으로 잔디밭 용도로 크게 활용되고 있는 종류는 크게 5가지 종류가 있다. 즉, 세엽형인 레드 웨스큐(*Festuca rubra* L. ssp. *rubra* Gaud.), 추잉스 웨스큐(*F. rubra* L. ssp. *commutata* Gaud.), 하드 웨스큐(*F. longifolia* Thuill.), 쉽 웨스큐(*F. ovina* L.)와 광엽형인 툴 웨스큐(*F. arundinacea* Schreb.)가 많이 활용되고 있다(Beard, 1982; Alderson and Sharp, 1995).

유럽이 원산지인 레드 웨스큐는 크리핑 레드 웨스큐로 불리기도 하며 cool-humid 기후대에서 켄터키 블루그래스(*Poa pratensis* L.) 다음으로 중요한 종류이고, 추잉스 웨스큐도 유럽이 원산지로 cool-humid 지역에서 켄터키 블루그래스 다음으로 크리핑 레드 웨스큐와 같이 많이 이용되고 있는 종류이다. 하드 웨스큐는 유럽이 원산지로 생육형이 주형생장을 하는 다년생 종류로 그 특성이 쉽 웨스큐와 상당히 비슷하지만 쉽 웨스큐에 비해 엽색이 좀 더 회색조의 녹색을 띄면서 엽폭은 더 넓고, 엽 조직이 더 강하다. 쉽 웨스큐는 원산지가 북미와 유라시아 지역으로 초생 모양의 생장을 하는 영년생 잔디로 품질이 다소 떨어지기 때문에 잔디목적으로는 그 이용 정도가 낮은 초종이다. 원산지가 유럽인 툴 웨스큐는 transition zone 지역에서 잘 자라는 종류로 한지형 잔디 중 국내 여름 기후에 강한 특성이 있는 종류이다(Meyer and Watkins, 2003; Beard and Beard, 2005; Kim, 2012).

골프장 설계 시 외국인 디자이너에 의한 코스 설계가 증가하면서 웨스큐류 잔디 사용도 점점 확대되고 있다. 특히 스코틀랜드 링크스(Scottish links) 스타일의 코스를 조성하면서 러프 지역에 웨스큐류 잔디의 선호도가 증가하고 있기 때문에 이들 초종을 이용한 연구의 필요성이 있다. 선진 외국에서는 신품종이 등록되면 수년간 여러 지역에서 체계적으로 광범위하게 연구를 진행하면서 실무에 응용하고 있다(NTEP, 1994a, 1994b, 1995a, 1995b, 1996a, 1996b, 1996c, 1997, 1998, 1999, 2000a, 2000b, 2001a, 2001b, 2001c, 2002).

국내 기후 조건에서 일부 웨스큐 속 잔디를 이용한 연구는 있지만(Kim and Nam, 1999; Lee et al., 2001a, 2001b; Shim and Jeong, 2002; Kim and Nam, 2003; Kim and Park, 2003; Kim and Shim, 2003; Kim et al., 2003a, 2003b; Kim, 2005; Kim et al., 2005; Kim, 2008, 2009), 툴 웨스큐, 추잉스 웨스큐, 크리핑 레드 웨스큐, 하드 웨스큐 및 쉽 웨스큐 등 다양한 종류를 이용한 종합적인 연구는 아직 미흡한 편이다(Kim and Park, 2010; Kim, 2013a, 2015). 더욱이 국내에 최근 도입된 웨스큐 잔디의 신품종을 이용한 연구논문은 아직 충분하지 않으며, 신품종으로 골프장 조성 시 필요한 초기 피복 관련 기본 특성조사에 대한 연구는 더욱 부족한 실정이다.

잔디공원 및 골프장 설계 시 대면적의 잔디밭을 성공적으로 조성하기 위해서는 종자 파종 후 최단기간에 균일하게 피복을 완료하는 것이 중요하다(Kim, 2013b). 한지형 잔디 중 조성 속도가 가장 빠른 잔디는 퍼레니얼 라이그래스(*Lolium perenne* L.)이고, 가장 느린 종류는 켄터키 블루그래스이다. 일반적으로 퍼레니얼 라이그래스의 우수 품종은 최적의 생육환경에서 치상 후 3일 전후 유근이 발달하고, 4-7일 사이에 50-80% 이상 발아가 가능하다. 웨스큐 속 잔디의 발아속도는 켄터키 블루그래스 보다는 빠르지만, 퍼레니얼 라이그래스 보다는 느리다(Hanson et al., 1969; Turgeon, 2005). 하지만 웨스큐 속 잔디 중에서도 광엽형 웨스큐와 세엽형 웨스큐의 발아속도 차이가 있고, 또한 동일한 초종 안에서도 품종에 따라 발아특성 및 발아패턴 차이가 나타날 수 있다(The Lawn Institute, 1991a; Kim, 2008; Kim and Jung, 2008; Kim and Park, 2010). 때문에 잔디밭 조성 시 발아환경에 따른 이들 초종에 대한 조성 관련 기본 특성 조사는 필요하다.

웨스큐 종자의 발아검정은 국제종자검정협회(International Seed Testing Association, ISTA)에서 요구하는

15-25°C 사이의 온도 조건에서 실시한다(Anonymous, 1964; Jeon, 1997). 하지만 정규 18홀 골프장의 면적은 지형, 코스길이 및 폭, 홀 간 간격, 조경 수목 종류 및 크기, 식재 면적, 연못, 호수 등에 따라 일반적으로 700,000-800,000 m<sup>2</sup> 정도 되는 대규모 면적이다(Beard, 1982). 이러한 대 면적에 잔디를 조성할 경우 15-25°C 사이의 변온 환경 조건에 적합한 시기에 적기 파종을 할 수 있는 면적은 일반적으로 전체면적의 20-40% 정도만 해당되며, 나머지 홀은 현장 공정 스케줄에 따라 식재를 하기 때문에 적기 파종을 할 수 없다. 이러한 이유로 골프장에서 대부분 식재 면적은 잔디 생육적온 보다 저온 또는 고온 등의 부적합한 환경에서도 파종을 할 수 밖에 없다. 따라서 웨스큐 종자의 발아 표준 환경인 ISTA 변온 환경조건뿐만 아니라, 일반 자연환경에서도 품종에 대한 발아 및 조성관련 특성 조사는 필요하며 변온 및 자연 실온 환경에서 실시한 데이터 비교는 실무적으로 대단히 중요하다.

본 실험은 자연실온 환경에서 최근 국내에 활용되고 있는 웨스큐류 신품종의 종자 발아력, 발아세 및 발아 피크 기간 등의 특성을 조사하고, 변온 및 자연실온 환경에서 발아세 특성 차이점을 비교 분석해서 잔디밭 설계 및 시공 시 실무에 응용할 수 있는 자료를 제공하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

공시 초종은 국내에서 일반 잔디밭 및 골프장 조성에 이용되고 있는 툴 웨스큐(tall fescue, TF) (*Festuca arundinacea* Schreb.), 츠잉스 웨스큐(Chewings fescue, CF) (*F. rubra* L. ssp. *commutata* Gaud.), 크리핑 레드 웨스큐(creeping red fescue, CRF) (*Festuca rubra* L. ssp. *rubra* Gaud.), 하드 웨스큐(hard fescue, HF) (*F. longifolia* Thuill.) 및 쉽 웨스큐

**Table 1.** Common name, scientific name, cultivar and seed supplier of turfgrass entries in the study.

Classification	Common name	Scientific name	Cultivar	Seed supplier
Coarse-textured fescue	Tall fescue	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	'Arid III'	Jacklin Seed Company Post Falls, ID, USA
			'Olympic Gold'	Turf-Seed, Inc. Hubbard, OR, USA
			'Tar Heel II'	Turf-Seed, Inc. Hubbard, OR, USA
			'Tomahawk GT'	Turf-Seed, Inc. Hubbard, OR, USA
Fine-textured fescue	Chewings fescue	<i>Festuca rubra</i> L. ssp. <i>commutata</i> Gaud.	'Jamestown II'	Jacklin Seed Company Post Falls, ID, USA
	Creeping red fescue	<i>Festuca rubra</i> L. ssp. <i>rubra</i> Gaud.	'Shadow II'	Turf-Seed, Inc. Hubbard, OR, USA
			'Audubon'	Jacklin Seed Company Post Falls, ID, USA
			'Aurora Gold'	Turf-Seed, Inc. Hubbard, OR, USA
			'Little Bighorn'	Turf-Seed, Inc. Hubbard, OR, USA
Hard fescue	<i>Festuca longifolia</i> Thuill.			
Sheep fescue	<i>Festuca ovina</i> L.			
	5 kinds	5 species	9 cultivars	2 sources

(sheep fescue, SF) (*F. ovina* L.) 5종류로 전체 공시 재료는 9품종이었다. 본 실험에 사용한 9품종은 톨 웨스큐 4품종, 츤잉스 웨스큐 2품종, 크리핑 레드 웨스큐 1품종, 하드 웨스큐 1품종 및 쉽 웨스큐 1품종이 있으며, 초종별 품종명과 공급회사는 Table 1과 같다.

공시 품종의 종자는 모두 외국에서 수입 직전 종자검정 결과 양호한 판정으로 나타나 국내에 수입되어 실무적으로 골프장에 이용되고 있는 신선한 종자를 확보해서 저온 상태로 보관중인 종자를 이용하였다. 발아실험은 온도가 5-25°C로 유지되고 있는 삼육대학교 실험실의 자연 실온 환경에서 잔디종자 발아 검정 시 최대 기간인 30일 기준으로 수행되었다(The Lawn Institute, 1991b).

### 발아력, 발아세 및 발아 피크 기간 조사

발아시험 중 발아력, 발아세 및 발아피크 기간 조사는 샬레(petri dish)에 여과지 2매를 깔고 종자를 치상해서 수행한 기존 잔디 발아 실험에서 사용한 방법을 기준으로 하였다(Kim and Jung, 2008; Kim, 2015). 따라서 발아율 조사는 치상 후 1일 간격으로 총 30회 조사를 하였다(Table 2). 조사 시 발아 상태는 지상부 엽 조직이 10 mm 정도 자랐을 때를 기준으로 하였다. 공시 초종의 종자 발아력은 최종 발아율을 기준으로 결정하였으며, 최종 발아율은 치상 후 30일째 조사한 누적 발아율을 이용하였다.

**Table 2.** Seed storage condition, environmental conditions, replication, experiment period, and investigation frequency in the germination test.

Item	Description for germination experiment
Seed storage conditions in refrigerator	below -20°C
Environmental conditions in the study	5 to 25°C (natural conditions at the room temperature)
No. of seeds per replication	100 seeds
Replication	4
Experiment period	30 days
Investigation frequency	daily

공시 초종의 발아세 특성 비교는 발아율이 50%, 60%, 70% 및 80%에 도달하는 기간을 기준으로 해서 자연실온 환경에서 품종 별로 비교하였다. 그리고 생육환경에 따른 발아세 데이터 비교 분석은 ISTA 변온 조건의 생육상 (Growth chamber, VS-1203PF-CN, Vision Scientific Co., Ltd., Bucheon, Kyounggi)에서 수행한 데이터를 활용하였다(Kim, 2015). 또한 발아 피크 기간은 각 품종의 발아세가 50%에서 60% (Peak time I) 및 50%에서 70% (Peak time II)까지 도달하는 소요일수를 기준으로 데이터를 분석하였다.

발아상의 시험구 배치는 공시 9종류의 품종 처리구를 난괴법 4반복으로 배치하여 실험을 수행하였으며, 실험데이터는 품종별 4반복 평균값을 이용하였다. 통계분석은 SAS ver 8.0 (Statistical Analysis System) 프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 실시하였고(SAS Institute, 2001), 처리구 평균간 유의성 검정은 DMRT(Duncan's Multiple Range Test) 5% 수준에서 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 웨스큐 초종별 발아력 비교

본 실험에 사용한 웨스큐 속 잔디 종자의 발아력을 나타내는 최종 발아율은 초종 및 품종에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 공시 9품종의 최종 발아율은 자연 실온 환경에서 62.0-97.0% 사이로 나타났다. 종자 발아력이 가장 우수한 품종은 TF ‘Olympic Gold’ 품종이었고, 가장 저조한 품종은 CRF ‘Audubon’ 품종이었다(Fig. 1).

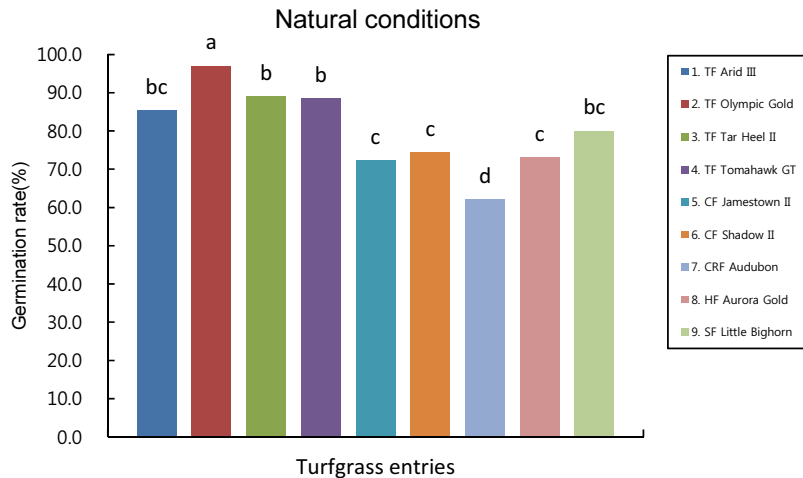


Fig. 1. Seed germinating vigor in 9 cultivars of *Festuca* spp. (TF: tall fescue, CF: Chewings fescue, CRF: creeping red fescue, HF: hard fescue, SF: sheep fescue) grown under natural conditions at the room temperature of 5 to 25°C. Mean separation was made by Duncan’s multiple range test at  $P=0.05$ .

초종 간 발아력을 살펴보면 TF 품종의 발아율이 85.2-97.0% 사이로 가장 우수하였다. TF 초종 다음으로는 SF ‘Little Bighorn’ 품종이 80.0%로 양호하였다. 그리고 CF 품종의 발아율은 72.2-74.2% 사이, 평균 73.2%로 나타났다. 또한 HF ‘Aurora Gold’ 품종의 발아율도 CF와 비슷한 73.0% 이었다. 이상의 결과 자연 실온 환경에서 웨스큐 속 초종 간 종자 발아력은 세엽형 보다는 광엽형인 TF 초종이 더 우수하였다. 그리고 세엽형 웨스큐 초종 간 발아력은 SF>CF, HF>CRF 순서로 나타났다.

하지만 이러한 결과는 ISTA 변온 환경에서 실시한 연구결과(Kim, 2015)와는 약간 다른 경향이였다. 15-25°C 사이의 변온에서 실시한 웨스큐 속 초종의 종자 발아율은 전체적으로 광엽 TF가 세엽 웨스큐 보다는 우수하였지만, 세엽 웨스큐 안에서는 HF 초종이 가장 우수해서 그 우열관계가 HF>SF>CF>CRF 순서로 나타났다. 이와 같이 동일 품종이라도 생육 환경에 따른 발아력 차이는 다른 초종 및 품종에서도 보고되고 있다(Kim and Nam, 2003; Kim and Jung, 2008). 즉 식재 시기에 따라 기상 환경이 다르고, 온도 조건에 따라 종자의 최종 발아율은 품종별로 크게 차이가 날 수 있기 때문에 잔디밭 조성 시 식재 시기에 해당 지역의 생육환경 파악은 대단히 중요하다 하겠다(Beard, 1973; Turgeon, 2005).

잔디 종자 수확 후 검정 시 정상적인 TF 초종의 종자 발아율은 85% 이상 요구되고 있다(Beard, 1973). 따라서 발아실험에 사용한 TF 4품종 모두 발아율이 85% 이상으로 양호하였다. 또한 세엽형 웨스큐의 기준 발아율은 TF 초종보다 다소 낮은 75% 이상이므로(Vengris and Torello, 1982), 본 실험에서 CRF ‘Audubon’ 품종을 제외한 대부분 세엽형 초종의 발아율은 72.2-80.0% 사이로 오차 범위 내에서 정상 발아율 75% 수준을 충족하였다. 하지만 자연

실온 환경에서 광엽형 TF 품종 간 최대 11.7% 정도, 그리고 세엽형 웨스큐 품종 간에는 최대 18.0% 정도의 차이가 있었다(Fig. 1).

본 실험에 사용한 공시 품종은 모두 외국에서 생산된 종자로 수입 직전 종자 검정 결과 모두 양호해서 국내 골프장 등에 실무적으로 이용되고 있는 종자를 의뢰 받아 실험을 실시하였다. 따라서 실험 결과 웨스큐 속 초종 및 품종에 따라 나타난 다양한 종자 발아율 차이는 잔디 종자 생산 후 동일한 조건으로 보관하였을지라도 수입 및 유통 과정에 따라 종자의 발아율 차이가 크게 나타날 수 있는 것을 의미한다.

웨스큐 속 잔디 중 세엽형 종류는 초종 간 종자의 발아력 차이가 다양하게 나타나는 것으로 알려지고 있다(Landschoot et al., 2000). 이러한 잔디 종자의 발아력 차이는 다른 초종에서도 나타나고 있는데 실무적으로 골프장 퍼팅 그린에 이용되고 있는 크리핑 벤트그래스(*Agrostis palustris* Huds.) 종자를 이용한 연구결과는 ISTA 변온 환경에서 품종 간 최대 36.7% 차이가 나타나는 것으로 알려지고 있다(Kim and Jung, 2008). 또한 변온 조건에서 켄터키 블루그래스 품종 15종류를 비교한 연구에서도 품종 간 14.2% 차이가 나타나는 것으로 알려지고 있다(Kim, 2014). 즉 외국에서 수확 후 종자검정 결과 발아율이 우수한 품종일지라도 수입해서 국내 실무 현장에 적용할 때는 종자 발아력이 저하될 수 있으므로 시공 시점에 발아력 검정을 실시해서 사용하는 것이 바람직하다.

### 초종별 발아세 특성 비교

웨스큐 속 잔디 종자의 발아세도 초종 및 품종에 따라 차이가 유의하게 나타났다. 자연 실온 환경에서 누적 발아율이 각각 50%, 60%, 70% 및 80%까지 도달하는데 필요한 발아세를 비교한 데이터는 Table 3과 같다.

**Table 3.** Germination speed in 9 cultivars of *Festuca* spp. grown under natural conditions at the room temperature of 5 to 25°C. Germination speed was evaluated as days to seed germination of 50, 60, 70 and 80%, respectively.

Cultivars <sup>x</sup>	Germination speed under natural conditions (days)			
	50%	60%	70%	80%
1. TF 'Arid III'	11.35 c <sup>y</sup>	11.80 cd	12.82 cd	14.90 b
2. TF 'Olympic Gold'	11.28 c	11.64 d	12.01 d	12.74 c
3. TF 'Tar Heel II'	11.79 b	12.60 bc	13.63 c	15.33 b
4. TF 'Tomahawk GT'	11.72 b	12.42 c	13.50 c	15.00 b
5. CF 'Jamestown II'	11.54 bc	12.05 cd	15.50 b	N/A <sup>z</sup>
6. CF 'Shadow II'	11.79 b	12.71 bc	15.46 b	N/A
7. CRF 'Audubon'	13.85 a	19.00 a	N/A	N/A
8. HF 'Aurora Gold'	11.75 b	13.25 b	17.33 a	N/A
9. SF 'Little Bighorn'	13.12 ab	12.93 b	15.28 b	28.00 c
Range	11.28-13.85	11.64-19.00	12.01-17.33	12.74-28.00
Difference (max-min)	2.57	7.36	5.32	15.26

<sup>x</sup>TF: tall fescue, CF: Chewings fescue, CRF: creeping red fescue, HF: hard fescue, SF: sheep fescue.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P=0.05$ .

<sup>z</sup>N/A: not applicable.

발아율이 50% 도달할 때까지 소요되는 50% 발아세 속도는 11.28-13.85일 사이로 웨스큐 속 초종 간 2.57일 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다. 전체 공시 9품종 중 50% 발아세 속도가 가장 빠른 종류는 TF 'Olympic Gold' 품종으로 11.28일 이었으며, 반대로 가장 느린 종류는 CRF 'Audubon' 품종이었다.

웨스큐 초종 간 50% 발아세 속도는 광엽형인 TF 초종이 11.28-11.79일 사이-평균 11.53일로 가장 빨랐다. 하지만 TF 품종 간 50% 발아세 속도는 0.51일 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다. TF 초종 다음으로 빠른 종류는 CF 초종으로 발아율이 50% 도달하는데 소요된 기간이 11.54-11.79일 사이로 평균 11.66일이었고, HF 'Aurora Gold' 품종도 11.75일로 비슷하게 나타났다. 이 밖에 SF 'Little Bighorn' 및 CRF 'Audubon' 품종은 각각 13.12일 및 13.85일로 나타났다.

발아율이 60% 도달할 때까지 소요되는 60% 발아세 속도는 50% 발아세 속도에 비해 약간 다른 경향으로 나타났다. 본 실험에서 60% 발아세 속도는 11.64-19.00일 사이로 웨스큐 속 초종 간 7.36일 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다. 전체 공시 9품종 중 60% 발아세 속도가 가장 빠른 종류는 TF 'Olympic Gold' 품종으로 11.64일 이었으며, 반대로 가장 느린 종류는 CRF 'Audubon' 품종이었다.

웨스큐 초종 간 60% 발아세 속도는 광엽형인 TF 초종이 11.64-12.60일 사이, 평균 12.11일로 가장 빨랐다. 하지만 TF 품종 간 60% 발아세 속도는 0.96일 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다. TF 초종 다음으로 빠른 종류는 CF 초종으로 발아율이 60% 도달하는데 소요된 기간이 12.05-12.71일 사이로 평균 12.38일이었다. 그리고 SF 'Little Bighorn' 및 HF 'Aurora Gold' 품종은 이보다 약간 늦은 12.93일 및 13.25일로 나타났다. 60% 발아세 속도가 가장 느린 종류는 CRF 'Audubon' 품종으로 19.00일로 나타났다.

발아율이 70% 도달할 때까지 소요되는 70% 발아세 속도는 50% 및 60% 발아세 속도와 그 경향이 다르게 나타났다. 웨스큐 속 초종 간 70% 발아세 속도는 12.01-17.33일 사이로 초종 간 5.32일 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다. 전체 공시 9품종 중 70% 발아세 속도가 가장 빠른 종류는 TF 'Olympic Gold' 품종으로 12.01일 이었으며, 반대로 가장 느린 종류는 HF 'Aurora Gold' 품종이었다.

초종 간 70% 발아세 속도는 광엽형인 TF 초종이 12.01-13.63일 사이-평균 12.29일로 가장 빨랐다. 하지만 TF 품종 간 70% 발아세 속도는 1.62일 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다. TF 초종 다음으로 빠른 종류는 SF 'Little Bighorn' 초종으로 발아율이 70% 도달하는데 소요된 기간이 15.28일이었다. 그리고 SF 초종 다음으로는 CF 초종으로 발아율이 70% 도달하는데 소요된 기간이 15.46-15.50일 사이로 평균 15.48일이었다. 가장 저조한 초종은 17.33일로 나타난 HF 'Aurora Gold' 품종이었다. CRF 'Audubon' 품종은 최종 발아율이 62.00%로 70% 발아세 속도를 비교할 수 없었다.

발아율이 80% 도달할 때까지 소요되는 80% 발아세 속도는 12.74-28.00일 사이로 웨스큐 속 초종 간 15.26일 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다. 전체 공시 9품종 중 80% 발아세 속도가 가장 빠른 종류는 TF 'Olympic Gold' 품종으로 12.74일 이었다. 그리고 80% 발아세 속도가 가장 느린 종류는 SF 'Little Bighorn' 품종으로 나타났다.

웨스큐 초종 간 80% 발아세 속도는 역시 50-70% 발아세 속도가 가장 빨랐던 광엽형 TF 초종이 12.74-15.33일 사이-즉 평균 14.49일로 가장 빨랐다. 하지만 TF 품종 간 80% 발아세 속도는 2.59일 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다. TF 초종 다음으로 빠른 종류는 SF 'Little Bighorn' 품종으로 발아율이 80% 도달하는데 치상 후 4주 후인 28.00일이 소요되었다. 이 밖에 나머지 CF 'Jamestown II', CF 'Shadow II', CRF 'Audubon' 및 HF 'Aurora Gold' 품종은 모두 최종 발아율이 80% 이하로 초종 간 80% 발아세 결과를 비교할 수 없었다.

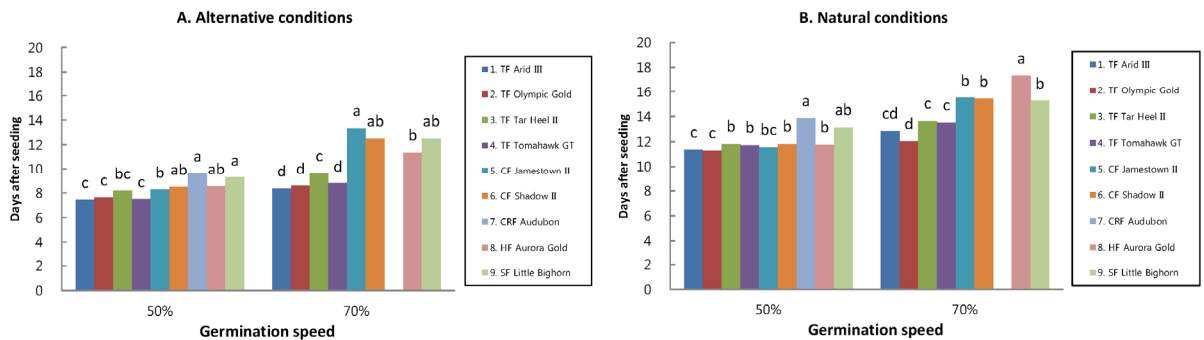
이상의 결과에서 웨스큐 속 공시 초종의 발아세는 발아 후 시간이 경과함에 따라 초종 간 발아세 속도 차이가 증가하였다. 발아율이 50%에 도달할 때까지 소요되는 50% 발아세 속도부터 80% 발아세 속도까지 전체적인 초종 간 경향은 광엽형 TF 초종의 발아세 속도가 가장 빨랐으며, TF 다음으로 빠른 초종은 CF 초종으로 나타났다. 그리고 HF 및 SF 초종의 발아세 속도는 중간 정도로 나타났고, 웨스큐 속 초종에서 발아세 속도가 가장 느린 종류는 CRF 초종으로 판단되었다.

세엽형 웨스큐속 잔디는 초종 간 조성 속도가 크게 차이가 있는 것으로 알려지고 있다(Perdomo et al., 1999). 본

연구에서 나타난 이러한 초종 간 발아속도 차이는 잔디 초종 고유의 유전적인 특성과 관련이 있는 것으로 추정되었다. 자연 실온 환경에서 웨스큐 그래스의 일일 발아패턴 비교 시 최초 발아는 광엽 TF의 경우 치상 후 7-9일 사이, 그리고 세엽 웨스큐는 8-10일 사이에 나타났다(Kim, 2009, 2013a). 하지만 본 실험을 통해서 웨스큐 초종 간 60% 발아세 속도는 1주 정도, 그리고 시간이 좀 더 경과하여 80% 발아세 속도는 2주 이상-거의 16일 정도 차이가 나타나고 있다(Table 3). 즉 거의 동일한 시기에 발아가 시작되었지만 초종 및 품종 고유의 유전적인 특성으로 인해 발아속도 및 발아패턴이 달라질 수 있는 것이다. Ruemmele et al. (2003)은 웨스큐 속 잔디 중 특히 세엽형 웨스큐 종류는 유전적, 형태적 및 생태적 특성이 다양하다고 보고하였다.

### 생육환경에 따른 발아세 비교

ISTA 변온 및 자연 실온 환경에서 웨스큐 속 초종 간 발아세는 환경 조건에 따라 상당히 다르게 나타났다. 생육 환경에 따른 공시 품종 간 50% 및 70% 발아세 비교 결과는 Fig. 2와 같다. 전반적으로 50% 및 70% 발아율에 도달하는 발아세는 자연 실온 보다는 ISTA 변온 환경에서 더 빠른 경향으로 나타났다.



**Fig. 2.** Comparison of germination speed in 9 cultivars of *Festuca* spp. (TF: tall fescue, CF: Chewings fescue, CRF: creeping red fescue, HF: hard fescue, SF: sheep fescue) grown under between alternative (A) and natural (B) conditions. Germination speed was compared as days to seed germination of 50 and 70%, respectively. Alternative and natural conditions represent alternative conditions of 8-hr light at 25°C and 16-hr dark at 15°C and natural conditions at the room temperature of 5 to 25°C, respectively. Data under alternative conditions were adapted from Kim (2015). Mean separation was made by Duncan’s multiple range test at  $P=0.05$ .

웨스큐 속 종자의 50% 발아세는 ISTA 변온 환경에서 7.42-9.64일 사이로 평균 8.32일로 나타났다. 하지만 자연 실온 환경에서 50% 발아세 속도는 11.28-13.15일 사이로 ISTA 변온보다 평균 12.02일로 느리게 나타났다. 즉 웨스큐 잔디 종자를 15-25°C의 변온 환경과 유사한 적기 파종 시 50% 발아세는 생육환경이 다소 열악한 시기에 파종하는 것보다 약 4일 정도 더 빠른 것을 의미한다. 전체 9종류의 공시 품종 중 특히 CRF ‘Audubon’ 품종은 예외적으로 발아속도가 가장 늦어서 ISTA 변온 및 자연실온에서 각각 9.64일 및 13.85일로 나타났다. 또한 SF ‘Little Bighorn’ 품종도 발아속도가 늦은 편이어서 ISTA 변온에서는 9.28일, 그리고 자연실온에서도 13.12일 정도로 다소 늦은 편이었다. 즉 이들 두 품종은 다른 품종에 비해 50% 발아세가 평균 1-2일 정도 더 늦는 것을 의미한다.

이러한 결과는 한지형 계통(cool-season grasses)인 웨스큐 잔디의 줄기생장 시 생육적온은 15-24°C이기 때문에 이와 좀 더 유사한 환경조건인 ISTA 변온환경에 가까울수록 훨씬 더 빠르게 진행되는 것으로 판단되었다(Fry and Huang, 2004). 켄터키 블루그래스를 이용한 발아특성 실험에서 70% 발아에 도달할 때까지의 발아세 기간은 품종에 따라 ISTA 변온환경에서 10-16일 정도 더 빠른 것으로 나타났다(Kim and Nam, 2003). 또한 크리핑 벤트그래스



를 이용한 연구에서도 80% 발아세 기간은 변온 환경에서 3일 정도 더 빠르게 나타났다(Kim and Jung, 2008).

ISTA 변온 및 자연실온에서 발아율이 70% 수준에 도달하는 70% 발아세 결과도 50% 발아세와 비슷한 경향으로 나타났다. 웨스큐 속 종자의 70% 발아세는 ISTA 변온 환경에서 8.36-13.33일 사이로 평균 10.63일로 나타났다. 하지만 자연 실온 환경에서 70% 발아세 속도는 12.01-17.33일 사이로 ISTA 변온보다 느린 평균 14.44일로 나타났다. 즉 웨스큐 속 잔디 초종은 70% 발아세도 50% 발아세와 마찬가지로 생육환경이 부적절한 시기에 파종 시 초기 발아 및 발아세 속도가 더 느려지는 것을 의미한다. 또한 CRF ‘Audubon’ 품종의 경우 ISTA 변온 및 자연실온 환경에서 모두 최종 발아율이 70% 이하였기 때문에 70% 발아세를 비교할 수 없었다.

본 실험의 결과 웨스큐 종자를 파종할 경우 50% 및 70%에 이르는 발아세 경향은 ISTA 변온 환경 조건에서 일반적으로 평균 약 4일 정도 더 빨랐고, 실무적으로 웨스큐 종자 파종은 낮과 밤의 온도차가 ISTA 변온 환경에 근접할 수록 바람직한 것으로 판단되었다. 즉 잔디밭 조성 시 무리한 일정에 쫓겨 25°C 이상의 고온과 일교차가 적은 6-8 월 사이에 웨스큐 잔디 파종은 초기의 균일한 피복, 유묘의 적절한 성장과 전체 잔디밭 품질을 고려 시 피하는 것이 적절하다고 판단되었다.

### 웨스큐 초종별 발아 피크 기간비교

잔디 파종 시 우수한 종자는 초기 발아 속도 및 발아세는 빠르면서 최종 발아율에 도달하는 발아 피크 기간은 짧을수록 잔디밭 조성에는 대단히 유리하다(Watschke and Schmidt, 1992). 본 실험에서 발아율이 50%에서 60% (Peak time I) 및 50%에서 70% (Peak time II)까지 도달하는데 필요한 기간을 비교 분석한 발아 피크 기간 결과는 Fig. 3과 같다.

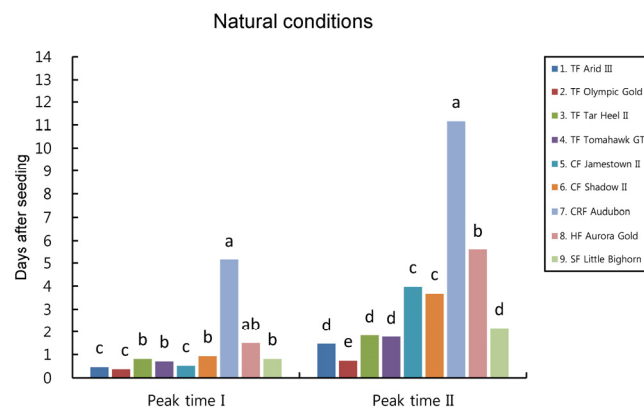


Fig. 3. Comparison of germination peak time in 9 cultivars of *Festuca* spp. (TF: tall fescue, CF: Chewings fescue, CRF: creeping red fescue, HF: hard fescue, SF: sheep fescue) grown under natural conditions at the room temperature of 5 to 25°C. Germination peak time was measured as days to seed germination speed from 50 to 60% (Peak time I) and 50 to 70% (Peak time II), respectively. Mean separation was made by Duncan’s multiple range test at  $P=0.05$ .

자연 실온 환경 조건에서 발아 피크 기간은 웨스큐 속 초종 및 품종에 따라 차이가 크게 나타났다. 발아세 속도가 50%에서 60% 도달할 때까지 초종별 발아 피크 기간의 범위는 0.36-5.15일 사이로 공시 초종 간 4.79일 정도의 차이가 있었다. 또한 발아세 속도가 50%에서 70% 도달할 때까지 초종별 발아 피크 기간도 Peak time I과 유사한 경향으로 나타났다. 하지만 초종 간 피크 기간은 증가해서 발아 피크 기간은 이보다 좀 더 걸린 0.73-11.15일 사이로 공시 초종 간 10.42일 정도의 차이가 있었다.

전체 공시 초종 중 발아율이 50%에서 70%까지 도달하는데 소요된 Peak Time II 에서 발아 피크 기간이 가장 짧은 종류는 TF ‘Olympic Gold’ 품종으로 0.73일 이었다. 반대로 가장 느린 종류는 CRF ‘Audubon’ 품종으로 11.15일 이었다. 그리고 웨스큐 초종 간 발아 피크 기간은 광엽형인 TF 초종이 0.73-1.84일 사이-평균 1.45일로 가장 빨랐다. 하지만 TF 품종 간 발아 피크 기간은 1.11일 정도의 차이가 있는 것으로 나타났다.

발아 피크 기간이 TF 다음으로 짧은 초종은 SF ‘Little Bighorn’ 품종으로 발아 피크 기간이 2.16일이었다. 이밖에 CF 초종의 발아 피크 기간은 3.67-3.96일 사이로 평균 3.81일이었고, HF ‘Aurora Gold’ 품종은 5.58일로 나타났다. 그리고 CRF ‘Audubon’ 품종은 최종 발아율이 70% 이하인 62.00%로 나타났기 때문에 발아세 속도는 50%에서 최종 발아율인 62%까지 도달하는데 소요된 시간인 11.15일을 비교하였다. 이러한 결과는 웨스큐 속 잔디 초종 및 품종에 따라 종자의 발아 패턴이 달라질 수 있기 때문에 골프장 등 잔디밭 설계 및 시공 시 초종 및 품종 선택은 중요하다.

본 실험 결과 종자 발아력, 발아세 및 발아 피크 기간 등을 고려 시 자연 실온에서는 웨스큐 속 잔디의 조성특성은 TF>CF>SF>HF>CRF 순서로 나타났다. 이러한 결과는 다른 실험에서도 확인되고 있다. 수목 밑 자연 환경에서 21종류의 잔디 적응력을 조사한 연구에서 잔디 조성 속도는 광엽형 TF가 세엽형 웨스큐 종류 보다 훨씬 더 양호하였으며, 전체 웨스큐 초종에서 우열관계는 TF>CRF>CF>HF>SF 순서로 나타났다(Kim and Nam, 1999). 이러한 경향은 CRF 초종을 제외한 대부분 초종 간의 조성 속도 차이가 본 실험의 연구 결과와 일치하는 것이었다. 본 실험에서 CRF의 조성 속도가 다소 늦게 나타난 것은 최종 발아율이 62.00%로 종자 생산 후 유통과정 중에 종자 발아력이 정상적인 기준 발아율인 75% 이하로 떨어진 결과로 판단되었다.

전체 공시 초종에서는 TF ‘Arid III’, TF ‘Olympic Gold’, TF ‘Tar Heel II’ 및 TF ‘Tomahawk GT’ 품종이 우수하였다. 특히 이중 가장 우수한 초종은 TF ‘Olympic Gold’ 품종으로 사료되었다. 그리고 가장 불량한 초종은 CRF ‘Audubon’ 품종으로 판단되었다(Table 4). 즉 웨스큐 속 초종 및 품종에 따라 이러한 조성 속도 및 특성 차이가 크게 나타날 수 있기 때문에 잔디밭 조성 시 적절한 초종 및 품종 선택은 대단히 중요하다.

**Table 4.** Summary of seed quality, germination speed and germination peak time in 9 cultivars of *Festuca* spp. grown under natural conditions at the room temperature of 5 to 25°C.

Cultivars <sup>y</sup>	Germination characteristics under natural conditions			
	Seed quality	Germination speed		Peak time
		50%	70%	
1. TF ‘Arid III’	Good	Fast	Fast	Short
2. TF ‘Olympic Gold’	Good	Very fast	Very fast	Very short
3. TF ‘Tar Heel II’	Good	Medium to fast	Medium to fast	Short
4. TF ‘Tomahawk GT’	Good	Medium to fast	Medium to fast	Short
5. CF ‘Jamestown II’	Good	Medium to fast	Medium	Medium
6. CF ‘Shadow II’	Good	Medium to fast	Medium	Medium
7. CRF ‘Audubon’	Poor	Very slow	N/A <sup>z</sup>	Very long
8. HF ‘Aurora Gold’	Good	Medium to fast	Very slow	Long
9. SF ‘Little Bighorn’	Good	Slow	Medium	Short

<sup>y</sup>TF: tall fescue, CF: Chewings fescue, CRF: creeping red fescue, HF: hard fescue, SF: sheep fescue.

<sup>z</sup>N/A: not applicable.

## 요약

본 연구는 5-25°C 조건의 자연실온에서 웨스큐 초종 간 발아력, 발아세 및 발아 피크 기간을 조사하고자 수행되었다. 자연 실온 환경에서 종자 발아력은 62.0-97.0% 사이로 나타났는데 가장 우수한 초종은 TF ‘Olympic Gold’ 품종으로 나타났다. 초종 간 종자 발아력은 광엽형인 TF 초종이 세엽형 보다 더 우수하였으며, 세엽형 웨스큐 초종 간 발아력은 SF>CF, HF>CRF 순서로 나타났다. 발아세의 경우 발아율이 50%에 도달할 때까지 소요되는 50% 발아세 속도부터 80% 발아세 속도까지 전체적인 초종 간 발아세 경향은 TF 초종이 가장 빨랐고 TF 다음으로는 CF 초종이었다. 그리고 HF 및 SF 초종은 발아세 속도가 중간 정도로 나타났고, 웨스큐 속에서 발아세 속도가 가장 느린 초종은 CRF로 판단되었다. 하지만 발아환경에 따른 50% 및 70% 발아세 경향은 자연실온(5-25°C)보다는 ISTA 변온(15-25°C)에서 평균 약 4일 정도 더 빨랐으며, 실무적으로 웨스큐 종자 파종은 낮과 밤의 온도 차이가 ISTA 변온 환경에 근접할수록 바람직한 것으로 판단되었다. 웨스큐 속 초종 간 발아 피크 시간(Peak time II)은 광엽형 TF 품종이 0.73-1.84일, 평균 1.45일로 세엽형 품종 보다 더 짧게 나타났다. 그리고 세엽형 웨스큐 초종 간 발아 피크 기간은 2.16-11.15일 사이로 다양하였는데 SF<CF<HF<CRF 초종 순서로 발아 피크 기간이 점점 더 길어졌다. 본 실험 결과 웨스큐 속 초종 간 발아력, 발아세 및 발아 피크 기간을 종합적으로 고려 시 자연 실온 환경에서 잔디 조성 속도의 우열 관계는 TF>CF>SF>HF>CRF 순서로 판단되었다. 전체 공시 품종에서는 TF ‘Olympic Gold’ 품종이 가장 우수하였고, 반대로 CRF ‘Audubon’ 품종이 가장 불량한 것으로 판단되었다. 즉 웨스큐 속 초종 및 품종에 따라 이러한 조성 속도 및 특성 차이가 크게 나타날 수 있기 때문에 잔디밭 조성 시 적절한 초종 및 품종 선택은 대단히 중요하다.

**주요어:** 국제종자검정협회, 발아속도, 변온, 휴잉스 웨스큐, 톨 웨스큐

## REFERENCES

- Alderson, J. and Sharp, W.C. 1995. Grass varieties in the United States-United States Department of Agriculture, CRC Press, Inc., New York, NY, USA.
- Anonymous. 1964. Rules for testing seeds. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts 54(2):1-112.
- Beard, J.B. 1973. Turfgrass: Science and culture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Beard, J.B. 1982. Turf management for golf courses. Burgess Publishing Company Minneapolis, MN, 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, MI, USA.
- Dernoeden, P.H. 1998. Fine fescues on golf courses: Around the edges of courses, fine-leaf fescues offer low-maintenance alternatives. Golf Course Management 66(4):56-60.
- Fry, J. and Huang, B. 2004. Applied turfgrass science and physiology. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- Hanson, A.A., Juska, F.V. and Burton, G.W. 1969. Species and varieties. Agron. Monogr. 14:370-409. In: Hanson, A.A. and Juska, F.V. (Eds.). Turfgrass Science. ASA, Madison, WI, USA.
- Jeon, W.B. 1997. Regulation for international seed testing association (I). Kor. J. of Turfgrass Sci. 11:211-264.
- 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. 2008. Germination characteristics and daily seed germinating pattern in coarse-textured tall fescues grown under ISTA conditions. J. Nat. Sci. Sahmyook Univ. 12(2):25-36. (In Korean)

- Kim, K.N. 2009. Comparison of germination characteristics and daily seed germinating pattern in varieties of coarse-textured tall fescue under alternative and natural room temperature conditions. *Kor. Turfgrass Sci.* 23(1):23-34. (In Korean)
- Kim, K.N. 2012. STM series I-Introductory turfgrass science. 2<sup>nd</sup> ed. Sahmyook Univ. Press, Seoul, Korea.
- Kim, K.N. 2013a. Comparison of germination characteristics and daily seed germinating pattern in fine-textured fescues grown under alternative and natural conditions at the room temperature. *Weed Turf Sci.* 2(1):47-54. (In Korean)
- Kim, K.N. 2013b. STM series III-Turfgrass establishment. 2<sup>nd</sup> ed. Sahmyook Univ. Press, Seoul, Korea.
- Kim, K.N. 2014. Comparison of germination characteristics and daily seed germinating pattern in 15 new cultivars of Kentucky bluegrass grown under alternating temperature conditions. *Weed Turf Sci.* 3(1):29-40. (In Korean)
- Kim, K.N. 2015. Comparison of germination power, germination speed, and germination peak time among five *Festuca* species. *Weed Turf Sci.* 4(4):1-8. (In Korean)
- Kim, K.N., Choi, J.S. and Nam, S.Y. 2003a. 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: 539-544. (In Korean)
- Kim, K.N. and Jung, K.W. 2008. Comparison of seed germinating vigor, early germination characteristics, germination speed and germination peak time in new varieties of the third generation of creeping bentgrass under different growing conditions. *J. Kor. Env. Res. Reveg. Tech.* 11(5):79-91. (In Korean)
- Kim, K.N. and Nam, S.Y. 1999. Comparison of the turf performance of bluegrasses, fescues, ryegrasses and zoysiagrass under a tree shade. *Kor. J. Turfgrass Sci.* 13(1):37-54. (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):1-12.
- Kim, K.N. and Park, W.K. 2003. 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 Park, S.H. 2010. Comparison of germination characteristics and daily seed germinating pattern in fine-textured fescue. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28(4):567-573. (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(4):129-146. (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. and Nam, S.Y. 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.
- Landschoot, P.J., Park, B.S., McNitt, A.S. and Livingston, D. 2000. Performance of fine fescue cultivars and selections (1993-96). 2000 Annual Research Report. Center for Turfgrass Science, The Pennsylvania State University. University Park, PA. pp. 19-26.
- Lee, J.P., Kim, S.J., Seo, H.Y., Han, I.S., Lee, S.J., Kim, T.J. and Kim, D.H. 2001a. The effect of shade net on summer stress of cool-season turfgrass. *Kor. J. Turfgrass Sci.* 15(2):51-64. (In Korean)
- Lee, H.J., Song, J.W. and Ku, J.H. 2001b. Effect of root zone cooling on growth and mineral contents of turfgrasses in simulated athletic field during summer season. *Kor. J. of Turfgrass Sci.* 15:169-179. (In Korean)

- Meyer, W.A. and Watkins, E. 2003. Tall fescue (*Festuca aruninacea*). pp. 107-127. In: Castler, M.D. and Duncan, R.R. (Eds.). Turfgrass biology, genetics, and breeding. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- NTEP (National Turfgrass Evaluation Program). 1994a. National Fineleaf Fescue Test-1989. Final Report 1990-93. NTEP No. 94-17, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1994b. National fineleaf fescue test-1989. Progress Report 1993. NTEP No. 94-12, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1995a. National fineleaf fescue test-1993. 1994 Progress Report. NTEP No. 95-4, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1995b. National tall fescue Test-1992. 1994 Progress Report. NTEP No. 95-5, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1996a. National fineleaf fescue test-1993. 1995 Progress Report. NTEP No. 96-8, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1996b. National tall fescue test-1992. Final Report 1993-95. NTEP No. 96-13, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1996c. National tall fescue test-1992. 1995 Progress Report. NTEP No. 96-5, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1997. National fineleaf fescue test-1993. 1996 Progress Report. NTEP No. 97-7, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1998. National fineleaf fescue test-1993. Progress Report 1997. NTEP No. 98-10, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 1999. National tall fescue Test-1996. Progress Report 1998. NTEP No. 99-2, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 2000a. National fineleaf fescue test-1998. Progress Report 1999. NTEP No. 00-3, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 2000b. National tall fescue Test-1996. Progress Report 1999. NTEP No. 00-5, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 2001a. National fineleaf fescue test-1998. Progress Report 2000. NTEP No. 01-4, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 2001b. National tall fescue Test-1996. Final Report 1997-2000. NTEP No. 01-14, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 2001c. National tall fescue Test-1996. Progress Report 2000. NTEP No. 01-9, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- NTEP. 2002. National fineleaf fescue test-1998. Progress Report 2001. NTEP No. 02-4, National Turfgrass Federation, Inc., Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD, USA.
- Perdomo, P., Murphy, J.A., Meyer, W.A., Funk, C.R., Smith, D.A., et al. 1999. Performance of fine fescue cultivars and selections in New Jersey turf trials. 1999 Rutgers Turfgrass Proceedings 31:69-97, NJ, USA.
- Riordan, T.P. 1997. Low maintenance turfgrass-The practical choice for golf course roughs. Grounds Maintenance 32(8): G44-G48.
- Ruemmele, B.A., Wipff, J.K., Brilman, L. and Hignight, K.W. 2003. Fine-leaved *Festuca* species. pp. 129-174. In: Castler, M.D. and Duncan, R.R. (Eds.). Turfgrass biology, genetics, and breeding. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- SAS Institute, Inc. 2001. SAS/STAT User's guide, Version 8.00, SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.

- Shim, S.R. and Jeong, D.Y. 2002. Turfgrass selection for soccer fields-A simulation of the Incheon 2002 World Cup Stadium. *J. Kor. Inst. Landscape Architecture* 30(2):88-94.
- The Lawn Institute. 1991a. Cultivars. LISTS 113-154. In: Roberts, E.C. and Roberts, B.C. (Eds.). *Lawn Institute Special Topic Sheets*, Tennessee Cumberland Printing Corp., Crossville, TN, USA.
- The Lawn Institute. 1991b. Seed. LISTS 69-112. In E. C. Roberts and B. C. Roberts (Eds.). *Lawn Institute Special Topic Sheets*, Tennessee Cumberland Printing Corp., Crossville, TN, USA.
- Turgeon, A.J. 2005. *Turfgrass management*. 7th ed., Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA.
- Vengris, J. and Torello, W.A. 1982. *Lawns-Basic factors, construction and maintenance of fine turf areas*. Thomson Publications, Fresno, CA, USA.
- Watschke, T.L. 1990. Low maintenance grasses for highway roadsides. *Grounds Maintenance* 25(8):40-41.
- Watschke, T.L. and Schmidt, R.E. 1992. Ecological aspects of turf communities. *Agron. Monogr.* 32:129-174. In: Waddington, D.V., Carrow, R.N. and Shearman, R.S. (Eds.). *Turfgrass*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA.